

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES ACUSTICAS EN RECINTOS DESTINADOS A AULAS

J. González J. I. Sánchez

Dto. de Física Aplicada III ; ETS de Arquitectura de Valladolid

INTRODUCCION

Uno de los objetivos que se deben contemplar a la hora de diseñar salas destinadas a la audición de la palabra como teatros, salas de conferencias, aulas, etc, es el relativo a conseguir una buena audición y en general un ambiente acústico agradable. Ello implica una atención especial tanto en el diseño como en la realización y acabado en el sentido de construir un conducto de comunicación propicio al uso a que se destine.

En el trabajo que presentamos nos proponemos estudiar de forma experimental las características acústicas de algunas aulas del edificio que constituye la Escuela de Arquitectura de Valladolid. El objetivo que perseguimos es conocer las cualidades acústicas de estos recintos y para ello se han medido en distintos puntos de varios recintos, 5 aulas, que consideramos son representativas del conjunto y el dedicado a Salón de Actos, los niveles de sonido y tiempos de reverberación en sala vacía (en un caso se midieron también en sala ocupada), así como el aislamiento de algunos cerramientos, todo ello para intervalos de frecuencias en tercios de octava.

ESTRATEGIA DE MUESTREO Y RESULTADOS

Las medidas se realizaron con el analizador de la acústica de edificios 4418 de Bruel & Kjaer. Nuestro interés se centra en los recintos del edificio dedicados a aulas y como caso aparte el Salón de Actos(S.A). Las aulas se clasificaron en 5 grupos (I, II, III, IV y V) atendiendo a su geometría y a las características del mobiliario. Su tipología es prismática con algunas irregularidades debidas a los huecos (puertas y ventanas) y a la presencia de pilares en la piel de los locales. Su altura es de 2,8 m y en la tabla 1 indicamos las dimensiones de las plantas.

Aulas tipo I. Las aulas como de tipo I son de tamaño reducido según se deduce de la tabla 1. En las gráficas (a) y (b) de la figura 1 representamos los valores de los niveles (N) y tiempos de reverberación (Tr) medidos en los dos puntos A y B donde se efectuó el muestreo. A partir de las gráficas correspondientes a los niveles de sonido se puede detectar que su variación con la frecuencia es distinta en los dos puntos, lo que indica campo poco homogéneo y además

	Tipos de aulas					
	I	II	III	IV	V	S.A.
Largo (m)	10	15,5	15,5	21	21	25,8
Ancho (m)	7,5	7,5	7,5	7,5	8,5	7,5

Tabla 1. Dimensiones de las plantas de las aulas

grandes variaciones para las distintas frecuencias lo que pone de manifiesto el predominio de unos

