

INFLUENCE OF FIXATION CONDITIONS ON RADIATION OF A DISTRIBUTED MODES LOUDSPEAKER

PACS REFERENCE: 43.38.-p

Escuder, E.; Alba, J.; Ramis, J.

Escuela Politécnica Superior de Gandia.

Universidad Politécnica de Valencia.

Carretera Nazaret-Oliva (S/N)

46730 Gandia

España

Tel: 96-2849314

Fax: 96-2849309

E-Mail: evescude@fis.upv.es, jesalba@fis.upv.es, jramis@fis.upv.es

ABSTRACT

In this paper, the total electrical impedance, the response in frequency and the distortion of a flat loudspeaker DML (Distributed Modes Loudspeaker), or of distributed modes, are analyzed. The loudspeaker is submitted to different conditions of fixation or contour. In particular, loudspeakers based on technology NXT are used (Next Transducer Generator). These loudspeakers generate acoustic field by means of vibration of a rectangular surface.

This type of loudspeakers usually are installed on a frame in the ceiling, as if they were membrane panels, or even hidden behind a photography hung in the wall [1]. They are very light and they practically do not occupy space. In addition, they radiate sound energy by both faces. The fixation conditions of this type of loudspeakers, depend on their location. Therefore, it is interesting in practice, to know his influence.

Measures of total electrical impedance, of response in frequency and distortion are made for different conditions of assembly, with the purpose of obtaining the best conditions and characteristics for the use of this type of speakers.

INTRODUCCION

Un altavoz de modos distribuidos es un transductor electroacústico en el que se pueden diferenciar dos partes: el transductor electromecánico propiamente dicho, que puede ser dinámico o piezoeléctrico, y el mecánico-acústico que, en este caso, consiste en una superficie plana que está en conexión con el transductor citado y radia la energía acústica generada al vibrar. La eficiencia de estos transductores depende, en gran medida, del acoplo entre la parte electromecánica y la mecánico-acústica, de las propiedades mecánicas de los materiales de los que está constituida la superficie plana, de la ubicación concreta del transductor electromecánico, etc. Además, las distintas configuraciones de montaje aportan condiciones de contorno al problema, que resultan de interés estudiar.

Como se ha comentado anteriormente, estos altavoces generan el campo acústico mediante la vibración de una superficie rectangular, y se puede suponer, en primera aproximación, que todos los puntos sobre su superficie se mueven con la misma amplitud y fase, para lo cual es necesario que el material presente una rigidez a flexión alta [2], es decir, un pistón rectangular vibrante. Un estudio de la radiación de este tipo de superficies pueden encontrarse en [3].

El objeto del presente trabajo es evaluar la influencia de distintas condiciones de montaje en la radiación de este tipo de altavoces. Para ello, se deben determinar:

- La impedancia eléctrica total, que es la impedancia medida en bornes del altavoz. Este parámetro es de interés para evaluar la eficiencia en la transferencia de potencia desde el amplificador al altavoz. [4]
- La respuesta en frecuencia, se determina excitando el altavoz con una señal de prueba conocida (ruido rosa, blanco, secuencias pseudoaleatorias, ...)
- La distorsión que, en general, se debe a que el altavoz no es capaz de responder de forma adecuada a la señal de entrada, deformando la señal a su salida. Se suele distinguir entre distorsiones lineales y no lineales. En el ámbito electroacústico, los parámetros más utilizados son la distorsión armónica total y la distorsión por intermodulación.

Las causas que provocan distorsiones son diversas y dependen del tipo de transductor electromecánico utilizado.

MÉTODO EXPERIMENTAL

Se han utilizado dos altavoces comerciales (Wharfedale Ceiling Tile WXT04), uno grande (*g*) y otro pequeño (*p*), construido a partir de uno similar al anterior recortándolo, véanse figuras 1 y 2. Puede observarse que, en un caso el transductor está centrado en la superficie y en otro ligeramente desplazado buscando una eficiencia en la radiación. Como elementos de sujeción del altavoz a la caja utilizamos ocho alcayatas, la profundidad de las cajas de madera (plenum) era de 15 cm, además el altavoz más la caja tenía unas dimensiones de $62 \times 62 \times 15 \text{ cm}^3$ para el altavoz *g* y de $54 \times 54 \times 15 \text{ cm}^3$ para el altavoz *p*.

