

## Desarrollo de una Fuente Sonora Omnidireccional Liviana para Mediciones de Campo

A.R. Maristany, D.A. Moyano & P.E. Méndez

*Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas - CIAL, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Córdoba, CP5000, Argentina, arturo.maristany@gmail.com*

**RESUMEN:** En este trabajo se describe el diseño y construcción de una fuente sonora omnidireccional liviana y de reducidas dimensiones destinada principalmente para realizar mediciones de tiempo de reverberación y aislamiento acústico “in situ”. La fuente sonora ha sido desarrollada en el Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL) dependiente de la Universidad Nacional de Córdoba. Se aborda el problema a partir de un estudio de la geometría y las variables intervinientes, buscando equilibrar los requerimientos teóricos con las posibilidades económicas y técnicas. Se presentan en el trabajo las características constructivas generales, sistema de altavoces y respuesta final alcanzada. La configuración general está basada en un icosidodecaedro dividido en seis unidades independientes de dos altavoces cada una. En este sentido, se buscó definir un sistema de módulos emisores funcionando como cajas infinitas independientes y cuya geometría permitiera el ensamblado del conjunto. Se desarrollaron entornos de simulación para valorar resultados previsibles y de procesamiento de datos de medición para la evaluación del prototipo, de los módulos individuales y del conjunto ensamblado. Desde el punto de vista acústico, se adoptaron criterios preferenciales hacia el tratamiento de frecuencias medias y altas. Las características de omnidireccionalidad fueron evaluadas en cámara anecoica respondiendo a los criterios fijados por la ISO 3382 e ISO 140-3.

**KEYWORDS:** fuente sonora, omnidireccionalidad, campo libre

## 1. INTRODUCCION

Contar con una fuente omnidireccional es un condicionante imprescindible para la realización de mediciones de campo, tanto para aislamiento acústico como de tiempo de reverberación, de acuerdo a los criterios y pautas de instrumentación de las normas ISO 3382-1 e ISO 140-4. Ambas normas fijan los criterios mínimos de direccionalidad que deben cumplir las fuentes como asimismo los valores mínimos de NPS de acuerdo a la aplicación que tengan. En la tabla 1 se indican los valores máximos de desviación de directividad medida en campo libre para una excitación por ruido rosa en bandas de octava, según lo indicado en la ISO 3382 [1] [2].

Tabla 1: *Desviación máxima de directividad de la fuente según ISO 3382*

Frecuencia (Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Desviación máxima (dB)	±1	±1	±1	±3	±5	±5

La condición básica de una fuente sonora omnidireccional es la de irradiar sonido en todas direcciones, de la manera más uniforme posible y para un amplio espectro de frecuencias. Con este objetivo la técnica constructiva responde al criterio de conformar un arreglo discreto de altavoces, en general doce, organizados de manera radial y tendiente a aproximarse a una esfera pulsante ideal [3] [4]. En este sentido las fuentes omnidireccionales tienden a una forma esférica. Básicamente son dos los motivos por los cuales las fuentes omnidireccionales no son totalmente esféricas, la dificultad de construir una caja acústica esférica y la imposibilidad de montar altavoces planos sobre la superficie curva [5].

## 2. DISEÑO Y CONSTRUCCION

### 2.1 Cajas acústicas

El diseño de la fuente se basó en las premisas procurar obtener la mayor omnidireccionalidad posible en frecuencias altas, portabilidad y modularidad constructiva. Para cumplir con las dos primeras se pensó en seleccionar parlantes de diámetro reducido. Para cumplir con la tercera, se decidió basar la construcción en la geometría del icosidodecaedro, ya que permitió definir el ensamblado del conjunto a partir de seis cajas acústicas independientes. En la figura 1 se observa el modulo derivado del icosidodecaedro y el despiece del mismo utilizado como plantilla para el corte y mecanizado de los componentes.

