

REDES DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN EN
DOCENCIA UNIVERSITARIA

VOLUMEN
2020

XARXES D'INVESTIGACIÓ I
INNOVACIÓ EN DOCÈNCIA
UNIVERSITÀRIA

VOLUM 2020

Roig Vila, Rosabel (Coordinación)

Antolí Martínez, Jordi M.

Díez Ros, Rocío

Pellín Buades, Neus (Eds.)

UA

UNIVERSITAT D'ALACANT
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

ICE

Institut de Ciències de l'Educació
Instituto de Ciencias de la Educación



Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2020

ROSABEL ROIG-VILA (COORD.),
JORDI M. ANTOLÍ MARTÍNEZ, ROCÍO DÍEZ ROS & NEUS PELLÍN BUADES
(Eds.)

Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2020

Edició / Edición: Rosabel Roig-Vila (Coord.), Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades (Eds.)

Comité editorial internacional:

Prof. Dr. Julio Cabero Almenara, Universidad de Sevilla

Prof. Dr. Antonio Cortijo Ocaña, University of California at Santa Barbara

Profa. Dra. Floriana Falcinelli, Università degli Studi di Perugia

Profa. Dra. Carolina Flores Lueg, Universidad del Bío-Bío

Profa. Dra. Chiara Maria Gemma, Università degli studi di Bari Aldo Moro

Profa. Dra. Mariana Gonzalez Boluda, Universidad de Birmingham

Prof. Manuel León Urrutia, University of Southampton

Prof. Dr. Alexander López Padrón, Universidad Técnica de Manabí

Profa. Dra. Victoria I. Marín, Universidad de Oldenburgo

Prof. Dr. Enric Mallorquí-Ruscalleda, Indiana University-Purdue University, Indianapolis

Prof. Dr. Santiago Mengual Andrés, Universitat de València

Prof. Dr. Fabrizio Manuel Sirignano, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante

Revisora tècnica/ Revisora técnica: Neus Pellín Buades

Primera edició: octubre 2020

© De l'edició/ De la edición: Rosabel Roig-Vila, Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades

© Del text: les autores i autors / Del texto: las autoras y autores

© D'aquesta edició: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / De esta edición: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

ice@ua.es

ISBN: 978-84-09-20703-9

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels textos publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva dels autors. / Las opiniones y contenidos de los textos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.

15. Desarrollo de una plataforma software transversal para el itinerario de Ingeniería Acústica del Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación

Carbajo, Jesús¹; Ramis, Jaime¹; Hidalgo, Antonio¹; Méndez, David¹; Poveda, Pedro¹; Navarro-Fuster, Víctor¹; Carretero, Lucía¹

¹Universidad de Alicante, {jesus.carbajo; jramis; antonio.hidalgo; david.mendez; pedro.poveda; victor.navarro}@ua.es; lcl44@alu.ua.es

RESUMEN

El desarrollo de nuevas herramientas y recursos que faciliten y garanticen una formación de calidad constituye una de las principales líneas de trabajo en la investigación en docencia universitaria. Entre los recursos tecnológicos existentes, las plataformas softwares quizás sean unas de las elecciones más comunes por parte del profesorado gracias a su fácil escalabilidad y versatilidad de uso. Este trabajo presenta los resultados preliminares correspondientes del desarrollo de una plataforma software para el Itinerario de Ingeniería Acústica del Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación. En concreto, la plataforma implementada permite servir como vehículo de aprendizaje de los métodos de caracterización de materiales acústicos, así como de los fundamentos teóricos subyacentes, en las asignaturas que conforman dicho itinerario. A partir de esta herramienta, el alumnado será capaz no solo de conocer en detalle los procedimientos normativos nacionales e internacionales utilizados habitualmente para dicho fin, sino también reforzar los conceptos teóricos asociados a los mismos desde un entorno virtual que complemente al de un laboratorio de medida.