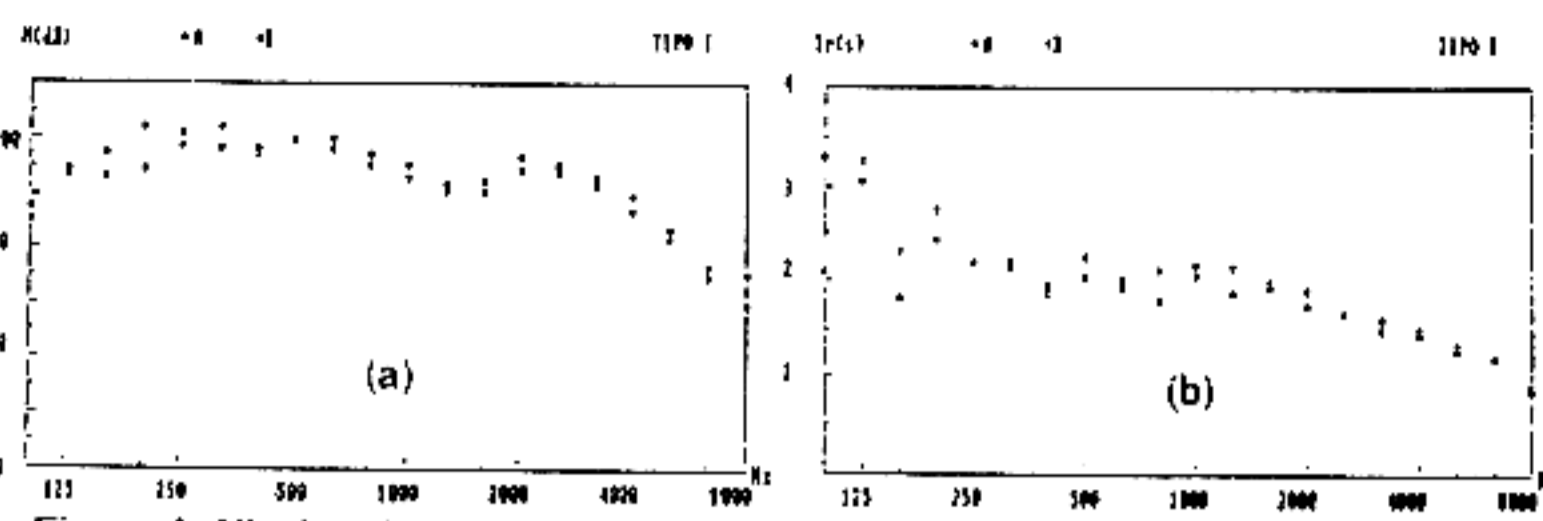


Figura 1: Niveles de sonido (a) y Tiempos de reverberación (b) en dos puntos

modos de vibración frente a otros. En el caso de los tiempos de reverberación observamos que son muy altos para todo el rango de frecuencias en especial para las bajas y que existe mucha variación a lo largo del espectro. Con estas características del campo sonoro, la audibilidad es bastante deficiente en general, extremo que se constata por la opinión generalizada del alumnado.

Aulas tipo II y III. Las dimensiones de la planta de estas aulas son algo superiores a las del tipo I y por ello para analizar con más precisión las características del campo sonoro se realizaron medidas en tres puntos a lo largo de un eje central siendo el A el más próximo a la fuente y el C el más alejado. El mobiliario para el caso II son pupitres independientes de aglomerado de madera cubiertos en la parte superior con formica. Sin embargo las aulas de tipo III tienen unas dimensiones semejantes a las del tipo II pero las mesas son aglomerado de madera chapeadas con un material menos reflectante que el anterior y los asientos de plástico y diferente formato. En las gráficas de la figura 2-a y 2-b respectivamente exponemos los valores obtenidos para los niveles y tiempos de reverberación en los tres puntos para un aula tipo II. Puede observarse que su comportamiento es dispar y en todos los casos existen unas frecuencias para las que los niveles son muy diferentes a los de otras frecuencias. Ello pone de manifiesto,

al igual que en el caso anterior, que el campo no se aproxima mucho a un campo homogéneo

