

NOMBRE ASIGNATURA / COURSE TITLE

# Aplicaciones Industriales de la Ingeniería Acústica

Departamento	Ingeniería mecánica	Coordinador/a de la asignatura Guillermo de Arcas Castro
Unidad Docente	Acústica	Número de plazas ofertadas 15

Profesores con vinculación permanente dispuestos a impartirla

1. Guillermo de Arcas Castro
2. Ignacio Pavón
3. Berta Suarez
4. Gregorio Romero
5. M Luisa Martínez
6. Cualquier otro profesor del Departamento

## Objetivo general de la asignatura

El oído es uno de los sentidos que mayor cantidad de información nos proporciona, lo que ha inspirado a lo largo de los años el desarrollo de un conjunto de conocimientos, técnicas y metodologías con distintas aplicaciones que se agrupan en lo que denominamos Ingeniería Acústica.

La acústica es la ciencia del sonido, y por este motivo se trata de una materia transversal, que está presente en múltiples disciplinas. Sus aplicaciones más conocidas son aquellas relacionadas con la música y la voz (grabaciones, procesado de la voz y audición, diseño de salas de conciertos, etc), y el análisis y control de la contaminación acústica, que constituye el segundo contaminante de más importante según la OMS. Sin embargo, la Acústica está presente en numerosas aplicaciones en diferentes sectores, como la diagnosis médica, la evaluación de materiales o estructuras, la monitorización de procesos y máquinas, la localización de bancos de pesca, las prospecciones geológicas, etc.

El objetivo principal de la asignatura es **diseñar y aplicar soluciones** desde la perspectiva de la **Ingeniería Acústica** para la **mejora de productos y procesos reales**, con aplicación en diferentes sectores, prioritariamente la **industria, el transporte y el medio ambiente**.

A través de esta asignatura se pretende proporcionar los conocimientos de esta disciplina singular y combinarlos con los adquiridos en asignaturas anteriores y complementar así la formación de los alumnos de forma que les abra la puerta a nuevas oportunidades en diferentes sectores. Las actividades propuestas les permitirán adquirir experiencia en la resolución de un problema real y concreto mediante técnicas y tecnologías propias de la Ingeniería Acústica.

La asignatura se desarrolla en base a la resolución de un reto recorriendo las diferentes etapas desde la detección de la necesidad u oportunidad, hasta el desarrollo, prototipado y caracterización de una solución, de forma que los alumnos van recibiendo la formación complementaria que necesiten según avanzan en la solución del reto planteado trabajando en equipos.

El reto podrá variar en cada curso académico, e incluso se podrán abordar varios retos durante el mismo curso, lo que obligará a adaptar ligeramente la formación específica necesaria aunque exista una amplia mayoría de contenidos comunes a los tipos de problemas que se puedan plantear. Estos problemas se han agrupado en tres categorías:

- **Emulación de las capacidades auditivas para la solución de distintos tipos de problemas a través del procesado de señales vibroacústicas.** En este caso se trata de utilizar la información que proporcionan las señales vibroacústicas para diseñar soluciones a diferentes tipos de problemas, como el control de calidad, mantenimiento predictivo, o inspección de productos o máquinas, entre otros. Algunos ejemplos son: detección de comportamientos anómalos en líneas de producción o en productos terminados (fallos en la colocación de las palas de un aerogenerador mediante holografía acústica, o detección de problemas de cavitación en la turbina de una central hidroeléctrica mediante hidrófonos), evaluación no destructiva (detección de impactos en estructuras de aeronaves o vehículos), o cualquier otra aplicación donde se busquen soluciones basadas en la escucha activa o pasiva de determinados eventos (por ejemplo detectar si un vehículo entra en una superficie mojada, o si una persona mayor ha sufrido una caída en su domicilio, etc).
- **Mejora del comportamiento acústico de productos y/o máquinas.** Se trata de analizar y reducir el nivel de ruido generado por un determinado producto o máquina (por ejemplo un electrodoméstico, juguete, u otro bien de consumo), o bien de mejorar “la forma en la que suena” (por ejemplo conseguir que el cierre de una puerta de un vehículo suene de determinada manera, o mejorar el confort acústico en el interior) para cumplir unas determinadas especificaciones que vienen impuestas por una normativa o por ser una característica diferenciadora del producto. Un caso de particular de este tipo de problemas es el análisis y mitigación de los niveles de ruido producidos por maquinaria dentro del entorno industrial.
- **Problemas de impacto ambiental.** En este caso se trataría de analizar situaciones donde exista un riesgo ambiental debido al nivel de ruido/vibraciones emitido por determinadas fuentes (principalmente actividades o infraestructuras del transporte) y buscar soluciones para minimizar su impacto. Más allá de las aplicaciones habituales en el contexto de los medios de transporte y las ciudades se podrían cubrir problemas derivados de actividades industriales como los que se producen en las inmediaciones de algunos astilleros, explotaciones mineras a cielo abierto, etc.

