



ESTUDIO DE LAS CONDICIONES ACÚSTICAS DE LAS AULAS DOCENTES DE VALLADOLID

PACS: 43.55.Gx

Martín Bravo, M^a A¹.; Tarrero Fernández, A.I.¹; González Suárez, J².; Machimbarrena, M².

¹E.U. Politécnica. Universidad de Valladolid

Francisco Mendizábal n^o1

47014 Valladolid

Tef: 34 983 423 500

Fax: 34 983 423 490

E-mail: maruchi@sid.eup.uva.es, ana@sid.eup.uva.es

²E.T.S. de Arquitectura. Universidad de Valladolid

ABSTRACT

The goal of this paper is to make a research on the most important acoustic features of the Valladolid teaching classrooms. We have measured acoustic insulation, reverberation time and intelligibility in 55 university and non - university classrooms. The results show that generally speaking, Acoustic Insulation is scarce, about 30 dB, whereas Intelligibility is quite good, Rasti index above 0,5 in 70% of the cases.

These results show that a great economic investment is necessary for the classrooms to observe the requirements specified by the law coming soon into force (Castilla and León Noise Law and Housebuilding Technical Code).

RESUMEN

El objeto de este trabajo es hacer un análisis de las características acústicas más importantes de las aulas docentes en la ciudad de Valladolid. Se ha medido el aislamiento a ruido aéreo, el tiempo de reverberación y la inteligibilidad, en un total de 55 aulas, entre universitarias y no universitarias. Los resultados muestran que, en general, el aislamiento es bajo, próximo a 30 dB, pero la inteligibilidad es aceptable, con un valor del índice Rasti mayor de 0,5 en el 70% de los casos. Estos resultados ponen de manifiesto el gran desajuste que existe entre los requerimientos que al parecer pronto se van a exigir (Código Técnico de la Edificación y Ley del ruido de Castilla y León) y la realidad que se da en las aulas docentes de esta ciudad. Será necesaria una gran inversión económica si se desea adecuar las características acústicas de las aulas docentes.

INTRODUCCIÓN

El estudio del acondicionamiento acústico toma especial relevancia en las dependencias destinadas a la transmisión de la palabra, donde es necesario tener la garantía de que el mensaje se transmite de la forma más nítida posible llegando a los receptores sin enmascarar el discurso. Para ello no es suficiente con la emisión clara del mensaje, sino que depende de cómo sea modificado antes de su recepción por las características acústicas tanto de la sala como del entorno en que se desarrolla el proceso. En este sentido, la presencia de elevados niveles de ruido de fondo o el inadecuado acondicionamiento acústico de la sala, pueden

provocar unas deficientes condiciones de inteligibilidad que dificulten la finalidad básica que se persigue en este tipo de instalaciones.

Uno de los lugares, destinados a tal fin, son las aulas de las escuelas y colegios, donde la interacción profesor-alumno es principalmente oral, y por tanto es necesaria una correcta comprensión del mensaje. Los centros docentes muchas veces están ubicados en entornos urbanos y avenidas con mucho tráfico, por ello es necesario que el aislamiento acústico sea suficiente para que el ambiente exterior no deteriore las condiciones acústicas de las aulas.

La falta de inteligibilidad en un determinado ambiente está relacionada con la aparición en los sujetos expuestos de síntomas de fatiga, irritabilidad, agitación y pérdida de atención, hechos todos que distorsionan el proceso educativo normal, pudiendo incidir gravemente no sólo en la pérdida de eficacia sino en el fracaso de la función docente en su conjunto.

Hoy en día el lugar básico de aprendizaje, tanto a nivel universitario como no universitario, es el aula, donde la interacción profesor-alumno es principalmente oral. De ahí que para que se den unas óptimas condiciones docentes, es necesaria una correcta comprensión del mensaje. Esto es lo que cuantifica la Inteligibilidad de la palabra: porcentaje de mensaje hablado correctamente reconocido por el oyente.

