



Universidad
de Alcalá

GUÍA DOCENTE

ACÚSTICA FORENSE

**Grado en Criminalística: Ciencias y Tecnologías
Forenses**

Universidad de Alcalá

2022/2023

4º Curso – 2º Cuatrimestre

GUÍA DOCENTE

Nombre de la asignatura:	Acústica Forense
Código:	652043
Titulaciones:	Grado en Criminalística: Ciencias y Tecnologías Forenses
Departamento:	Teoría de la Señal y Comunicaciones
Área de Conocimiento:	Teoría de la Señal y Comunicaciones. Ingeniería Eléctrica
Carácter:	Formación Optativa
Créditos ECTS:	6
Cuatrimestre:	2
Profesorado:	Coordinador: Manuel Rosa Zurera, Roberto Gil Pita, y Manuel Utrilla Manso
Horario de Tutoría:	Se indicará el primer día de clase
Correo electrónico:	manuel.rosa@uah.es; roberto.gil@uah.es; manuel.utrilla@uah.es
Idioma en el que se imparte:	Castellano

1. PRESENTACIÓN

La acústica forense es una parte de la criminalística que engloba la aplicación de técnicas desarrolladas por la ingeniería acústica para el esclarecimiento de los delitos y la averiguación de la identidad de quienes los cometen. En este sentido, tiene una gran importancia el análisis de la voz y la extracción de características útiles para la identificación del locutor. Otro tema importante de estudio es la autenticación de grabaciones en el ámbito forense, para lo cual existen estándares que deben ser objeto de estudio. Desde que los delitos medioambientales están tipificados en el Código Penal, la contaminación acústica también debe ser objeto de estudio en el ámbito forense. Finalmente, se estudiarán las técnicas de realce y mejora de la inteligibilidad y su impacto sobre la verificación de locutores.

Esta asignatura se centra en el papel que juega el procesado digital de señales en el desarrollo de este tipo de aplicaciones. Se presentan conceptos básicos sobre la naturaleza de las señales a tratar, los modelos acústicos de producción de estas señales, y cómo estos modelos pueden ser usados para obtener información biométrica. También se estudiará los métodos forenses para verificar la autenticidad de grabaciones de voz y/o audio, y las técnicas de mejora de la calidad de las grabaciones.

1.b. COURSE SUMMARY

Forensic acoustics is a part of criminalistics that encompasses the application of techniques developed by acoustic engineering to clarify crimes and ascertain the identity of those who commit them. In this sense, the analysis of the voice and the extraction of useful characteristics for the identification of the announcer are of great importance. Another important subject of study is the authentication of recordings in the forensic field, for which there are standards that must be studied. Since environmental crimes are classified in the Penal Code, noise pollution must also be studied in the forensic field. Finally, intelligibility enhancement and enhancement techniques and their impact on speaker verification will be studied.

This subject focusses on the role of the digital signal processing in the development of this type of applications. Basic concepts about the nature of the signal to be processed, the acoustic models of their production, and how these models can be used to obtain biometric information. The forensic methods to verify the authenticity of speech and audio recordings will be studied as well, and the main techniques to improve the quality of recordings.

2. COMPETENCIAS

Competencias básicas y generales:

Con esta asignatura se contribuye a alcanzar las siguientes competencias de carácter básico y general:

- CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
- CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- CG1 - Capacidad crítica y autocrítica, cuestionando las situaciones y los medios de investigación.
- CG2 - Habilidad para trabajar de manera autónoma, organizando y planificando la búsqueda de información, análisis y síntesis de la misma, diseño, gestión del tiempo y ejecución de una tarea de forma personal o autónoma.
- CG3 - Habilidad para trabajar en equipo, integrarse y comunicarse con expertos de otras áreas y en distintos contextos.

- CG4 - El estudiante será capaz de gestionar la información, consultando bases de datos y publicaciones relevantes y especializadas proveniente de fuentes diversas.
- CG8 - El estudiante estará capacitado para valorar la necesidad de contar con nuevos medios frente a las modernas formas de delincuencia.

Competencias específicas:

En esta asignatura se profundiza de forma especial en las siguientes competencias específicas de la titulación:

- CE1 - Capacidad para conocer y comprender el concepto y método propios de la Criminalística y su evolución.
- CE2 - Capacidad para elaborar informes periciales ajustándose a la normativa legal, redactados en los términos técnicos adecuados para que le proporcione a la Justicia información relevante, fundamentada y comprensible que le asesore en la toma de decisiones.
- CE19 - Habilidad para aplicar las técnicas, tecnologías y principios de las diversas disciplinas de las Tecnologías Forenses (informática, telecomunicación, electrónica, acústica, visión artificial-infografía, etc.) para el reconocimiento, búsqueda, autenticación e identificación de evidencias digitales.
- CE21 - Aplicación de los métodos y las técnicas que se emplean para detectar falsedades o alteraciones documentales, conociendo las características y medidas de seguridad de los documentos, las tecnologías de impresión y los sistemas de expedición de los mismos, así como la utilización del instrumental necesario para detectar manipulaciones.

