



## ESTUDIO DE PROTOTIPOS ACÚSTICOS BASADOS EN RESIDUOS DE TAPONES DE PLÁSTICO

**Romina del Rey Tormos<sup>\*1</sup>**  
Jose Enrique Crespo Amorós<sup>2</sup>  
Joan Escales Tur<sup>1</sup>  
Jesús Alba Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitat Politècnica de València. Escola Politècnica Superior de Gandía, Grao de Gandía, España

<sup>2</sup>Universitat Politècnica de València. Escola Politècnica Superior d'Alcoi, Alcoi-, España

### RESUMEN

En este trabajo se presentan los primeros prototipos de soluciones diseñadas a partir de tapones de plástico, que buscan aplicaciones acústicas. Los tapones de plástico son un residuo que proviene del sector de los envases ligeros, por lo tanto, debe depositarse en el contenedor amarillo. El 99% de los tapones de plástico es polietileno, por lo que su reciclado no es complicado, el problema del reciclado de los tapones de plástico proviene de la separación o criba. La mayoría de los tapones no son solidarios con el envase, por lo que se pierden durante el ciclo del reciclado o acaban en vertedero.

Buscar una aplicación a estos residuos, que pueda aportar mejoras acústicas (posible aislamiento acústico, y/o acondicionamiento acústico), es pues, una alternativa sostenible. En este trabajo se muestran resultados de mediciones de aislamiento acústico a ruido aéreo obtenidas en cámara de transmisión a escala, y de absorción acústica, obtenidas en cámara reverberante a escala de configuraciones simples de soluciones diseñadas con tapones de plástico, recogidas en la propia cafetería del Campus d'Alcoi de la Universitat Politècnica de València.

### ABSTRACT

This paper presents the first prototypes of solutions designed using plastic bottle caps for acoustic applications. Plastic bottle caps are a waste product from the lightweight packaging sector and should be disposed of in the yellow container. 99% of plastic bottle caps are made of polyethylene, making their recycling relatively straightforward. However, the challenge with recycling

plastic bottle caps lies in the separation and screening process. Since most caps are not attached to the containers, they are often lost during the recycling cycle or end up in landfills. Finding an application for these waste materials that can contribute to acoustic improvements (such as possible sound insulation and/or acoustic conditioning) presents a sustainable alternative. This study displays measurement results of airborne sound insulation obtained in a scaled transmission chamber and acoustic absorption obtained in a scaled reverberation chamber. These measurements were performed on simple configurations of solutions designed with plastic bottle caps collected from the cafeteria on the Campus d'Alcoi of the Universitat Politècnica de València.

*Palabras Clave*— *acústica edificación, plástico, reciclaje, aislamiento acústico, economía circular*

### 1. INTRODUCCIÓN

El plástico es uno de los materiales más utilizados en todo el mundo debido a su versatilidad, durabilidad y bajo coste. Sin embargo, su uso desmedido ha llevado a una crisis ambiental de proporciones preocupantes. Los plásticos son altamente persistentes en el medio ambiente y tardan cientos de años en descomponerse. La nueva conciencia y normativa Europea [1] necesita de acciones de economía circular con una gestión innovadora de los recursos, reajustando los modelos de fabricación y reutilización de productos. Los flujos de productos actuales deben de servir de fuentes futuras de recursos secundarias [2].

La reutilización de plásticos es una estrategia fundamental para reducir la contaminación y promover la sostenibilidad. Los plásticos desechables de un solo uso deben desaparecer

---

\* *Autor de contacto:* [roderey@fis.upv.es](mailto:roderey@fis.upv.es)

*Copyright:* ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

de nuestra vida cotidiana y darles una segunda vida útil. La reutilización de plásticos tiene múltiples beneficios ambientales; reduce la cantidad de plásticos que terminan en vertederos, reduciendo así la contaminación del suelo y el agua. Se evita la liberación de sustancias químicas tóxicas que pueden derivarse durante la descomposición o quema de éstos y se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la producción y eliminación de plásticos.

Los tapones de plástico son un residuo que proviene del sector de los envases ligeros y deben depositarse en el contenedor amarillo. Estos envases ligeros, son aquellos que tienen como característica común una baja relación peso/volumen. En este contenedor fundamentalmente deben depositarse botellas y botes de plástico, film, latas y briks u otros envases mixtos. Según Ecoembes [3], se entregaron más de 1 millón y medio de toneladas de envases domésticos para reciclar, de los cuales 708.596 toneladas fueron envases de plástico.

Los materiales en los cuales está fabricado el 99% de tapones de plástico son el polietileno de alta y baja densidad y son reciclables 100%. El problema de su reciclado deriva en que estos tapones, en la actualidad, no son solidarios con su envase, y en el momento de la separación o criba se desechan junto con otros materiales al vertedero o se pierden en el camino de transporte. La nueva ley de envases y embalajes, Real Decreto 1055/2022 de Envases y Residuos de Envases desde el 29 de diciembre de 2022 [4], avanza hacia la economía circular e indica que todos los envases deben ser reciclables en el año 2030 y si es posible reutilizables. En esta normativa se propone el reto de reciclabilidad del 65% de los envases para el año 2023 y 70% para el año 2030. Existen fundaciones, como la Fundación Seur, que han llevado a cabo campañas solidarias como “Tapones para una nueva vida”, una recogida selectiva de tapones. Con este tipo de iniciativas se han conseguido reciclar 7665 toneladas de tapones de plástico, evitando la emisión de 9600 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, principal causante del cambio climático [5].

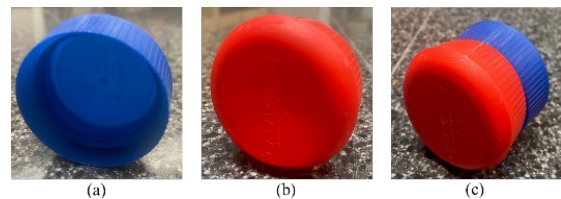
En este trabajo se presentan los primeros prototipos de soluciones diseñadas a partir de tapones de plástico, que buscan aplicaciones acústicas, bien en el aislamiento acústico como en el acondicionamiento acústico. Los diseños de soluciones acústicas han sido elaborados con tapones de plástico recogidos del sector de la hostelería, concretamente de la propia cafetería de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA).

## 2. CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA. DISEÑO DE PROTOTIPOS

### 2.1. Paneles diseñados para la evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo.

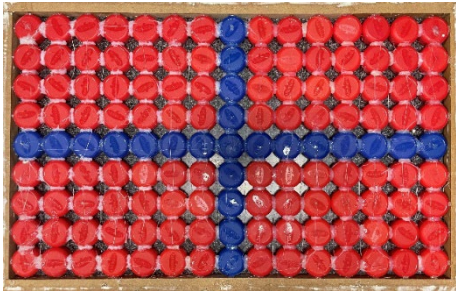
Se diseñan paneles elaborados con tapones de plástico pensados como posibles soluciones sostenibles al aislamiento acústico a ruido aéreo. Se realizan ensayos de aislamiento acústico, en el Campus de Gandía de la Universitat Politècnica de València, en una cámara de transmisión para muestras de tamaño reducido. Los ensayos de aislamiento nos permiten obtener el valor del índice de reducción sonora, R (dB) a partir de los 400 Hz. Los ensayos se realizan según la norma UNE-EN ISO 10140-2:2022 [6]. La cámara de transmisión de tamaño reducido, o cámara de transmisión para muestras de pequeño tamaño es una herramienta fundamental en el campo de la caracterización de materiales todavía en fase de investigación y desarrollo. Detalles de la fabricación y puesta en marcha de la misma se pueden encontrar en algunas referencias [7] y en otras ediciones de Tecniacústica ya se han mostrado resultados del aislamiento de particiones ligeras obtenidos en esta cámara de transmisión [8].

Los paneles se han diseñado en forma de matriz rectangular de 15x9 tapones, con un marco de madera perimetral (0.9mx0.6m). Se han definido 5 configuraciones distintas: 2 simples, 2 dobles y una configuración tipo sándwich con una capa de corcho. La capa de corcho es de 5 mm de espesor, y una densidad de 200 kg/m<sup>3</sup>. El sentido de los tapones puede ser Hueco (H) o Plano (P). En la Figura 1 se muestra un ejemplo de algunas una de las combinaciones posibles.



**Figura 1.** Detalle de algunas configuraciones a ensayar: (a) Configuración simple Hueca (b) Configuración simple Plana, (c) Configuración doble Plana-Plana.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de panel diseñado con tapones de plástico para el ensayo de aislamiento acústico a ruido aéreo y en la Figura 3 una imagen del ensayo de transmisión en la cámara de transmisión a escala.



**Figura 1.** Matriz de 15x9 tapones a ensayar en cámara de transmisión a escala



**Figura 3.** Detalle de ensayo en cámara de transmisión a escala.

## 2.2. Paneles diseñados para la evaluación de absorción sonora.

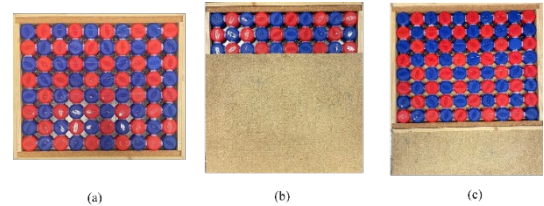
Se diseñan 3 paneles elaborados con tapones de plástico pensados como posibles soluciones sostenibles al acondicionamiento acústico. Se realizan ensayos de absorción sonora, en el Campus de Gandía de la Universitat Politècnica de València, en una cámara reverberante para muestras de tamaño reducido. Estos ensayos nos permiten conocer la absorción sonora de nuevas configuraciones a partir de los 400 Hz. Los ensayos se realizan según la norma UNE-EN ISO 354:2004 [9]. La cámara reverberante a escala, al igual que la cámara de transmisión de tamaño reducido, es una herramienta fundamental en el campo de la caracterización de materiales todavía en fase de investigación y desarrollo. Detalles de la fabricación, puesta en marcha y calibración de esta cámara se pueden encontrar en [10].

Para determinar la absorción sonora, se han elaborado paneles en forma de matriz rectangular con 10x8 tapones y marco de madera perimetral (0.5mx0.6m).

Se han diseñado 3 configuraciones distintas: 2 simples (P, H) y 1 configuración con una capa fieltro de cáñamo de 5mm de espesor y una densidad de 242 kg/m<sup>3</sup>, para realizar ensayos

según [9] en la cámara reverberante a escala del Campus de Gandía de la Universitat Politècnica de València.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de panel diseñado con tapones de plástico para el ensayo de absorción sonora en cámara reverberante a escala y 2 combinaciones del mismo con una capa de fieltro de cáñamo. En la figura 5 se muestra la cámara reverberante a escala.



**Figura 4.** Detalle de algunas configuraciones a estudiar para absorción: (a) Matriz de 10x8 tapones: configuración Plana (P), (b) Matriz con fieltro de cáñamo en parte superior: configuración Plana Cáñamo Superior (P-C-S), (c) Matriz con fieltro de cáñamo en parte inferior: configuración Plana Cáñamo Inferior (P-C-I).

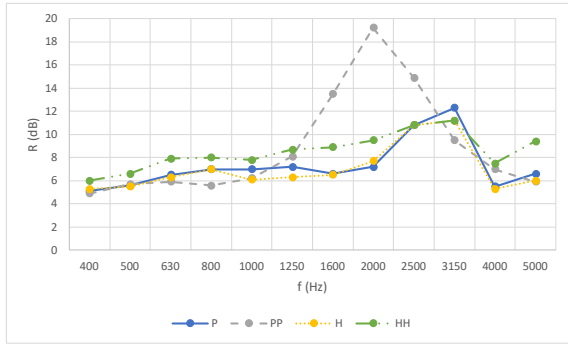


**Figura 5.** Detalle de ensayo en cámara reverberante a escala.

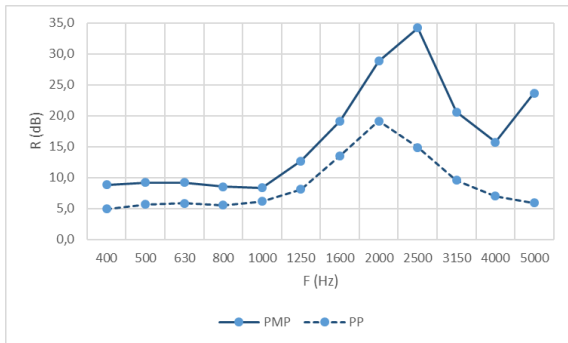
## 3. RESULTADOS

### 3.1. Aislamiento acústico a Ruido Aéreo.

Se han diseñado 5 configuraciones distintas: 2 simples (P, H), 2 dobles (PP, HH) y un tipo sándwich (PMP) con corcho para realizar ensayos según [6] en la cámara de transmisión a escala del Campus de Gandía de la Universitat Politècnica de València. En la figura 6 se muestran los resultados de aislamiento acústico a ruido aéreo que se obtienen de 4 de las configuraciones diseñadas: las simples (P y H) y las dobles (PP, HH). En la figura 7 se muestran los resultados comparativos de las configuraciones PP y PMP (Plana-Corcho-Plana).

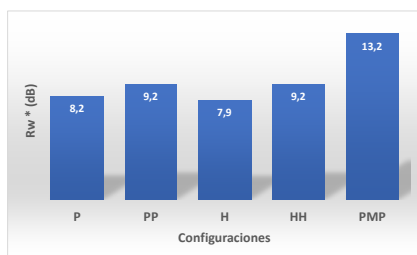


**Figura 2.** Aislamiento acústico a ruido aéreo entre 400 y 5000Hz para las configuraciones P, H, PP y HH.



**Figura 3.** Aislamiento acústico a ruido aéreo entre 400 y 5000Hz para las configuraciones PP y el sándwich Plana-Corcho-Plana (PMP).

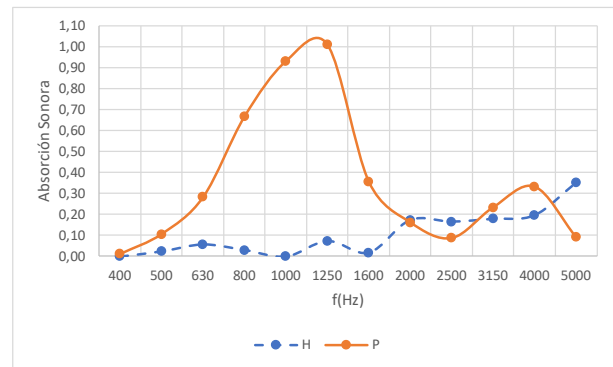
Se decide realizar una estimación del índice de reducción ponderado  $R_w$  [11]. Este valor, para el caso de las configuraciones estudiadas no refleja exactamente el significado del valor global que especifica la norma [11]. En la norma se consideran frecuencias por debajo de 400 Hz para el cálculo de este valor global. No es el caso de las configuraciones estudiadas en este trabajo, ya que no se pueden considerar los valores por debajo de 400Hz como valores representativos del aislamiento acústico. El valor global representado en la figura 8, y que designamos como  $R_w^*$ , nos puede servir como valor comparativo entre las 5 configuraciones estudiadas.



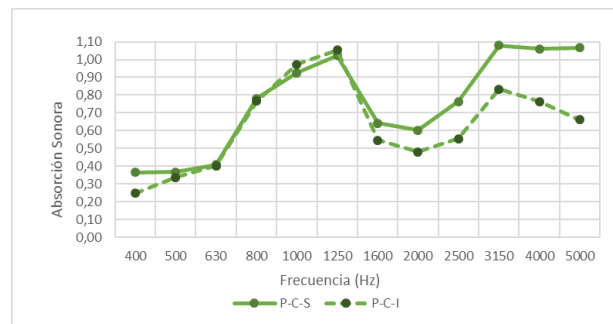
**Figura 8.** Valores globales ( $R_w^*$ ) de índice de reducción acústica de las diferentes configuraciones.

### 3.2. Absorción Sonora.

Se han diseñado 3 configuraciones distintas: 2 simples (P, H) y 1 configuración con una capa de fieltro de cáñamo para realizar ensayos según [9] en la cámara reverberante a escala del Campus de Gandia de la Universitat Politècnica de València. En la figura 9 se muestran los resultados de la absorción sonora de las 2 configuraciones simples diseñadas (P y H). En la figura 10 se muestran los resultados comparativos de las configuraciones Plana + Cáñamo superior y Plana + Cáñamo inferior.



**Figura 9.** Absorción sonora por bandas de tercio de octava de las configuraciones simples H y P.



**Figura 10.** Absorción sonora por bandas de tercio de octava de las configuraciones Plana + Cáñamo superior (P-C-S) e inferior (P-C-I).

## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan unos prototipos diseñados con tapones de plástico como eco-soluciones al aislamiento y al acondicionamiento acústico.

Se han realizado ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo en cámara de transmisión a escala de diferentes configuraciones; los resultados nos permiten diferenciar la configuración con mayor potencial de ser utilizada como elemento ligero para el aislamiento acústico. La



configuración Plana-Plana presenta el máximo de aislamiento más pronunciado y en una margen de tercios más amplio que el resto de configuraciones, esto es, desde los 1250 Hz hasta los 3150 Hz aproximadamente. Se ha añadido a esta configuración una lámina de corcho con el fin de diseñar una estructura sándwich; los resultados muestran un aumento considerado de los valores de aislamiento al añadir este material.

Se han realizado ensayos de absorción sonora en cámara reverberante a Escala de diferentes configuraciones; los resultados muestran una gran diferencia entre los valores de absorción de la configuración hueca (H) y plana (P). La configuración hueca (H) presenta valores de la absorción en todo el espectro de frecuencias estudiado por debajo de 0.3. En cambio, la configuración plana (P) presenta máximos de absorción muy pronunciados, y en frecuencias medias (630-1600Hz). Se ha añadido a esta configuración una lámina de material ecológico (cáñamo) y los resultados muestran una mejora en los valores de la absorción en un amplio margen frecuencial.

Estos resultados muestran que es posible utilizar los tapones de plástico como parte de soluciones acústicas eco-sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Como trabajo futuro, es necesario la búsqueda de otros materiales para el diseño de las combinaciones sándwich, como puedan ser de base vegetal (yute, lino) o provenientes de reciclado (residuos textiles) para encontrar así diferentes soluciones con posibilidades acústicas.

## 5. REFERENCIAS

[1] Naciones Unidas, “Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para Desarrollo Sostenible”, 2015. [Consulta 12 septiembre 2023] <https://sdgs.un.org/es/2030agenda>

[2] Collias, D. I., James, M., & Layman J. “Circular Economy of Polymers: Topics in Recycling Technologies.” American Chemical Society, (Washington DC, EUA): 2021. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2021-1391.ch001>

[3] Ecoembes, “España recicló más de 1.6 millones de toneladas de envases domésticos de plástico, metal, briks y papel y carton en 2022”, *Publicación digital*, 2023. [Consulta 12 septiembre 2023] <https://www.ecoembes.com/es/datos-de-reciclaje-2022>

[4] España, “R.D. 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases”, Boletín Oficial del Estado, num.311 2022. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/12/27/1055/con>

[5] Fundación SEUR. Programa DrivingChange TM/ Más cerca de la Sociedad. Tapones para una nueva vida.

<https://www.fundacionseur.org/tapones/>. [Consulta 12 septiembre 2023]

[6] AENOR (2021), UNE-EN ISO 10140-2:2022. “Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo”. Madrid: *AENOR*

[7] del Rey, R.; Alba, J.; Rodríguez, J.C.; Bertó, L. Characterization of New Sustainable Acoustic Solutions in a Reduced Sized Transmission Chamber. *Buildings* **2019**, *9*, 60. <https://doi.org/10.3390/buildings9030060>

[8] Del Rey, R., Alba, J., Llopis, A., Guillem. I., “Propuesta de soluciones ligeras para aislamiento acústico basadas en nanofibras y Green composites.” 46º Congreso Español de Acústica, Encuentro Ibérico de Acústica, European Symposium on virtual acoustics and ambisonics, (Valencia, España), 2015.

[9] AENOR (2003), UNE-EN ISO 354:2004. “Acústica, Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante”. Madrid: *AENOR*

[10] del Rey, R., Alba, J., Bertó, L., & Gregori, A. “Small-sized reverberation chamber for the measurement of sound absorption”. *Materiales De Construcción*, *67*(328), e139, 2017

[11] AENOR (2020), UNE-EN ISO 717-2:2021. “Acústica, Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos”. Madrid: *AENOR*