Entre las posibles causas de un ambiente acústico inapropiado en las instalaciones educativas, podemos citar:

- Mal diseño del aula (la forma paralelepípedica puede presentar problemas)
- Mala elección de los materiales que componen el aula
- Mal ajuste de las puertas (este es un problema muy frecuente)
- Ruido proveniente de pasillos y aulas adyacentes o del exterior del edificio como puede ser el tráfico rodado, ferroviario, las obras, etc

Entre los principales problemas ocasionados por un inadecuado acondicionamiento acústico podemos destacar:

- Mala inteligibilidad del mensaje
- Fatiga en los docentes, que deben alzar su voz considerablemente con demasiada frecuencia para ser escuchados, causándoles problemas físicos y psicológicos.
- Disminución del rendimiento de los alumnos.

Para este trabajo hemos medido el Aislamiento Acústico de los centros docentes, así como el Tiempo de Reverberación (TR) y la Inteligibilidad de la Palabra, dos factores que tienen gran importancia en el buen acondicionamiento acústico de cualquier aula docente. Además con este estudio se pretende comprobar si dichos centros docentes cumplen con las exigencias de aislamiento y tiempo de reverberación que propone el borrador de la Ley del Ruido que se ha elaborado en nuestra comunidad autónoma, la Ley del Ruido de Castilla y León.

También se tratará de explicar las causas de las malas condiciones acústicas y se intentará dar una solución. Por último se fijarán pautas para el mejor acondicionamiento acústico de las aulas docentes, como pueden ser soluciones constructivas, soluciones estructurales,....

METODOLOGÍA

En primer lugar, para conocer la opinión de los usuarios de las aulas docentes se ha realizado una encuesta sencilla a 125 personas, alumnos y profesores, de distintos centros de la Universidad de Valladolid. Los resultados de la encuesta ponen de manifiesto lo siguiente:

- El 67% de los encuestados consideran que el aula donde imparten/reciben clase es ruidosa
- Al 8% le molesta mucho el ruido y al 68% algo
- Para el 35% el ruido más molesto es el de los propios compañeros y para el 26 % el del pasillo
- El 29 % considera que el ruido en el aula disminuye mucho su capacidad de concentración y el 66% considera que su capacidad de concentración disminuye poco.

El 86 % de los encuestados considera que el ruido es perjudicial en el proceso de aprendizaje, a pesar de ello, el 60 % considera que escucha bien en el aula.

Los resultados de esta encuesta y las exigencias de la futura Ley del Ruido de Castilla y León nos han animado a analizar las características acústicas de las aulas docentes de nuestra ciudad, para hacer propuestas de mejora y evitar en lo posible la disminución del rendimiento académico de los estudiantes debido a un acondicionamiento acústico inadecuado.

Para la realización de este trabajo se ha medido el aislamiento acústico según la Norma UNE-EN ISO 140-4 [1], el tiempo de reverberación según la Norma ISO 354 y la inteligibilidad mediante el método RASTI, en 55 aulas docentes (25 universitarias y 30 no universitarias).

El parámetro que utilizaremos para describir el aislamiento en función de la frecuencia será la diferencia de niveles estandarizada, D_{nT} , que se transformará en un único número, D_{ntw} , mediante la norma UNE-EN ISO 717 [2].

Las medidas se han realizado en centros construidos en distintos años, con materiales distintos y con estructuras diferentes, desde los más antiguos hasta los más nuevos. En cada centro se mide en los distintos tipos de aulas. Si se ha producido una ampliación en el centro se mide en aulas antiguas y aulas nuevas.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las tablas 1 y 2 recogen los resultados de las aulas docentes universitarias y no universitarias respectivamente.