Resultados de aprendizaje:

- RA1.- Capacitar al alumno en el manejo de las diferentes técnicas y metodologías analíticas forenses, en el campo del procesado de señales.
- RA2.- Identificar el problema concreto que se encuentra en cada caso estudiado, formular las cuestiones especializadas presentes en él y diseñar la estrategia de resolución del mismo.
 - RA2.1 Saber implementar técnicas de realce y mejora de la inteligibilidad y su impacto sobre la identificación y verificación de locutores.
 - RA2.2 Conocer los principales estándares para la autenticación de grabaciones en el ámbito forense.

- RA2.3 Conocer los fundamentos de las normativas y legislación sobre contaminación acústica, así como las técnicas forenses relacionadas con su estudio.
- RA3.- Diseñar, redactar, exponer y defender con propiedad un informe criminológico fundamentado en las distintas áreas tecnológicas de la criminalística forense.
- RA4.- Elaborar correctamente un informe pericial especializado y complejo destinado a su presentación ante un juez o tribunal o ante instituciones penitenciarias.

3. CONTENIDOS

Bloques de contenido	Total de horas de docencia presencial
<p>Tema 1. Fundamentos de acústica</p> <p>Ondas sonoras: Carácter, propagación en el aire y en medios sólidos, frecuencia, longitud de onda y velocidad. Reflexión, refracción y difracción de ondas. Dispersión de energía. Medida de intensidad sonora. El concepto de Decibelio. Acústica arquitectónica. Características de las salas. Tiempos de reverberación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 6 horas
<p>Tema 2: Autenticación de grabaciones</p> <p>Fundamentos: terminología empleada por los cuerpos de seguridad. Examen de autenticidad de una grabación. Mecanismos de seguridad de la grabación: firma electrónica, “timestamping”, etc. Análisis y determinación de falsificaciones y pirateo de registros de audio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 8 horas
<p>Tema 3. Limpieza de grabaciones</p> <p>Parámetros de calidad de la grabación: relación señal a ruido, índices de inteligibilidad. Fenómenos que alteran la calidad en la grabación: fallos en dispositivos electrónicos; canal de transmisión; ruido de entorno; etc. Técnicas de tratamiento digital para la mejora de la calidad de la grabación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 8 horas
<p>Tema 4. La señal de voz</p> <p>Fundamentos de fonética y fonología. Clases de fonemas. Sistema de producción de la voz. Análisis tiempo-frecuencia (espectrograma). Características de la voz: formantes, pitch, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 6 horas
<p>Tema 5. Reconocimiento de locutores por la voz.</p> <p>Factores que afectan a la variabilidad inter-locutor e intra-locutor. Parámetros acústicos de la voz útiles en el reconocimiento de locutores. Estado de las técnicas en reconocimiento automático de locutores con fines forenses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 8 horas
<p>Tema 6. Otras aplicaciones de acústica forense</p> <p>Acústica de disparos: determinación del tipo de arma utilizada, ambiente acústico de la escena del crimen; estudio de registros no vocales (sonidos, ruidos de fondo, etc.); análisis de acústica ambiental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 12 horas
<p>Tema 7. Informes periciales en acústica forense</p> <p>Aproximación bayesiana para la determinación de probabilidades. Estándares sobre acústica forense. Estructura del informe pericial en acústica forense.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 8 horas

4. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. ACTIVIDADES FORMATIVAS

4.1. Distribución de créditos (especificar en horas)

Número de horas presenciales:	28 horas en grupo grande 28 horas laboratorio grupo pequeño 2 horas de exámenes.
Número de horas del trabajo propio del estudiante:	92 horas, distribuidas de la siguiente forma: <ul style="list-style-type: none">• 60 horas de estudio, preparación de trabajos y realización de problemas de forma individual.• 32 horas de preparación de prácticas de laboratorio y para realizar informes y memorias.
Total horas: 150	150

4.2. Estrategias metodológicas, materiales y recursos didácticos

La estrategia docente de la asignatura está articulada en tres estrategias de aprendizaje diferenciadas pero cuya interrelación permitirá abordar los objetivos marcados por las competencias descritas anteriormente, a saber: aprendizaje teórico en el aula, aprendizaje en sesiones de trabajo en el laboratorio y autoaprendizaje mediante la elaboración de trabajos.