PALABRAS CLAVE: docencia transversal, acústica, caracterización de materiales, plataforma software.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas tecnologías y su implantación en el ámbito de la educación superior plantea nuevos escenarios que además de favorecer la docencia permiten cubrir grandes demandas sin dejar de garantizar una formación de calidad. Entre estas tecnologías, las herramientas software constituyen desde hace décadas uno de los recursos de mayor utilidad por su potencial uso en cualquier

entorno (Niemiec y Walberg, 1989), tanto dentro como fuera de las instituciones académicas. Si bien la tendencia actual quizás esté más orientada hacia herramientas de gestión de aprendizaje (Moodle) o colaborativas (Telegram), éstas últimas inspiradas en redes sociales pioneras tales como Messenger o Facebook, las plataformas software *ad hoc* aún constituyen uno de los núcleos fuertes en lo que a transferencia de conocimiento especializado se refiere.

Entre las titulaciones oficiales que se imparten en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante, el Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación (GISIT) constituye un buen ejemplo de especialización dentro de una disciplina como es la Ingeniería en Telecomunicación. Además, esta titulación ofrece al alumnado de tercer y cuarto curso dos itinerarios de especialización: el Itinerario de Tecnología Audiovisual (ITA) y el Itinerario de Ingeniería Acústica (IIA). En este último itinerario, el Grupo de Acústica Aplicada de la Universidad de Alicante tiene un gran compromiso por acercar al alumnado al ejercicio profesional a través de experiencias y casos prácticos reales, siendo la caracterización de materiales acústicos una de las más importantes.

En la anterior edición del congreso Redes-Innovaestic, varios de los autores divulgaron los resultados correspondientes a una acción educativa orientada a la caracterización de materiales acústicos (Carbajo et al., 2019). En concreto, dicha acción consistió en desarrollar una plataforma experimental que ofreciese al alumnado que cursaba el IIA del GISIT un entorno de aprendizaje práctico y versátil relativo a los procedimientos normativos nacionales e internacionales de caracterización. Si bien la experiencia tuvo una magnífica acogida entre el alumnado, también sirvió para revelar la necesidad de más herramientas de ese tipo que no solo faciliten la labor docente, sino que también sirvan para garantizar una formación de calidad.

El presente trabajo presenta el diseño y desarrollo de una plataforma software para la caracterización de materiales acústicos que sirva de complemento a la plataforma experimental citada anteriormente. Esta plataforma utiliza un método de cálculo y modelos teóricos que permiten predecir el comportamiento acústico de un material a partir de sus propiedades físicas. Si bien existen herramientas software comerciales que permiten estimar algunos indicadores acústicos, la mayoría de éstas se limitan a presentar los resultados correspondientes sin ofrecer al usuario la posibilidad de analizar cómo se obtienen. La plataforma desarrollada no solo permite determinar estos indicadores acústicos sino también analizar la obtención de los mismos desde un entorno virtual abierto que reproduce los ensayos normativos existentes para ello. Además, ofrece la posibilidad de utilizar una base de datos con materiales de diferente tipo, así como exportar los resultados obtenidos para su uso en otras plataformas, ampliando así los conocimientos del usuario relativos a dicho ejercicio profesional. En definitiva, se ha conseguido asociar las mismas experiencias prácticas desde un enfoque virtual que no pretende suplantar al experimental sino servir de refuerzo para una mejora en la formación especializada.

2. OBJETIVOS

El principal objetivo de la acción educativa cuyos resultados preliminares se recogen en este trabajo es proporcionar al profesorado una herramienta software que sirva de complemento a la plataforma experimental desarrollada anteriormente (Carbajo et al., 2019). Dicha herramienta no solo pretende acercar al alumnado a los procedimientos normativos para la caracterización de materiales acústicos, sino también dotar de un recurso versátil a la vez que de gran utilidad para explicar los fundamentos teóricos subyacentes a dichos métodos. Así, el objetivo principal se puede desglosar en los siguientes objetivos específicos:

- Implementar el método de cálculo y los modelos teóricos de predicción necesarios para reproducir los procedimientos normativos nacionales e internacionales de caracterización de materiales acústicos en un entorno software.
- Disponer una estructura modular que permita seleccionar y mostrar el funcionamiento de aquel procedimiento que el profesorado considere de interés para el alumnado de la asignatura correspondiente del IIA.
- Elaborar una base de datos de materiales de diverso tipo que sirva para comparar sus propiedades acústicas e ilustrar los diferentes comportamientos que estos presentarán en función de sus propiedades físicas.