Tabla 1: resultados en las aulas universitarias

CENTRO	AULA	VOLUMEN (m ³)	D_{ntw} (dB)	RASTI	TR(S)
E.U. Politécnica	PA5	205,8	30	0,66	1,2
	P41	360	30	0,46	2,4
	P31	420	36	0,56	1,8
	BA2	412,3	25	0,67	0,9
	B51	426,65	29	0,56	1,8
E.T.S. de Arquitectura	16	443,35	29	0,5	2,4
	b2	479,35	31	0,46	2,1
	b4	346,8	30	0,49	2,7
	b5	757,58	34	0,43	1,5
	b6	450,6	33	0,46	2,2
Facultad de Filosofía	Gregorio Hernández	604,012	30	0,63	1,1
	José Zorrilla	213,84	27	0,63	1,2
	Cardenal Mendoza	117,6	26	0,64	1,1
	Juan de Juni	273,73	29	0,6	1,2
E.T.S.I. Industrial	1-5	228,85	27	0,5	2,4
	b8	490,88	34	0,45	3,6
Facultad de Medicina	anfiteatro 1	612,3	35	0,66	1,5
	5	600	32	0,38	3
	a8	294,93	29	0,48	1,8
	Benito Herreros	553,5	35	0,62	1,5

E.T.S.I. de Telecomunicaciones	006	455,66	36	0,62	1,2
	007	442,96	30	0,62	1,2
	008	228,59	30	0,64	1,2
	102	508,95	32	0,65	1,2
	laboratorio 101	363,6	36	0,68	1,1

De las 25 aulas universitarias en las que se ha medido, el 29% (7 aulas) tienen un aislamiento comprendido entre 25 y 29 dB, el 50% (12 aulas) entre 30 y 34 dB, y solamente el 21% (5 aulas) entre 35 y 36 dB, Estos resultados están muy lejos de los valores que previsiblemente se exigirán con la nueva ley del ruido de Castilla y León, 50 dB,

La conclusión de estas medidas de aislamiento es que ninguna de las aulas en las que hemos realizado medidas cumple con las especificaciones exigidas en el borrador de la Ley del Ruido de Castilla y León, $D_{nt} > 50\text{dB}$, llegando en las mejores condiciones a un valor de 36 dB solo en tres aulas.

En cuanto a la inteligibilidad, podemos observar que el 41% de las aulas presenta un índice Rasti aceptable, y un 51% bueno. Solo un 8% de las aulas tiene un índice pobre, ($< 0,45$). Es importante reseñar que todas las aulas de ETS de Ingenieros de Telecomunicación y de la Facultad de Filosofía se encuentran dentro del 51% de inteligibilidad buena, estos dos centros son de reciente construcción en la Universidad de Valladolid.

El Rasti, y por tanto, la inteligibilidad de la palabra, depende del Tiempo de Reverberación y de la relación señal/ruido. El Tiempo de Reverberación depende a su vez de tres factores: el volumen, la forma del recinto y la frecuencia del sonido.

Sin embargo, sólo un 4% de las aulas tienen un valor aceptable de TR, entre 0,5 y 0,9 s, mientras que el 96% de las aulas tienen valores no deseables del Tiempo de Reverberación ($>0,9$ s). Un 29% de las aulas presentan un tiempo de reverberación superior a 2 s, valor realmente alto para recintos que se destinen a actividades donde el uso de la palabra es importante.

Tabla 2: Resultados en las aulas no universitarias

Colegio	Aula	Año construcción/ Reforma	Vol. (m ³)	Tr a 500Hz (seg.)	$D_{nt,w}$ (dB)	RASTI
Ponce de León	5° C	1934	254.48	1,8	32	0,49
	6° A	1934	263.65	1,8	31	0,48
	6° B	1934	195.98	1,5	29	0,48
Núñez de Arce	1° BA	1946	123.9	2,1	30	0,46
	1° BB	1946	186.9	2,3	32	0,48
Nuestra Señora del Rosario	1° E.I	1956	217.35	1,3	33	0,59
	4° ESO	1956	216.09	0,8	36	0,71
Centro Cultural Vallisoletano	1°B E.I	2005	163.3	0,6	32	0,67
	2° A Bach	1960	228.6	2,7	30	0,49
	3° D ESO	1960	146.3	1	21	0,62
	4° ESO	1960	200.07	2	28	0,53
Maristas "La Inmaculada"	1° C Bach	1971	159.6	2,4	29	0,44

