

# ESTUDIO PARAMÉTRICO DE LOS FILTROS ACÚSTICOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN PROGRAMA BASADO EN EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

Ernesto Juliá Sanchis<sup>1</sup>, Jesús Alba Fernández<sup>2</sup>, Romina del Rey Tormos<sup>2</sup>, Salvador Ivorra Chorro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras. Escuela Politécnica Superior de Alcoy - Plaza de Ferrándiz y Carbonell, s/n. Alcoy (03801)

<sup>2</sup> Instituto para la Gestión Integrada de las Zonas Costeras.  
Escuela Politécnica Superior de Gandía - Universidad Politécnica de Valencia  
Carretera Nazaret-Oliva S/N. Grao de Gandia 46730 (Valencia)

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana. Universidad de Alicante. Campus de San Vicente del Raspeig, 03690.  
([erjusan@mes.upv.es](mailto:erjusan@mes.upv.es); [jesalba@fis.upv.es](mailto:jesalba@fis.upv.es); [roderey@doctor.upv.es](mailto:roderey@doctor.upv.es); [sivorra@ua.es](mailto:sivorra@ua.es))

## Resumen

Los filtros acústicos son uno de los componentes más representativos en el ámbito de la acústica. La influencia de la relación entre los diámetros de la cámara de expansión y del tubo es un tema de gran interés en la evaluación de estos dispositivos. En este trabajo, se realiza un estudio paramétrico para la evaluación de los filtros acústicos mediante la simulación numérica a partir de un programa informático basado en el método de los elementos finitos. Se ha realizado un estudio comparativo sobre el comportamiento de los filtros acústicos de tipo reactivo y de tipo disipativo. Los filtros reactivos trabajan bien a bajas y medias frecuencias y no hay material absorbente del sonido en la cámara de expansión. Los disipativos funcionan bien a altas frecuencias por estar revestidos de materiales absorbentes sonoros como la lana de roca.

**Palabras-clave:** filtros acústicos, simulación numérica, elementos finitos.

## Abstract

The acoustic filters are one of the most representative components in the scope of acoustics. The influence of the diameters of the expansion chamber and the duct is of great interest. In this sense, a parametric study for the evaluation of the acoustic filters with the application of the numerical simulation with the ANSYS software is presented.

A comparative study about the acoustic behaviour of the reactive acoustic filters and the dissipative acoustic filters has been carried out. The reactive acoustic filters work well at low and medium frequencies and there is no sound absorbent material inside the expansion chamber. The dissipative acoustic filters work well at high frequencies and there is a sound absorbent material inside the expansion chamber.

**Keywords:** acoustic filters, numerical simulation, finite element method.



## 1 Introducción

Uno de los aspectos más significativos en el estudio y evaluación de los filtros acústicos, es la influencia del área de la cámara de expansión con respecto al tubo. En este sentido, se presenta un estudio paramétrico para evaluar los filtros acústicos mediante la aplicación de la simulación numérica haciendo uso del software ANSYS basado en el método de los elementos finitos [1, 2]. La Figura 1 muestra el esquema de la variación de los parámetros geométricos en el filtro.

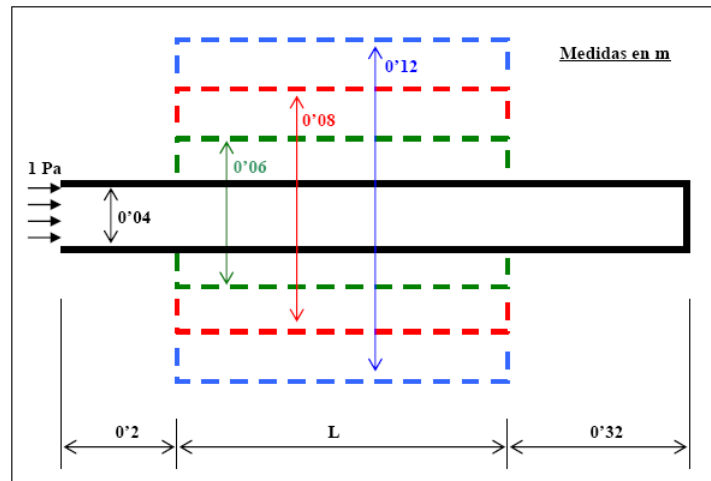


Figura 1 – Filtro acústico.