Cabe mencionar que uno de los objetivos de la red de docencia cuyos principales resultados aquí se recogen era que el alumnado evaluase la plataforma a partir de una experiencia con tres fases: (1º) demostración de la plataforma software; (2º) demostración de la plataforma experimental; y (3º) comparativa de ambas plataformas, discusión de resultados, análisis de ventajas y propuestas de mejora. Lamentablemente, la situación de excepción generada por la pandemia asociada al COVID-19 nos ha obligado a posponer dicha experiencia para más adelante, mostrando solo de momento en alguna asignatura la plataforma software a través de las aulas virtuales que la Universidad de Alicante ha habilitado para ello. No obstante, los autores consideran de interés para la comunidad docente compartir los resultados preliminares correspondientes al diseño y desarrollo de la plataforma software.

3. MÉTODO

3.1. Fase de diseño

Como se ha mencionado anteriormente, la elaboración de la plataforma software ha conestado de dos fases: una de diseño y otra de desarrollo. Para la primera de estas fases se realizó una selección de los procedimientos normativos de caracterización y tipos de materiales acústicos que se querían poder estudiar. En concreto, se seleccionaron los siguientes procedimientos:

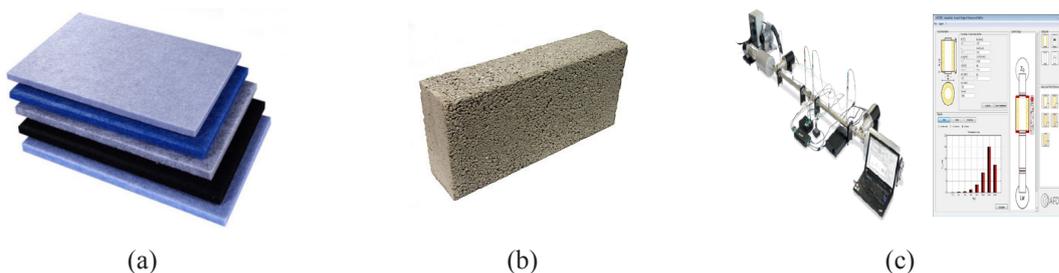
- UNE-EN ISO 10534-2 (UNE-EN ISO 10534-2, 2002). Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método

de la función de transferencia.

- ASTM E2611-19 (ASTM E2611, 2019). Standard test method for normal incidence determination of porous material acoustical properties based on the Transfer Matrix Method.

En cuanto a los tipos materiales, inicialmente se centró la atención en aquellos de uso más extendido: fibrosos, espumas, y paneles perforados; dejando para más adelante (como se ha mencionado anteriormente) la ampliación a otros tipos. Este fue también el criterio que se siguió en la selección de los procedimientos de caracterización, dejando la puerta abierta a la integración de otros métodos no normativos, pero de extendido uso en la comunidad científica, como son el método de dos cavidades (Utsuno et al., 1989) o el método de tres micrófonos (Salissou y Panneton, 2010). La Figura 1 muestra fotografías de algunos de los materiales que se pueden caracterizar con la plataforma desarrollada, así como de un montaje experimental comercial que implementa los procedimientos cuya breve descripción puede encontrarse en un trabajo anterior de los autores (Carbajo et al. 2019).

Figura 1. Algunos de los materiales acústicos ((a) fibra de poliéster y (b) hormigón poroso) que se pueden caracterizar utilizando los diferentes procedimientos de medida en tubo de impedancia (c) recogidos en las normativas internacionales UNE-EN ISO 10534-2 y ASTM E2611.



Una vez seleccionados los procedimientos y los tipos de materiales, fue necesario disponer de un entorno de programación que no solo permitiese implementar el método de cálculo con el que reproducir dichos procedimientos, sino también los modelos de predicción teóricos de los materiales. Dado que la plataforma está orientada a alumnos del GISIT, y aunque existen entornos de programación más eficientes, se optó por el entorno de programación MATLAB® con el que ya están muy familiarizados por utilizarse éste en un gran número de asignaturas del grado. Esta decisión pretende facilitar que el alumnado profundice en el funcionamiento de la plataforma e incluso ampliar la misma implementando módulos adicionales propios o añadiendo nuevos materiales a su base de datos. A este respecto es menester aclarar que la acción educativa no perseguía disponer de una herramienta cerrada de acabado profesional para su uso sin más, sino más bien permitir hacer al alumnado partícipe de la misma a nivel de usuario y como futuro desarrollador. Esta decisión sigue la filosofía del desarrollo de software *open-source* (Levine et al., 2013) y sirve de punto de partida para la que en los próximos años podría ser una herramienta extensible a otras titulaciones en las que la caracterización de materiales es uno de sus ejes principales.

