

# Inteligibilidad de la palabra en aulas escolares II

## (Características acústicas de las aulas)

J.S. Santiago\*, P. Perera\*\*, C. Delgado\*  
 \* Instituto de Acústica del CSIC, Madrid  
 \*\* Ayuntamiento de Madrid

### Introducción.

Con objeto de conocer las características acústicas de las aulas escolares en las que se han realizado las determinaciones de inteligibilidad de la palabra correspondientes al estudio del Instituto de Acústica y el Departamento de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid, se han llevado a cabo en las mismas medidas del tiempo de reverberación y del aislamiento acústico de sus cerramientos.

En las doce aulas objeto del estudio, correspondientes a los cursos 6º, 7º y 8º de Educación General Básica de cuatro colegios distintos, se ha medido el aislamiento acústico a ruido aéreo entre el interior del aula y los distintos espacios exteriores a la misma: pasillos, aulas adyacentes, calles o patio de recreo; en un aula, situada en la planta baja de uno de los edificios, se ha determinado el aislamiento a ruido de impactos. Así mismo se ha medido el tiempo de reverberación en las aulas y en los comedores de los colegios estudiados.

Las medidas se han llevado a cabo durante los meses de Febrero y Marzo de 1.990, en días no lectivos, es decir, con los colegios sin alumnos.

### Aislamiento acústico

El aislamiento acústico necesario de un recinto es función de la exigencia acústica del local y de los niveles sonoros previsibles en el exterior del mismo.

En el caso de aulas escolares, conviene distinguir entre tres casos distintos: aislamiento frente al ruido exterior al colegio; aislamiento entre aulas; y aislamiento entre aulas y pasillos o zonas comunes y de servicios. Ha de señalarse que se deben considerar las zonas de recreo como zonas exteriores al colegio, por ser especialmente ruidosas durante su utilización.

Los valores más comunmente aceptados para los aislamientos, expresados en valores globales en dBA, son los siguientes:

- Aislamiento frente al exterior
 

Zona exterior muy ruidosa.....	43 dBA
Zona exterior ruidosa.....	38 dBA
Zona exterior poco ruidosa.....	33 dBA
Zona exterior silenciosa.....	28 dBA
- Aislamientos interiores
 

Entre aulas y entre aulas y escaleras.....	38 dBA
Entre aulas y locales ruidosos; entre locales ruidosos;	

entre salas de reposo y aulas maternas.....	50 dBA
Entre aulas y pasillos o vestíbulos.....	26 dBA

Para el caso de aislamientos a ruido de impactos, la norma NBE-CA-88 indica que el nivel de ruido de impacto normalizado en el espacio subyacente no podrá ser superior a 80 dBA.

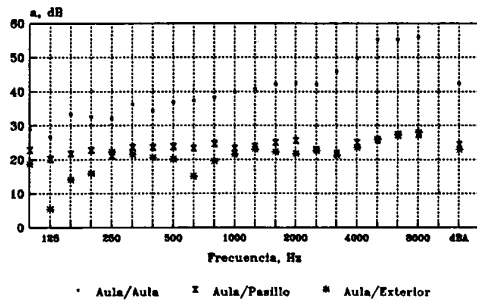
A continuación se presentan los resultados de las medidas de aislamiento acústico a ruido aéreo en las distintas aulas de cada uno de los colegios estudiados. Los resultados se presentan en forma de gráficos del Aislamiento, en dB, en banda de anchura 1/3 de octava en función de la frecuencia; en cada página se incluyen asimismo los valores globales, en dBA, medidos y recomendados, del aislamiento.

Los valores de nivel de ruido de fondo medidos oscilan entre 47 y 57,5 dBA.

Asimismo se presentan los valores para el aislamiento a ruido de impactos en un aula de uno de los colegios, situada en una planta baja.

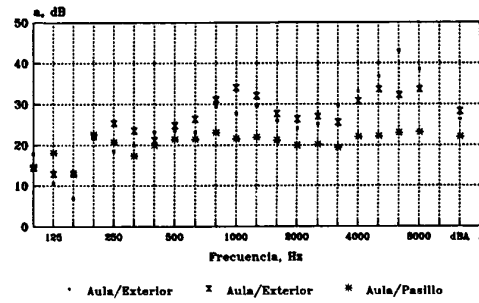
Como se aprecia por estos resultados, en general, los aislamientos acústicos a ruido aéreo de las aulas son insuficientes, por lo que el ruido exterior a las mismas, debido al tráfico, actividades en los patios de recreo

**Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia**



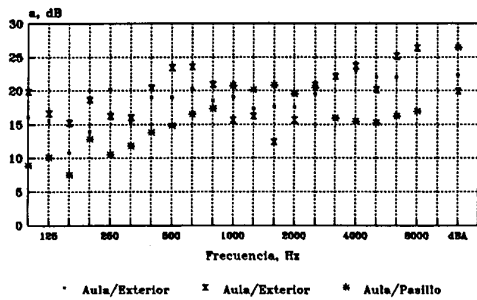
Colegio Pintor Rosales, Aula 24

**Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia**



Colegio Pintor Rosales, Aula 19

**Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia**

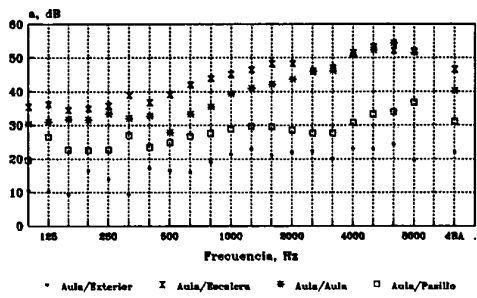


Colegio Pintor Rosales, Aula 18

**VALORES MEDIOS Y RECOMENDADOS DE AISLAMIENTO, dBA**

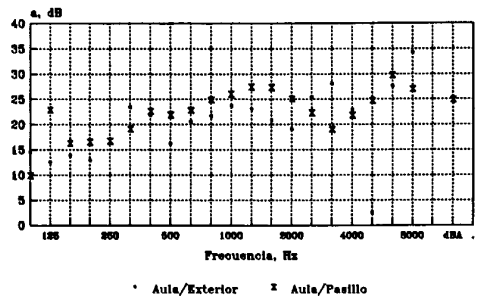
	Medido	Recomendado
<b>Aula 24</b>		
Aislamiento Aula/Aula	42,5	38
Aislamiento Aula/Pasillo	24,5	26
Aislamiento Aula/Exterior	23	38
<b>Aula 19</b>		
Aislamiento Aula/Exterior	26,5	38
Aislamiento Aula/Exterior	28	38
Aislamiento Aula/Pasillo	22	26
<b>Aula 18</b>		
Aislamiento Aula/Exterior	22,5	28
Aislamiento Aula/Exterior	20	28
Aislamiento Aula/Pasillo	26,5	26

**Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia**



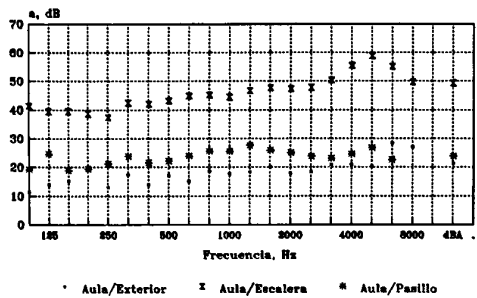
Colegio Isabel La Catolica, Aula 5

**Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia**



Colegio Isabel la Catolica, Aula 2

**Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia**

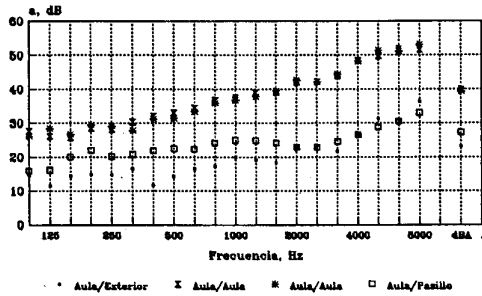


Colegio Isabel la Catolica, Aula 4

**VALORES MEDIOS Y RECOMENDADOS DE AISLAMIENTO, dBA**

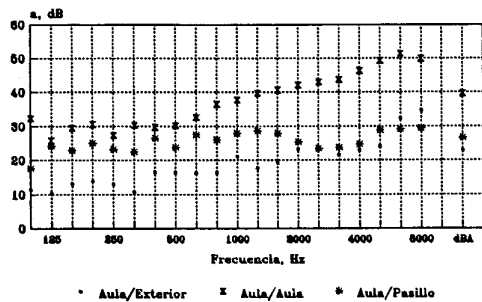
	Medido	Recomendado
<b>Aula 5</b>		
Aislamiento Aula/Aula	40	38
Aislamiento Aula/Pasillo	31	26
Aislamiento Aula/Exterior	22	38
Aislamiento Aula/Escalera	46,5	38
<b>Aula 2</b>		
Aislamiento Aula/Exterior	24,5	38
Aislamiento Aula/Pasillo	25	26
<b>Aula 4</b>		
Aislamiento Aula/Exterior	21,5	38
Aislamiento Aula/Escalera	49	38
Aislamiento Aula/Pasillo	24	26

Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia



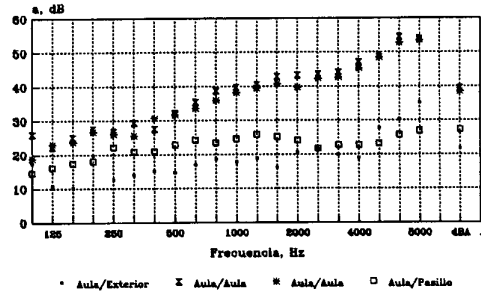
Colegio Principe Felipe, Aula 10

Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia



Colegio Principe Felipe, Aula 32

Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia

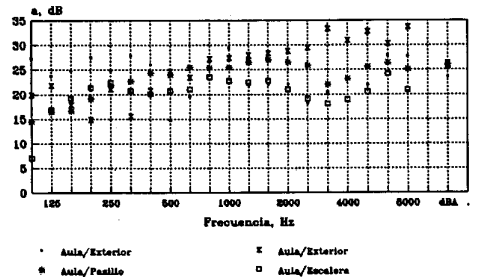


Colegio Principe Felipe, Aula 25

VALORES MEDIOS Y RECOMENDADOS DE AISLAMIENTO, dBA

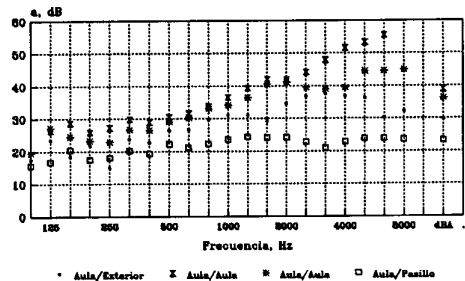
	Medido	Recomendado
Aula 10		
Aislamiento Aula/Aula	40	38
Aislamiento Aula/Aula	39,5	38
Aislamiento Aula/Pasillo	27,5	26
Aislamiento Aula/Exterior	23	28
Aula 25		
Aislamiento Aula/Exterior	21,5	43
Aislamiento Aula/Aula	39,5	38
Aislamiento Aula/Aula	38,5	38
Aislamiento Aula/Pasillo	27,5	26
Aula 32		
Aislamiento Aula/Exterior	23	38
Aislamiento Aula/Aula	39,5	38
Aislamiento Aula/Pasillo	26,5	26

Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia



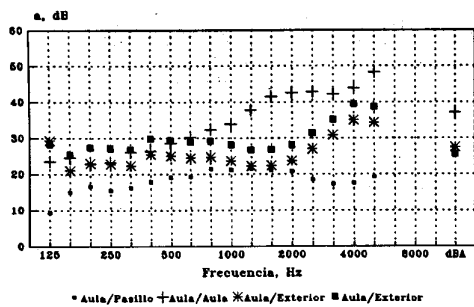
Colegio Maria Guerrero, Aula 1

Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia



Colegio Maria Guerrero, Aula 2

Aislamiento a ruido aereo en funcion de la frecuencia



Colegio Maria Guerrero, Aula 3

VALORES MEDIOS Y RECOMENDADOS DE AISLAMIENTO, dBA

	Medido	Recomendado
Aula 1		
Aislamiento Aula/Exterior	23,5	33
Aislamiento Aula/Escalera	25,5	38
Aislamiento Aula/Pasillo	26	26
Aula 2		
Aislamiento Aula/Exterior	29,5	33
Aislamiento Aula/Aula	39	38
Aislamiento Aula/Aula	36	38
Aislamiento Aula/Pasillo	23,5	26
Aula 3		
Aislamiento Aula/Exterior	25,5	33
Aislamiento Aula/Exterior	27,5	38
Aislamiento Aula/Pasillo	27,5	26
Aislamiento Aula/Aula	37	38

o en recintos adyacentes, dificulta el desarrollo normal de la actividad docente.

En una visita posterior a los colegios, se ha comprobado que dos de ellos se han realizado dobles acristalamientos en las ventanas.

**NOTA.-** Para las medidas se ha utilizado en equipo Analizador de Acústica de los Edificios Brüel & Kjaer tipo 4418 con una Fuente Sonora Brüel & Kjaer tipo 4224, y, para el caso de un aula situada en planta baja, una Máquina de Impactos Brüel & Kjaer tipo 3204.