El software ANSYS dispone de dos elementos específicos para la simulación acústica: el **FLUID29** (para modelos en dos dimensiones) y el **FLUID30** (para modelos en tres dimensiones). Estos elementos se utilizan para modelar la región ocupada por el fluido y se definen por su **densidad** (DENS) y por la **velocidad del sonido** (SONC) en dicho fluido.

Se realiza un análisis armónico para determinar la distribución de presiones en el fluido. Se parte de algunas hipótesis:

- El fluido es compresible, considerando sólo pequeños cambios de presión.
- El fluido no se considera viscoso.
- La densidad y la presión medias se consideran uniformes en todo el fluido.

Se simula un tubo con un filtro acoplado y se realiza un análisis armónico con las características que muestra la Tabla 1 [3].

Tabla 1 - Datos de entrada del modelo numérico.

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>LONGITUD DEL TUBO</b>                    | <b>1'31 m</b>                |
| <b>DIÁMETRO DEL TUBO (<math>D_1</math>)</b> | <b>0'04 m</b>                |
| <b>DENSIDAD DEL AIRE</b>                    | <b>1'18 kg/m<sup>3</sup></b> |
| <b>VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE</b>      | <b>343'2 m/s</b>             |
| <b>PRESIÓN DE REFERENCIA DEL AIRE</b>       | <b>20·10<sup>-6</sup> Pa</b> |
| <b>RANGO DE FRECUENCIAS</b>                 | <b>0 – 5000 Hz</b>           |
| <b>NÚMERO DE PASOS</b>                      | <b>500</b>                   |
| <b>PRESIÓN EN EL ALTAVOZ</b>                | <b>1 Pa</b>                  |

La Figura 2 muestra el modelo numérico del filtro mallado.

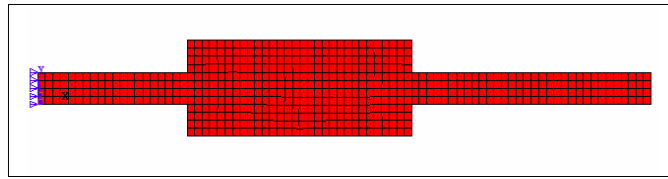


Figura 2 - Modelo numérico de tubo con filtro acoplado.

## 2 Resultados para un filtro acústico de tipo reactivo

Los filtros reactivos están compuestos por tubos acoplados sin material absorbente. Funcionan reflejando el sonido que proviene de la fuente, de modo que la atenuación se debe a la reflexión de la onda sonora por los conductos. Funcionan bien a bajas y medias frecuencias, en las que la onda que se propaga en el interior es plana. [4, 5].

La Figura 3 muestra el resultado para la configuración del tubo con  $L=0'2$  m y  $D_2 = 0'06$  m (diámetro de la cámara de expansión), realizando un análisis armónico en un rango de frecuencias de 0 a 5000 Hz.

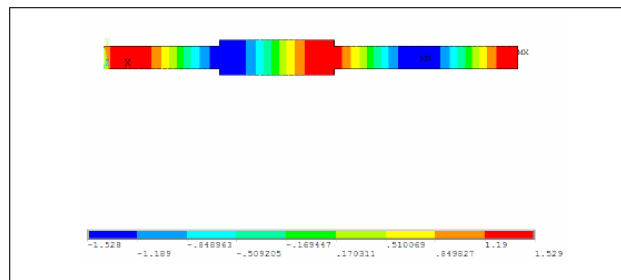


Figura 3 – Distribución de presiones en una de las configuraciones estudiadas.

La Figura 4 muestra la distribución de presiones (Pa) frente a la frecuencia (Hz) en un filtro reactivo con  $L = 0'2$  m, para distintas relaciones entre diámetros ( $D_2/D_1$ ).

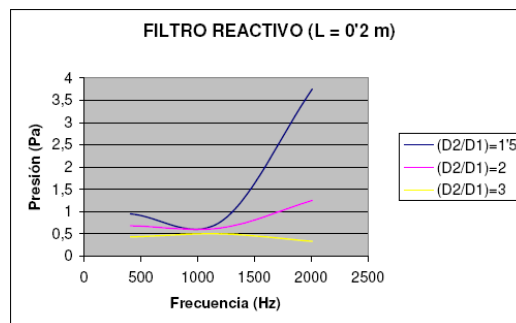


Figura 4 –Filtro reactivo con  $L=0'2$ m.

La Figura 5 muestra la distribución de presiones (Pa) frente a la frecuencia (Hz) en un filtro reactivo con  $L = 0'3$  m, para distintas relaciones entre diámetros ( $D_2/D_1$ ).

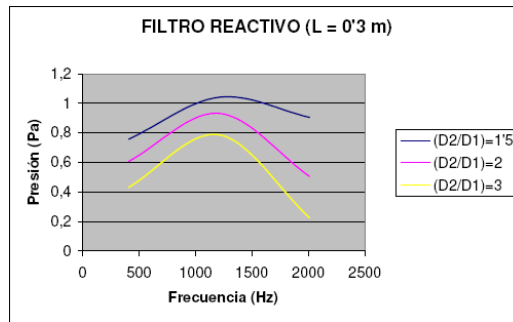


Figura 5 – Filtro reactivo con  $L=0'3$ m.

La Figura 6 muestra la distribución de presiones (Pa) frente a la frecuencia (Hz) en un filtro reactivo con  $L = 0'5$ m, para distintas relaciones entre diámetros ( $D_2/D_1$ ).

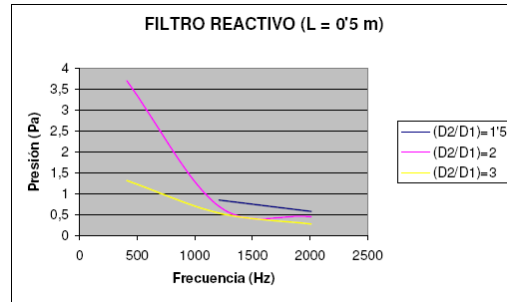


Figura 6 – Filtro reactivo con  $L=0'5$ m.

### 3 Resultados para un filtro acústico de tipo disipativo

Los filtros acústicos de tipo disipativo absorben la energía acústica por estar revestidos de material absorbente con alto coeficiente de absorción acústica. Éstos son más aptos para las medias y las altas frecuencias. La Figura 7 muestra el modelo numérico mallaado de un filtro disipativo con la cámara de expansión revestida de lana de roca (con una densidad de  $150 \text{ kg/m}^3$ ).

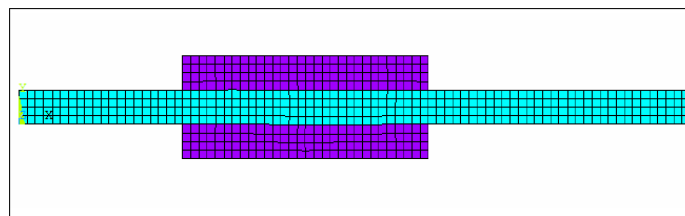


Figura 7 - Modelo numérico de filtro disipativo.

Para evaluar el comportamiento de los filtros acústicos de tipo disipativo mediante la simulación numérica, se presentan las Figuras de la 8 a la 16 que muestran, para cada configuración, una comparativa con los filtros reactivos a partir del mapa de presiones acústicas obtenido a 1000 Hz.

El material de la cámara de expansión es lana de roca (siendo la velocidad de propagación del sonido en la lana de roca a 1000 Hz de 135 m/s).

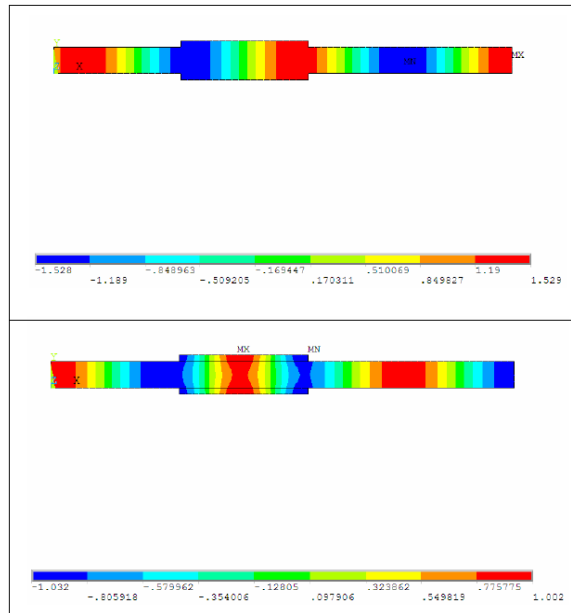


Figura 8 – Filtro acústico con  $L=0.2$  m y  $D_2/D_1 = 1.5$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.

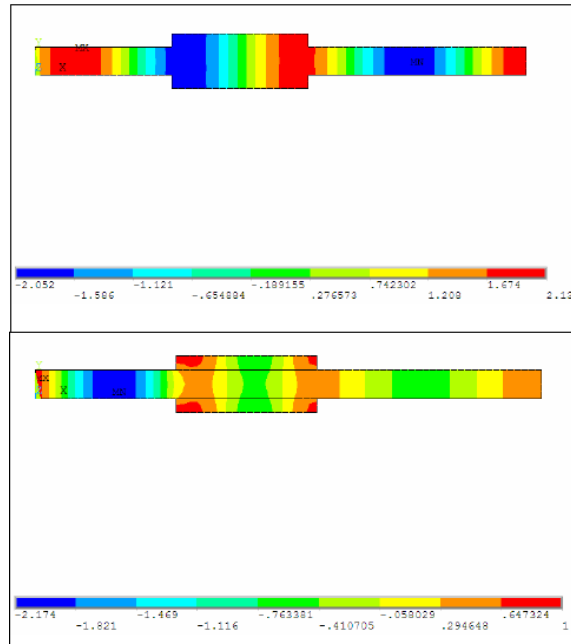


Figura 9 – Filtro acústico con  $L=0.2$  m y  $D_2/D_1 = 2$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.

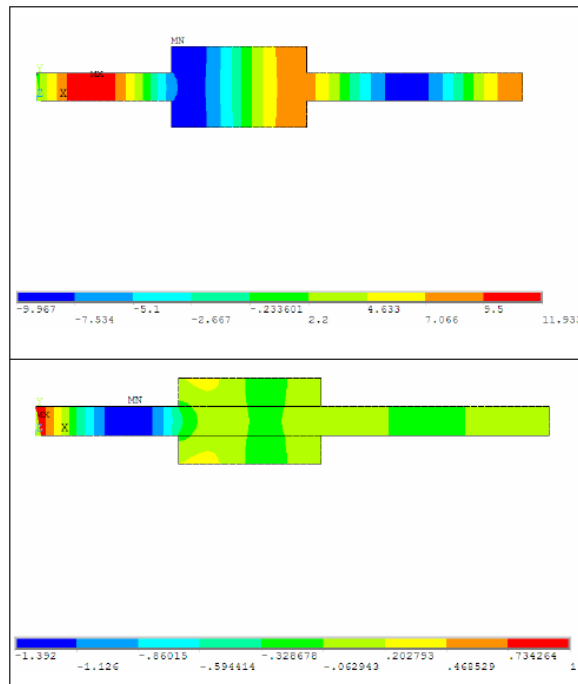


Figura 10 – Filtro acústico con  $L=0'2$  m y  $D_2/D_1 = 3$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.

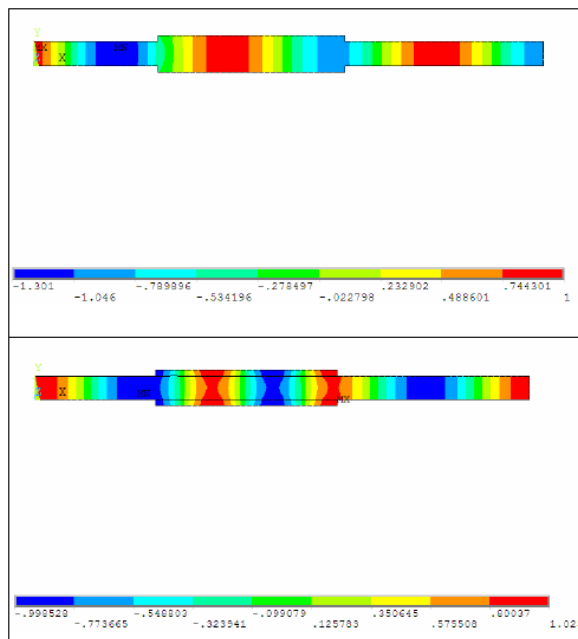


Figura 11 – Filtro acústico con  $L=0'3$  m y  $D_2/D_1 = 1'5$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.

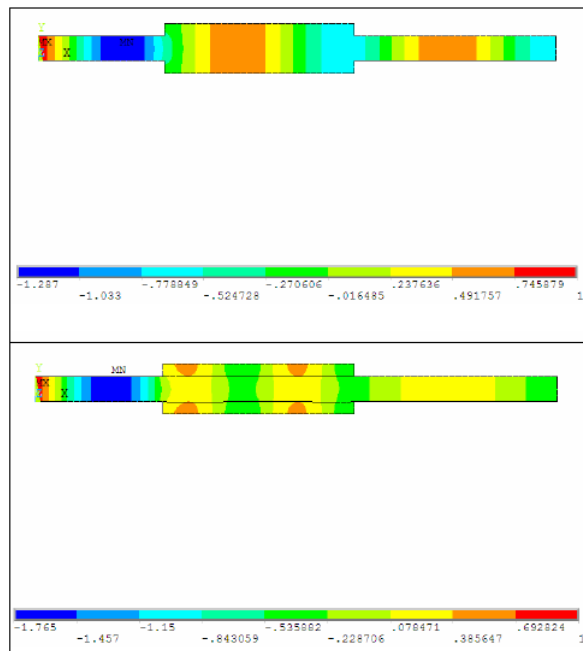


Figura 12 – Filtro acústico con  $L=0.3$  m y  $D_2/D_1 = 2$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.

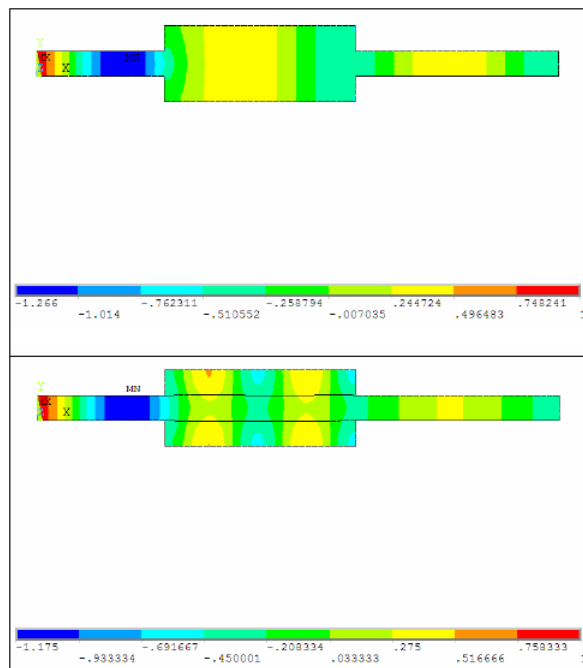


Figura 13 – Filtro acústico con  $L=0.3$  m y  $D_2/D_1 = 3$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.



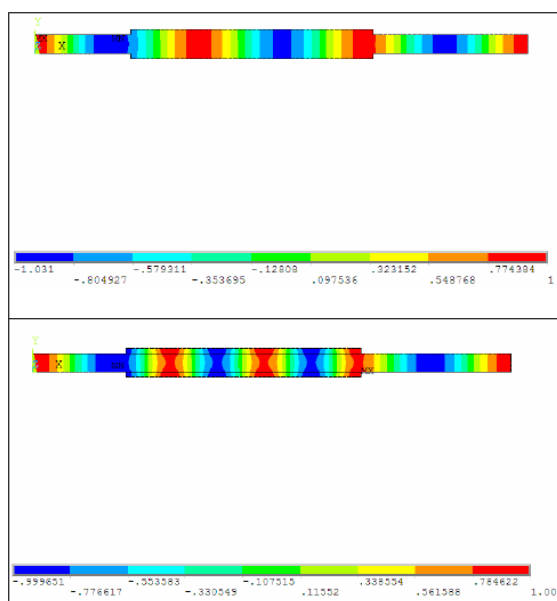


Figura 14 – Filtro acústico con  $L=0.5$  m y  $D_2/D_1 = 1.5$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.

