

## **CALIFICACIÓN DE LA CÁMARA SEMIANECOICA DEL LABORATORIO DE ACÚSTICA Y VIBRACIONES DE LA E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES DE VALLADOLID.**

**SAN JUAN BLANCO, MANUEL; HERRÁEZ SÁNCHEZ, MARTA; PÉREZ GARCÍA, ANTONIO; MONTOYA MORENO, FELIPE**

Dpto. IMEIM. Laboratorio de Acústica y Vibraciones. LTI.  
E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Valladolid.  
Paseo del Cauce s/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA.  
Tlf: 983-423000 ext. 4443. Fax: 983-423310.

### Resumen.

En el presente trabajo se estudian los tres aspectos fundamentales para la calificación de una cámara semianecoica, y en concreto para la cámara de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de Valladolid:

- Frecuencia de corte de la cámara.
- Verificación de las condiciones de campo libre.
- Ruido de fondo existente.

Para la verificación de las condiciones de campo libre se realizó el ensayo de decrecimiento de la presión acústica. Se emplearon dos fuentes distintas, cuyos resultados se comparan, mientras que para medir los distintos niveles de presión que aparecían radialmente en la cámara se utilizó un posicionador de micrófonos de dos grados de libertad (ejes X-Y).

### 1. Introducción.

Con la construcción de cámaras anecoicas o semianecoicas, como en el caso que nos ocupa, se logra obtener las condiciones de campo libre precisas tanto en algunas parcelas de la investigación acústica como en la calibración de aparatos o, simplemente, en la medida de la potencia sonora. Trabajar en estas condiciones permite eliminar variables difícilmente controlables y que, de otro modo, complicarían cualquier tipo de ensayo.

Para medir la potencia acústica en cámara semianecoica la Norma ISO 3745-1977 (F) [1] plantea una serie de restricciones que darán origen a una frecuencia de corte, límite inferior de las frecuencias que se pueden estudiar, para las cuales se cumplen las condiciones de campo libre. Mediante el ensayo de decrecimiento se comprueba experimentalmente las desviaciones que

existen respecto de las condiciones de campo libre. Por último, el ruido de fondo también supone un límite sobre los NPS que se pueden medir y, por tanto, sobre las fuentes sonoras cuya potencia se puede conocer.

### 2. Descripción física de la cámara.

Se trata de una cámara construida de forma flotante sobre una base amortiguadora de 50 mm de espesor. Tanto las paredes como el techo se encuentran recubiertos por cuñas absorbentes de dimensiones 200 x 200 x 700 mm fabricadas con lana de vidrio de alta densidad. En el suelo presenta goma pisable de botones, tipo PIRELLI o similar. Posee tres laterales accesibles con dos puertas una de hoja sencilla y la otra de doble hoja. El resto de características de construcción para las cuestiones que ahora se tratan carecen de interés.

Dimensiones interiores:

- entre paredes:  
5,80 x 9,20 x 3,30 m

- entre puntas de cuñas:  
4,40 x 7,80 x 2,60 m

Volumen interior útil de la cámara: 89 m<sup>3</sup>

### 3. Frecuencia de corte.

Se estudian las indicaciones de la Norma ISO 3745-1977 (F), relativas a la medida de la potencia acústica en una cámara semianecoica.

#### 3.1 Frecuencia de corte debida a la longitud de las cuñas.

Se obtiene una primera frecuencia de corte a partir de la restricción que la Norma ISO 3745-1977 (F) hace en lo referente al tratamiento absorbente de las paredes. Se debe cumplir que la profundidad total de la zona absorbente (cuñas + aire) sobrepase  $\lambda/4$ , siendo  $\lambda$  la longitud de onda correspondiente a la frecuencia media de la banda de frecuencia de interés más baja.