A la hora de elegir el problema sobre el que se trabajará se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Identificación de oportunidades y necesidades por parte del profesorado y los alumnos.
- Perfil de alumnos matriculados.
- Posibilidades de patrocinio por parte de alguna empresa.
- Financiación y recursos disponibles.

#### Conocimientos que requiere el alumno

Aquellos derivados del Grado en Ingeniería en tecnologías industriales. La asignatura está abierta a alumnos con diferentes perfiles siempre que tengan un interés por la tecnología. En este sentido el enfoque es de “aprender haciendo”, desarrollando soluciones mediante la integración de diferentes tecnologías de fácil acceso (ejemplo: LabVIEW para adquisición de datos, toolkits específicos de Matlab y LabVIEW para procesado, Comsol para simulación, etc).

MÓDULO	Desglose de actividades formativas y contenidos
Módulo A Lección magistral (30 horas)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentos y Aplicaciones de la Ingeniería Acústica (4 h) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Características de las señales acústicas.</li> <li>▪ Campos de aplicación.</li> </ul> </li> <li>2. Instrumentación y Técnicas de Medida (4 h) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instrumentación y Metrología acústica.</li> <li>▪ Técnicas de Medida: Presión, intensidad, vibración, etc.</li> </ul> </li> <li>3. Análisis Vibroacústico (10 h) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Procesado Digital de Señales Vibroacústicas. Reconocimiento de Patrones.</li> <li>▪ Análisis modal.</li> <li>▪ Identificación de fuentes: intensidad sonora, holografía acústica, beamforming.</li> <li>▪ Análisis de vías de transmisión por estructuras sólidas o vía aérea.</li> </ul> </li> <li>4. Diseño de Soluciones (12 h) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Control de ruido activo, pasivo e híbrido.</li> <li>▪ Diseño de soluciones para detección e identificación de eventos.</li> </ul> </li> </ol>
Módulo B Clases prácticas (60 horas)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Taller de Introducción a la Ingeniería Acústica (4 h)</li> <li>2. Taller de Identificación de Oportunidades. Técnicas de creatividad, metodologías para el desarrollo de ideas innovadoras, protección y explotación de resultados, y emprendimiento (8 h).</li> <li>3. Planteamiento del problema: especificaciones y normativa (2 h)</li> <li>4. Caracterización Inicial (9 h)</li> <li>5. Taller de Análisis Vibroacústico (10 h)</li> <li>6. Prototipado de Soluciones (16 h)</li> <li>7. Caracterización Final (8 h)</li> </ol>
Modulo C (1.5 ECTS)	Sostenibilidad y responsabilidad Social
COMPETENCIAS A LAS QUE CONTRIBUYE (como mínimo las señaladas)	
	(a) Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.
X	(b) Habilidad para diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos.
X	(c) Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.
X	(d) Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.
X	(e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
X	(f) Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.
X	(g) Habilidad para comunicar eficazmente.

X	(h) Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.
X	(i) Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.
	(j) Conocimiento de los temas contemporáneos.
X	(k) Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.
	(l) Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano).
X	(m) Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.
X	(n) Creatividad.

#### Actividades y metodología prevista para garantizar la adquisición de las competencias anteriores

En las primeras semanas los alumnos recibirán formación teórica – práctica complementaria en función del reto planteado. A partir de ahí irán recorriendo el desarrollo de una solución a través de sus diferentes facetas: caracterización del problema, diagnóstico, análisis de alternativas, diseño de una solución, prototipado y caracterización final de la solución.

Al final de la asignatura los equipos de alumnos deberán presentar la solución ante el resto de compañeros y ante los profesores de la asignatura.

A continuación se refleja la relación con algunas competencias que es conveniente matizar:

**Competencia (b):** el módulo B contiene varios talleres cuyo objetivo es desarrollar esta competencia, concretamente los de caracterización inicial y final donde deberán diseñar los experimentos e interpretar los resultados.

**Competencia (c):** con el enfoque planteado en la asignatura, en el que se combinan fundamentos teóricos, resoluciones analíticas y numéricas, herramientas de simulación y validación se incide en el desarrollo de esta competencia.

**Competencia (d):** la asignatura garantiza la adquisición de dicha competencia puesto que el módulo B se realiza íntegramente en equipos de trabajo formados por varios alumnos. Los equipos entregarán informes mediante los cuales serán evaluados y deberán completar informes de evaluación interna del trabajo en equipo.

**Competencia (e):** la asignatura presenta a los alumnos un problema real que deben identificar, caracterizar, evaluar y resolver. Por tanto el formato y secuenciación en el que se desarrolla persigue la consecución de cada una de estas habilidades.

**Competencia (f):** Parte de la responsabilidad ética de un ingeniero que trabaje en aspectos técnicos se basa en no utilizar resultados de simulaciones sin una correcta validación debido a las implicaciones que puede implicar. En esta asignatura se incidirá en la responsabilidad de los ingenieros durante su práctica profesional. Los equipos deberán estudiar los impactos en la sociedad y en el medio ambiente de las soluciones aportadas.

**Competencia (g):** Los alumnos deberán realizar al menos 3 presentaciones durante el curso

relacionadas con los entregables. Se potenciará que los alumnos sean capaces de manejar modulando adecuadamente el lenguaje técnico en función del ámbito en el que se encuentren.