### Tiempo de reverberación.

El tiempo de reverberación de un recinto es, quizá, el parámetro más importante de éste desde el punto de vista de la buena audición de las señales que se emiten en su interior, y, desde luego, es el más importante para una buena inteligibilidad de la palabra.

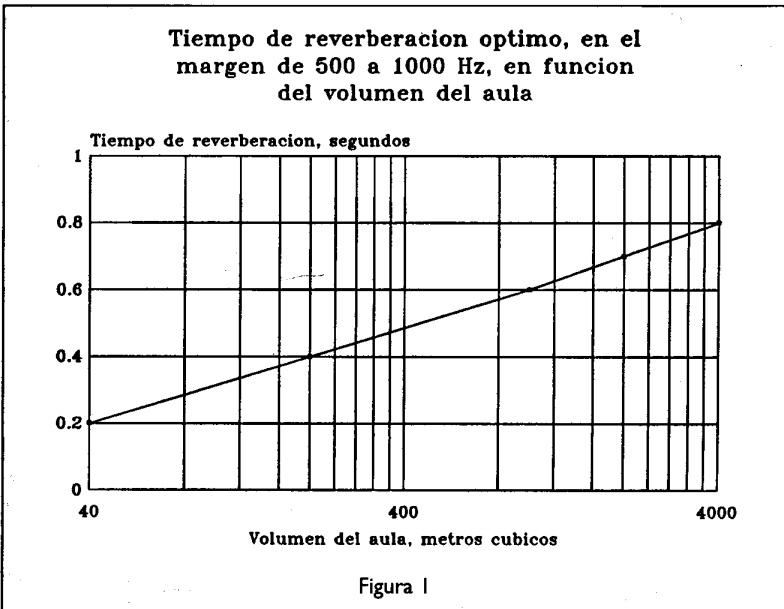
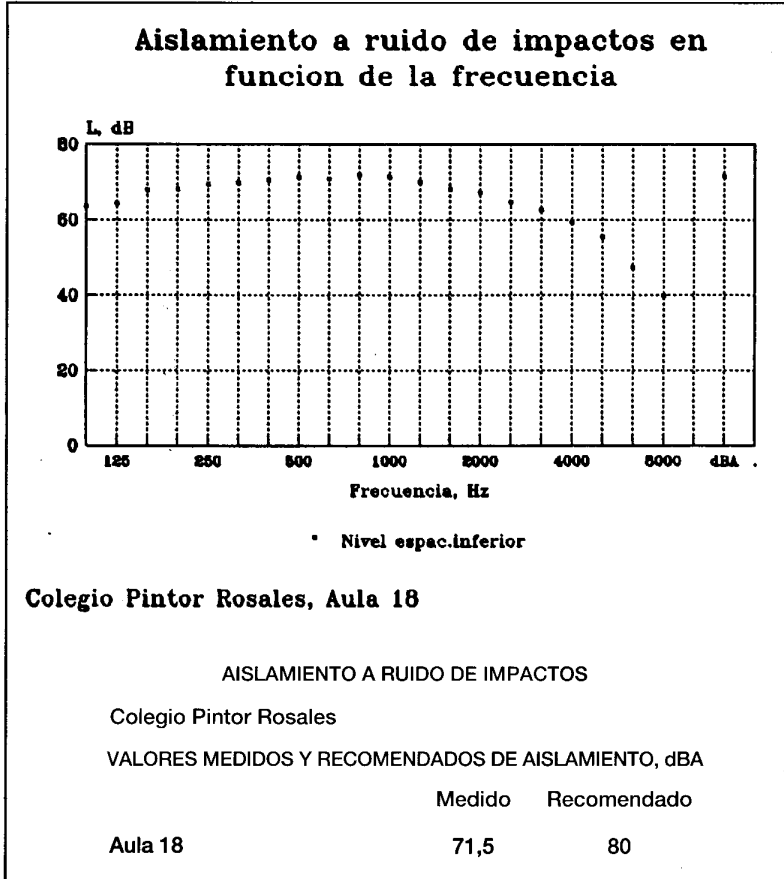
El tiempo de reverberación de un local se define como el tiempo que tarda el nivel de presión sonora en el interior en caer 60 dB desde el momento en que se corta la emisión de la fuente sonora, y es función de la frecuencia del sonido emitido, ya que depende de la cantidad de absorción acústica en el interior del recinto. Está relacionado con el volumen V del recinto y con la absorción acústica A de sus superficies y elementos interiores por la expresión:

$$T = 0,161 V/A, S$$

estando V expresado en metros cúbicos y A en metros cuadrados.

