

ABSORCION ACUSTICA EN UN AULA: COEFICIENTE DE ABSORCION DE UNA PERSONA

J. González ; J. I. Sánchez
Dto. de Fisica Aplicada III
ETS de Arquitectura de Valladolid.

INTRODUCCION

A la hora de acondicionar acústicamente un local para la transmisión de la palabra una de las variables importantes a considerar es el tiempo de reverberación y por tanto consideraciones a cerca de la absorción acústica. En este sentido existe abundante bibliografía que nos proporciona el coeficiente de absorción de los distintos materiales de uso frecuente en las composiciones de los cerramientos y en sus acabados así como los correspondientes al mobiliario.

Sin embargo, cuando el número de personas que ocupan la sala es importante y se debe considerar las previsiones acerca de la absorción acústica, no pueden ser tan ajustadas como sería de desear dada la dispersión entre los valores que se apuntan en la bibliografía. Tal vez esta dispersión sea consecuencia de la metodología seguida en la medición del coeficiente de absorción, ya que el valor del coeficiente de absorción para una persona medido en una cámara reverberante puede ser distinto del que se obtiene en el caso de salas en situaciones reales dado que las condiciones de muestreo son regularmente distintas.

Por otra parte, la medida del coeficiente para una sola persona, aunque sea en una cámara, puede ser distinta de la que se obtiene para cada persona de las que ocupan la sala cuando la ocupan simultáneamente. Ello es importante, por ejemplo, en los auditorios o en las aulas docentes donde están presentes varias personas al mismo tiempo. En el caso de los auditorios, por ser construcciones más singulares, se puede obviar en alguna medida la influencia que supone la presencia de personas en la sala mediante la incorporación de absorbentes en los asientos. Sin embargo en el caso de las aulas, por razones de operatividad y eficacia, pueden no ser eficaces y por tanto no aplicables las mismas soluciones. Es por ello que parece conveniente conocer cual puede ser el coeficiente de absorción acústica de una persona en presencia de otras en la sala.

El objetivo que se persigue en este trabajo es estudiar la

absorción acústica en situaciones de uso normal de la sala para prever, dentro de lo posible, el tiempo de reverberación de la sala y así adecuar los materiales de revestimiento, aparte de otras consideraciones de tipo geométrico y de diseño, con el fin de obtener unas condiciones de audibilidad más en consonancia con el uso de la sala.

En el trabajo que presentamos se exponen los valores de absorción de alumnos que cursan una carrera universitaria, y por tanto de edades comprendidas aproximadamente entre 18 y 25 años, para los casos de dos aulas de tipo prismático pero de dimensiones muy diferentes. En uno de los casos los alumnos cursan Filosofía, con predominio del género femenino y en otro Arquitectura, donde el número de personas del género masculino es algo mayor que el del género femenino.

La absorción se obtuvo a partir de medir el tiempo de reverberación en un punto de las salas en las situaciones de sala vacía y ocupada por un número conocido de personas.

METODOLOGIA DE MEDIDAS

1- Aula de la Facultad de Filosofía y Letras (Aula I)

En la figura 1 se representa la planta con dimensiones 8,25 x 5,87 m y con una altura de 5 m, así como la situación de la fuente y el punto donde se efectuó el muestreo. El prisma unitario es de 1,65 x 1,17 x 1. Aunque con sala vacía se efectuó el muestreo en seis puntos repartidos por la sala, dado que en situación de sala ocupada, solamente se midió en el punto A consideraremos los valores medidos en este punto. Las medidas se realizaron con el equipo analizador de la acústica de edificios de Bruel & Kjaer para frecuencias en tercios de octava. La medida en situación de sala ocupada se efectuó con la presencia de 37 personas y dadas las dimensiones de la sala la densidad de ocupación medida medida en metros cuadrados que ocupa un alumno ($m^2/ocupante$) de la planta, es igual a 1,3 que es ciertamente pequeña y una esponjosidad medida en metros cúbicos por ocupante ($m^3/ocupante$) de valor 6,5. En la tabla I-(a) exponemos los valores en tercios de octava medidos para el tiempo de reverberación en condiciones de sala vacía (Tr_1) y ocupada (Tr_2). No vamos a analizar aquí, tomando como referencia estos valores, las condiciones acústicas de la sala, que dicho sea de paso eran bastante deficientes.