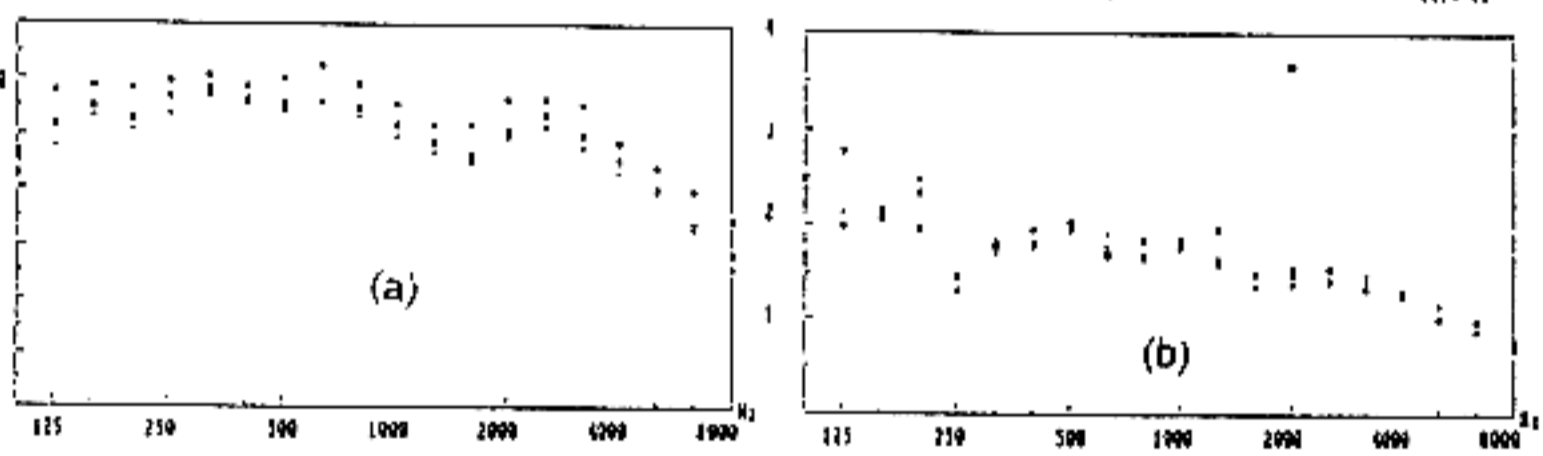


Figura 2: Niveles (a) y Tr (b) en tres puntos del aula

y que no existe uniformidad en la distribución de los modos de vibración como era lógico esperar dada la geometría del recinto. Para el caso de aulas tipo III, a pesar de que el mobiliario es distinto del caso II, no se detecta, sin embargo, una diferencia apreciable en cuanto a los niveles de sonido según se observa en la gráfica de la figura 3-a donde se representan los valores de los niveles para dos puntos de ubicación similar en ambas aulas. Esto nos indica que el condicionante fundamental para la distribución de la energía sonora, es la geometría de la sala. Por tanto lo indicado para el caso de las aulas tipo II son aplicables también para este caso. En cuanto a los Tr se aprecian algunas diferencias entre los dos tipos de aulas,

siendo más acusadas en la zona de bajas frecuencias, según se pone de manifiesto en la gráfica de la figura

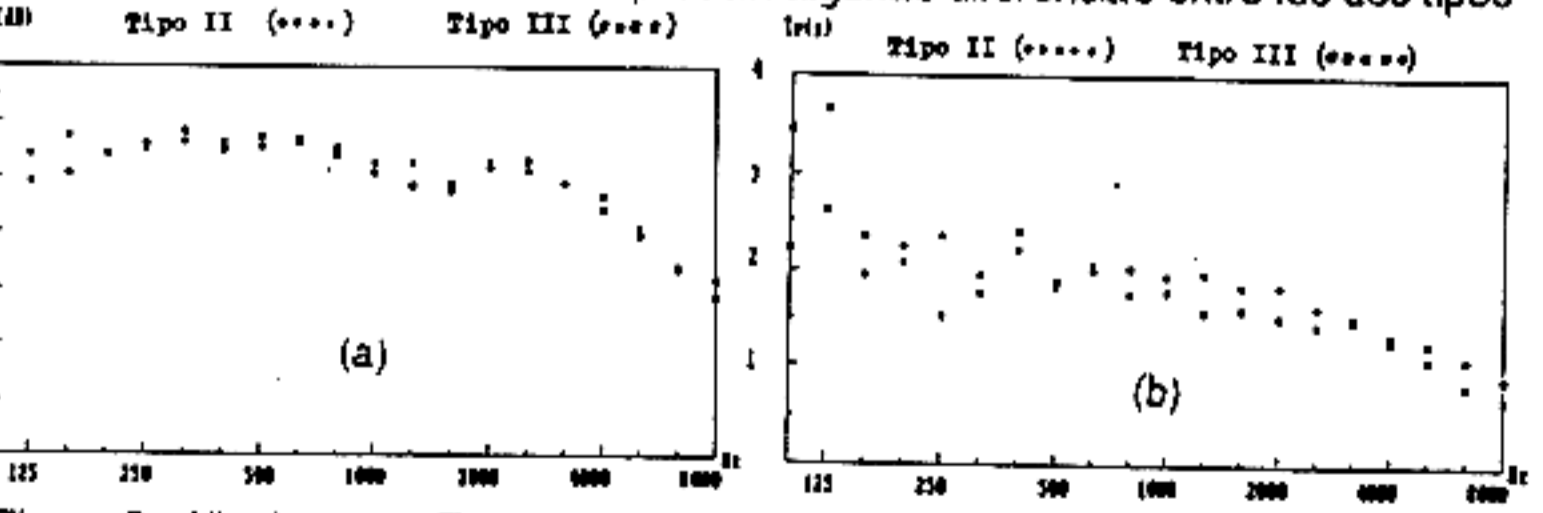


Figura 3: Niveles (a) y Tr (b) en un punto de cada aula de igual ubicación

3-b donde se representan los valores obtenidos en las dos aulas en puntos similares. Aunque el comportamiento es algo distinto al caso anterior, es aplicable sin embargo lo reseñado en cuanto a sus características acústicas.