Aprendizaje teórico en el aula:

Las sesiones de trabajo en el aula, en grupos grandes, consistirán en clases magistrales, donde se expondrán los principales conceptos de la materia en estudio. El objetivo es introducir al alumno en los fundamentos teóricos de la asignatura de una forma guiada, secuencial y reflexiva. La asimilación de estos conceptos culminará con la puesta en práctica de los mismos en los grupos de laboratorio. El apoyo con materiales docentes será fundamental para crear entornos de aprendizaje reflexivo, donde alumno y profesor puedan emprender un análisis crítico que permita al alumno relacionar conceptos de forma autónoma.

El orden de presentación de los contenidos evolucionará desde lo más simple hasta lo más complejo. En cualquier caso, es muy conveniente durante las sesiones de trabajo en el aula, establecer vínculos con otras materias del plan de estudios, y aportar posibles experiencias sobre los contenidos, lo que ayudará a captar la atención del estudiante y fomentará su interés por la asignatura.

Aprendizaje en sesiones de trabajo en el laboratorio:

Las prácticas en el laboratorio componen otro de los escenarios de aprendizaje. Las sesiones de trabajo se realizarán en grupos pequeños, en los que el alumno debe trabajar en equipo. El objetivo es que el alumno profundice sobre los conocimientos teóricos de la asignatura y explore, con la ayuda de un manual de prácticas diseñado para la asignatura, la aplicabilidad de dichos conocimientos.

Dentro del laboratorio, los alumnos realizarán las prácticas en grupos pequeños y a su finalización entregarán al profesor una memoria que recoja el trabajo y las conclusiones obtenidas con la realización de la práctica.

Autoaprendizaje mediante la realización de trabajos:

El último escenario de aprendizaje lo configura la realización de trabajos relacionados con las técnicas y conceptos desarrollados en el aula. El objetivo es que el alumno desarrolle habilidades relacionadas con la búsqueda de información, el manejo de bibliografía y la realización de informes sobre los temas que se les propongan. De igual forma se pretende con los trabajos fomentar el trabajo en equipo.

5. EVALUACIÓN

PROCEDIMIENTOS

Convocatoria ordinaria

Los alumnos tendrán la opción de **evaluación continua**. Para acogerse a la **evaluación final**, el estudiante tendrá que solicitarlo por escrito al director de centro en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, explicando las razones que le impiden seguir el sistema de evaluación continua. En el caso de aquellos estudiantes que por razones justificadas no tengan formalizada su matrícula en la fecha de inicio del curso o del periodo de impartición de la asignatura, el plazo indicado comenzará a computar desde su incorporación a la titulación. El director de centro deberá valorar las circunstancias alegadas por el estudiante y tomar una decisión motivada. Transcurridos 15 días hábiles sin que el estudiante haya recibido respuesta expresa a su solicitud, se entenderá que ha sido estimada.

Evaluación continua:

El contenido y temporización de la Evaluación Continua se detallará al comienzo de cada curso en el Plan de Trabajo de la materia, la cual incluirá:

1. Realización de trabajos en grupos reducidos (TA). Cada grupo será responsable de la realización y presentación de trabajos relacionados con los contenidos de la asignatura. En estos trabajos, el alumno profundizará en

temas explicados en clase, o que supongan tendencias a explorar dentro del ámbito del procesado de voz y audio. Los temas sobre los que tratarán los trabajos serán presentados en clase, pero el alumno también podrá proponer un tema de su interés, que deberá someterse al criterio académico del profesorado.

2. Realización de prácticas de laboratorio y entrega de las correspondientes memorias (PRAC). La evaluación considerará la observación sistemática, donde el profesor registrará las principales dificultades y habilidades observadas en cada alumno, a través de entrevistas individuales realizadas de forma periódica, y la realización de una memoria única por práctica, por parte de cada uno de los grupos de alumnos que la hayan realizado. Los alumnos deberán asistir de forma regular a las sesiones de laboratorio y entregar los informes correspondientes a todas las prácticas de laboratorio. Se habilitarán sesiones de recuperación para aquellos alumnos que no hayan asistido a alguna de las sesiones y lo justifiquen documentalmente.

Los alumnos, en grupo, entregarán los informes de las prácticas de laboratorio siguiendo el calendario establecido en el Plan de Trabajo de la materia. Estas prácticas serán evaluadas por el profesor responsable del grupo de laboratorio, para comprobar si se han cumplido los objetivos indicados en el guion de la misma.