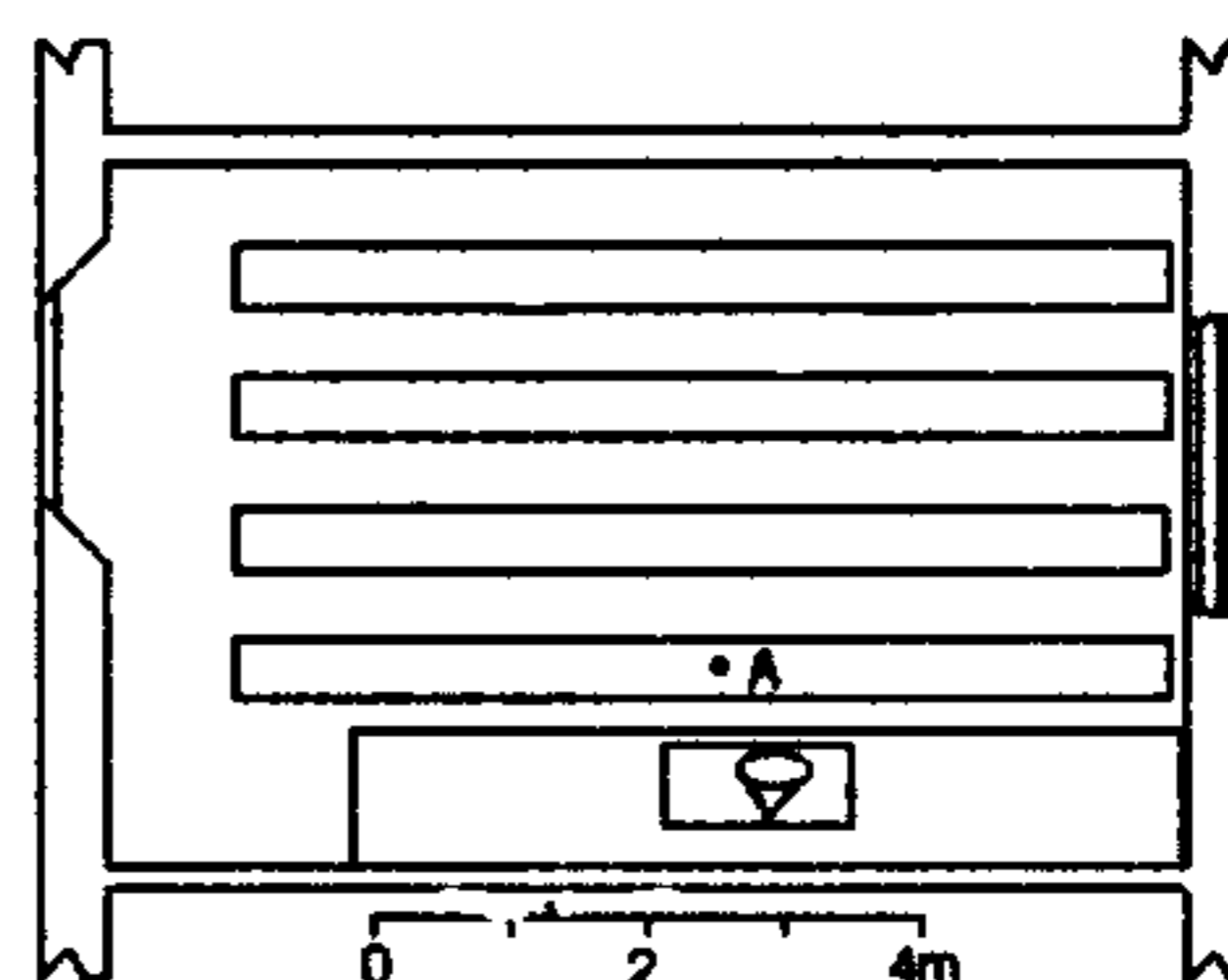