Medida de la impedancia eléctrica total

Se ha medido utilizando el sistema de medida CLIO 4.0[®] (Audiomatica) [5] con una resolución de 1/48 octava. Estas medidas se han realizado para diferentes condiciones de fijación, tamaño del altavoz, y ubicación del transductor respecto al altavoz:

- a) con una caja detrás del altavoz *g* sin sujeciones (simplemente apoyado)
- b) con una caja detrás del altavoz *g* sujetado por dos puntos (en lados paralelos)
- c) con una caja detrás del altavoz *g* sujetado por cuatro puntos (un punto en cada lado)
- d) con una caja detrás del altavoz *g* sujetado por ocho puntos (dos puntos por lado)
- e) con una caja detrás del altavoz *p* sin sujeciones
- f) con una caja detrás del altavoz *p* sujetado por dos puntos
- g) con una caja detrás del altavoz *p* sujetado por cuatro puntos
- h) con una caja detrás del altavoz *p* sujetado por ocho puntos

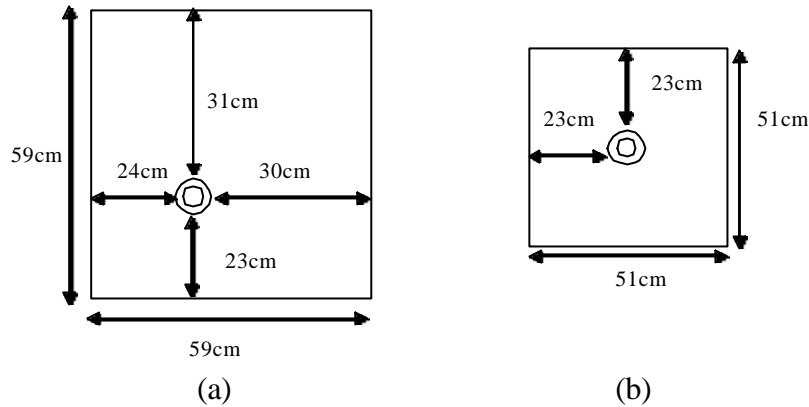


Figura 1. Dimensiones del altavoz y posición del transductor. (a).- Altavoz *g*, (b).- Altavoz *p*

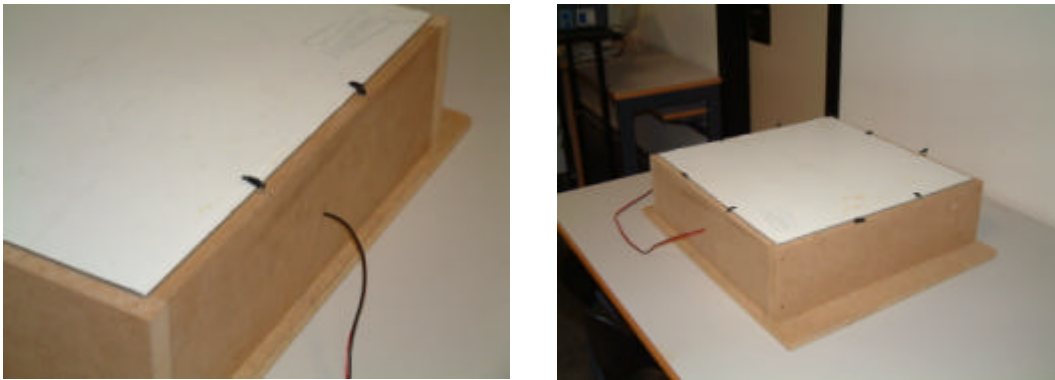


Figura 2. Montaje del altavoz plano a la caja mediante las sujeciones.

Medida de la respuesta en frecuencia del altavoz

Se ha medido la respuesta en frecuencia del altavoz en campo libre (concretamente en la cámara anecoica de la Escuela Politécnica Superior de Gandia), para las configuraciones a), b), c), e), f) y g) descritas en el apartado anterior. En concreto, se ha obtenido el nivel de presión sonora del altavoz para distinto número de sujeciones, a una distancia de su eje de 1 m, y con una potencia de entrada de 1 W. Para la realización de esta medida se ha utilizado, asimismo, la tarjeta CLIO 4.0[®]. Se ha utilizado un micrófono del tipo Condensador electret de 8 mm de diámetro, 25 cm de longitud y una precisión de ± 1 dB, de 20Hz a 10kHz y ± 2 dB, de 10kHz a 20kHz.

