

# Unidad II: Altavoz en Caja Cerrada

## Parte 2

### Consideraciones Constructivas

Recinto para Altavoces  
Prof. Ing. Andrés Barrera A.

# 1.- Materiales del gabinete

- Una caja posee una serie de modos resonantes los cuales dependen del Q del material, así como de su espesor y densidad.

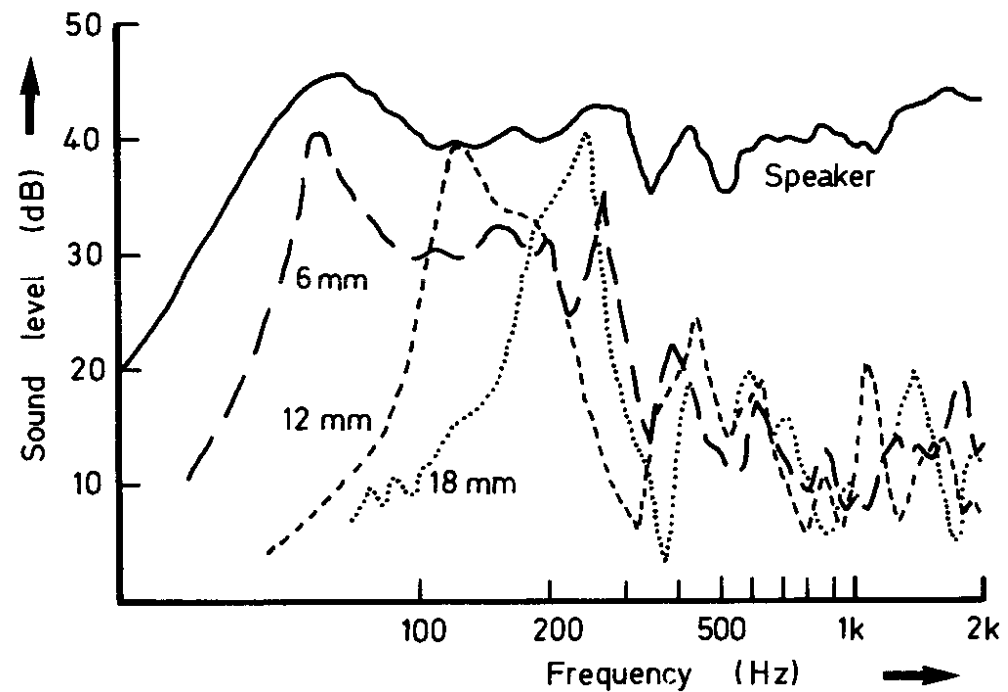
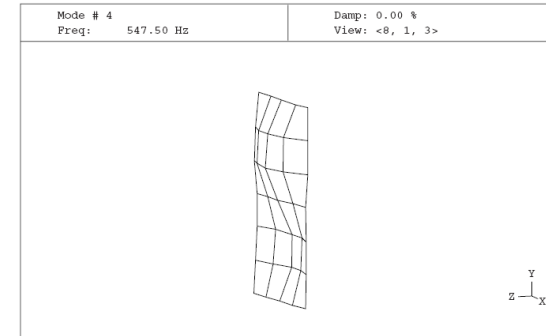


Figure 7.3 Sound output of Birch-ply panels (after Barlow<sup>3</sup>)

Fuente: Colloms, 1991; "High Performance Loudspeakers"

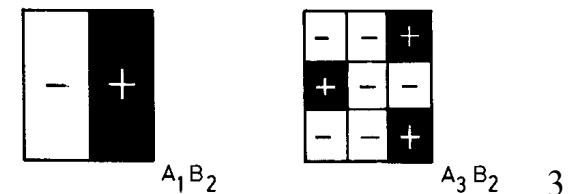
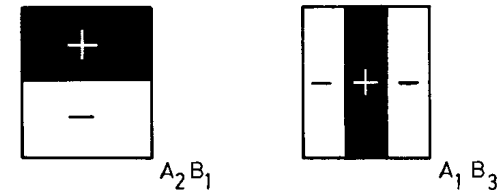
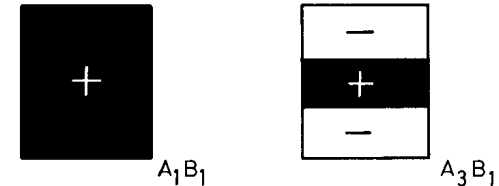
## 2.- Resonancias del Gabinete

- Difícil de estimar, por las condiciones de frontera.
- Aproximación: Membrana rectangular fija en los bordes.



$$f_{n,m} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{B}{\rho_s}} \left[ \left( \frac{n}{Lx} \right)^2 + \left( \frac{m}{Ly} \right)^2 \right] [Hz]$$

- Rigidez a la flexión  $B = \frac{Eh^3}{12} [Nm]$
- Densidad superficial  $\rho_s = \rho h \left[ \frac{kg}{m^2} \right]$



Construcción del Gabinete

**Table 5.2 MATERIAL STRENGTHS AND DENSITIES CONSIDERED USABLE FOR LOUDSPEAKER DIAPHRAGMS (AND POSSIBLY ENCLOSURES)**

	Density ( $\rho$ ) $\text{kg m}^{-3} \times 10^3$	Young's modulus ( $E$ ) $\text{N m}^{-2} \times 10^{10}$	Specific modulus ( $E/\rho$ ) $\text{m s}^{-1} \times 10^7$	Sonic velocity ( $\sqrt{E/\rho}$ ) $\text{m s}^{-1} \times 10^3$	$Q$
Aluminium (sheet)	2.7	7.5	2.75	5.4	> 200
Aluminium (honeycomb)	0.55	15	27	16	> 50
Bextrene (p.v.a. doped)	1.3	1.9	1.5	3.9	10
Beryllium	1.8	25	15	12	> 200
Boron	2.4	39	16.5	12.7	> 200
Boronised titanium	4.2	25	6	7.7	> 100
Copper	8.5	15	1.8	4.1	> 200
Graphite polymer	1.8	7	3.9	6.2	12
Iron	7.9	20	2.5	5	> 200
Magnesium	1.8	4.5	2.6	5.8	> 200
Paper pulp (typical)	0.5	2.0	4.0	8.5	12
Plywood	0.78	8.6	11	10.5	> 50
Polyester film	1.4	7	5.0	7	> 50
Polyamide film	1.4	3	2	4.5	> 50
Polymethyl pentene	0.84	2.8	3.3	5.7	8
Polypropylene homopolymer	1.0	2.3	2.3	4.8	11
Polypropylene copolymer	0.91	1.4	1.53	3.9	10
Polypropylene (filled, talc)	1.3	3.0	2.3	4.8	10
Polystyrene	0.95	1.9	2	4.5	31
Polystyrene foam	0.01	0.3	30	17.0	8
Polystyrene (foam, alloy skinned)	0.027	2.0	75	24.5	12
Resin glass fibre (honeycomb)	0.43	11	24	15.5	15
Titanium	4.5	11.6	2.6	5	> 200

Construcción del Gabinete

Fuente: Colloms, 1991; "High Performance Loudspeakers"

## 3.- Material Clásico

- **Tradicionalmente = MADERA (Terciada, aglomerada)**
  - Su masa es relativamente no resonante.
- **Recomendación de espesores (Colloms, 1991):**
  - 12mm para  $V_b < 30L$ ,
  - 15 a 18 mm para  $V_b = 30$  a  $60L$ ,
  - 25mm para  $V_b > 60L$ .

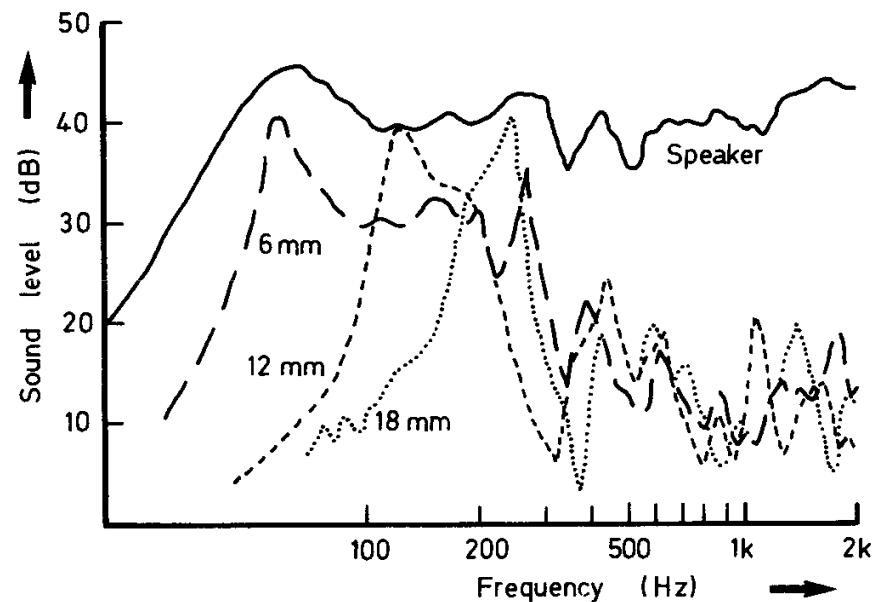
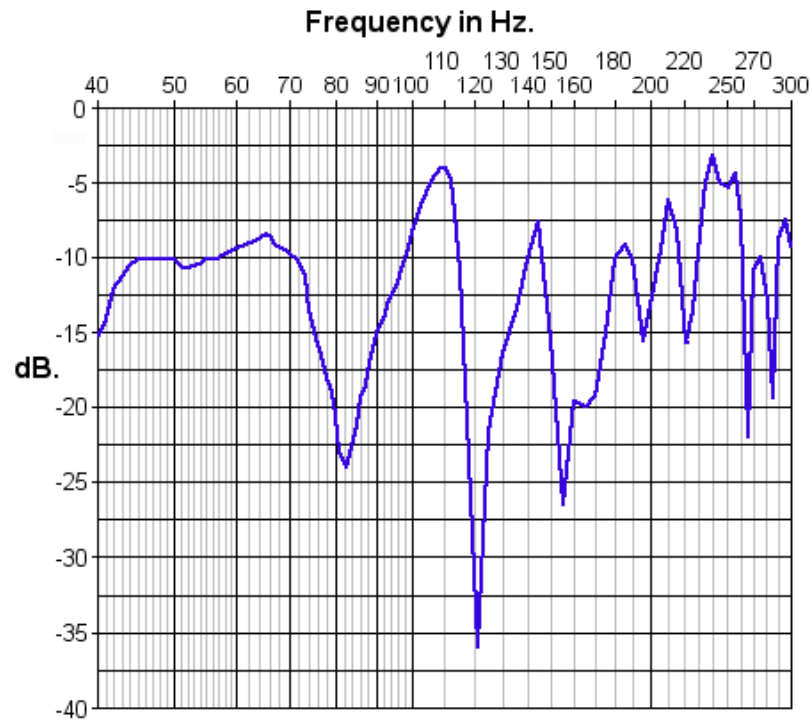


Figure 7.3 Sound output of Birch-ply panels (after Barlow<sup>3</sup>)

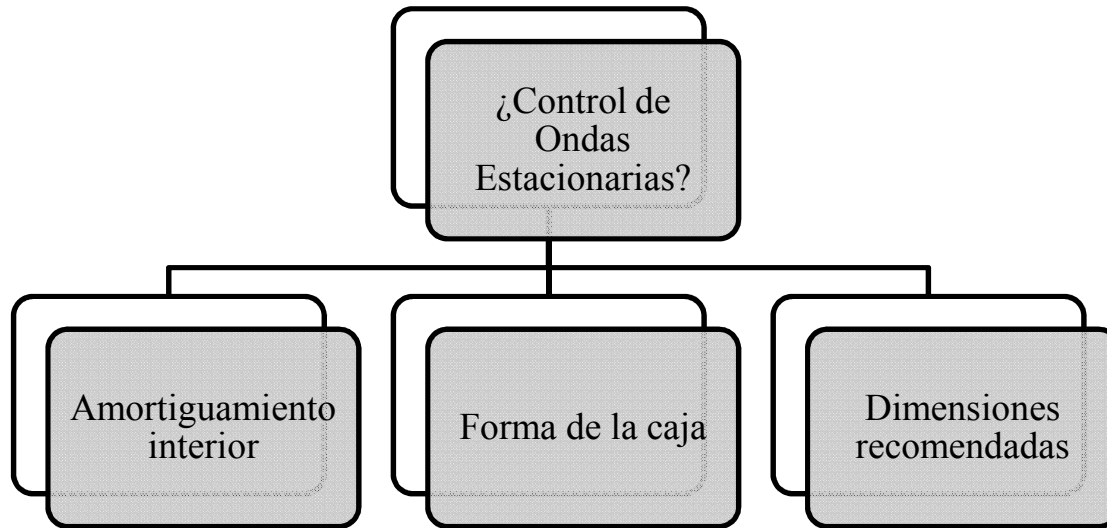
## 4.- Ondas Estacionarias

Frecuencias de Resonancia del aire de la caja

$$f_{nx,ny,nz} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{nx}{Lx}\right)^2 + \left(\frac{ny}{Ly}\right)^2 + \left(\frac{nz}{Lz}\right)^2}$$



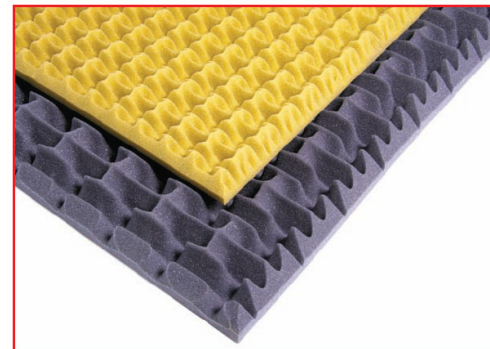
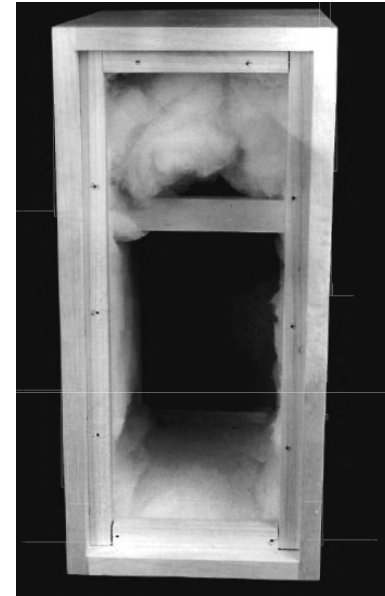
## 4.- Ondas Estacionarias



- **Importante!** Según Dickason (2008), ya que la inclusión de amortiguamiento interior de material absorbente acústico es tan efectiva en la eliminación de ondas estacionarias, las medidas acerca de la forma de la caja y de dimensiones son secundarias.

## 4.1.- Amortiguamiento Interior

- Criterio de selección de espesor.
  - Máximo de velocidad de partículas
  - $\text{espesor} = \lambda / 4$
- Recomendación (Colloms, 1997)
  - **Cajas pequeñas**  
 $V_b < 60L = \text{espesor } 12 - 18 \text{ mm}$
  - **Cajas medianas/grandes**  
 $V_b = 60 \text{ a } 100L = \text{espesor } 50\text{mm}$





## 4.2.- Forma de la caja

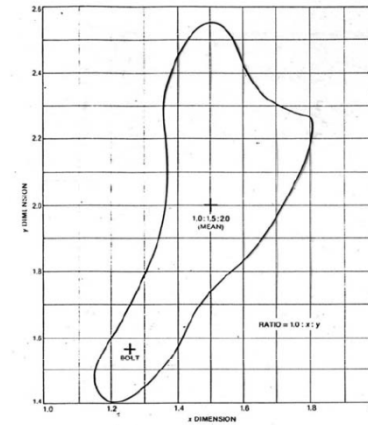
- Evitar paralelismos interiores (ángulos de al menos 5°).



## 4.3.- Dimensiones recomendadas

### ALTERNATIVAS

- Criterios de Dimensionamiento de Salas (Criterios: Bolt, Bonello)
- Criterios en Cajas Acústicas
  - Thiele: 2,6:1,6:1,0
  - Otros: 2,0:1,44:1,0 / 1,59:1,26:1,0
  - Golden Ratios: 1,0:0,6:1,6

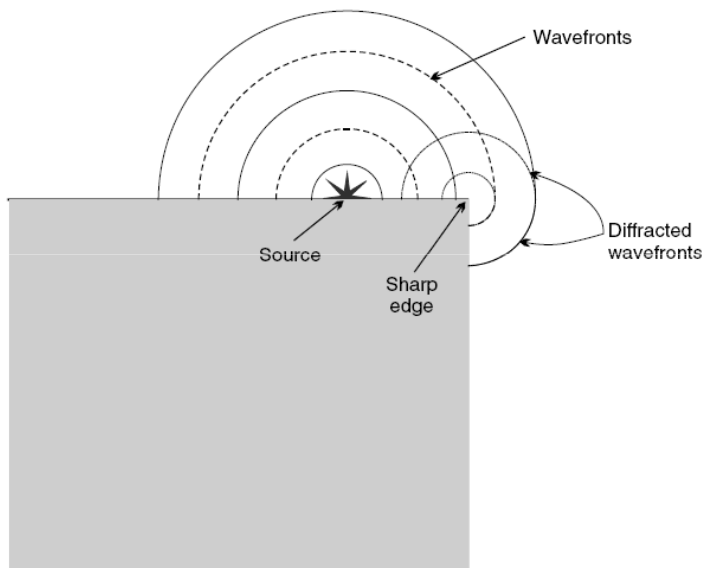


AV123 Onix Reference1 Mk.II loudspeaker

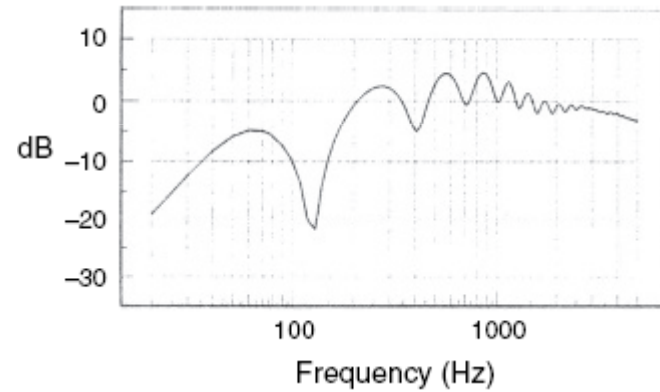


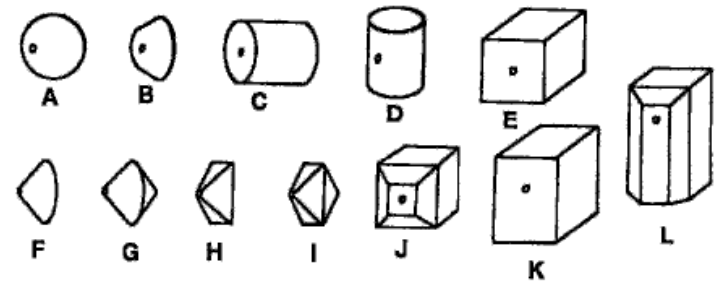
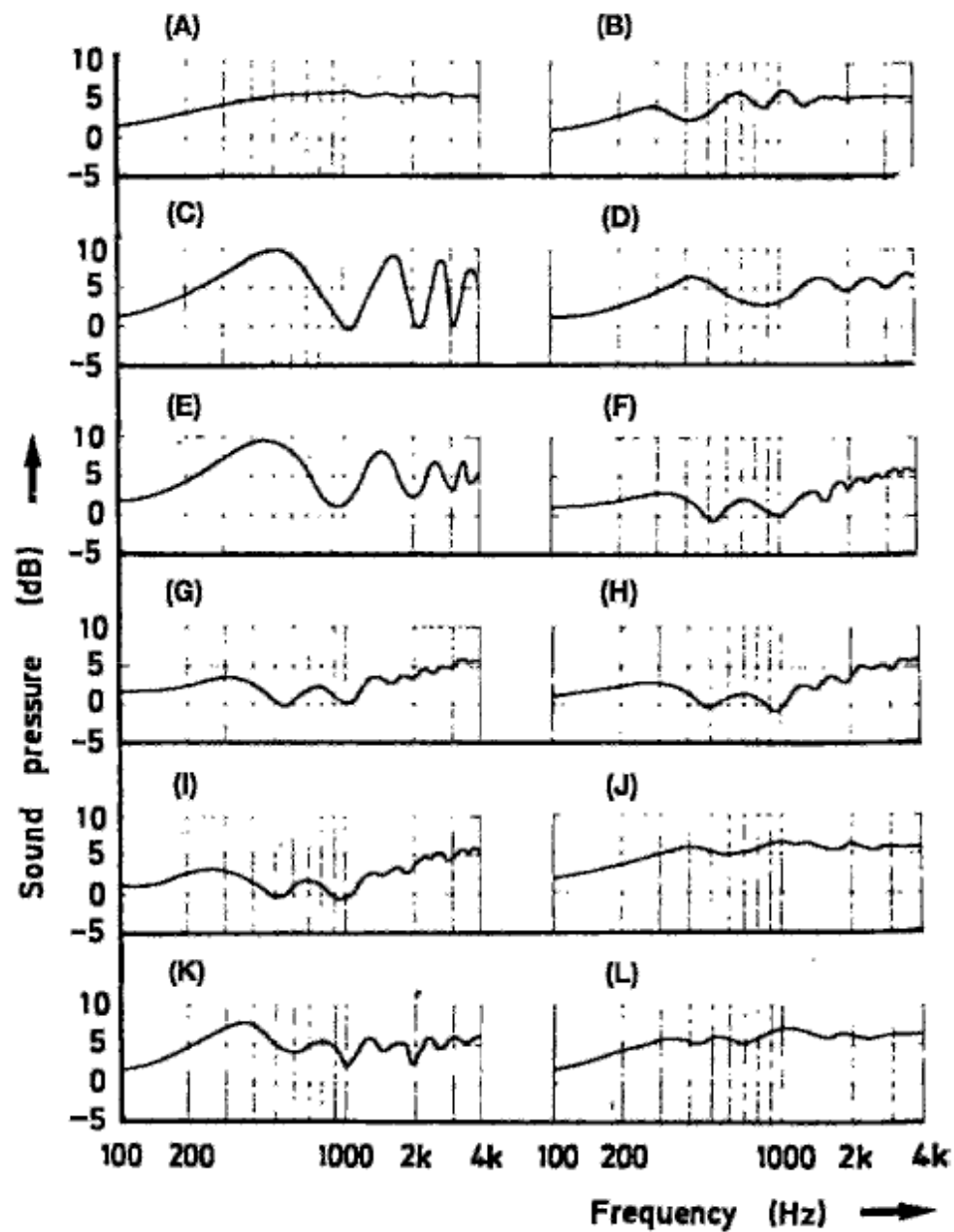
Triangle Titus Ex presents an almost hallucinogenic soundstage.

## 5.- Efectos de Difracción



### COMBFILTER RESPONSE





#### Variación de la Respuesta (Dickason, 2008)

Shape	Variation
Sphere	$\pm 0.5\text{dB}$
Cube	$\pm 5\text{dB}$
Beveled Cube	$\pm 1.5\text{dB}$
Rectangle	$\pm 3\text{dB}$
Beveled Rectangle	$\pm 1.5\text{dB}$
Cylinder	$\pm 2\text{dB}$

Figure 3.16 Olson's classic work on the effects of cabinet shapes on driver responses<sup>5</sup>

Fuente: Newell, 2007; "Loudspeaker For Music Recording and Reproduction"

## 5.- Efectos de Difracción

### UBICACIÓN DEL ALTAVOZ EN LA CARA FRONTAL

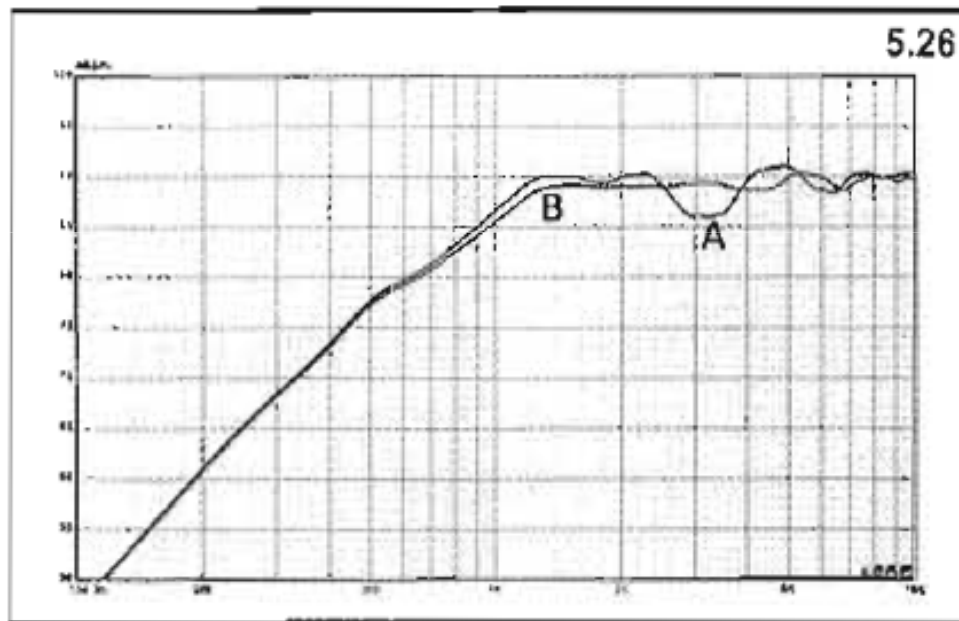


FIGURE 5.26: Frequency response for 4" beveled cube enclosure with 1" dome tweeter (A = tweeter mounted center; B = tweeter mounted top).

Fuente: Dickason, 2007; "The Loudspeaker Design' Cookbook"

# 6.- Coloración por Vibración de Placas

## 6.1.- Amortiguación de vibraciones

**Principio: Disipación a través de fricción.**

- Panel con lámina de densidad superficial comparable.
- Masas similares, asegura acoplamiento mecánico para transferir energía vibracional a la lámina amortiguadora.

### **Materiales para amortiguamiento (Damping)**

- Caucho
- Pinturas epóxicas
- Bitumen

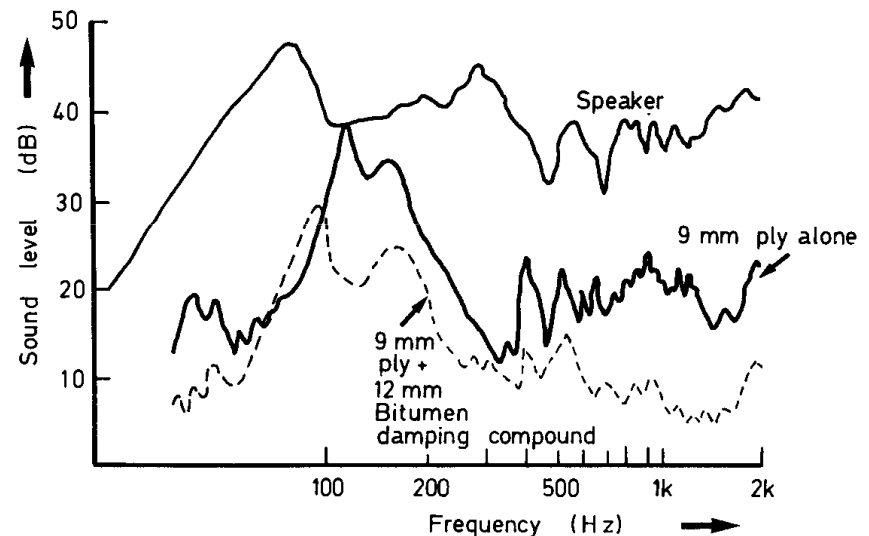


Figure 7.6 Two results are apparent from the application of damping. First, the amplitude of the resonances has been lowered by about 10 dB, and second, the added mass has somewhat reduced the fundamental panel resonant frequency. This in itself can prove advantageous, as the resonances which are likely to occur in the critical mid-band may as a result be shifted to a less aurally sensitive region (after Barlow<sup>3</sup>)

## 6.- Coloración por Vibración de Placas

### 6.2.- Técnicas “Bracing”

Agregar rigidez a las placas para evitar vibraciones.

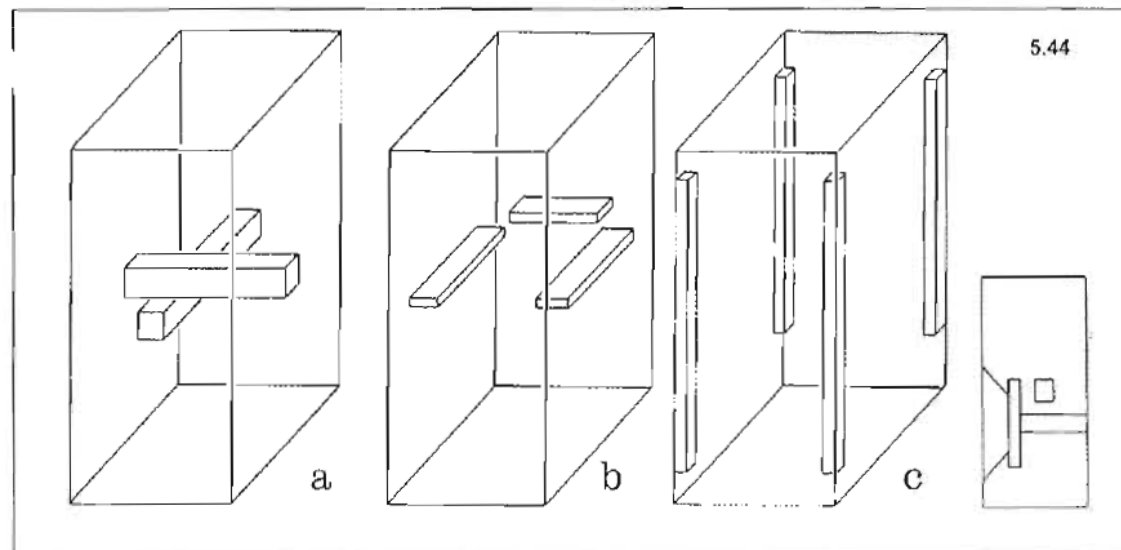


FIGURE 5.44:  
Cross brace (a),  
horizontal brace (b)  
and corner brace  
(c) for rectangular  
enclosure.

## 6.- Coloración por Vibración de Placas

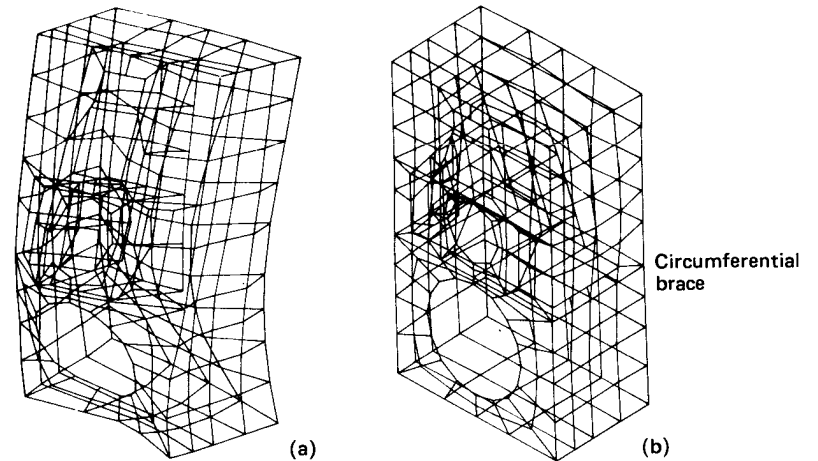
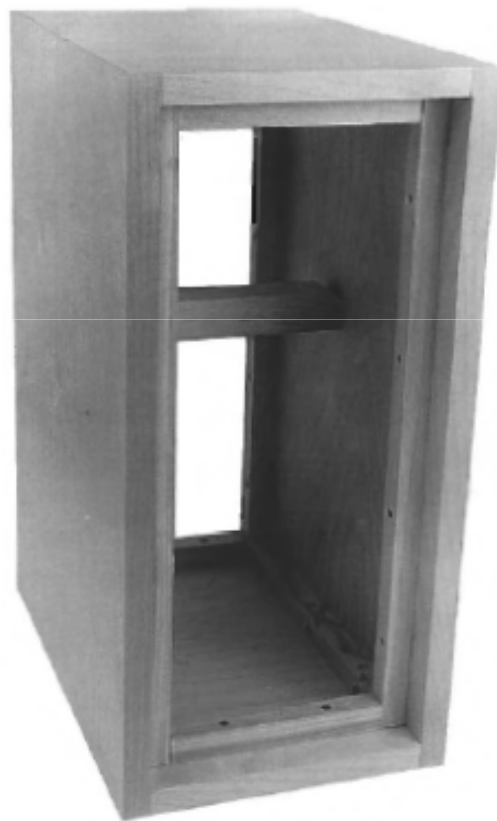
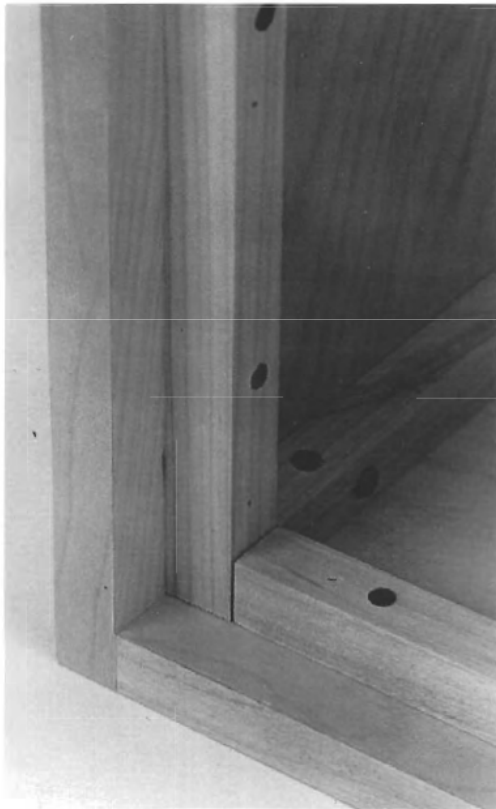


Figure 7.2 Cabinet vibration analysis (284 Hz); (a) without reinforcement, (b) with reinforcement (courtesy Technics)



## 6.- Coloración por Vibración de Placas

### 6.3.- Técnicas de Montaje del Driver

**Objetivo:** Aislar las vibraciones desde la carcasa del altavoz a la caja, y entre el la caja y el piso.

- Goma en tornillos y perímetro.
- Montaje con silicona.
- “Patas” de goma.
- Masa adicional a la base para no transmitir vibración al piso.

# Unidad II: Altavoz en Caja Cerrada

## Parte 2

### Consideraciones Constructivas

Recinto para Altavoces  
Prof. Ing. Andrés Barrera A.