

VIBROACÚSTICA EN EL GRADO DE INGENIERÍA EN SONIDO E IMAGEN EN TELECOMUNICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

PACS: 43.10.Sv

Ramis-Soriano, Jaime¹; Poveda-Martínez, Pedro¹; Carbajo-San-Martín, Jesús²; Segovia-Eulogio, E.G.²; González-Ruiz, J¹.

¹DFISTS Universidad de Alicante. Carretera San Vicente del Raspeig, s/n, 03080, San Vicente del Raspeig, España {jesus.carbajo,pedro.poveda@ua.es; jramis@ua.es; juagonru@ua.es}

²DIC. Universidad de Alicante. Carretera San Vicente del Raspeig, s/n, 03080, San Vicente del Raspeig, España {enrique.gonzalo@ua.es}

Palabras Clave: Vibroacústica; radiación; vibración; materiales acústicos; enseñanza en acústica.

ABSTRACT

This paper briefly presents an optional subject taught in the degree of Engineering in Sound and Image in Telecommunication at the University of Alicante. The subject matter of this communication, Vibroacoustic is given in the sixth semester, after some core and compulsory subjects: acoustics, acoustic transducers (4C) and acoustic isolation and conditioning (5C). The discipline is part of the so-called "Acoustic Engineering Itinerary" together with three other subjects. It is based on concepts taught in the three subjects mentioned above, especially in Acoustic Transducers, although it uses tools from other subjects. Therefore, it is important to have successfully completed all the subjects of the second year.

RESUMEN

En este trabajo se presenta brevemente una materia optativa que se imparte en la titulación de Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación que se imparte en la Universidad de Alicante. La materia objeto de esta comunicación, *Vibroacústica*, es optativa y se imparte en sexto cuatrimestre, después de las troncales u obligatorias: Acústica, transductores acústicos (4C) y aislamiento y acondicionamiento acústico (5C). La materia forma parte del así llamado "Itinerario de ingeniería acústica" junto con otras tres materias. Se apoya en conceptos impartidos en las tres materias citadas anteriormente, especialmente en Transductores Acústicos, aunque utiliza herramientas de otras asignaturas. Por tanto, es importante haber cursado con aprovechamiento todas las materias de segundo curso.

1. INTRODUCTION

La titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación con especialidad en sonido e imagen (ITTSI) comenzó a impartirse en la Universidad de Alicante (UA) en el curso 1999-2000. El grado actual en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación, inicia su andadura en el curso 2010-11. El lector interesado puede consultar el plan de estudios, estructurado en cuatro cursos académicos (ocho cuatrimestres), en la web de la UA si así lo desea [1].

La materia objeto de esta comunicación, *Vibroacústica*, corresponde a una asignatura optativa y se imparte en el sexto cuatrimestre, después de troncales y obligatorias como Acústica (tercer cuatrimestre), Transductores Acústicos (cuarto cuatrimestre) o Aislamiento y Acondicionamiento Acústico (quinto cuatrimestre). Vibroacústica forma parte del así llamado “itinerario de ingeniería acústica” junto con otras tres materias. La asignatura se apoya conceptualmente en las tres materias citadas anteriormente, especialmente en Transductores Acústicos. Se utilizan por tanto herramientas de otras asignaturas, por lo que resulta importante haber cursado con aprovechamiento todas las materias de segundo curso.

En esta asignatura, los alumnos estudian los problemas relacionados con la radiación de placas, las pérdidas por transmisión de particiones formadas por varias capas, así como las técnicas experimentales para su caracterización. Una parte importante de las prácticas se dedica a la caracterización de materiales por métodos vibro acústicos. En esta comunicación se expone una breve presentación a la materia en el contexto del Plan de Estudios que se imparte en la UA.

2. PROPUESTA DE CONTENIDOS

De acuerdo con el plan de estudios implantado actualmente en la UA, se ha optado por organizar los seis créditos presenciales que conforman la asignatura en dos tipos de clases: a) Teoría/Problemas y b) Prácticas.