**Competencia (i):** La propia naturaleza de la asignatura obliga a desarrollar esta competencia al enfrentar a los alumnos con una disciplina en la que no tienen una fuerte formación previa. Se propone además trabajar en nuevas aplicaciones de estas tecnologías y no específicamente en aquellas más consolidadas, de forma que el alumno se enfrente al problema de utilizar conocimientos y bibliografía de otras aplicaciones para buscar las soluciones.

**Competencia (h):** Parte de los talleres se centran en el manejo de técnicas o herramientas de actuales como sistemas de instrumentación avanzados, técnicas de reconocimiento de patrones o determinadas herramientas de simulación.

**Competencia (m):** Los alumnos aprenderán a trabajar en un entorno lo más parecido posible a los laboratorio de caracterización y ensayo de empresas de ingeniería. Vivirán la importancia de organizar de forma adecuada el trabajo en un laboratorio, en el que conviven personas y equipos sensibles y costosos, teniendo en cuenta la necesidad de implantar y seguir procedimientos de trabajo, como apoyo a la promoción de la calidad en entornos industriales, adquiriendo destrezas prácticas necesarias para futuras tareas de supervisión, tanto en laboratorio, como en talleres y plantas industriales, y entenderán la necesidad de documentar su trabajo de forma sistemática.

### **Desarrollo de las enseñanzas**

- Clases teóricas (lección magistral): Presentación de conceptos y su aplicación a través de casos prácticos.
- Clases prácticas: Algunas sesiones serán impartidas en **aula convencional o colaborativa** (talleres de planteamiento del problema: especificaciones y normativa y taller de creatividad), otras en aulas de informáticas (taller de análisis vibroacústico) y otras necesariamente se impartirán en laboratorio (todos aquellos talleres que impliquen utilización de instrumentación específica).

### **Evaluación**

Los alumnos deberán realizar cuatro entregables a lo largo del curso, dos en cada semestre:

- E1. Definición del proyecto, identificación del reto y propuesta inicial de cómo abordar el problema.
- E2. Diagnóstico acústico y propuesta conceptual de soluciones.
- E3. Propuesta detallada de soluciones.
- E4. Propuesta final de soluciones, incluyendo su ensayo y validación.

La evaluación de las competencias se realizará siguiendo la sistemática desarrollada por la Escuela.

### **Tipo de aulas en las que se impartirían las clases**

- Aula de clases magistrales para las sesiones de teoría.

- Aula cooperativa para algunas sesiones de taller.
- Aula informática.
- Instalaciones del Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada

#### Financiación necesaria para la impartición de la asignatura, aportada por el Departamento

La unidad docente de ingeniería acústica tiene acceso al laboratorio, equipamiento e instalaciones del Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica aplicada con instrumentación suficiente para desarrollar la parte experimental de la asignatura, dotado con varios puestos para realizar ensayos vibroacústicos con diferentes sistemas de adquisición de datos comerciales: DAQ de NI, sistemas de medida multicanal de B&K y 01dB, numerosos transductores, shakers, 10 ordenadores portátiles, y software específico asociado a los instrumentos de medida..

En lo que respecta al software de simulación se dispone de licencia educativa Comsol Multiphysics.

Se tratará de potenciar el patrocinio de los proyectos a través de empresas de diferentes sectores para la financiación del software, equipamiento y materiales necesarios para el desarrollo de la asignatura.

#### Experiencias anteriores y demanda habida en las mismas

La experiencia docente anterior se circunscribe a diferentes asignaturas impartidas fundamentalmente en los programas de Master y Doctorado en Ingeniería Acústica coordinados por la Unidad Docente de Acústica, así como a la experiencia acumulada a través de los proyectos de I+D+i desarrollados por el Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada. La mayor parte de los ejemplos que se han descrito han sido abordados en alguno de estos proyectos, o están en desarrollo.

La demanda de este tipo de conocimientos ha permitido mantener en la Escuela los citados programas de Master y Doctorado durante varias décadas, así como algunas asignaturas optativas en otros programas de la Escuela como el Master de Ingeniería Mecánica.

#### Otras observaciones:

Se propone poner en marcha la asignatura en un formato en el que todos los alumnos trabajen sobre un mismo proyecto en competencia (plus en la nota para el equipo que consiga la mejora más significativa), pudiendo abordarse hasta dos de la categorías de problemas a resolver durante el curso.

Se incluye la participación de la investigadora Teresa Bravo del Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información - Leonardo Torres Quevedo del CSIC, que colabora habitualmente en asignaturas del MUI Mecánica, MUI Acústica en la Industria y el Transporte y el MUI Ambiental. Así mismo el profesor Manuel Recuero López participará en algunas sesiones del módulo A, y la profesora Martínez Muneta en el Taller de Identificación de Oportunidades para el que también se contará con la participación del personal del Centro de Apoyo a la Investigación Tecnológica (CAIT-UPM). También se invitará a ponentes externos de empresas para determinadas charlas.