Aulas tipo IV y V. En este apartado incluimos los casos de las aulas tipo IV y V conjuntamente por tener un comportamiento desde el punto de vista acústico muy similar aunque las dimensiones no sean exactamente iguales, que fué uno de los criterios adoptados para diferenciar las aulas. Las mesas de estas aulas, llamadas gráficas, tienen estructura metálica con tableros de dibujo chapeados. Se realizó la medida en tres puntos y en la figura 4 se exponen los valores obtenidos para los niveles (a) y para los tiempos de reverberación (b) medidos en las dos aulas en puntos de similar ubicación dentro de las mismas. Con carácter general se detecta un comportamiento bastante diferente respecto de los casos anteriores en cuanto a la

homogeneidad del campo sobre todo para frecuencias graves y medias. No existe una diferencia tan acusada entre los valores medidos en los distintos puntos tanto para los niveles como para los tiempos de reverberación lo que da idea de una mayor difusión del campo y estos mismos valores no difieren mucho para las distintas frecuencias, lo que origina una audibilidad más ajustada. Los Tr se mantienen con cierta uniformidad en torno a los 2.5 s. para el rango de frecuencias (100. 1000 Hz) y decayendo progresivamente para frecuencias mayores.

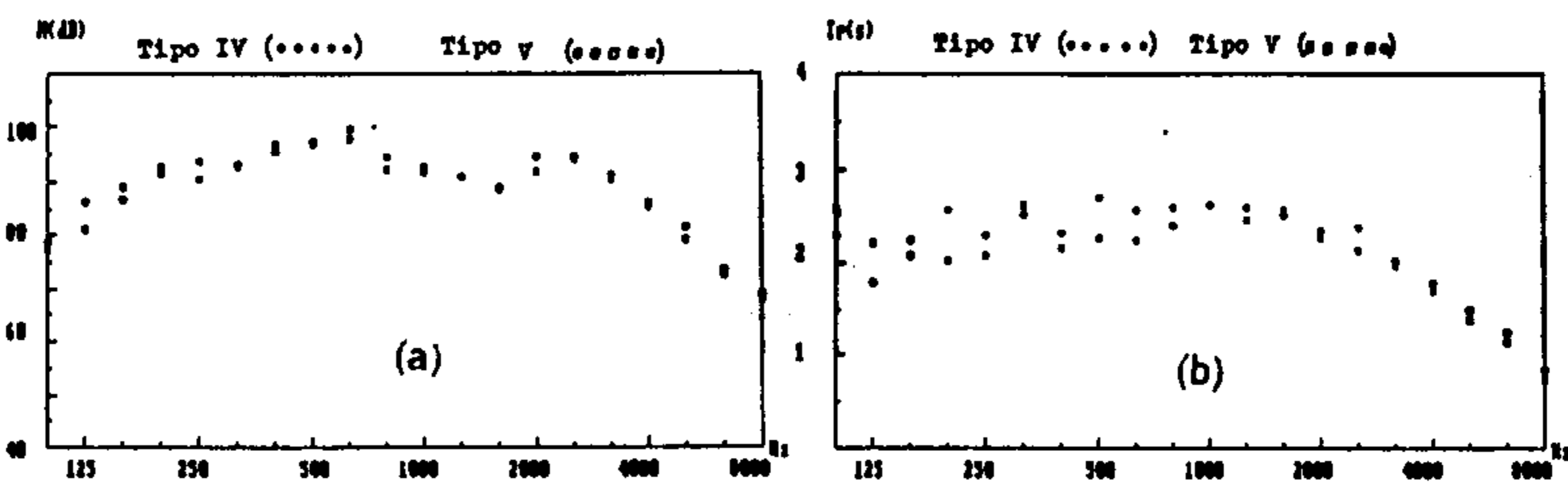


Figura 4 : Niveles (a) y Tr (b) en un punto de cada aula de igual ubicación

Salón de Actos. Como caso diferenciado de los tratados hasta el momento se ha estudiado el recinto dedicado a Salón de Actos. Las particularidades principales son sus dimensiones, con una sola mesa de madera en la cabecera y asientos de plástico acolchados sobre elementos metálicos, y la presencia de cortinaje. Se efectuó la medida de los niveles en tres puntos A, D, G según el eje longitudinal. En la figura 5

representamos los valores obtenidos en los que se aprecia un comportamiento bastante irregular respecto de las frecuencias y muy diferente entre los puntos A y G aunque bastante deficiente en ambos casos en el sentido de que el campo acústico no es homogéneo. Así por ejemplo los valores para las distintas frecuencias en el punto A oscilan entre 102 dB para el tercio de frecuencias centrado en 630 Hz y 71,8 para la banda centrada en 8000 Hz. Esto nos da idea de la existencia de modos de vibración muy acusados para algunas frecuencias lo que comporta una distorsión importante en el normal oír y entender de las personas.