3. Prueba escrita teórico-práctica y de laboratorio (PEF-TEPR). Se realizará un examen final para la evaluación de los conocimientos adquiridos en la asignatura.

En el proceso de evaluación continua, la asistencia a las clases teóricas y prácticas es obligatoria, debiendo justificarse las ausencias.

Evaluación mediante examen final

En el caso de evaluación mediante examen final, los elementos de evaluación a emplear serán los siguientes:

- Prueba práctica de laboratorio (PEF-PRAC).
- Prueba escrita teórico-práctica (PEF-TEOR).

Se recomienda a los alumnos que realicen las prácticas de laboratorio durante el desarrollo del cuatrimestre, sustituyendo de esta forma el examen práctico de laboratorio por la evaluación de las memorias correspondientes a las diferentes prácticas.

Convocatoria extraordinaria

El procedimiento será el mismo que el descrito para la evaluación mediante examen final en la convocatoria ordinaria.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Los procedimientos anteriormente descritos para las convocatorias ordinarias y extraordinarias y los dos métodos de evaluación, tienen el objetivo de evaluar si el alumno ha adquirido los conocimientos, procedimientos y aptitudes profesiones que se enumeran a continuación:

- CE1 El alumno conoce las características de la señal de voz y su modelado.
- CE2 El alumno conoce las técnicas de tratamiento de la señal utilizadas para la identificación y verificación del locutor.
- CE3 El alumno conoce las principales técnicas de realce y mejora de la inteligibilidad y su impacto sobre la identificación y verificación de locutores.
- CE4 El alumno conoce los principales estándares para la autenticación de grabaciones en el ámbito forense.
- CE5 El alumno conoce los fundamentos de las normativas y legislación sobre contaminación acústica, así como las técnicas forenses relacionadas con su estudio.
- CE6 El alumno conoce la normativa y la legislación básica en esta disciplina.
- CE7 El alumno es capaz de trabajar en grupo, en entornos multilingües, y de comunicar de forma oral y escrita, ideas, conocimientos, conclusiones.

Instrumentos de Calificación.

Esta sección especifica los instrumentos de evaluación que serán aplicados a cada uno de los criterios de Evaluación.

Convocatoria ordinaria. Evaluación continua:

1. Realización de prácticas (PRAC) y entrega de memorias.
2. Trabajos de la asignatura (TA): Se realizarán trabajos de carácter teórico-práctico, donde se profundice en aspectos concretos de los sistemas de audio y voz descritos en la asignatura.
3. Prueba escrita teórico-práctica y de laboratorio (PEF-TEPR)

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Convocatoria ordinaria: evaluación continua

En la convocatoria ordinaria – evaluación continua la relación entre los criterios, instrumentos y calificación es la siguiente.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CB3, CB4, CG1, CG2, CG3, CG8, CE1, CE2, CE19, CE21	RA1- RA4	CE1-CE7	PRAC	50%
CB3, CB4, CG1, CG2, CG3, CG4, CG8, CE1, CE2	RA1- RA4	CE1-CE7	TA	20%
CB3, CB4, CG2, CG8, CE1, CE2, CE19, CE21	RA1-RA4	CE1-CE7	PEF-TEPR	30%

Teniendo esto en cuenta, en el caso de evaluación continua, la calificación se realizará teniendo en cuenta los siguientes porcentajes y considerandos:

- Realización de trabajos en grupos reducidos: 20%
- Prácticas de laboratorio: 50%.
- Prueba de evaluación final: 30%

Se otorgará la calificación de “No presentado” al alumno que, habiendo optado por el procedimiento de evaluación continua, cumpla alguno de los siguientes requisitos:

1. Cuando el alumno no haya asistido, al menos, al 60% de las clases en grupos reducidos.
2. Cuando el alumno no haya entregado, al menos, el 60% de los trabajos solicitados.

Cuando el alumno haya superado los límites de asistencia o entrega de trabajos mencionados en el párrafo anterior, independientemente de su participación en el examen final, no podrá optar a la calificación de “No presentado”.