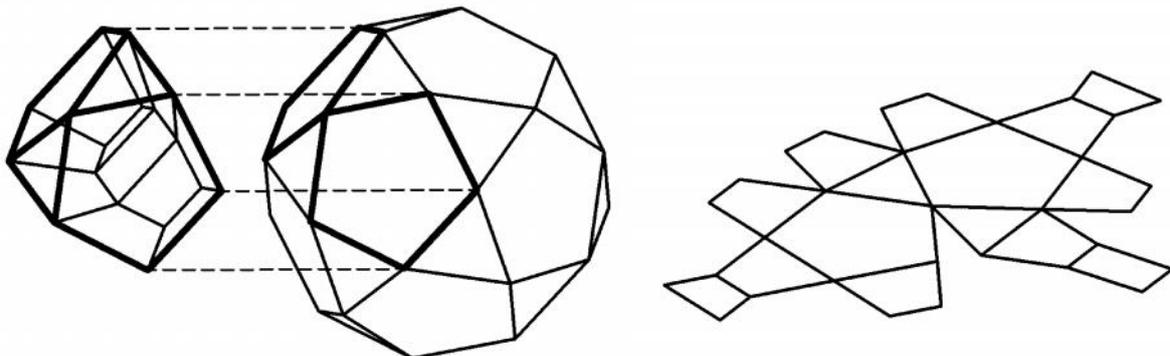


Figura 1: *Despiece modular a partir de la figura geométrica básica*

Las cajas se realizaron en base a tablero de fibra de madera (MDF) a partir del maquinado de las piezas. Los componentes de cada caja y la apariencia final se muestran en la figura 2. El interior de las cajas fue recubierto con lana de vidrio de 20 mm de espesor para darle a cada una el comportamiento de caja infinita.

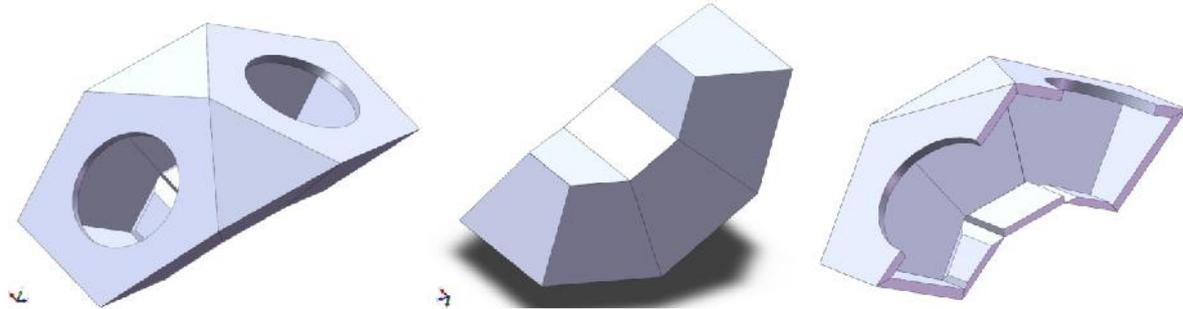


Figura 2: vistas y corte caja acústica modular

## 2.2 Altavoces

Con el fin de favorecer la portabilidad y el comportamiento omnidireccional en frecuencias altas, se seleccionó un parlante de diámetro chico considerando que la intensidad del campo acústico responde a la expresión (2).

$$I = 2 \frac{J_1[w^D/c \sin \theta]}{w^D/c \sin \theta} \quad (2)$$

Donde:

$I$ : intensidad de campo acústico

$w$ : frecuencia angular

$D$ : diámetro del parlante

$c$ : velocidad del sonido

$\theta$ : ángulo respecto de la dirección de propagación de la onda de sonido

$J_1$ : Función de Bessel de 1er orden.

De este modo se seleccionó el parlante marca Audifiel modelo 4BF de 4", 8 , que posee una respuesta aceptable en bajas frecuencias y una potencia eléctrica de 20 W. Las características del modelo son las indicadas en la tabla 2.

Tabla 2: *parámetros característicos de los altavoces utilizados*

$f_s = 120 \text{ Hz}$	$C_{ms} = 0,49 \text{ mm/N}$
$Q_m = 3,65$	$R_{ms} = 0,69 \text{ Kg/s}$
$Q_e = 1,13$	$R_e = 7,5\Omega$
$Q_T = 0,86$	$Bl = 3,99 \text{ Wb/m}$
$M_{ms} = 3,15 \text{ gr}$	$V_{as} = 1,87 \text{ lt}$

Como se observa en la figura 3, cada caja lleva 2 parlantes conectados en serie y en fase entre sí, de manera tal que de la caja sale un solo par de cables polarizados y la impedancia ofrecida por el módulo es de 16 .