2.1. Objetivos generales de la materia

La asignatura de Vibroacústica se centra en el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Asimilar técnicas y procedimientos de caracterización de sistemas radiantes basados en la utilización de un solo micrófono.
- Conocer los sensores y la instrumentación para la medida de vibraciones con y sin contacto.
- Conocer el concepto de transmisibilidad y aplicarlo al diseño de sistemas de amortiguamiento de vibraciones.
- Analizar las vibraciones en sistemas discretos de más de un grado de libertad y continuos de una y dos dimensiones.
- Aplicar técnicas de análisis modal en sistemas mecánicos y acústicos para la caracterización de materiales.
- Comprender los diagramas de bloques del flujo energético entre subsistemas desde el punto de vista SEA y ondulatorio, aplicándolo a sistemas acoplados acústicamente.
- Analizar el problema genérico del acoplo vibroacústico para el caso de la radiación de placas.
- Pérdidas por transmisión en particiones formadas por una o varias capas.
- Asimilar técnicas de medida de intensidad acústica y vibratoria a la obtención de la potencia acústica de una fuente y a la obtención de las pérdidas por transmisión de una partición.

2.2. Contenidos

Tal y como se comentó en apartados anteriores, la asignatura se divide en clases teóricas/problemas, y clases prácticas. Los siguientes apartados describen los contenidos incluidos en cada caso de forma detallada.

2.2.1. Teoría/Problemas

Las sesiones de teoría/problemas se han agrupado en cuatro bloques:

1. Dinámica de vibraciones.

- Sistemas de uno y dos grados de libertad.
- Sistemas continuos unidimensionales y bidimensionales.
- Sistemas acoplados. Los transductores como sistemas acoplados.
- Aplicación de técnicas de análisis modal a la caracterización de materiales.

Se trata de emplear el formalismo ya conocido para aplicarlo a:

- La problemática del diseño de sistemas radiantes en baja frecuencia. El alumnado debe visualizar los sistemas caja cerrada, bass-reflex, activo pasivo y paso banda como sistemas acoplados de uno y dos grados de libertad. Este ítem está relacionado con el primer bloque de prácticas.
- La caracterización de materiales. Existen diferentes normativas y procedimientos para la caracterización de materiales basados en la aplicación de técnicas experimentales de análisis modal. Este apartado está muy relacionado con el segundo bloque de prácticas.

2. Radiación de estructuras vibrantes.

- Revisión de conceptos y modelos básicos. Esfera pulsante. Par de fuentes y pistón.
- Placa vibrante. Ondas de flexión.
- Eficiencia de radiación.
- Radiación de una placa vibrante finita e infinita.

En este tema:

- Se revisan las características de los modelos fundamentales de sistemas radiantes ya estudiados en cursos anteriores.
- Se introduce las herramientas necesarias para calcular numéricamente la impedancia de radiación de pistones no circulares. Se amplían las agrupaciones de fuentes y se clarifica el concepto de array.
- Se aborda con rigor la radiación de las ondas de flexión y el fenómeno de coincidencia,
- Se define el concepto de eficiencia de radiación relacionándolo con la impedancia mecánica de radiación e introduciendo la eficiencia de radiación modal. También se aborda la cuestión de la impedancia mutua.

3. Transmisión sonora en particiones vibrantes.

- Concepto de impedancia de una pared.
- Modelos para la predicción de las pérdidas por transmisión en paredes simples y dobles.
- Medida de las pérdidas por transmisión utilizando sonda de intensidad.
- Cuantificación de las pérdidas por flancos en el aislamiento de recintos.

En este tema:

- Se generaliza el concepto de impedancia de un muro a partir de los resultados de estudiar una pared rígida, una pared vibrante y una cortina porosa y pesada.
- Se estudian y justifican los modelos de predicción más conocidos de las pérdidas por transmisión en particiones.

- Se justifica la metodología empleada en las publicaciones que fundamentan las ecuaciones de la norma UNE:EN N:ISO .12354. Este objetivo está relacionado en gran medida con los contenidos de la siguiente unidad didáctica.
4. Fundamentos de la metodología SEA (Statistical Energy Analysis).
- Parámetros SEA.
 - Aplicación a sistemas acústicos, mecánicos y mecánico-acústicos.
 - Salas acopladas acústicamente.
 - El problema del aislamiento entre recintos visto desde el punto de vista de SEA

En este tema:

- Se plantean los fundamentos de la metodología SEA (Statistical Energy Analysis), utilizada en asignaturas anteriores de forma inconsciente.
- Se analizan ejemplos de la aplicación de SEA en distintos ámbitos a través de diferentes publicaciones.
- Se expone con rigor el problema de las salas acopladas acústica y electroacústicamente.
- Se estudia el problema de aislamiento acústico entre dos recintos contiguos.