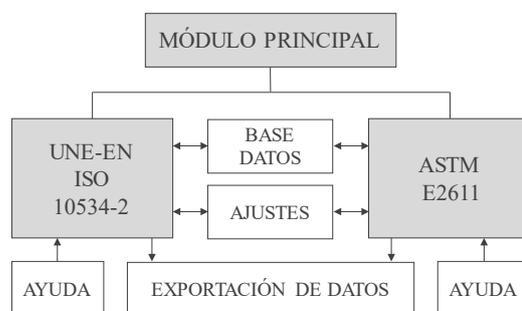
En cuanto al método de cálculo se escogió el *Transfer Matrix Method* (TMM) (Allard y Atalla, 2009), siendo éste el método más extendido para el análisis de la propagación acústica en tubo de impedancia como el que utilizan los procedimientos de medida. Para los modelos de predicción se recurrió a los modelos que se recogen en la Tabla 1 según el tipo de material, y cuya descripción puede encontrarse en la referencia (Cox y D'Antonio, 2009).

Tabla 1. Modelos teóricos para la predicción del comportamiento acústico en función del tipo de material.

Tipo de material	Modelo teórico
Fibroso	Delany y Bazley (1970)
Espuma	Miki (1990)
Paneles perforados	Maa (1984)

Para el interfaz de usuario de la plataforma software se utilizó el entorno de desarrollo MATLAB GUIDE que permite implementar programas autónomos con un frontal gráfico que facilite su manejo a través de menús, botones, gráficas embebidas... Al tratarse de una versión preliminar de la plataforma, pero con miras a que ésta se siga desarrollando en el futuro, se siguió una estructura genérica a la vez que sencilla como la que se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Estructura de diseño de la plataforma software desarrollada.



3.2. Fase de desarrollo

A partir de los criterios de diseño anteriores se desarrolló la plataforma software en cuestión, siendo necesario para ello implementar el método de cálculo (TMM) y los modelos teóricos de predicción. El primer de ellos permite reproducir los procedimientos normativos integrando los modelos teóricos del material a caracterizar en cada caso.

De forma resumida, el TMM resuelve la ecuación de onda acústica en un tubo de impedancia como el que utilizan los procedimientos normativos. Para ello, deben establecerse las condiciones de contorno del tubo, su geometría, así como las propiedades del fluido interior (aire) y de los materiales que se colocan en el mismo, en concreto su impedancia característica y número de onda. Para obtener

estas propiedades será necesario utilizar los modelos de predicción correspondientes al material a caracterizar (ver Tabla 1) y cuyas expresiones se recogen en (Cox y D'Antonio, 2009). En cuanto a las condiciones de contorno, en ambos procedimientos normativos se coloca un altavoz en un extremo del tubo (condición de contorno de fuente), mientras que en el otro extremo se utiliza una condición acústica rígida (ISO 10534-2) o “anecoica” (ASTM E2611). Una vez descritas las distintas partes del “dispositivo de medida virtual” se utiliza el TMM para relacionar entre sí las variables del campo acústico, presión acústica y velocidad de partícula, en las diferentes regiones del tubo (Allard y Atalla, 2009). De esta forma se puede obtener la presión acústica en cualquier posición del tubo (“micrófono virtual”), utilizando a partir de aquí las ecuaciones de cálculo de los indicadores acústicos que especifique la normativa correspondiente.

Una vez implementados el método de cálculo y los modelos de predicción, éstos se integraron en la estructura modular previamente descrita (Figura 2), creando a su vez en cada módulo un interfaz con los botones y cuadros de texto necesarios para que el usuario introduzca los parámetros de entrada de cálculo (p. ej. tipo de material, espesor de la muestra a caracterizar, ...). Así, la plataforma calcula y muestra los resultados obtenidos para el indicador acústico correspondiente en forma de números y/o gráficas según sea el caso.

4. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados preliminares correspondientes a la plataforma software desarrollada cuyo funcionamiento se describe a continuación. En primer lugar, se iniciará la plataforma desde el interfaz de usuario de MATLAB® mostrándose el interfaz principal que da acceso a los diferentes módulos de caracterización. Una vez seleccionado el procedimiento a estudiar, el alumnado deberá introducir los datos de entrada relativos a la muestra de material a caracterizar, pudiendo utilizar si así lo desea la base de datos de materiales disponible. Así mismo, cada módulo ofrece la posibilidad de modificar las características de los tubos de impedancia (diámetro, longitud, distancia entre micrófonos y muestra, ...). Esta última opción resulta de gran interés a la hora de comparar resultados entre la plataforma software y la plataforma experimental desarrollada el curso pasado, como se mencionaba anteriormente.

4.1. Interfaz principal

La Figura 3 muestra el interfaz principal de la plataforma software, a la que se la ha dado el nombre de SACMA (Software Abierto de Caracterización de Materiales Acústicos). Básicamente, dicha pantalla sirve para seleccionar el procedimiento de caracterización, poniendo a disposición del alumnado un botón de Información que le ofrece una breve descripción de los mismos y de su implementación en MATLAB®. Así, el usuario seleccionará el método y se iniciará uno de los módulos que seguidamente se describen.

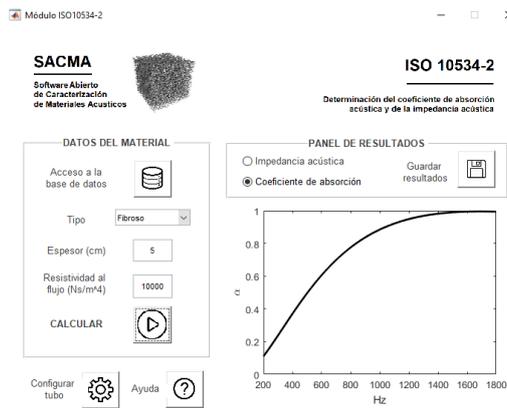
Figura 3. Interfaz principal de la plataforma software desarrollada SACMA.



4.2. Módulo ISO 10534-2

Este módulo permite obtener la impedancia acústica y el coeficiente de absorción a incidencia normal de un material, mostrando las curvas espectrales correspondientes. En la Figura 4 se muestra el interfaz del módulo ISO 10534-2 incluyendo los resultados correspondientes al indicador acústico del coeficiente de absorción de una muestra de material fibroso. Para ello, es necesario introducir los datos del material y una vez hecho esto pulsar el botón Calcular, aunque también se puede utilizar uno de los materiales disponibles en la base de datos utilizando el botón “Acceso a la base de datos”. En el caso de la muestra de material fibroso es necesario introducir su espesor y su resistividad al flujo, siendo éste un parámetro que da cuenta de la resistencia al paso de aire a través del material. En cuanto a las características del tubo, si bien la plataforma asigna unos valores por defecto a éstas, también pueden ser modificadas por el usuario utilizando el botón “Configurar tubo”. A este respecto hay que tener en cuenta que dichas características condicionan el rango de frecuencias de validez del ensayo, por lo que puede resultar muy útil cuando se desee analizar un material en una región espectral en el que la plataforma experimental no permite trabajar. Además, tanto éste módulo como el que se describirá en la siguiente sub-sección incorporan el botón “Ayuda” que explica el funcionamiento del módulo y un botón “Guardar resultados” para que el usuario puede almacenar tanto los resultados como la información del ensayo virtual (características del tubo, propiedades del material, funciones de transferencia del método...).

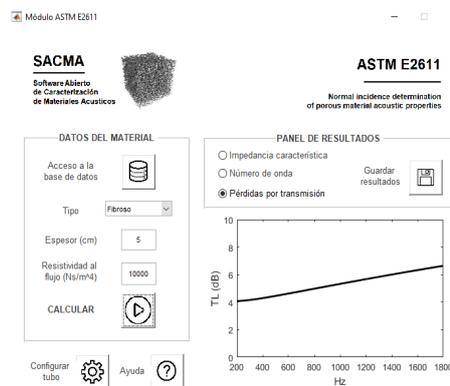
Figura 4. Módulo ISO 10534-2 para la determinación de la impedancia acústica y coeficiente de absorción de un material (ejemplo de cálculo para un material fibroso).



4.3. Módulo ASTM E2611

El módulo ASTM E2611 permite determinar las pérdidas por transmisión sonora de un material acústico a partir de sus características de forma análoga al módulo anterior con la salvedad de que al tratarse de un procedimiento que permite utilizar dos métodos (*One-Load Method* o *Two-Load Method*), se debe seleccionar el método a reproducir. De igual forma que en el módulo anterior, se dispone de un botón “Ayuda” y es posible tanto cargar materiales desde la base de datos como exportar resultados o configurar el tubo de medida. La Figura 5 muestra el interfaz del módulo con los resultados de pérdidas por transmisión para el material utilizado en el ejemplo anterior.

Figura 5. Módulo ASTM E2611 para la determinación de la impedancia característica, el número de onda y las pérdidas por transmisión de un material (ejemplo de cálculo para el material fibroso de la Figura 4).



5. CONCLUSIONES

En este trabajo se han presentado los resultados preliminares relativos a una plataforma software para la caracterización de materiales acústicos. La caracterización de materiales acústicos es un área de gran interés dentro de la disciplina de Acústica y por tanto su conocimiento resulta muy útil para el alumnado del GISIT, particularmente para el que está siguiendo la especialización del IIA. La plataforma en cuestión está orientada a reproducir los procedimientos normativos nacionales e internacionales de caracterización utilizando un entorno virtual. De esta forma, el alumnado será capaz tanto de estudiar los métodos de ensayo como de analizar las propiedades de diferentes tipos de materiales, utilizando para ello un software de predicción que le permita comparar dicha experiencia con la llevada a cabo en laboratorio. Además, lejos de ser una herramienta cerrada, ésta permitirá incorporar nuevos módulos de caracterización en el futuro o ampliar y mejorar los ya existentes, así como añadir nuevos materiales a su base de datos. En definitiva, no solo se trata de una plataforma que se puede extender a otras titulaciones en las que la caracterización de materiales sea un área de interés, sino que ofrece un magnífico vehículo de aprendizaje tanto para la docencia presencial como on-line, siendo ésta última una de las tendencias futuras en el ámbito de la educación superior.

5. REFERENCIAS

- Allard, J. F. y Atalla, N. (2009). Capítulo 11. En *Propagation of Sound in Porous Media*. Chichester: John Wiley & Sons.
- ASTM E2611 (2019). Standard Test Method for Normal Incidence Determination of Porous Material Acoustical Properties Based on the Transfer Matrix Method.
- Carbajo, J., Ramis, J., Hidalgo, A., Méndez, D., Poveda, P. Navarro, V., Onrubia, L., Blanco, P., Mestre, A., Sánchez, F. Desarrollo de una plataforma experimental transversal para el itinerario de Ingeniería Acústica del Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación. *Redes Innovaestic* 2019.
- Cox, T. & D'Antonio, P. (2009). Capítulo 3. En *Acoustic absorbers and diffusers: Theory, Design and Application*. London: Taylor & Francis.
- Levine, Sheen S., & Prietula, M. J. (2013). Open Collaboration for Innovation: Principles and Performance. *Organization Science*, 25 (5), 1414-1433.
- Niemiec, R.P. & Walberg, H.T. (1989). From teaching machines to microcomputers: Some milestones in the history of computer-based instruction. *Journal of Research on Computing in Education*, 21(3), 263-276.
- Salissou, Y., & Panneton, R. (2010). Wideband characterization of the complex wave number and characteristic impedance of sound absorbers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 128(5), 2868-2876.

UNE-EN ISO 10534 - 2 (2002). Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la función de transferencia.

Utsuno, H., Tanaka, T., & Fujikawa, T. (1989). Transfer function method for measuring characteristic impedance and propagation constant of porous materials. *Journal of the Acoustical Society of America*, 86(2), 637-643.