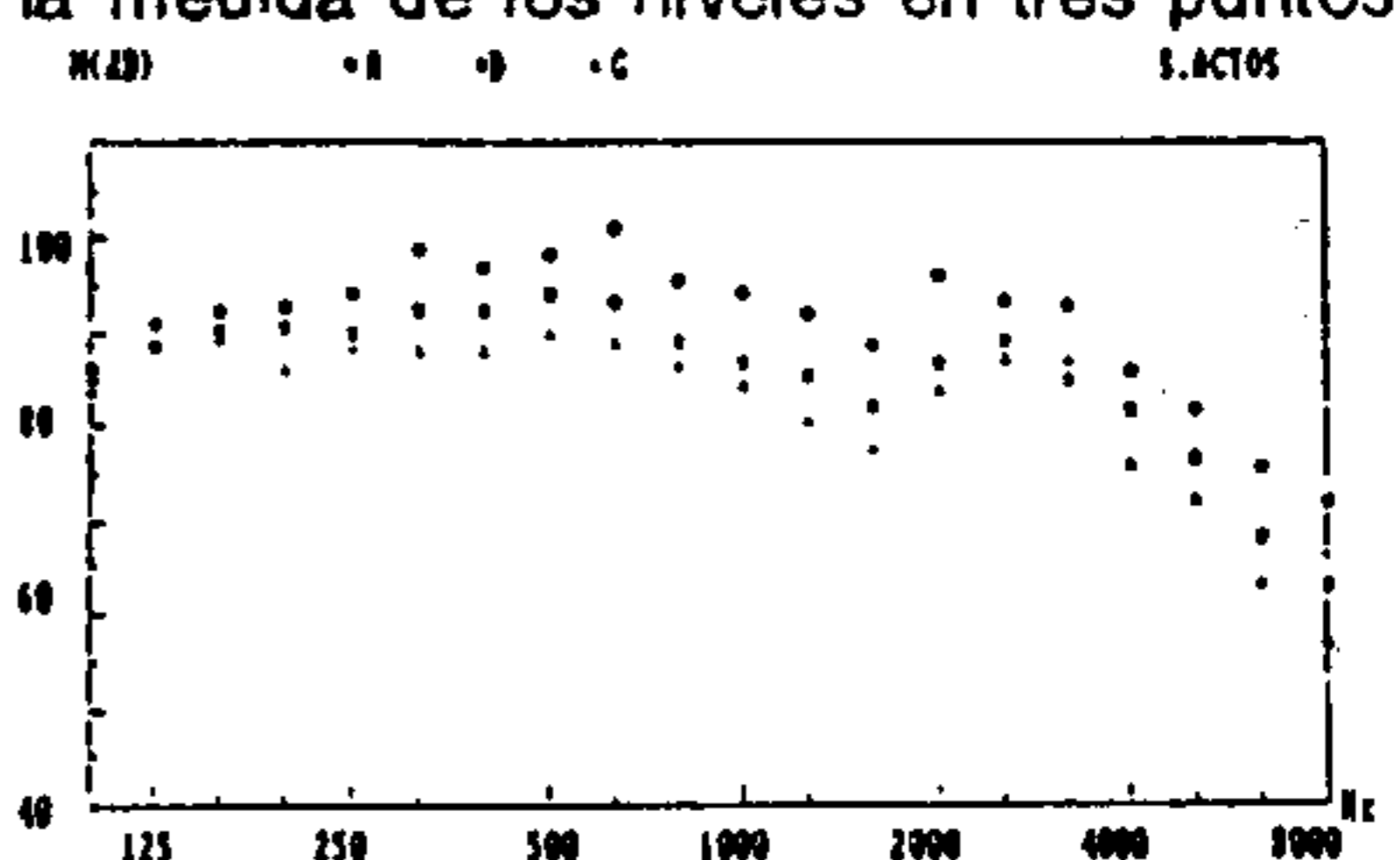


Figura 5 : Niveles en tres puntos

Los Tr se midieron en tres puntos según el eje longitudinal A, D, G y en otros tres E, D, C según eje transversal. En las gráficas 6 se representa los valores del Tr obtenidos. Se observa un comportamiento bastante similar en todos los puntos destacando la escasa oscilación que existe para las distintas frecuencias, sobre todo a partir de la frecuencia de 200

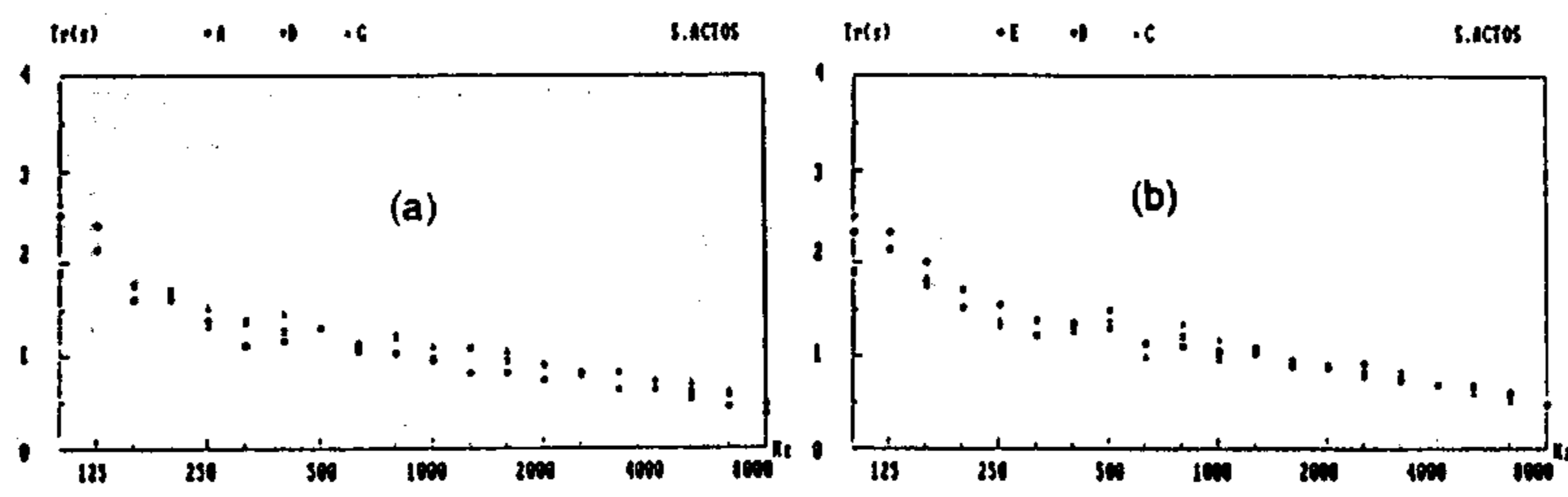


Figura 6 : Tr. en los puntos A. D, G (a) y en los puntos E, D, C (b)

Se observa un comportamiento bastante similar en todos los puntos destacando la escasa oscilación que existe para las distintas frecuencias, sobre todo a partir de la frecuencia de 200

Hz decayendo suavemente desde el valor 1,5 s. hasta 0,35 s. para 8000 Hz de forma paulatina.

AISLAMIENTO ACUSTICO DE ALGUNOS CERRAMIENTOS

Se midió el aislamiento estandarizado o normalizado a un tiempo de reverberación de 0,5 s. en la sala receptora, de dos cerramientos de un aula tipo I. Uno de los cerramientos es el de separación con el pasillo y el otro con un aula tipo III.

Características del cerramiento que separa aula tipo I del pasillo El cerramiento que separa un aula tipo I con el pasillo tiene una superficie total de

28 m² y está compuesto por un tabique de superficie 22,4 m² constituido por tabicón de ladrillo hueco doble y revestido con yeso por ambas caras con un espesor de aproximadamente 1,5 cm y una puerta de 5,6 m² conformada con tableros de aglomerado sobre bastidores. Para realizar la medida del aislamiento del cerramiento se efectuaron dos ensayos: uno que podríamos considerar como el correspondiente al aislamiento de la puerta y se obtuvo colocando la fuente y los micrófonos frente a ella y el otro que consideramos se corresponde con el aislamiento global del cerramiento que se obtuvo poniendo la fuente de sonidos y los micrófonos en puntos alejados de la puerta. En las gráficas de la figura 7 representamos estos valores.