2.2.2. *Prácticas.* Los contenidos prácticos de la asignatura se pueden agrupar en cuatro bloques temáticos

1. Diseño y caracterización de sistemas radiantes en baja frecuencia.

Para el estudio de sistemas radiantes en baja frecuencia se analizan cuatro casos distintos: sistema caja cerrada, sistema bass-reflex, sistema activo-pasivo y sistema paso banda. Tomando como referencia el circuito equivalente de cada uno de ellos, se analiza la contribución de cada uno de los componentes de la parte mecánico-acústica. A partir del análisis de la respuesta en frecuencia y la impedancia eléctrica, se completa un estudio paramétrico por medio de simulaciones.

2. Técnicas de medida. En este bloque el alumno realizará las siguientes tareas:

- Determinación de la transmisibilidad de un sistema mecánico de un grado de libertad.
- Aplicación del teorema de reciprocidad a la calibración de transductores.
- Aplicación de medidas de intensidad y medidas de potencia acústica.
- Holografía acústica de campo cercano.

3. Caracterización de materiales. El tercer bloque de prácticas está orientado a la caracterización de materiales por métodos acústicos. En él, el alumno desarrollará los siguientes ítems:

- Determinación de la impedancia y el coeficiente de absorción de un material.
- Determinación de la resistencia al flujo de un material fibroso.
- Obtención del módulo de Young y el factor de pérdidas por métodos vibro-acústicos.
- Obtención de la rigidez dinámica.

4. Métodos numéricos. Para completar el contenido práctico de la asignatura, el alumno realizará diferentes actividades para la simulación de sistemas vibroacústicos.

- Problemas básicos de integración numérica. Radiación de pistones elípticos, rectangulares y circulares
- Aplicación de la técnica de diferencias finitas al estudio de la propagación en un tubo.

- Utilización de software elemental de elementos finitos para el análisis modal de estructuras simples.
- Un problema 2D resuelto por el método de elementos de contorno (BEM).

3. PROPUESTA METODOLÓGICA

Como sistema pedagógico se ha optado por seguir una metodología mixta. En las clases de teoría, se procede de acuerdo con lo que se viene denominando “clase/lección magistral dialogada”. La clase comienza con una breve introducción del tema a tratar, centrándolo en el contexto de la asignatura y formulando los objetivos que se pretenden lograr en esa clase. Los aspectos más importantes de la lección deben subrayarse, asegurando así su asimilación por parte del alumno. Al final de la clase, se realiza un resumen de la lección y se proponen ejercicios prácticos relacionados con los conceptos teóricos impartidos. Durante la exposición del tema, se suelen citar aplicaciones que sitúan al alumno en el plano de la realidad. De esta forma, se consigue motivar al oyente, algo fundamental en el proceso educativo. En determinadas ocasiones, se llevan al aula sencillas experiencias o, si es posible, recursos donde se vean aplicaciones reales. Actualmente, el acceso a este tipo de recursos es inmediato a través de la red.

A la hora de planificar la clase hay que adaptarse a los conocimientos previos que poseen los alumnos y conseguir que la explicación del tema siga un esquema definido, organizado y coherente. Todo ello requiere una preparación minuciosa, por parte del profesor, de la exposición de los temas, trabajo que los alumnos agradecerán. Toda la planificación tiene como eje central que el alumnado trabaje de forma particular un total de hora y media por cada hora de clase lectiva.

Respecto a las clases prácticas, en la medida de lo posible se utiliza una combinación de la técnica de aprendizaje basada en proyectos (ABP) junto con la llamada “flipped teaching” (FP) [2]. El llamado FP es un enfoque o modelo pedagógico cuya idea central es dar la vuelta al método de enseñanza común o modelo tradicional. A grandes rasgos, supone hacer en casa lo que tradicionalmente se hace en el aula (la exposición teórica) y realizar en el aula lo que normalmente se hace en casa (resolución de problemas), aunque esta inversión supone mucho más, tal y como se evidenciará en el trabajo que se presenta. El término aula invertida (inverted classroom o FP) fue acuñado por un grupo de profesores de economía en la Universidad de Miami (Ohio), y tiene sus raíces en el método del caso utilizado en las escuelas de negocios, derecho y humanidades, donde se pedía a los estudiantes que fuera de las aulas prepararan una lectura para poder, posteriormente, desarrollar una discusión en clase. El objetivo es aplicar esta metodología en algunas unidades didácticas de la asignatura que tratamos. Conviene remarcar que las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la disciplina objeto de esta comunicación poseen enorme importancia, ya que facilitan la consecución de determinados objetivos concretos que se citan a continuación:

1. Poner en contacto al alumno con situaciones reales mediante las cuales puede comprobar:
 - Las leyes fundamentales que rigen los modelos teóricos.
 - Grado de aproximación de estas leyes con la realidad.
 - Factores que determinan la aparición de discrepancias entre los resultados obtenidos y los previstos por la teoría.
2. Iniciar y desarrollar su habilidad en el manejo de aparatos de medida y en el conocimiento y aplicación de técnicas matemáticas y de medida.

Dados los objetivos planteados, el alumno en las prácticas de laboratorio no puede limitar su labor a la de mero observador, sino que debe realizar por si mismo las experiencias planteadas.

La realización de prácticas de laboratorio está condicionada por numerosas limitaciones de tipo práctico como son espacio, tiempo y material, lo que exige un planteamiento de las mismas con enorme realismo. Para obtener su perfecto aprovechamiento el profesor, además de explicar el contenido de la práctica en el laboratorio, facilita un guion de la misma a los alumnos. Sin embargo, se viene observando que los guiones proporcionados conducen a un comportamiento excesivamente pasivo del alumnado. Para recuperar la frescura en las sesiones de laboratorio, se ha hecho necesario renunciar al guion de prácticas tradicional y sustituirlo por un documento menos concreto. El resultado es un camino más abierto, con más incertidumbre, pero en absoluto tedioso. Es fundamental que el alumno se prepare con antelación, leyendo cuidadosamente los textos facilitados por el profesorado para preparar la práctica. Asimismo, es importante hacer ver a los alumnos que las prácticas permiten completar su formación, comprobando experimentalmente lo estudiado en las clases teóricas. Una práctica bien hecha suele producir satisfacción a quien la realiza y servirle de estímulo para seguir con mayor interés el estudio.

El profesorado, en la clase, expone brevemente las bases teóricas en que se fundamenta la experiencia y explica el esquema del dispositivo experimental a montar o en su caso, el funcionamiento y normas de uso de los distintos equipos de laboratorio. Sobre todo, se especifica claramente cuál es el objetivo de la práctica y el método experimental a seguir. Durante el desarrollo de la misma, el profesorado va pasando por las distintas mesas de trabajo para revisar los dispositivos, resolviendo dudas e, incluso, planteando cuestiones al alumno. Esta labor resulta de gran importancia, pues muchos detalles pasarían desapercibidos al alumno si el profesorado no le hiciese pensar en ellos. Se suelen aprovechar estas explicaciones para insistir sobre conceptos o ideas que se han visto en clase de teoría o problemas.

En las actividades desarrolladas en el horario de prácticas de laboratorio, el número de alumnos es menor y la interacción entre el profesorado y el alumnado es más directa. No obstante, con más frecuencia de lo deseable, el alumnado espera que el planteamiento de las prácticas de laboratorio se enfoque como una secuencia de instrucciones que se deben seguir sin ninguna justificación previa.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado, a modo de resumen, un esbozo de los contenidos y la metodología seguida en la asignatura Vibroacústica, asignatura optativa que se imparte en la actualidad en el tercer curso del GITSI en la Universidad de Alicante.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se enmarca en el seno del Programa de Redes-I³CE de Investigación en docencia universitaria del Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa-Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante (convocatoria 2016-17), Ref.:Docencia en IA-3552 .

REFERENCIAS

- [1] ALBA J., TORREGROSA C., DEL REY R. (2015b) Aprendizaje basado en proyectos: Primera experiencia en la asignatura de Física del Grado en Ingeniería de Telecomunicación, Sonido e Imagen. Universitat Politècnica de València Congreso IN-RED (2015)
- [2] GANNOD, G., BURGE, J., HELMICK, M. (2008). "Using the inverted classroom to teach software engineering" en Proceedings of the International Conference on Software Engineering (ICSE). Leipzig, Germany. p. 10-18