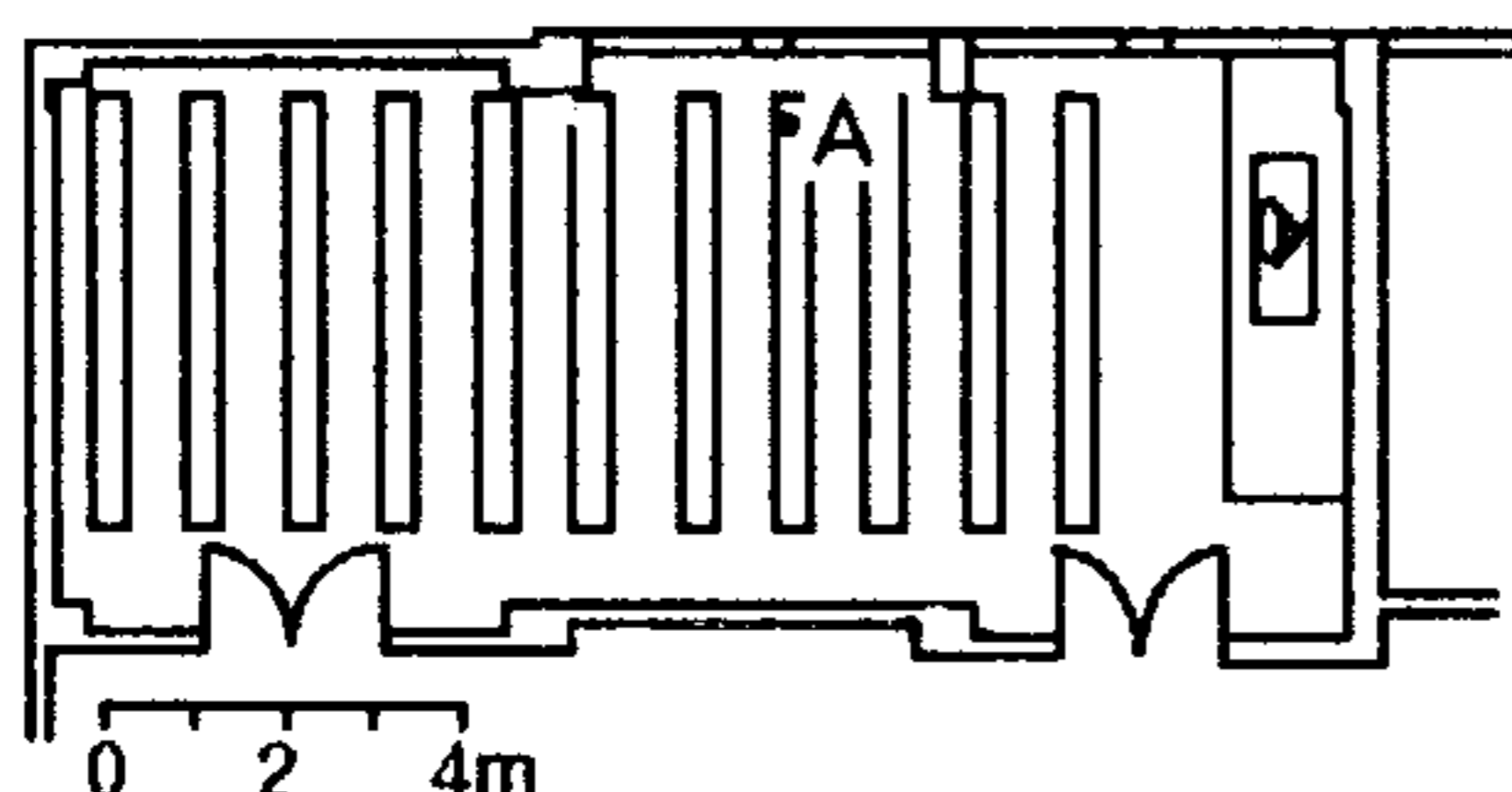