Convocatoria ordinaria: evaluación mediante examen final

En la convocatoria ordinaria – evaluación final la relación entre los criterios, instrumentos y calificación es la siguiente.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CB3, CB4, CG1, CG2, CG3, CG8, CE1, CE2, CE19, CE21	RA1- RA4	CE1-CE7	PEF-PRAC	40%

CB3, CB4, CG2, CG4, CG8, CE1, CE2, CE19, CE21	RA1 –RA4	CE1-CE7	PEF-TEOR	60%
---	----------	---------	----------	-----

En el caso de evaluación mediante examen final la calificación se realizará teniendo en cuenta los siguientes porcentajes y considerandos:

- Examen práctico de laboratorio: 40%. El examen consistirá en la realización de una prueba práctica en el laboratorio, donde se demuestre la adquisición de las competencias de carácter práctico de la asignatura.

Si los alumnos hubieran realizado las prácticas de laboratorio y entregado las correspondientes memorias, el 30% de la calificación final será el correspondiente a la nota media de las memorias y un 10% a las habilidades en el desarrollo de las mismas.

- Examen escrito teórico-práctico: 60%

Convocatoria extraordinaria

En el caso de las convocatorias extraordinarias se mantendrán los mismos porcentajes que se han establecido en el caso de la evaluación mediante examen final en la convocatoria ordinaria, dando la opción de realizar el examen práctico de laboratorio o de mantener la nota obtenida en prácticas de laboratorio (evaluación continua) o en el examen práctico (evaluación final de la convocatoria ordinaria), según decisión del alumno.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CB3, CB4, CG1, CG2, CG3, CG8, CE1, CE2, CE19, CE21	RA1, RA2, RA3, RA4	CE1-CE7	PEF-PRAC	40%
CB3, CB4, CG2, CG4, CG8, CE1, CE2, CE19, CE21	RA1, RA2, RA3, RA4	CE1-CE7	PEF-TEOR	60%

6. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía Básica

- Fuchs, S., Pape, D., Petrone, C., & Perrier, P. (2015). *Individual differences in speech production and perception* (p. 284). Peter Lang International Academic Publishers.
- Maher, R. C. (2018). *Principles of Forensic Audio Analysis*. Springer.
- Coulthard, M., & Johnson, A. (Eds.). (2010). *The Routledge handbook of forensic linguistics* (pp. 473-486). London: Routledge.
- Larcher, A., Lee, K. A., Ma, B., & Li, H. (2014). Text-dependent speaker verification: Classifiers, databases and RSR2015. *Speech Communication*, 60, 56-77.
- Bimbot, F., Bonastre, J.-F., Fredouille, C., Gravier, G., Magrin-Chagnolleau, I., Meignier, S., and Reynolds, D. A. (2004). A tutorial on textindependent speaker verification. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* , 4, 430–451.
- Campbell, J. P., Shen, W., Campbell, W. M., Schwartz, R., Bonastre, J.-F., and Matrouf, D. (2009). Forensic speaker recognition. *Signal Processing Magazine, IEEE* , 26 (2), 95–103.
- Drygajlo, A. (2007). Forensic automatic speaker recognition [Exploratory DSP]. *IEEE Signal Processing Magazine* , 24 (2), 132–135.
- Maher, R. C. (2015). Lending an ear in the courtroom: forensic acoustics. *Acoustics Today*, 11(3), 22-29.

Bibliografía complementaria

- Fundamentals of Speech Recognition, L. R. Rabiner and B. H. Juang, Prentice Hall Inc., 1993.
- Mathematical Models for Speech Technology, S. E. Levinson, John Wiley and Sons, 2005.
- Speech Enhancement, Theory and Practice, P. C. Loizou, CRC Press, 2007.
- Digital Processing of Speech Signals, L. R. Rabiner and R. W. Schafer, Prentice-Hall Inc., 1978.
- Speech Communication, Human and Machine, D. O'Shaughnessy, Addison-Wesley, 1987.
- Discrete-Time Processing of Speech Signals, J. Deller, Jr., J. H. L. Hansen, and J. G. Proakis, Wiley-IEEE Press, Classic Reissue, 1999.
- Springer Handbook of Speech Processing and Speech Communication, J. Benesty, M. M. Sondhi and Y Huang (eds.), Springer, 2008.
- Theory and Application of Digital Speech Processing, L. R. Rabiner and R. W. Schafer, Prentice Hall Inc., 2009.

Revistas científico-técnicas

- IEEE Transactions on Signal Processing.
- IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing.
- Journal of the Acoustical Society of America.
- Speech Communication.
- Journal of the Audio Engineering Society.

La Universidad de Alcalá garantiza a sus estudiantes que, si por exigencias sanitarias las autoridades competentes impidieran la presencialidad total o parcial de la actividad docente, los planes docentes alcanzarían sus objetivos a través de una metodología de enseñanza-aprendizaje y evaluación en formato online, que retornaría a la modalidad presencial en cuanto cesaran dichos impedimentos.