Dependiendo del tipo de señales acústicas, hay un tiempo de reverberación óptimo para un recinto. Para el caso de la inteligibilidad de la palabra, en la siguiente figura se presenta un diagrama para la determinación del tiempo de reverberación óptimo, para frecuencias entre 500 y 1000 Hz, en función del volumen del recinto (Ver Fig. 1).

Para calcular, para cada frecuencia, el tiempo óptimo de reverberación,



se puede usar el nomograma de la Fig. 2.

A continuación se presentan los resultados de las medidas realizadas del tiempo de reverberación en las distintas aulas de los colegios estudia-

dos, así como los valores del tiempo de reverberación óptimo que correspondería al volumen de las mismas, en ambos casos con las aulas vacías.

Se observa que en los tiempos de reverberación medidos superan en

Diagrama para el calculo del tiempo optimo de reverberacion en funcion de la frecuencia ( $T_{opt.} = R \cdot T_{500}$ )

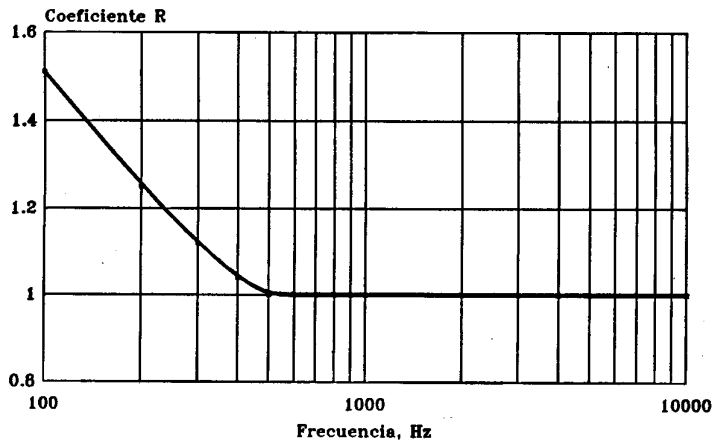
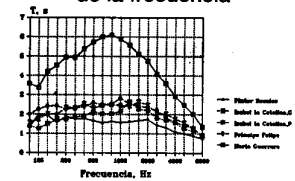


Figura 2

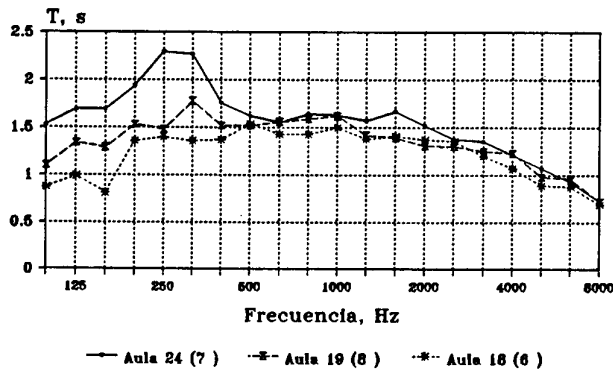
Tiempo de reverberación en función de la frecuencia



VALORES MEDIDOS Y RECOMENDADOS DEL TIEMPO DE REVERBERACION

	$T_{500}$ medido, s	$T_{500}$ recomendado, s
Comedor Colegio Pintor Rosales Volumen: 538 m <sup>3</sup>	1,67	0,53
Comedores Colegio Isabel la Católica, Grande Volumen: 545 m <sup>3</sup>	2,33	0,53
Id., Pequeño Volumen: 201 m <sup>3</sup>	2,14	0,4
Comedor Colegio Principe Felipe Volumen: 663 m <sup>3</sup>	2,6	0,56
Comedor Colegio María Guerrero Volumen: 1366 m <sup>3</sup>	5,73	0,65