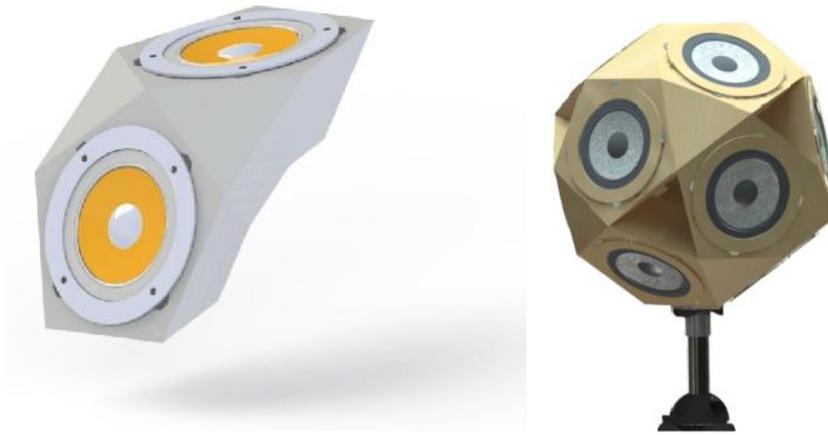


Figura 3: *vista caja individual con altavoces y estructura modular completa*

Los 6 módulos que constituyen el conjunto armado se han vinculado eléctricamente por tríos, de manera tal que 3 módulos (módulos 1, 2 y 3) se han conectado eléctricamente en paralelo y en fase entre sí y lo mismo se ha hecho con los otros 3 (módulos 4, 5 y 6). De esta manera del conjunto de la fuente salen 2 pares de cables polarizados cada uno de los cuales ofrece una impedancia de  $5,3 \Omega$ . Estos pares pueden ser conectados a sendos canales de salida de un amplificador de potencia; o pueden conectarse en paralelo y fase (ofreciendo una impedancia de  $2,6 \Omega$ ); o pueden conectarse en serie y fase (ofreciendo una impedancia de  $10,6 \Omega$ ).

### 3. CARACTERIZACION ACUSTICA

Con el objetivo de caracterizar acústicamente la fuente construida se realizaron mediciones de direccionalidad de la fuente en cámara anecoica, figura 4. Para un emisor la directividad, en este caso representada en un diagrama polar, indica como la fuente distribuye espacialmente en el ambiente la presión que radia [6].

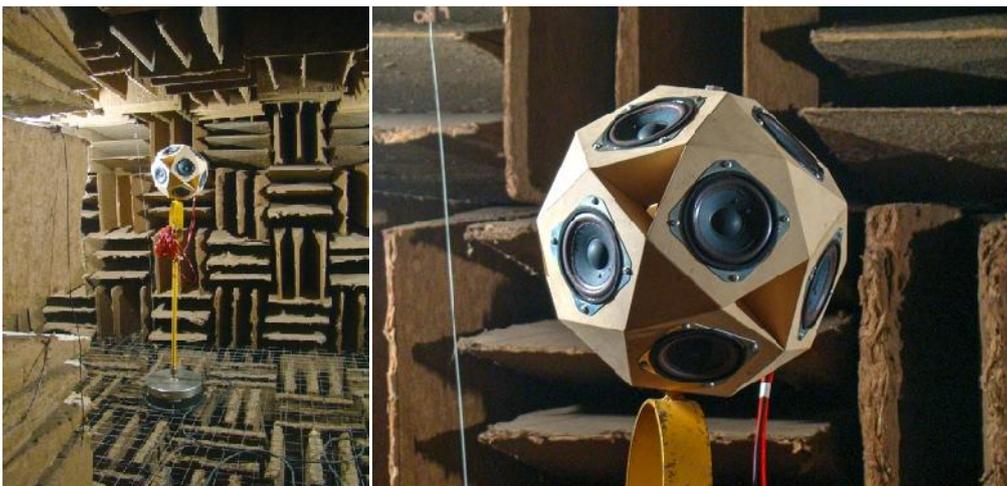


Figura 4: *Montaje para evaluación en cámara anecoica y fuente construida*

Se graficaron las curvas de directividad de la fuente en los principales planos y el nivel de intensidad sonora en campo libre a 1,5 metros de distancia. Para el estudio se utilizaron

tanto ruido rosa, de acuerdo a la ISO 3382 y eventualmente tonos puros. La fuente fue excitada con 200 W. La evaluación fue realizada en bandas de octava desde los 100 hasta los 8000 Hz. En la figura 5 se muestra la configuración del sistema de medición.