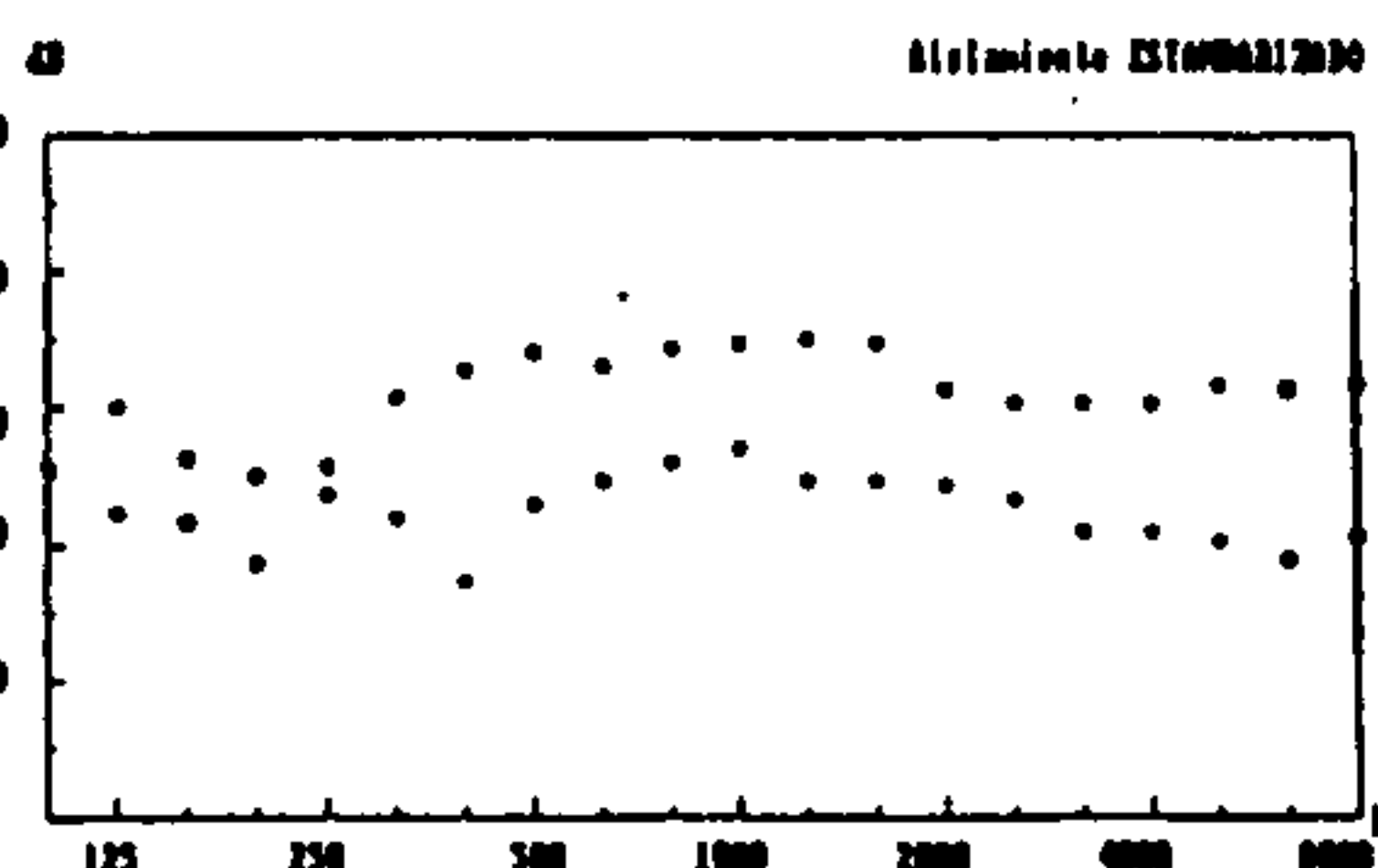


Figura 7 : Valores del aislamiento (●●●) para la puerta y (○○○) para el total.

Características del cerramiento que separa aula tipo I de un aula tipo III El cerramiento con el aula contigua está constituido por dos tabiques de ladrillo tabicón (9 cm) separados por una cámara de 4 cm conteniendo corcho inyectado (borra de corcho). Las caras exteriores de los tabiques que forman el cerramiento, están revestidas de yeso con una capa de espesor comprendido entre 1,5 y 3 cm dando un valor promedio aproximado de 2,5 cm. La masa por unidad de superficie del cerramiento es entonces de 260 kg. m⁻² y el aislamiento previsto en la NBE-CA para este tipo de cerramientos es superior a 46 dB(A).