Tiempo de reverberación en función de la frecuencia

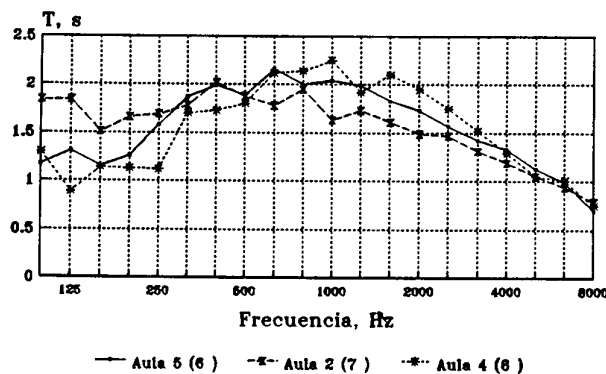


VALORES MEDIDOS Y RECOMENDADOS DEL TIEMPO DE REVERBERACION

	$T_{500}$ medido, s	$T_{500}$ recomendado, s
Aula 18 Volumen: 153 m <sup>3</sup>	1,54	0,37
Aula 24 Volumen: 147 m <sup>3</sup>	1,62	0,37
Aula 19 Volumen: 147 m <sup>3</sup>	1,52	0,37

Colegio Pintor Rosales

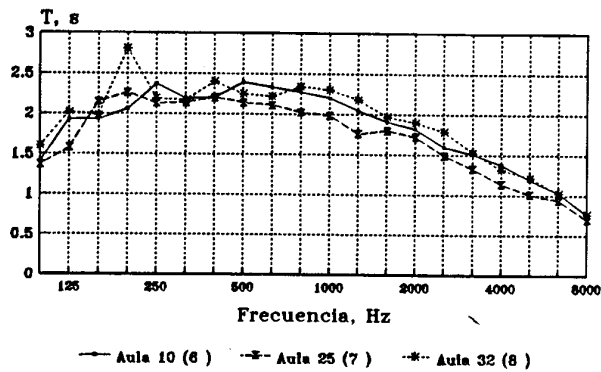
Tiempo de reverberación en función de la frecuencia



	$T_{500}$ medido, s	$T_{500}$ recomendado, s
Aula 5 Volumen: 264 m <sup>3</sup>	1,89	0,44
Aula 2 Volumen: 141 m <sup>3</sup>	1,88	0,36
Aula 4 Volumen: 265 m <sup>3</sup>	1,80	0,44

Colegio Isabel la Católica

Tiempo de reverberación en función de la frecuencia

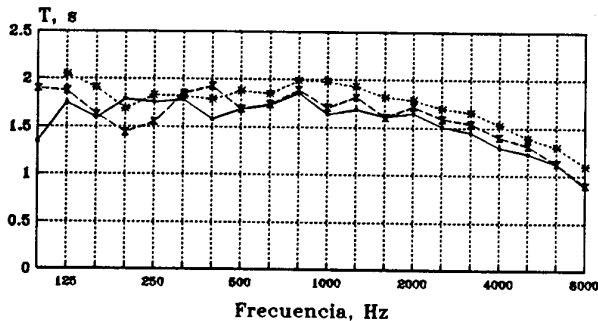


VALORES MEDIDOS Y RECOMENDADOS DEL TIEMPO DE REVERBERACION

	$T_{500}$ medido, s	$T_{500}$ recomendado, s
Aula 10 Volumen: 162 m <sup>3</sup>	2,39	0,38
Aula 25 Volumen: 170 m <sup>3</sup>	2,14	0,38
Aula 32 Volumen: 172 m <sup>3</sup>	2,25	0,38

Colegio Príncipe Felipe

Tiempo de reverberación en función de la frecuencia



	$T_{500}$ medido, s	$T_{500}$ recomendado, s
Aula 1 Volumen: 126 m <sup>3</sup>	1,69	0,35
Aula 2 Volumen: 163 m <sup>3</sup>	1,69	0,38
Aula 3 Volumen: 194 m <sup>3</sup>	1,88	0,40

Colegio María Guerrero

todos los casos los admisibles para la obtención de una buena inteligibilidad de la palabra. Esta deficiencia del recinto debe ser superada por los profesores mediante un esfuerzo vocal excesivo, lo que da origen a trastornos en su sistema de fonación.

Asimismo se presentan las medidas del tiempo de reverberación en los comedores de los colegios, junto con los tiempos recomendados.

En este caso, más que la inteligibilidad de la palabra, lo que es interesante es el nivel de ruido en el interior, y,

también aquí los valores tan altos del tiempo de reverberación hacen que los niveles sonoros cuando los comedores están ocupados sean muy elevados.

**Bibliografía.**

Josserand, P. Gamba, P., Ocelli, M. Réduire le bruit en milieu scolaire. C. N. D. P., C. R. D. P., Toulouse, 1988.  
 Knudsen, V. O., Harris, C. M. Le projet acoustique en architecture. Ed. Dunod, Paris, 1957.