Esta frecuencia de corte es constante, por ser función única y exclusivamente de la longitud total de las cuñas, y se define en la fase de diseño de la cámara.

$$\text{Longitud cuña: } l_c \quad l_c \geq \frac{\lambda}{4}$$

$$f_c = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{4 \cdot l_c} = \frac{342}{4 \cdot 0,70} = 122 \text{ Hz}$$

$$f_c = 122 \text{ Hz}$$

#### 3.2. Frecuencia de corte geométrica.

Para determinar la potencia acústica de una fuente mediante la ISO 3745-1977 (F), es preciso medir el NPS en una zona tal que:

- i. Esté lo suficientemente alejada de la fuente como para que no se encuentre en el campo próximo.
- ii. Esté lo suficientemente alejada de las paredes para que la absorción parcial que presentan las cuñas no perturben el campo.

Lo cual se expresa mediante las restricciones siguientes:

- i. La distancia de la fuente al micrófono ha de ser mayor que  $2a$ , siendo "a" la mayor dimensión de la fuente, y nunca menor que 1 m.
- ii. La distancia del micrófono a la pared

de la cámara ha de ser mayor que  $\lambda/4$ , siendo  $\lambda$  la longitud de onda de la frecuencia central de la banda más baja en la que se quiere medir.

Si se plantean estas condiciones a la geometría que presenta la cámara, se obtienen para cada una de las tres dimensiones de la cámara (alto, ancho y largo) otras tantas ecuaciones donde la frecuencia aparece en función de la longitud mayor de la fuente estudiada, a.

1.- Para la altura, Fig.1.:

$$a + 2a + \frac{\lambda}{4} + l_c = h$$

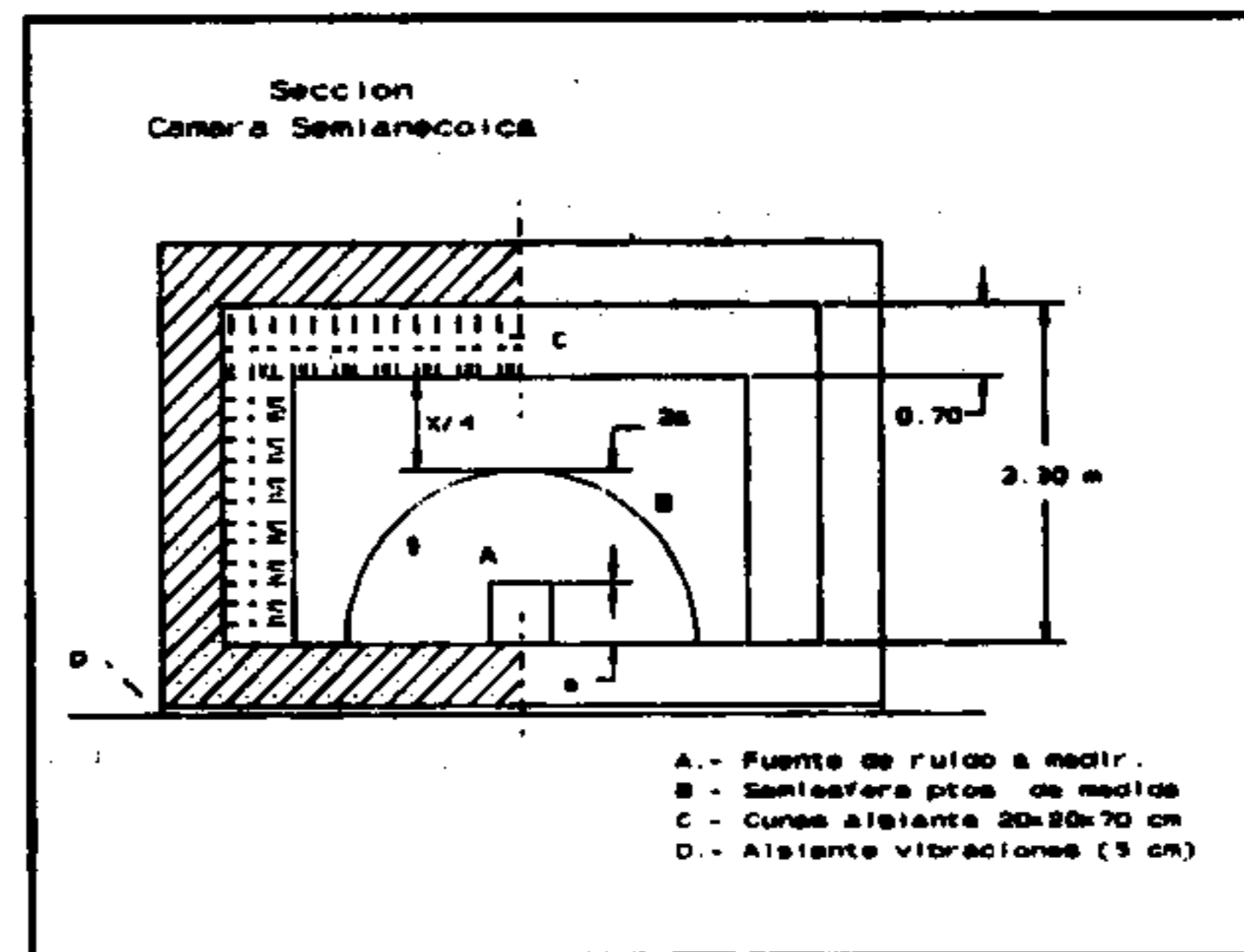


Fig.1. Sección de la cámara.

Sustituyendo por sus valores:

$$a + 2a + \frac{85,5}{f} + 0,70 = 3,30$$

Despejando la frecuencia se tiene la expresión:

$$f_1 = \frac{85,5}{26 - 30a}$$

2 y 3.- Tanto para la anchura como la largura, se tendrá la ecuación común:

$$a + 2(2a) + 2\left(\frac{\lambda}{4}\right) + 2l_c = d$$

Sustituyendo y despejando se obtiene para la anchura:

$$f_2 = \frac{171}{4,4 - 5a}$$

Y para la largura:

$$f_3 = \frac{171}{7,8 - 5a}$$

Ya que se han calculado frecuencias límites inferiores, se deberá tomar la mayor

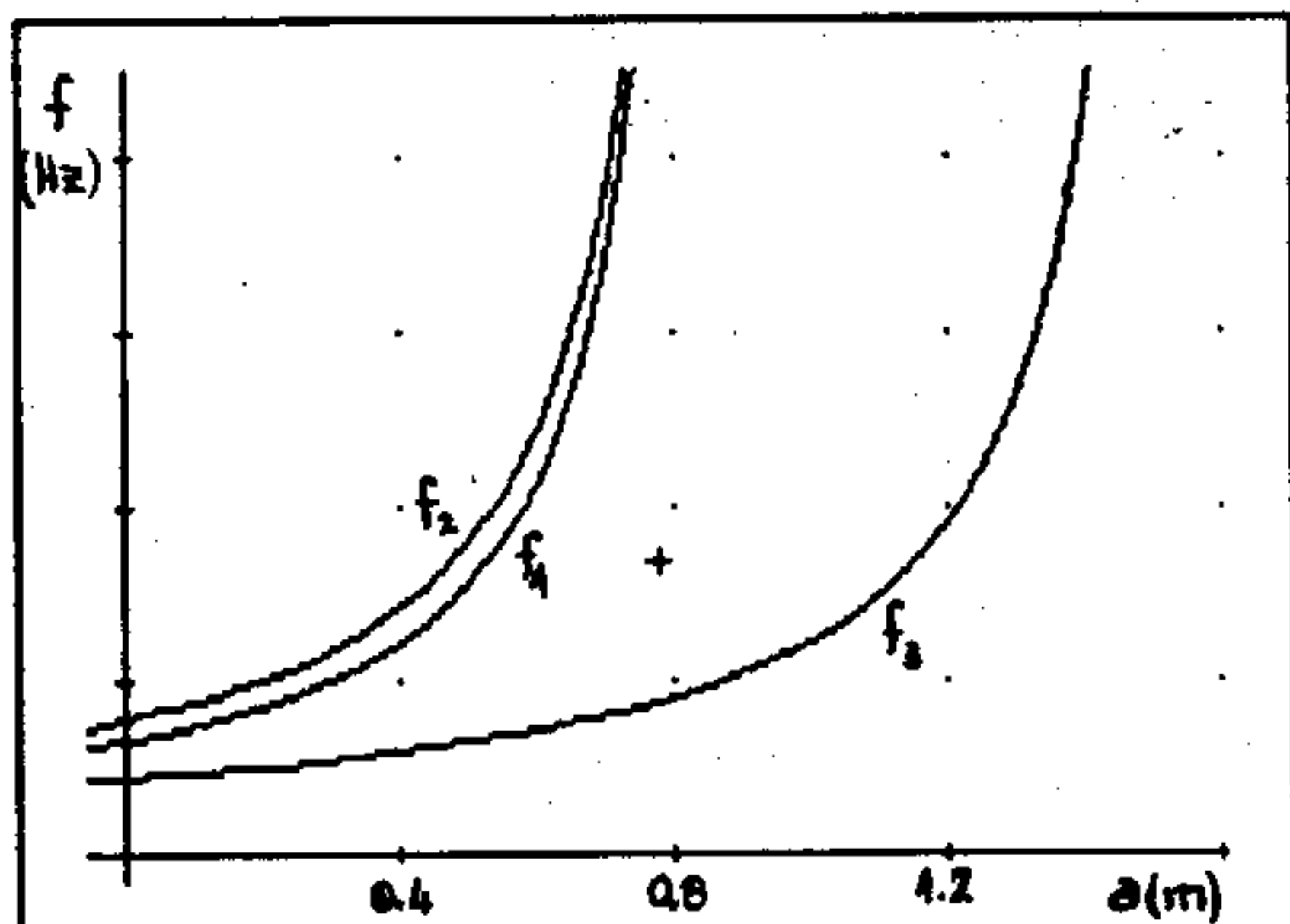


Fig.2. Las frecuencias de corte geométricas en función de la dimensión mayor de la fuente, a.

de estas al ser la que limita en primer lugar las frecuencias estudiadas. Se define de esta forma una única frecuencia de corte debida a la geometría de la fuente y la cámara, función de la mayor dimensión de la fuente, a.

Si se representan gráficamente las frecuencias obtenidas, Fig.2., se comprueba que, independientemente del valor de "a", la mayor de éstas es la obtenida para la anchura.

### 3.3. Frecuencia de corte.

La frecuencia de corte de la cámara para una determinada fuente es única y se corresponde con la mayor de las dos frecuencias obtenidas; ahora se comparan las frecuencias de corte debidas a las cuñas y a la geometría de cámara y fuente.

Para dimensiones de la fuente  $a < 0.60$  m la frecuencia de corte de las cuñas será la que nos de el máximo valor, mientras que para longitudes mayores la frecuencia de corte se hará mayor según la expresión de la frecuencia geométrica:

$$f = \frac{171}{4.4 - 5a}$$

### 4. Verificación de las condiciones de campo libre.

A este respecto la Norma ISO 3745-1977 (F) propone la realización del ensayo de decrecimiento de la presión acústica. Éste trata de definir el radio mayor de una superficie de medida donde se tengan las condiciones de campo libre. Para ello se sitúa una fuente sonora de comparación en la misma posición que las fuentes de ruido a medir, midiendo los niveles de presión para cada una de las frecuencias a lo largo

de ocho trayectorias radiales que tengan como origen la fuente de comparación, cuatro con final en los vértices y otras cuatro elegidas aleatoriamente.

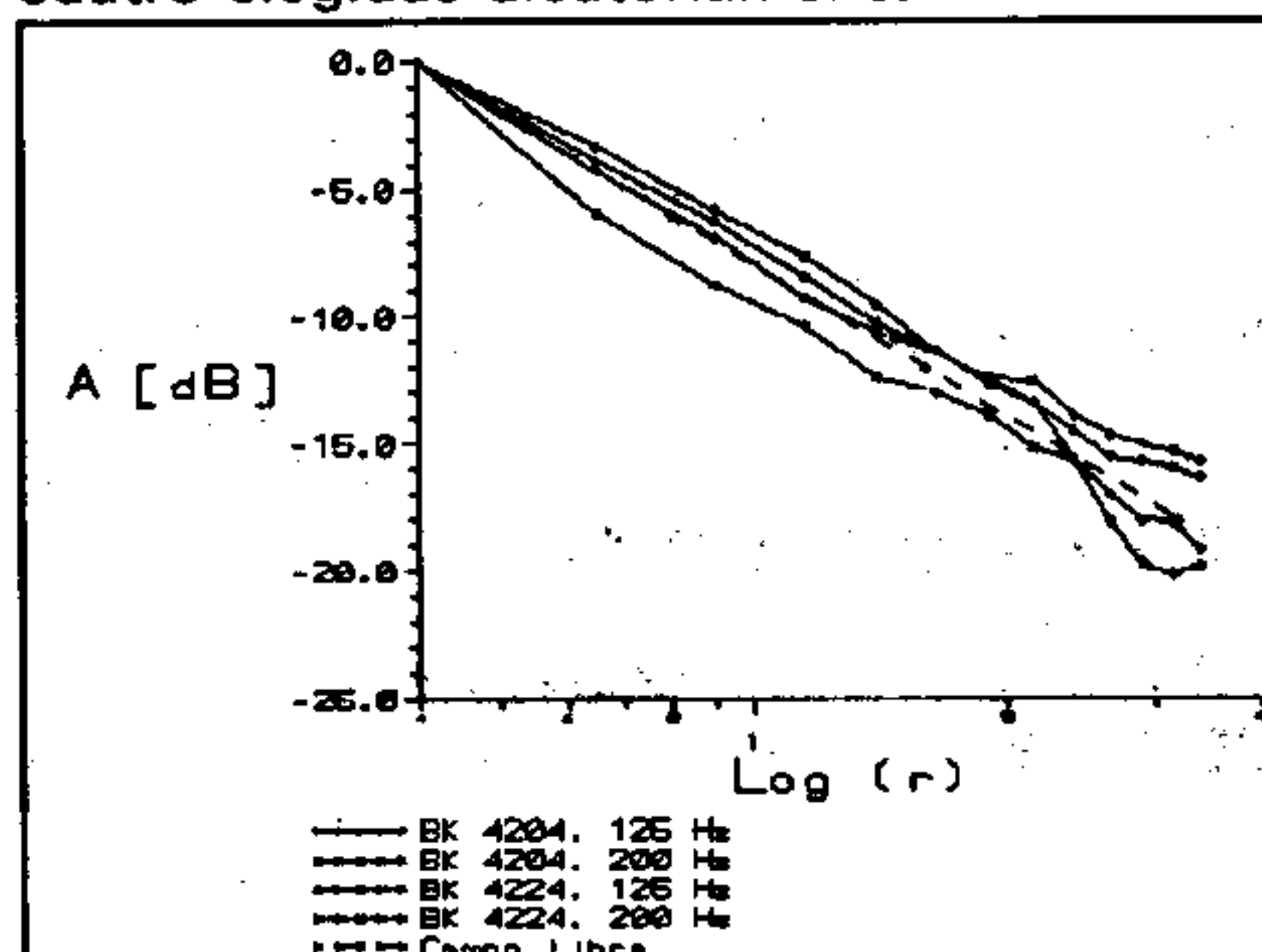


Fig.3. Atenuación del NPS con la distancia al centro de la fuente.

La metodología empleada para la realización de este ensayo difiere de la indicada en la Norma. Ya en la referencia [2] se indicaba que los resultados obtenidos con las fuentes de comparación que la Norma proponía no eran buenos; por ello se han empleado como fuentes de ruido la BK 4204 y la BK 4224, y se han comparado los resultados obtenidos en ambos casos. En la Fig.3. se presenta la atenuación respecto de la distancia para las dos fuentes, comprobándose que en ambos casos la desviación respecto de las condiciones de campo libre se encuentran en un rango válido ( $\pm 2.5$  dB respecto de la ideal [1]).

Por otra parte, se ha realizado un ensayo de mayor generalidad al medir los NPS en los planos que contienen las trayectorias especificadas. Empleando el analizador BK 2133 y el posicionador de micrófonos BK 9654, se midieron los NPS, a lo largo del plano en puntos distantes 25 cm entre sí, obteniendo un mapa de presión como el de la Fig.4. que nos da idea de la homogeneidad del comportamiento del campo radialmente a la fuente de estudio.

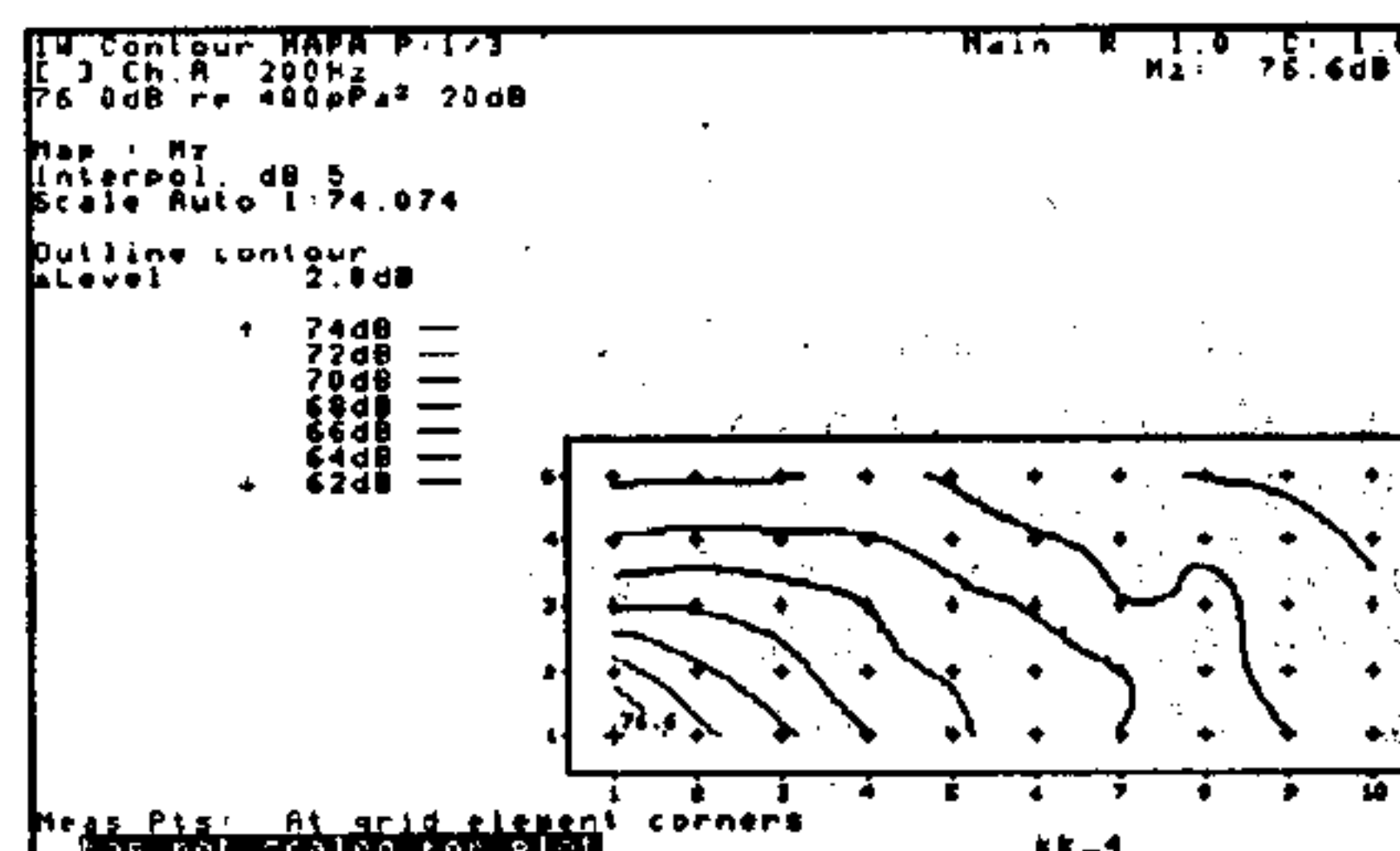


Fig.4. Mapa de presión en un plano radial a la fuente.

## 5. El ruido de fondo.

Es preciso tener un ruido de fondo inferior en 6 dB a los NPS medidos, siendo aconsejable que se llegue hasta una diferencia de 12 dB [1]. Por ello cuanto menor sea el ruido de fondo más amplio será el rango de potencias acústicas que se podrán medir.

Para conocer hasta qué punto el ruido de fondo nos puede restringir se han realizado dos ensayos:

- MEDIDA DEL RUIDO DE FONDO EN CONDICIONES "NORMALES" DE TRABAJO. Este valor no será extrapolable, aunque sí es válido como referencia para conocer los niveles que se pueden encontrar.

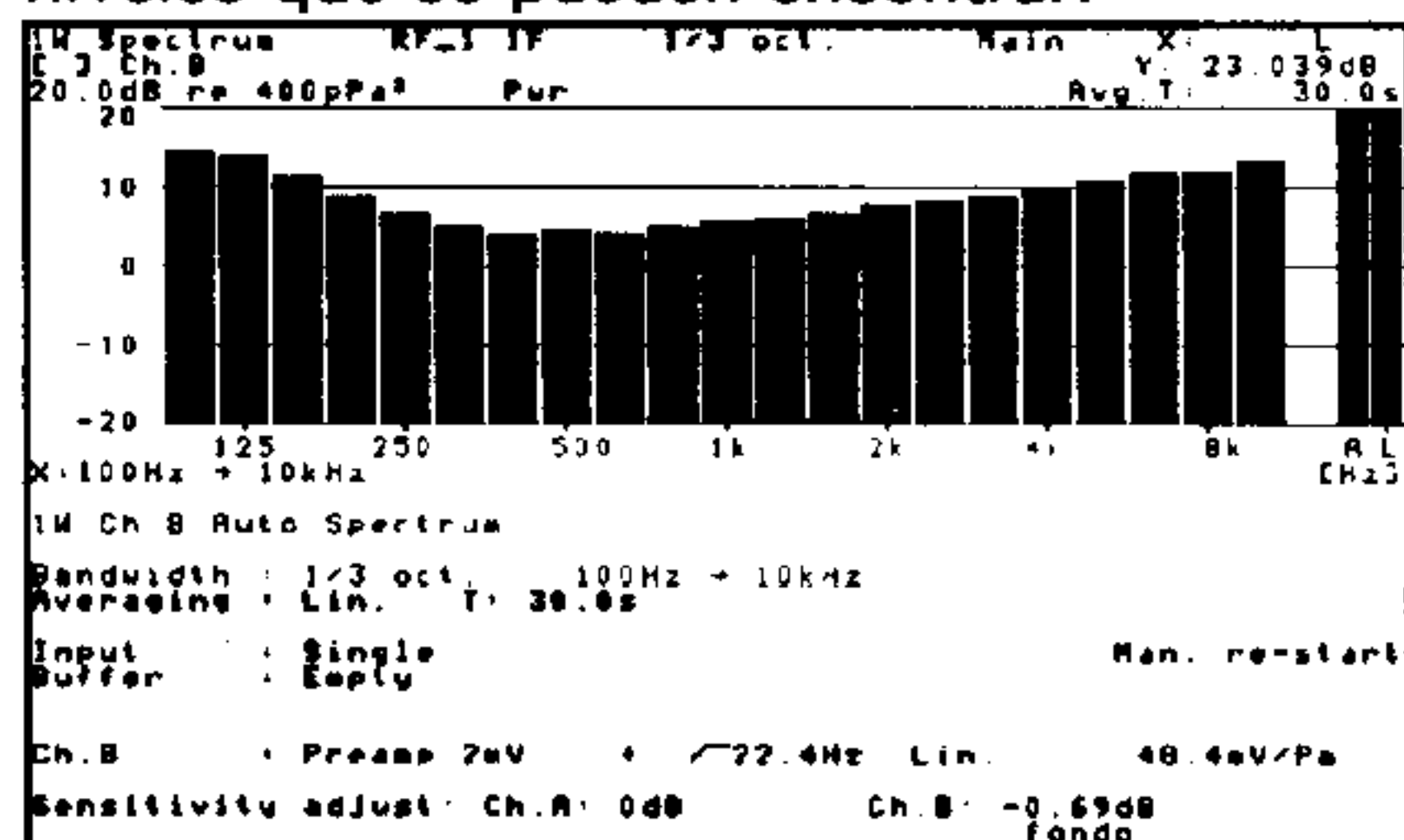


Fig.5. Espectro del ruido de fondo.

- MEDIDA DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO DE LA CÁMARA. Ensayo de mayor generalidad para el conocimiento de la protección frente a perturbaciones externas que ofrece la cámara.

En la bibliografía únicamente se encontró alguna mención a este respecto en la referencia [3], donde para la fase de diseño se realizan hipótesis empleando la Norma UNE 74-040-84 /3 [4], y en la referencia [5], donde se mide el aislamiento en unas condiciones especiales en las que se emplea como fuente de ruido multidireccional un helicóptero situado sobre la cámara. La UNE 74-040-84 /3 se emplea para medir el aislamiento al ruido aéreo de los elementos constructivos en laboratorio; sin embargo, el problema que se plantea es el de la medida "in situ" del aislamiento. La correspondiente Norma para medida in "situ" a la UNE 74-040-84 /3 es la UNE 74-040-84 /4 [6]. Surge aquí un nuevo problema para la aplicación de esta norma, debido a la geometría y situación en la que se ha construido la cámara. Por similitud, finalmente se optó por emplear un método semejante al de la UNE 74-040-84 /5 [7], para la medida del aislamiento al ruido aéreo de las fachadas, empleando como fuente de ruido no el tráfico, o un helicóptero, sino la fuente de ruido BK 4224 enfrentada a cada muro visto de la cámara, cuyo aislamiento individual se estudia como si se tratara el de una fachada, bajo la hipótesis de que en cada

caso la transmisión del ruido por el resto de muros es despreciable frente a la que existe en el muro estudiado.

Se ha medido de esta forma, con el analizador portátil BK 2144, el aislamiento acústico normalizado en los tres laterales accesibles de la cámara y calculado su aislamiento acústico en dB(A) según la NBE-CA-88 [8], obteniéndose los siguientes resultados:

Situación	R (dB(A))
MURO 1	48.7
MURO 2	55.3
MURO 3	52.5

## REFERENCIAS

- [1] ISO 3745-1977. Acoustique. Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit. Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïque et semi-anéchoïque.
- [2] Agren, A: THE DESIGN AND EVALUATION OF A HEMI-ANECHOIC ENGINE TEST ROOM. Applied Acoustics 37 [1992], p. 151.
- [3] San José, J.Fco.; PROYECTO FIN DE CARRERA: "CÁMARA ANECOICA", E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Valladolid. 1988.
- [4] UNE 74-040-84 /3. Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Medida en laboratorio del aislamiento al ruido aéreo de los elementos constructivos.
- [5] Ingerslev, F y otros: NEW ROOMS FOR ACOUSTIC MEASUREMENTS AT THE DANISH TECHNICAL UNIVERSITY. Acustica 19 [1967/68], p. 185.
- [6] UNE 74-040-84 /4. Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Medida "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales.
- [7] UNE 74-040-84 /5. Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Medida "in situ" del aislamiento al ruido aéreo de las fachadas y de sus componentes.
- [8] NBE-CA-88. Norma Básica de la Edificación. Condiciones acústicas de los edificios.