Fig. 1: *planta del aula donde se especifica la posición de los puntos del muestreo*

2- Aula de la Escuela de Arquitectura (Aula II)



Aun existiendo algunas irregularidades, por la presencia de pilares y otras particularidades poco relevantes frente al total del recinto, la geometría del aula la

Fig. 2 : *planta del aula donde se especifica la posición de los puntos del muestreo.*

Tiempos de reverberación				
Frec.	(a) - Aula I		(b) - Aula II	
	Tr ₁	Tr ₂	Tr ₁	Tr ₂
100	3.40	1.99	2.57	2.34
125	2.84	1.38	2.74	2.25
160	2.34	1.59	2.13	1.55
200	2.56	1.50	2.31	1.73
250	2.68	1.32	1.47	1.25
315	2.37	1.12	1.72	1.07
400	2.11	1.06	1.80	1.04
500	2.66	1.08	1.95	1.03
630	2.20	0.88	1.76	0.87
800	2.39	0.99	1.85	0.76
1000	2.55	0.82	1.84	0.91
1250	2.59	0.86	1.95	0.87
1600	2.28	0.82	1.37	0.67
2000	2.12	0.75	1.54	0.76
2500	1.73	0.75	1.41	0.77
3150	1.90	0.74	1.46	0.96
4000	1.87	0.76	1.30	0.72
5000	1.43	0.63	1.02	0.65
6300	1.39	0.68	0.88	0.64
8000	0.97	0.54	0.75	0.58

podemos considerar de tipo prismático siendo las dimensiones de la planta 15,8 x 7,5 y una altura de 2.8 m que supone un prisma unitario de 5,6 x 2,7 x 1. En la figura 2 se representa un esquema de la planta así como el punto donde se efectuó el muestreo y la posición de la fuente. Al igual que en el otro caso con sala vacía se efectuó la medida en seis puntos dispersos por la sala pero solamente para la posición indicada se efectuó la medida con sala ocupada. El número de alumnos que ocupaban el aula era de 57 dando una densidad de ocupación de 2 m²/oc. y una esponjosidad de 5,8 m³/oc. Se aprecia que la densidad de ocupación de esta sala es bastante menor que la del caso anterior y sin embargo la esponjosidad es menor, ello es debido a la disparidad en las alturas de las salas. En la tabla I-(b) se exponen los valores del tiempo de reverberación obtenidos para las situaciones de sala vacía (Tr₁) y ocupada (Tr₂).

Tabla I: Valores de Tr obtenidos en las dos salas

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el cálculo de los coeficientes de absorción de un alumno medio se utilizaron las ecuaciones de Sabine, Eyring y Millington. La superficie de una persona se determinó utilizando la fórmula empírica: $S = 0,007H^{0,725}W^{0,425}$ siendo H la altura en cm y W el peso en kg y suponiendo una altura de 165 cm y un peso de 65 kg. Los valores del coeficiente de absorción de una persona vestida obtenidos en las dos aulas a partir de las fórmulas, considerando que los alumnos no contribuyen a incrementar la superficie del local ni a modificar su volumen, se especifican en la tabla II.

Frec.	Coeficientes de Absorción α					
	Sabine		Eyring		Millington	
	Aula I	Aula II	Aula I	Aula II	Aula I	Aula II
100	-	-	-	-	-	-
125	0.051	0.045	0.049	0.044	0.049	0.044
160	0.112	0.100	0.106	0.096	0.106	0.095
200	0.092	0.083	0.088	0.080	0.088	0.079
250	0.076	0.068	0.074	0.066	0.073	0.066
315	0.225	0.201	0.207	0.187	0.201	0.182
400	0.258	0.232	0.237	0.214	0.228	0.207
500	0.292	0.261	0.267	0.242	0.253	0.230
630	0.370	0.331	0.334	0.302	0.309	0.282
800	0.493	0.442	0.440	0.399	0.390	0.357
1000	0.354	0.317	0.321	0.290	0.298	0.271
1250	0.405	0.363	0.366	0.332	0.333	0.304
1600	0.485	0.435	0.425	0.386	0.385	0.353
2000	0.424	0.380	0.377	0.342	0.346	0.316
2500	0.375	0.336	0.334	0.303	0.313	0.285
3150	0.227	0.203	0.208	0.188	0.203	0.184
4000	0.394	0.353	0.348	0.316	0.324	0.298
5000	0.355	0.318	0.311	0.282	0.299	0.273
6300	0.271	0.243	0.240	0.218	0.238	0.216
8000	0.249	0.223	0.220	0.200	0.220	0.200

Tabla II: Valores del coeficiente de absorción para una persona obtenidos en los puntos A de ambas salas a partir de las ecuaciones de Sabine, Eyring y Millington.

Como puede apreciarse los valores son bastante homogéneos, más pequeños para frecuencias bajas que

para frecuencias medias y altas siendo muy semejantes los obtenidos a partir de las fórmulas de Eyring y Millington y menores que los obtenidos a partir de la fórmula de Sabine.

Según estos datos el valor del coeficiente de absorción es mayor en el aula de Filosofía que en el aula de Arquitectura. Ello puede ser debido a causas, derivadas de las características de los ocupantes, como el predominio de personas femeninas, con una vestimenta en general distinta de la que portan las personas del aula de Arquitectura, donde predomina el género masculino, o también puede obedecer a situaciones de ocupación en el aula.

Dado que las pieles de las salas, y su mobiliario, están constituidas por materiales de coeficiente de absorción bastante distinto y que no son de un volumen grande, nos centramos en el valor obtenido a partir de la ecuación de Eyring. Si tenemos en cuenta el volumen de las personas y su superficie, los valores de absorción acústica obtenidos en ambas salas se exponen en la figura 3. Observando estos valores se encuentra que el cociente entre los obtenidos en las dos aulas para la misma frecuencia es aproximadamente el mismo para todas las frecuencias.

Ello parece indicar que la diferencia entre los valores obtenidos en las dos salas no es por algo relativo a que las personas sean distintas ya que si fuera así no se mantendría el cociente para todas las frecuencias y en consecuencia se puede pensar que la diferencia de valores es debido a algo relacionado con las salas o la ubicación de los ocupantes.

En este sentido observando los valores que se obtienen al dividir los coeficientes de absorción obtenidos por la esponjosidad de la sala, obtenemos un cociente muy similar en ambas salas. Por tanto parece apuntarse que el coeficiente de absorción de una persona dentro del conjunto de las que ocupan la sala incrementa con la esponjosidad.

A modo de conclusión indicar que en este trabajo exponemos los resultados obtenidos en los cálculos del coeficiente de absorción acústica de una persona en recintos dedicados a aulas docentes con el ánimo de contribuir a conocer la absorción que se produce cuando varias personas ocupan una sala. De los resultados obtenidos se deduce como datos más relevantes que la absorción total no es directamente la suma de las absorciones individuales sino que influyen factores derivados de la sala y de la distribución de los ocupantes en la misma.

BIBLIOGRAFIA:

- Werly, J.A. (1978). "Tiempo de reverberación en recintos prismáticos". *Revista de Acústica*, IX (1 y 2), 8-12.
 Burgess, M.A. (1985). "Reverberation times in British living rooms". *Applied Acoustics*, 18, 369-380.
 Sanchez J.I. et al. (1993). "Elaboración de un software para acondicionamiento acústico de locales (I y II)". *Montajes e Instalaciones*, 264; 45-49.