Valores de aislamiento y comparación con la ley de masas. La ley de masas que nos relaciona el aislamiento en dB de un cerramiento de masa M en kg. m⁻² en función de la frecuencia viene dada por la expresión $R = 20 \text{ Log}(f) + k$. El valor de k se obtiene a partir de unas tablas o curvas que nos relaciona, para las distintas frecuencias, el aislamiento con la masa del cerramiento en kg. m⁻². En la figura 8 representamos las gráficas de aislamiento calculado a partir de la ley de masas y los valores medidos experimentalmente. A partir de estos datos se obtiene un aislamiento global según NBE-CA de 41,4

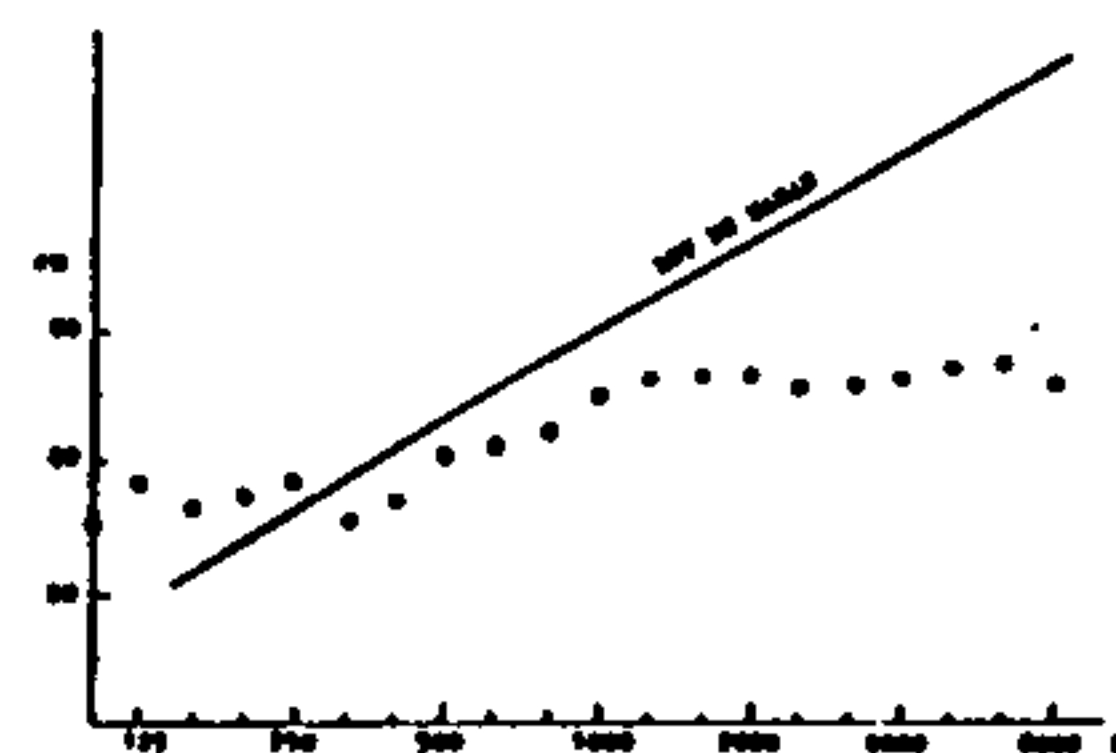


Figura 8 : Valores del aislamiento (○○○○) y ley de masas

dB(A) siendo el valor "exigible" para cerramientos separadores de aulas docentes, según la misma Norma, de 45 dB(A). Por otra parte se observa que las discrepancias entre lo que predice la ley de masas y los valores medidos son bastante significativas. Estas discrepancias pueden ser debidas a muchas causas. En el supuesto de que el cerramiento se haya construido conforme a como se recomienda en la Norma Básica de Edificación, en lo que se refiere al aislamiento acústico, la vía de transmisión directa, es decir a través del cerramiento, sea la adecuada, el defecto se deberá a las transmisiones indirectas por la existencia de puentes acústicos o la falta de estanqueidad en el recinto emisor o por las partes "débiles". Ello nos lleva a reconsiderar la oportunidad de construir unos cerramientos con mucha masa o muy sofisticados, mientras no se garanticen unas conexiones constructivas y un acabado adecuados y se corrijan los cerramientos más débiles.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Josse R. "La acústica en la Construcción" Ed. Gustavo G. 1975.
- (2) Gonzalez J. "Aislamiento de techos panelables". Montajes e Instalaciones 1992