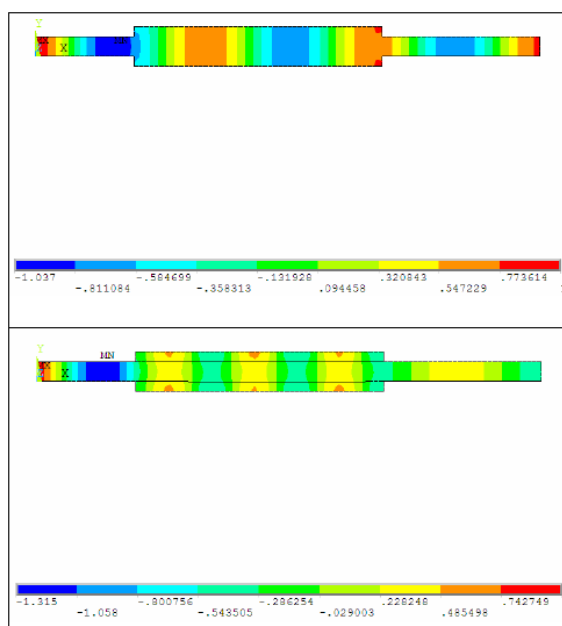


Figura 15 – Filtro acústico con  $L=0.5$  m y  $D_2/D_1 = 2$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.

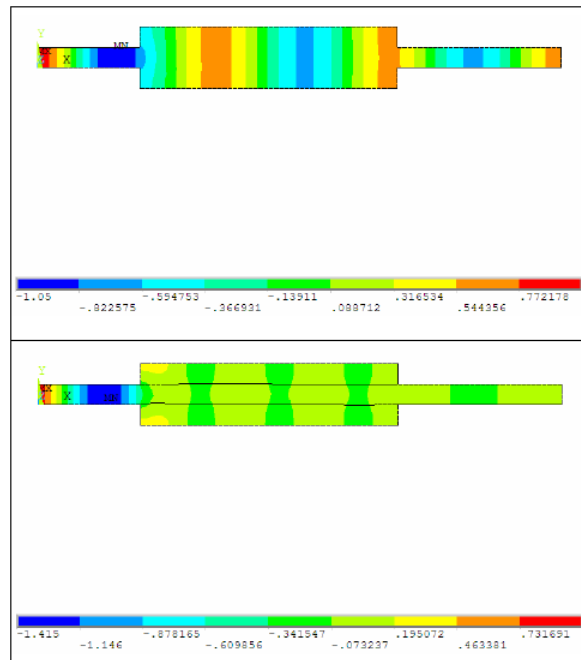


Figura 16 – Filtro acústico con  $L=0'5$  m y  $D_2/D_1 = 3$  a 1000 Hz. Arriba el reactivo y abajo el disipativo con lana de roca.

## 4 Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos con la simulación numérica, las principales conclusiones pueden resumirse del siguiente modo:

- Se confirma en los filtros reactivos una mejor respuesta a bajas y medias frecuencias. A partir de los 2500 Hz, su comportamiento se vuelve más irregular.
- También en los filtros reactivos, para una misma longitud de la cámara de expansión ( $L$ ), la presión sonora en el tubo de salida del filtro va disminuyendo cuanto mayor es la relación entre diámetros.
- Por su parte, en los filtros acústicos disipativos se observa, en todos los casos analizados, que la presión acústica es menor en el tubo de salida con respecto a los filtros reactivos. Esto viene a confirmar el mejor funcionamiento al combinar la geometría de la cámara de expansión con un material absorbente como es la lana de roca.

## Referencias

- [1] O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor. "The Finite Element Method. Volume 3: Fluid Dynamics". Butterworth Heinemann. ISBN 0 7506 5050 8. Fifth edition, 2000.
- [2] Yuhui Liu. "Wave Propagation Study Using Finite Element Method". University of Illinois at Urbana-Champaign, 2005.
- [3] E. Juliá Sanchis, J. Segura Alcaraz, J. Alba Fernández, R. del Rey Tormos. "Numerical Simulation of the Acoustic Waves Propagation in a Standing Wave Tube". ISBN: 84-87985-12-2. 19<sup>th</sup> International Congress on Acoustics ICA. Madrid, 2007.
- [4] L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens, J. V. Sanders. "Fundamentos de Acústica". Editorial LIMUSA, S.A. Grupo Noriega Editores. 1995.
- [5] M. L. Munjal, "Acoustics of Ducts and Mufflers". John Wiley & Sons, 1986.