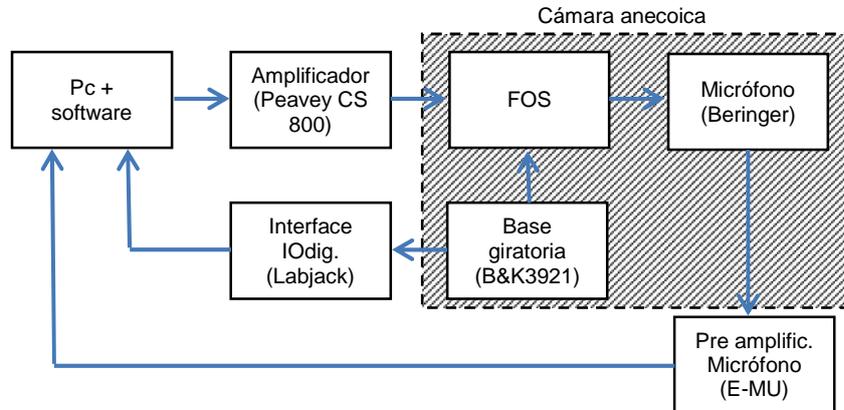


Figura 5: Diagrama de bloques del sistema de medición utilizado

Los valores obtenidos se indican en la tabla 3. En la gráfica de la figura 6 se representan los desvíos en función de los límites de referencia dados por la ISO 3382. En las figuras 7 y 8 se observan las curvas de directividad medidas.

Tabla 3: Niveles de presión sonora y valores de desviación medidos

Frec. [Hz]	Lmed [dB]	dLmax(30°) [dB]	dLmin(30°) [dB]	dLmax(30°)ISO [dB]	dLmin(30°)ISO [dB]
125	88,72	0,5	-0,6	1	-1
250	99,1	0,4	-0,5	1	-1
500	95,5	0,4	-0,3	1	-1
1000	90,11	0,6	-0,6	3	-3
2000	87,74	1,8	-2,9	5	-5
4000	85,35	1,8	-2,6	6	-6

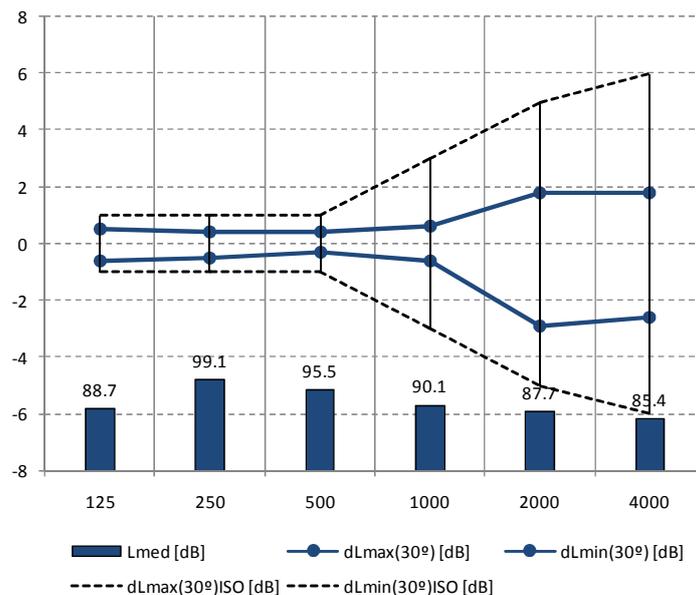


Figura 6: Desvíos obtenidos en referencia a ISO 3382 y Lmed a 1,5 m en campo libre