	1° ESO	1971	155.1	0,6	15	0,75
	2° B	1971	132.3	1,1	28	0,59
	2° A	1971	113.19	0,8	31	0,64
	4° C	1971	163.8	1,2	28	0,59
Sagrado Corazón	1° B	1971/2000	203.84	0,8	23	0,7
	3° ESO	1971/2000	102	0,6	22	0,69
I.E.S. Pinar de la Rubia	2° D	1980	166.29	0,8	23	0,75
	D 2	2002	69	0,8	24	0,67
	Aula 9	2002	152.28	0,8	33	0,72
Federico García Lorca	E.I	1981	178.91	1,5	27	0,54
	P.T	1981	180.48	1,2	19	0,58
Marina Escobar	6° C	1996	125	0,8	27	0,56
	E.I A	1990	156.42	0,8	28	0,65
	E.I B	1990	156.42	0,9	31	0,66
	Aula 13	1990	195.75	0,8	24	0,6
Francisco Pino	E.I	2002	139.43	0,6	29	0,69

En las 27 aulas no universitarias analizadas, el máximo valor de aislamiento alcanzado ha sido de 36 dB y el mínimo de 15 dB. El 28% de las aulas tienen un aislamiento inferior a 24 dB, el 32 % entre 25 y 29, el 36 % entre 30 y 34 y sólo el 4% entre 35 y 39 dB.

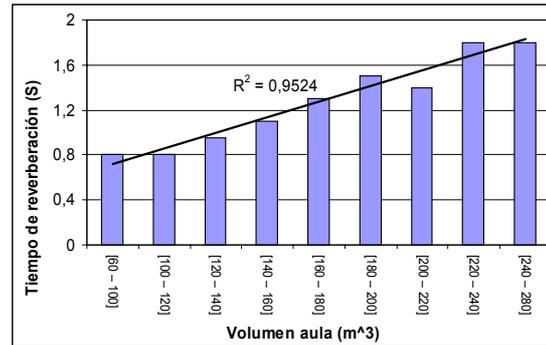
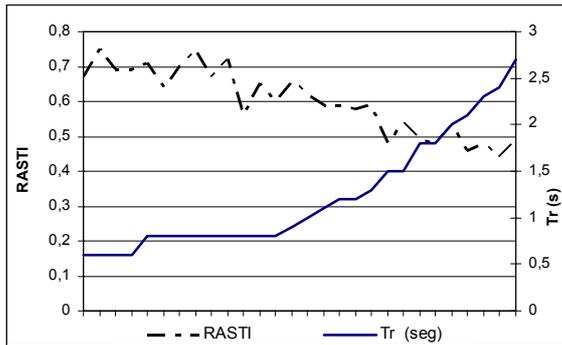
El aula que mejor aislamiento tiene, 36 dB, se caracteriza porque la pared que la separa del pasillo tiene un espesor aproximadamente el doble que en las demás. El aula que peor aislamiento tiene, 15 dB, tiene una puerta de doble hoja que no ajustan bien entre sí y están muy separadas del suelo.

En cuanto a la inteligibilidad, el 4% tiene un valor Rasti inferior a 0,45, el 50% aceptable (entre 0,45 y 0,6), el 39 % bueno (entre 0,6 y 0,75) y el 7% excelente, superior a 0,75. No existe una relación directa del valor Rasti con el año de construcción pero sí es mayor en las aulas más modernas.

Para el TR los resultados que se han obtenido han sido los siguientes: entre 0,5 y 0,9 s el 50 %, entre 1 y 1,2 el 14 %, entre 1,3 y 1,8 el 18 %, y superiores a 1,9 s el 18 %. Destacamos que las aulas con TR más altos están construidas antes del año 90.