Medida de la distorsión

Se presentan algunos resultados de las medidas realizadas utilizando el software Cool Edit 2000 y el plug in Aurora, con una tarjeta de adquisición de datos VXpocket[™] v2 (tarjeta PCMCIA de dos canales monofónicos de entrada y salida balanceados en XLR, rango de trabajo a 24 bits y 48 kHz), mediante la que se generaba un barrido frecuencial modulado, de 60 a 20000Hz. Esta señal llegaba al altavoz mediante una etapa de potencia Cottpel P4400 (dos canales de 200 W y 8 Ω de impedancia de salida). La señal era recogida con un micrófono de condensador, de B&K de $\frac{1}{2}$, modelo 4190, y un acondicionador de micrófono Nexus (tipo 2690A 0S2, 2 canales de micrófono). La distancia desde el micrófono hasta el centro de cada altavoz era de 1 m. Estas medidas se realizaron para cero (no hay ninguna sujeción) y cuatro sujeciones, para los altavoces *g* y *p*, y para dos potencias de excitación diferentes, 0.8 y 2.7 W. Con estos resultados, se han comparado las amplitudes del tono fundamental y del primer armónico. Estas medidas se realizaron para las configuraciones a), c), e) y g) descritas anteriormente. Una vez obtenida la representación de frecuencias se evalúa la diferencia de niveles de intensidad entre el tono fundamental y el primer armónico.

RESULTADOS

Impedancia eléctrica

En la figura 3, se representan los valores de la impedancia eléctrica total de cada altavoz para las distintas sujeciones consideradas, se puede observar que su valor, en el rango de frecuencias de interés, es de 5Ω , independientemente del número de sujeciones y del tamaño de dicho altavoz.

La relación entre la compliancia mecánica de la caja, C_{MB} , y su compliancia acústica, C_{AB} viene definida por las ecuaciones:

$$C_{MB} = \frac{C_{AB}}{S^2} \quad (1) \quad \text{y} \quad C_{MB} = \frac{V}{\rho_0 c^2 S^2} \quad (2)$$

donde V es el volumen de la caja, ρ_0 es la densidad del aire, c la velocidad del sonido en el aire y S la superficie del panel del altavoz. La compliancia mecánica total del sistema, C_{MT} , viene dada por:

$$C_{MT} = \frac{C_{MD} C_{MB}}{C_{MD} + C_{MB}} \quad (3)$$

C_{MD} , es del orden de $8'85 \cdot 10^{-6}$ m/N [6] y C_{MB} la podemos calcular a partir de la ecuación (2). Considerando los valores de las variables involucradas se obtiene para C_{MB} un valor del orden de $1.07 \cdot 10^{-6}$ m/N para el altavoz g y de $4.11 \cdot 10^{-6}$ m/N para el altavoz p . Por tanto, los valores de la compliancia mecánica sin caja y con caja se mantienen dentro del mismo orden de magnitud. A partir de la ecuación (4) es posible determinar la frecuencia de resonancia de cada altavoz, teniendo en cuenta que la masa del diafragma es de 393 g. Los resultados se presentan en la tabla 1.

$$f_0 = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{1}{C_{MT} M_T}} \quad (4)$$

	Sin caja Altavoz g	Con caja Altavoz g	Con caja Altavoz p
Frecuencia de resonancia (Hz)	85.36	259.92	149.59
Compliancia mecánica total (m/N)	$8.85 \cdot 10^{-6}$	$9.54 \cdot 10^{-6}$	$2.88 \cdot 10^{-6}$

Tabla 1. Frecuencia de resonancia mecánica total y compliancia mecánica total para los altavoces con y sin caja.