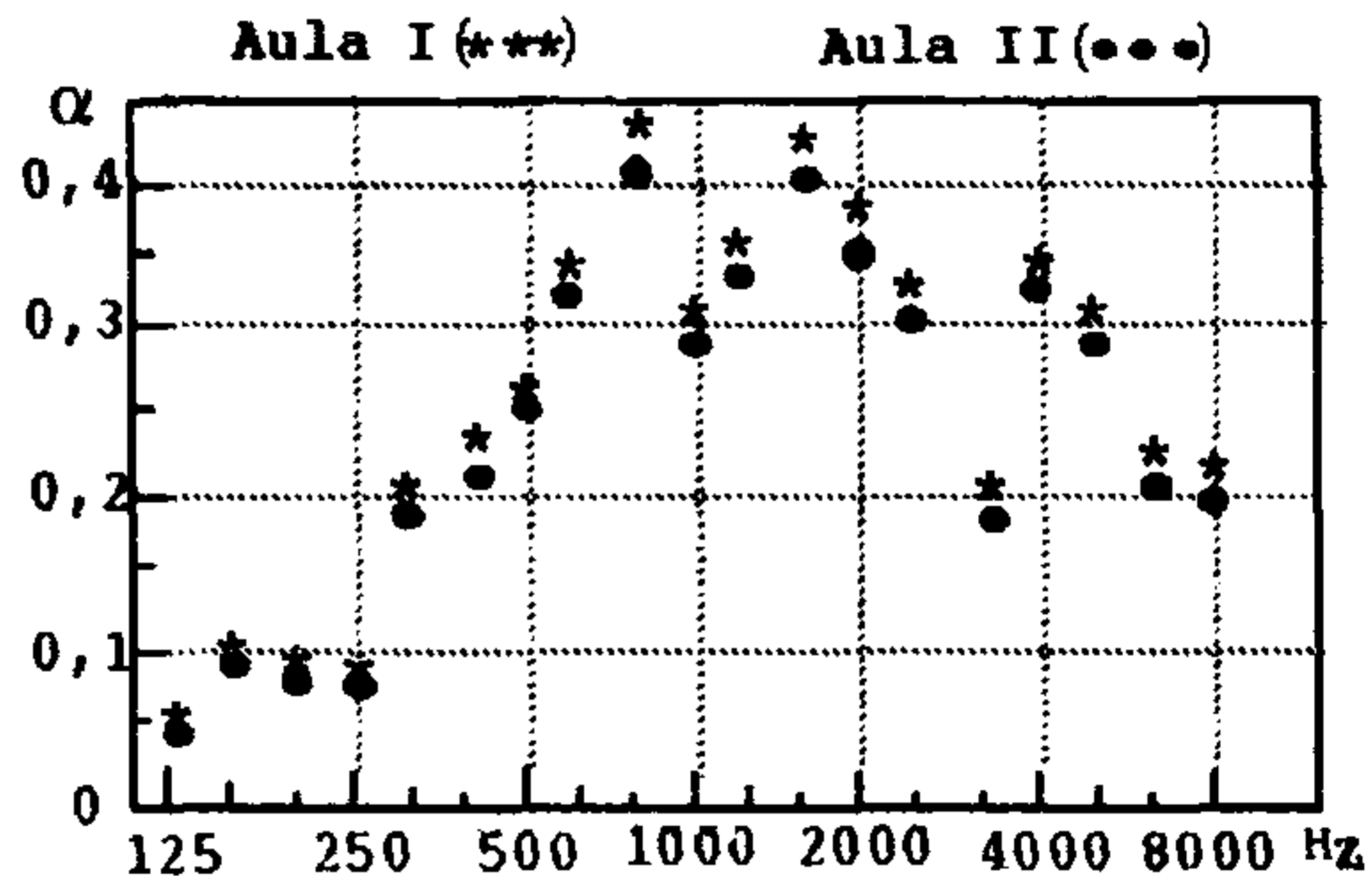


Fig.-3: valores del coeficiente de absorción α en las dos aulas obtenidos a partir de la ecuación de Eyring.