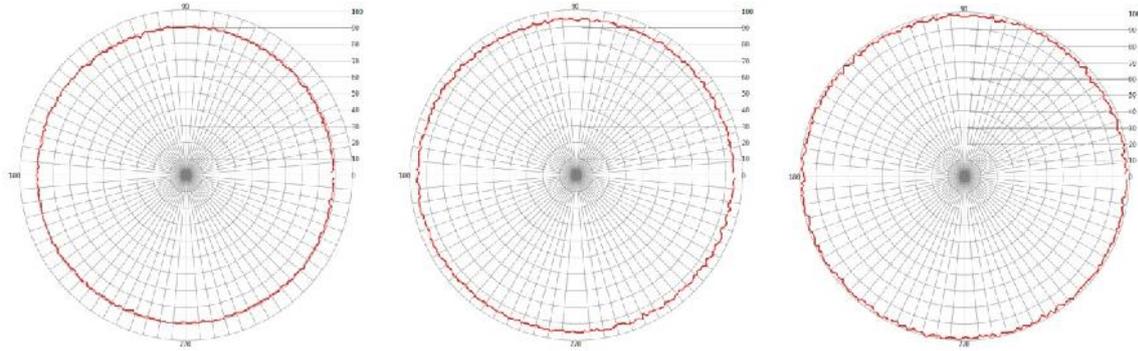


Figura 7: Curvas de directividad para las frecuencias de 125, 250 y 500 Hz

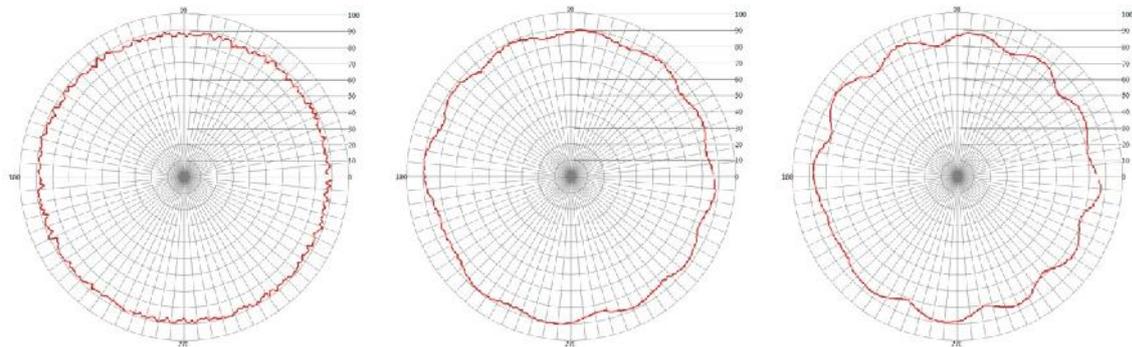


Figura 8: Curvas de directividad para las frecuencias de 1000, 2000 y 4000 Hz

## 5. CONCLUSIONES

Con el presente desarrollo se ha logrado disponer de una fuente sonora de tipo omnidireccional de bajo costo y que responde a los criterios establecidos por las ISO 3382 y 140. Los niveles de presión sonora alcanzados permiten suponer su potencial de uso tanto para mediciones de laboratorio, como para trabajos de campo. La construcción modular de la misma, a partir de seis cajas acústicas independientes, facilita la respuesta ante roturas accidentales al permitir el reemplazo de la unidad por otra de repuesto y la reconfiguración modular como media esfera a partir del montaje de la mitad de las cajas acústicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ISO, ISO 3382-1: 2009. Acoustics. Measurement of sound acoustics parameters. Part 1, Performance Spaces.
- [2] ISO, ISO 140-4: 1998. Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements. Part 4: Field measurements airborne sound insulation between rooms.
- [3] Pérez López A., Palacios González E. & Pérez Ruiz S.J. Fuente Sonora omni-direccional. *Revista Mexicana de Física* 52 (2) 185–189, Abril, (2006).
- [4] Hak C.J.M., Wenmaekers H.C., Hak P.M. & van Luxemburg C.J. The Source Directivity of a Dodecahedron Sound Source determined by Stepwise Rotation. *Forum Acusticum 2011*, European Acoustics Association, Aalborg, Denmark, (2011).
- [5] Horvat M., Domitrovic H. & Grubesa S. Design of a new omni-directional sound source. *3rd Congress of the Alps Adria Acoustics Association*, Graz, Austria (2007).
- [6] Recuero López M.. *Ingeniería Acústica*. Editorial Paraninfo. Madrid, España (2000).