En el caso del altavoz sin sujeciones y sin caja, en la representación que se obtiene de la impedancia eléctrica total se observan picos de muy baja amplitud, véase Figura 3, sin embargo en las representaciones de los altavoces con caja no se observa ningún pico, esto puede ser debido a que el diámetro del círculo de Kenelly en el caso del altavoz sin caja, que se define según la ecuación (5), es muy pequeño, del orden de 0.56Ω [2]

$$D = \frac{(Bl)^2}{R_M} \quad (5)$$

donde R_M es la resistencia mecánica, la del diafragma más la de radiación, y (Bl) es el factor de fuerza. Por esta razón no se aprecia ningún cambio en la impedancia eléctrica total de los altavoces con caja en función del número de sujeciones. Además tampoco se observa diferencia entre los altavoces g y p .

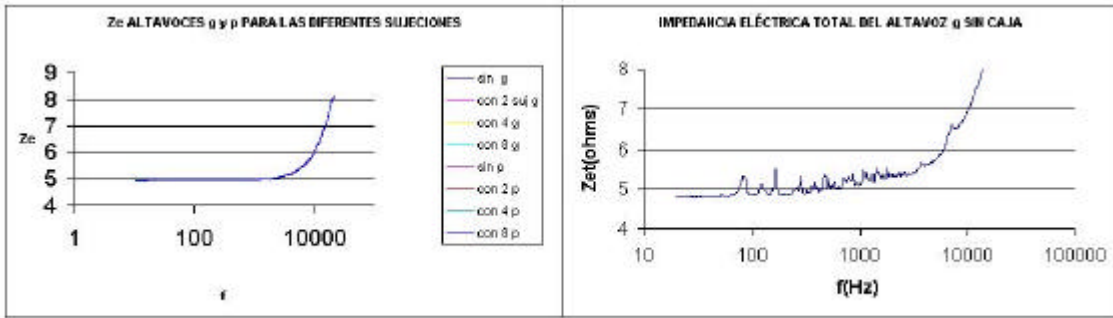


Figura 3. Impedancia eléctrica total con o sin caja de los altavoces *g* y *p*.

Respuesta en frecuencia

Algunos de los valores medidos se representan en las figuras 4, 5 y 6. En ellas se puede observar, que el nivel de presión es más alto en el altavoz grande que en el pequeño para todas las sujeciones consideradas.

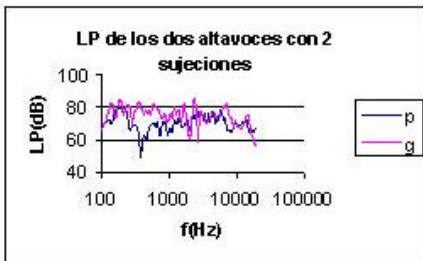


Figura 4. LP con dos sujeciones

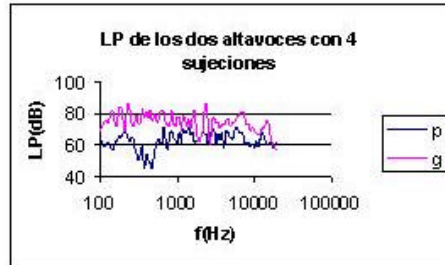


Figura 5. LP con cuatro sujeciones

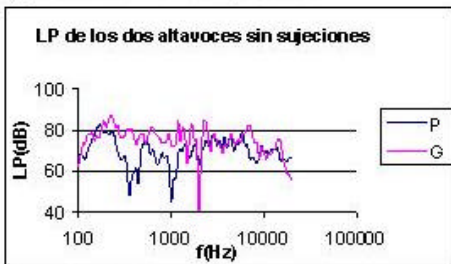


Figura 6. LP sin sujeciones

En las figuras 7 y 8 se puede observar que el efecto del cambio de número de sujeciones se deja notar sobre todo a baja frecuencia haciendo mucho más irregular la curva de respuesta. Si comparamos el altavoz grande y el pequeño, se ve que el altavoz grande se comporta de forma más uniforme que el pequeño para diferentes sujeciones. Esto se puede justificar debido a que el altavoz pequeño tiene el transductor centrado respecto al panel, dicha ubicación no favorece la producción de mayor número de modos, y el altavoz grande lo tiene desplazado hacia un lateral, excitando un mayor número de modos.

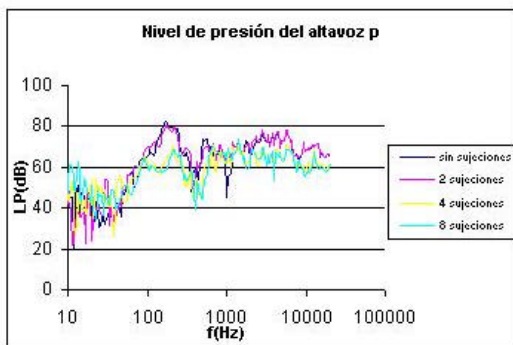


Figura 7. LP altavoz *p*

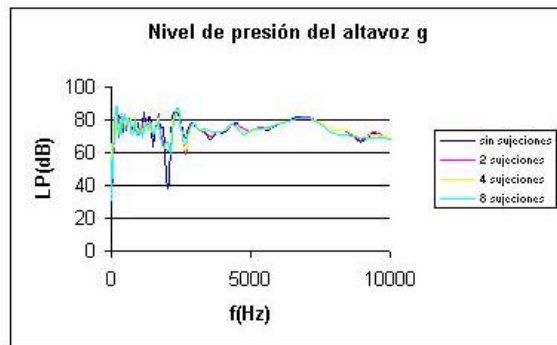


Figura 8. LP altavoz *g*

Distorsión

Se obtienen representaciones de frecuencia respecto a nivel de intensidad. A partir de este tipo de gráficos, se determinan los valores de la frecuencia fundamental y la del primer armónico, que se representan en la tabla 2. En ella podemos observar que al aumentar el número de sujeciones, de cero a cuatro, la distorsión disminuye, ya que aumenta la diferencia entre niveles. También, que al aumentar la potencia del altavoz aumenta la distorsión. Y además, para una misma potencia y cero sujeciones, el altavoz pequeño presenta mayor distorsión que el grande. El efecto contrario ocurre para cuatro sujeciones.

	$\Delta dB = LdB(f_0) - LdB(f_1)$			
Potencia(W)	0.8		1.5	
Voltaje(V)	2		2.7	
altavoz	Grande	Pequeño	grande	pequeño
0 sujeciones	12	6	0	4
4 sujeciones	24	16	10	17

Tabla 2. Dispersión de los altavoces g y p para cero y cuatro sujeciones.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

- La impedancia eléctrica total del altavoz de modos distribuidos, es independiente del número de sujeciones y del tamaño de dicho altavoz.
 - Al modificar el número de sujeciones de los altavoces planos a las cajas, varía la curva de respuesta en frecuencia, haciéndose mucho más irregular en el rango de bajas frecuencias. La posición del transductor excitador influye de manera decisiva en la forma de la curva de respuesta en frecuencia.
 - La distorsión del altavoz disminuye si en vez de tenerlo simplemente apoyado se sujeta por cuatro puntos, y aumenta al aumentar la potencia eléctrica de excitación.
- Queda para futuros trabajos profundizar en el estudio de este altavoz utilizando la interferometría de Speckle y holografía acústica para diferentes condiciones de montaje.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por la Consellería de Educación y Ciencia de la Generalitat Valenciana (GV00-107-1).

REFERENCIAS

- [1] <http://www.wharfedale.com>
- [2] "Radiación acústica por superficies planas: aplicación a altavoces", Jesús Alba Fernández, Jaime Ramis Soriano, Víctor Espinosa Roselló, Víctor Sánchez Morcillo, Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. ISSN: 0213-1315 (aceptado y pendiente de publicación)
- [3] "Efecto de la modificación del perfil en el rendimiento de altavoces dinámicos de radiación directa", Jesús Alba Fernández, Jaime Ramis Soriano, Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. ISSN: 0213-1315, Vol 18 nº3, 2002
- [4] "Transductores dinámicos", Jaime Ramis Soriano, Jesús Alba Fernández, Joan A. Martínez, Editorial U.P.V. Ref: 2002.635
- [5] CLIO, Electrical and Acoustical Tests User's Manual Versión
- [6] "Caracterización de un altavoz de modos distribuidos", Juan Venero, Proyecto Final de Carrera, Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica Superior de Gandía, abril 2002