Si se relaciona el Rasti con el TR, figura 1, se puede apreciar que cuando el tiempo de reverberación es inferior a 1 s el índice Rasti está por encima de 0,6 y a medida que aumenta TR disminuye el valor del Rasti.

El tiempo de reverberación depende del volumen del aula y aumenta de forma lineal como se muestra en la figura 2.



Si se analiza el TR con la frecuencia vemos que se mantiene constante en las bajas, hasta 200 Hz y a partir de este valor disminuye a medida que aumenta la frecuencia, figura 3.

PROPUESTA DE MEJORA

A continuación se plantearán posibles soluciones para mejorar las características acústicas de las aulas. Las soluciones que se proponen para mejorar el aislamiento acústico a ruido aéreo son:

1. Cambiar las puertas actuales de todas las aulas por otras que aseguren un aislamiento mayor y que ajusten correctamente al marco de la puerta y al suelo.
2. Incorporar algún material, como placas de yeso laminado, en la pared más débil acústicamente (generalmente la que separa el aula del pasillo). Las placas de yeso son un material agradable al tacto, cálido, no inflamable, que se puede cortar, atornillar, taladrar, clavar, pegar y decorar con gran facilidad y que, además, es resistente a los golpes y al fuego, aislante térmico y acústico y regulador de humedad. Estas placas se utilizan junto con lana de roca que es un material absorbente poroso y elástico que se sitúa entre la placa y la pared.

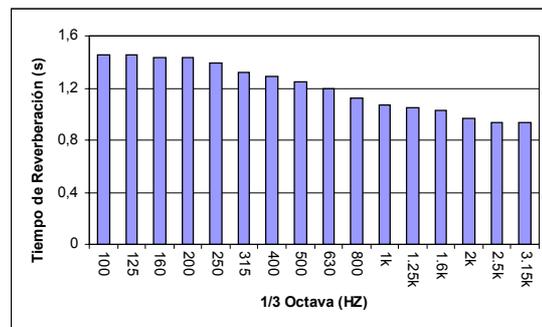


Figura 3. Representación del TR en tercios de octava

Para mejorar la inteligibilidad hay que mejorar el tiempo de reverberación, y para ello las soluciones que proponemos son las siguientes:

1. Colocar paneles acústicos perforados en el techo y/o en la pared opuesta a la pizarra, incluso poner otros paneles de menor tamaño al fondo de las paredes laterales del aula. Si nos encontramos con un aula cuya anchura sea mayor que su longitud las principales reflexiones se producirán en sentido paralelo a la pizarra, por lo que las placas han de colocarse en una pared lateral (la que no tenga ventanas).
2. sustituir las sillas y mesas actuales por otras hechas con materiales con mayor coeficiente de absorción.

CONCLUSIONES

Una vez realizado todo el estudio y tras analizar los resultados de las medidas efectuadas se han extraído las siguientes conclusiones:

- Los valores del aislamiento acústico a ruido aéreo de los centros docentes son, en general, bajos.
- La inteligibilidad de las aulas docentes es, en general, satisfactoria.
- En la futura construcción de centros docentes se deberán utilizar materiales que ofrezcan mejores valores del coeficiente de absorción acústica, que los empleados actualmente en la construcción y en el mobiliario de las aulas.
- Para la adecuación de las actuales aulas docentes, se propone aumentar el aislamiento acústico (cambiando las puertas y si es necesario con materiales aislantes) y disminuir el TR (añadiendo material absorbente)

A modo de conclusión final, podemos decir que este trabajo pone de manifiesto que las aulas docentes de la ciudad de Valladolid no cumplen unas exigencias mínimas de aislamientos y TR, y por supuesto no satisfacen las exigencias recogidas en el borrador de la Ley del Ruido de Castilla y León.

TRABAJO REALIZADO CON EL PROYECTO CON REFERENCIA BIA2004-07102-C03-03

BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNE-EN ISO 140-4 Medición "in situ" del aislamiento a ruido aéreo entre locales.
[2] UNE-EN ISO 717-1 Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo