

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES PARA ACÚSTICA VARIABLE

PACS: 43.55.Br

Poveda-Martínez, Pedro; Nekrasov, Robert; Ramis-Soriano; Jaime; Carbajo-San-Martín; Jesús

Universidad de Alicante. Carr. de San Vicente del Raspeig s/n, Alicante, España
Email: pedro.poveda@ua.es; rn14@alu.ua.es; jramis@ua.es; jesus.carbajo@ua.es

Palabras Clave: acústica variable, acústica arquitectónica, acústica en la edificación; absorción

ABSTRACT

One of the most relevant characteristics when evaluating the suitability of an architectural space for a specific activity is its sound behavior. It is of vital importance to adapt the acoustic properties of the room to the needs of the moment, something that in many cases can be complex due to the multifunctionality. The construction elements commonly used in room conditioning represent a static solution from the acoustic point of view and, therefore, are oriented to a general use of the facilities. However, the technological advances of the last decades have allowed the development of electromechanical systems and mobile solutions to adapt the acoustic properties of a room depending on the activity to be developed. This paper shows the design and implementation process of two low-cost automated solutions for variable acoustics, as well as the different tests carried out in order to validate their performance.

RESUMEN

Una de las características más relevantes a la hora de evaluar la idoneidad de un espacio arquitectónico para una actividad concreta es su comportamiento sonoro. Resulta de vital importancia adecuar las propiedades acústicas del recinto a las necesidades del momento, algo que en muchos casos puede resultar complejo debido a la multifuncionalidad de ciertos espacios. Los elementos constructivos empleados comúnmente en el acondicionamiento arquitectónico representan una solución estática desde el punto de vista acústico y, por tanto, están orientados a un uso general de las instalaciones. Sin embargo, los avances tecnológicos de las últimas décadas han facilitado el desarrollo de sistemas electromecánicos y, por tanto, la fabricación de soluciones móviles que permitirían adaptar las propiedades acústicas de una sala en función de la actividad a desarrollar. En el presente trabajo se muestra el proceso de diseño e implementación de dos soluciones automatizadas de bajo coste para acústica variables, así como los diferentes ensayos llevados a cabo con objeto de validar su comportamiento.

1. INTRODUCCIÓN

A la hora de diseñar un espacio arquitectónico resulta de vital importancia establecer las características necesarias para cumplir de forma adecuada una funcionalidad determinada. En este sentido, la acústica juega un papel fundamental, pudiendo distinguir dos ámbitos de actuación claramente diferenciados: aislamiento y acondicionamiento [1]. En el primer caso, el objetivo se centra en conseguir independizar el recinto desde el punto de vista acústico, impidiendo de esta forma la interferencia con otras actividades del entorno. Se trata por tanto del estudio de la transmisión del sonido, ya sea de forma directa o por flancos; y el diseño de los cerramientos. En segundo lugar, encontramos el acondicionamiento acústico, cuyo objetivo se centra en dotar a cada espacio de las características acústicas necesarias para realizar una actividad determinada. En este caso, se llevan a cabo correcciones de los materiales utilizados en la construcción del recinto o bien se emplean elementos superpuestos a los cerramientos existentes (paneles acústicos, difusores, etc) de forma que se modifique su comportamiento.

Actualmente existen numerosas herramientas de diseño acústico que permiten establecer o predecir el comportamiento de cada diseño. Asimismo, disponemos de una gran variedad de soluciones constructivas destinadas al acondicionamiento de salas. Las soluciones más utilizadas consisten en la fijación de distintos elementos en paredes o techo de forma que se modifique la absorción y/o la difusión respecto a los cerramientos originales. Este tipo de elementos representan una solución fija al problema y, por tanto, no permiten adaptar las condiciones del recinto para un uso distinto al planteado durante el diseño. Su adaptación requiere tiempo y una inversión elevada.

Para solventar este problema, los recintos pueden dotarse de soluciones compuestas por paneles móviles [2]. De esta forma es posible modificar el comportamiento acústico del recinto de manera sencilla. Hasta la fecha, las soluciones móviles más empleadas consistían en cortinas o paneles absorbentes con accionamiento manual, requiriendo siempre el uso de personal cualificado para la calibración del sistema. Sin embargo, el desarrollo tecnológico experimentado por la sociedad durante las últimas décadas permite incorporar soluciones más avanzadas con un grado de automatización mayor. El uso de dispositivos IoT se ha visto incrementado notablemente, y se prevé que siga creciendo en los próximos años [3]. Su uso en el campo de la acústica puede dar lugar a la creación de sistemas móviles que permitan modificar las características de un recinto y adaptarlas según las necesidades.

Asimismo, durante los últimos años ha surgido una corriente dedicada al estudio de la formación de figuras complejas basadas en el Origami (Tomohiro Tachi en [4]). Trabajos como el propuesto por Peters et al. [5] ponen de manifiesto las bondades de este tipo de estructuras a la hora de abordar la acústica de un recinto.

El objetivo de este trabajo es el diseño y la implementación de un conjunto de paneles móviles cuyo accionamiento se lleve a cabo de manera automática y coordinada a través de dispositivos móviles.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente apartado se describirán todos los elementos que conforman el sistema, incluyendo las tecnologías empleadas tanto para la fabricación de los paneles móviles como para el diseño del software de comunicación y control.

2.1. Diseño de paneles móviles

En el presente trabajo se incluyen dos prototipos de paneles diseñados con objetivos completamente diferentes: modelo Cuad y modelo Hex. El primero de ellos consiste en un difusor formado por cinco tableros alineados de forma vertical. El dispositivo cuenta con una cremallera accionada por un motor en su parte posterior que permite la apertura o el plegado de los paneles en forma de M. De esta forma se consigue una superficie totalmente reflectante o una cuya difusión varía según la posición (figura 1).

El segundo caso consiste en la unión de diferentes lamas triangulares formando un hexágono. El panel incluye un mecanismo formado por un engranaje y un motor que permite la rotación de cada lama sobre una de sus bisectrices. En este caso, al posicionar el sistema de forma cerrada se crea una superficie totalmente reflectante, mientras que, al girar todas las lamas, la estructura se vuelve prácticamente transparente a las ondas de presión (figura 2). En este caso, colocando el panel delante de un material determinado, conseguiremos aumentar o disminuir la cantidad de absorbente efectivo dentro del recinto.



Figura 1 – Diseño preliminar del panel modelo Cuad.



Figura 2 – Diseño preliminar del panel modelo Hex.

2.2. Sistema de control y comunicación de los paneles

Para llevar a cabo el movimiento de los paneles, resulta necesario incluir un sistema capaz de controlar los motores instalados. Asimismo, debe garantizar la comunicación con otros dispositivos de cara a realizar el accionamiento remoto del sistema.

Durante los últimos años han surgido multitud de ordenadores de placa reducida o de prototipado que permiten de una manera más económica controlar y gestionar sistemas electromecánicos. Una de las más extendidas es la familia de Arduino, basada en el microcontrolador ATMEL y de código abierto. En el presente proyecto se utilizará una placa derivada de la arquitectura Arduino muy habitual en dispositivos IoT, la WeMos D1 R2 (figura 3). Esta placa dispone de un chip WIFI ESP8266 integrado que permite tanto conectarse a redes WIFI existentes como crear un hotspot nuevo para que otros dispositivos se conecten a él.

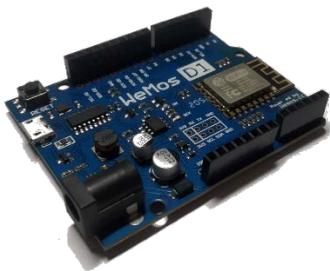


Figura 3 – Placa WeMos D1 R2.

El movimiento de cada uno de los paneles, así como la comunicación con la aplicación Maestro, han sido programadas utilizando el lenguaje de programación de Arduino y el IDE de Arduino. En la creación de este código se ha hecho uso de las siguientes librerías:

- ArduinoJson [6] para facilitar el envío de información con formato JSON
- ESP8266WiFi [7] para conexión WiFi.
- ESP8266WebServer [8] para la creación de un servidor en la red privada.
- xtea-lib [9] para el encriptado de la comunicación.

2.3. Medidas del efecto de los paneles en el frente de ondas

Para observar el efecto de los paneles sobre el comportamiento acústico de las ondas de presión, se llevaron a cabo medidas de presión sonora en una superficie perpendicular a la estructura. Empleando un robot cartesiano se realizó un muestreo, siguiendo una malla de puntos (30x40 puntos con resolución de 1 cm), mientras se emitía con una fuente sonora (figura 4). La señal utilizada para la excitación es una señal MLS, la cual consiste en una secuencia pseudoaleatoria, de espectro plano, que mediante correlación permite la obtención de la función de transferencia del sistema [10]. En el caso del modelo Hex, el panel se situó sobre una lámina de material fibroso a modo de absorbente.

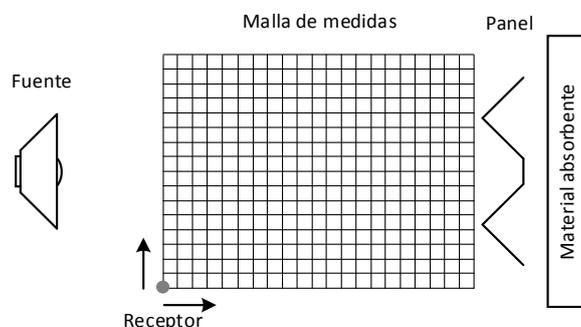


Figura 4 – Esquema de medida del efecto de los paneles en el frente de ondas.

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. Modelo Cuad

Tal y como se indicó en la sección anterior, el objetivo del panel Cuad es aumentar la difusión y evitar de esta forma la aparición de modos estacionarios dentro del recinto. De acuerdo con los resultados obtenidos a través de las medidas, podemos comprobar como la utilización de dicho panel en su forma cerrada (tipo M), consigue 'romper' el frente de ondas generado por la fuente y por tanto, se consigue una distribución de presiones más homogénea. La figura 5 muestra este efecto, comparando la presión obtenida en las posiciones de abierto (reflectante) y cerrado (difusión). Como puede apreciarse, la onda reflejada por el panel sufre una mayor dispersión al incidir sobre el panel cerrado, mejorando así la difusión del elemento.

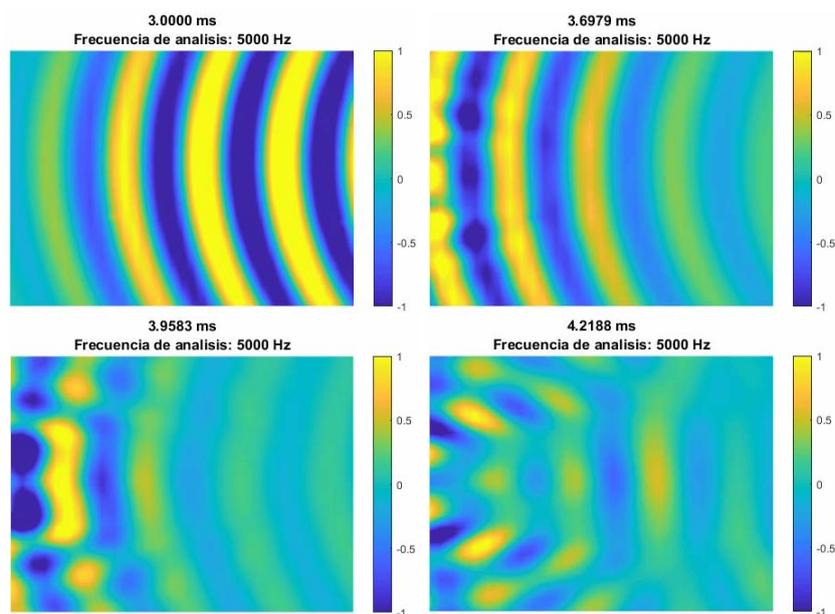


Figura 5 – Campo de presiones en modelo Cuad. (Arriba) Panel abierto. (Abajo) Panel Cerrado.

3.2. Modelo Hex

En este caso, el panel irá destinado a controlar la absorción equivalente del recinto. Para ello, en la superficie posterior del sistema se coloca una sección de fibra. Como puede observarse en la figura 6, el campo de presiones varía considerablemente entre ambos estados, disminuyendo la presión reflejada cuando el panel se encuentra completamente abierto.

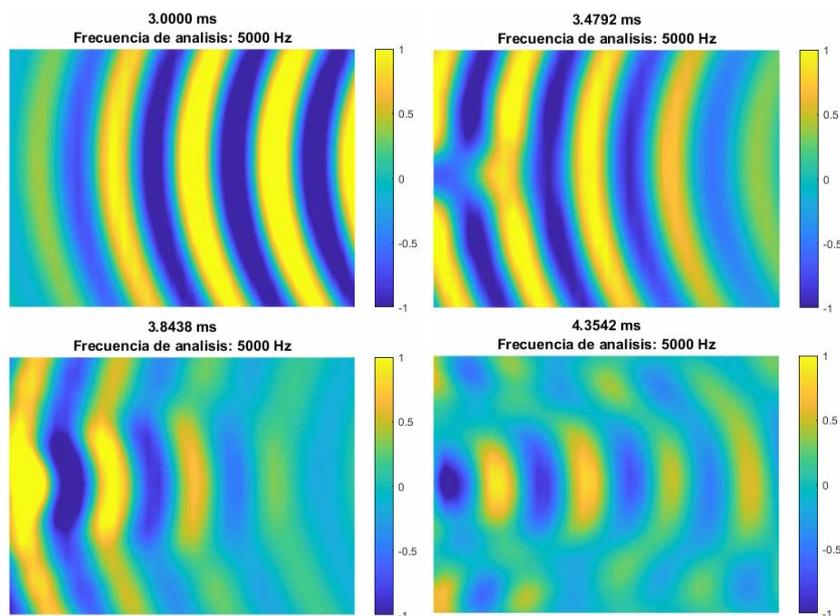


Figura 6 – Campo de presiones en modelo Hex. (Arriba) Panel abierto. (Abajo) Panel Cerrado.

4. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha realizado el diseño de dos paneles acústicos móviles, tanto su parte electrónica como su parte mecánica. Para su correcto funcionamiento se ha programado

el microcontrolador que controla el comportamiento los paneles y se ha diseñado un sistema de comunicación para su accionamiento remoto.

De acuerdo con los resultados, el panel modelo Cuad actúa como difusor variable, pudiendo aumentar también la absorción de un recinto en función del material de sus lamas. Por otro lado, el panel Hex presenta un comportamiento más enfocado a la absorción variable del recinto, permitiendo aumentar o disminuir el área de absorción equivalente del mismo.

Indicar a su vez que los paneles se han desarrollado con electrónica de bajo coste basada en placas de microcontroladores tipo Arduino. La herramienta de control implementada puede permitir, además del control independiente de un panel, la interconexión de varios dispositivos para la creación de grupos en el interior de un recinto. Esta funcionalidad puede facilitar la adaptación de las características acústicas de la sala (absorción y difusión) en función de las necesidades del usuario.

REFERENCIAS

- [1] M. Long, *Architectural Acoustics: Second Edition*, pp. 1–950, 2014.
- [2] Newell, P. *Recording Studio Design*. Focal Press. 2nd Edition. 2008.
- [3] Hasan, M. *State of IoT 2021: Number of connected IoT devices growing 9% to 12.3 B*. IOT Analytics. May, 2018.
- [4] Tachi, T. *Architectural Origami. Architectural Form Design Systems based on Computational Origami Tomohiro Tachi*. JST Presto.
- [5] Peters, B.; Tamke, M.; Nielsen, S. A.; Andersen, S. V.; Haase, M. Responsive acoustic surfaces: Computing sonic effects. *Architecture, Design and Conservation - Danish Portal for Artistic and Scientific Research*. 2011.
- [6] Lough, B. *ArduinoJson: Efficient JSON serialization for embedded C++*. <https://arduinojson.org/> (accessed Oct. 20, 2021).
- [7] *Arduino/libraries/ESP8266WiFi at master esp8266/Arduino GitHub*. <https://github.com/esp8266/Arduino/tree/master/libraries/ESP8266WiFi> (accessed Oct. 20, 2021).
- [8] *Arduino/libraries/ESP8266WebServer at master esp8266/Arduino GitHub*. <https://github.com/esp8266/Arduino/tree/master/libraries/ESP8266WebServer> (accessed Oct. 20, 2021).
- [9] *GitHub - boseji/xxtea-lib: XXTEA Encryption and Decryption Library for Arduino*. <https://github.com/boseji/xxtea-lib> (accessed Oct. 20, 2021).
- [10] Carpena, M. J.; Vera, J.; Bleda, S.; Gimeno, E. *Medidas de aislamiento a ruido aéreo en cerramientos arquitectónicos con técnicas MLS*. Tecniacústica. 2003.