

Condiciones acústicas de las aulas del aulario de la Universidad Pública de Navarra

A. Vela; M. Arana; M. Sanmartín y M. Barrachina
Laboratorio de Acústica. Dpto. de Física. U.P.NA. Campus de Arrosadía,
s/n. 31006. Pamplona.

Abstract

A study about acoustic conditions in lecture rooms of the Universidad pública de Navarra has been carried out. The parameters included on the work are: Reverberation Time, RASTI and Normalized acoustic insulation. The measurements were carried out on then representative lecture rooms. As principal conclusions, the reverberation time is excessive, the speech inteligibility is regular or poor and the acoustic insulation is insufficient.

1.- Introducción

Es indudable la importancia que tiene el que las aulas de los centros de enseñanza posean unas adecuadas condiciones acústicas debido a la incidencia de éstas en el proceso educativo. Existen recientes trabajos que ponen de manifiesto que, en general, las condiciones acústicas de las aulas estudiadas, pertenecientes a distintos niveles educativos y en distintas comunidades, son deficientes (García, 1993), (Vela, 1993), (Delgado, 1994), (Santiago, 1994), (Vera, 1994) y (Arana, 1994). Así mismo, también se han evaluado los efectos de dichas condiciones en el aprendizaje (Sanz, 1993) (Romero, 1995).

En el presente trabajo se expone un estudio de las condiciones acústicas de las distintas aulas del Edificio Aulario de la Universidad Pública de Navarra en lo que concierne a los siguientes tres aspectos: Tiempo de Reverberación, RASTI y Aislamiento Acústico Normalizado

2.- Metodología

El edificio objeto de nuestro estudio fue construido en el año 1991 de acuerdo con el proyecto del arquitecto D. Francisco Sáenz de Oiza. Consta de cinco plantas (sótano, planta baja y tres pisos) de 7550 m² cada una. Existen un total de 97 aulas de distinta tipología que permiten albergar un máximo de 10000 alumnos. Los materiales presentes en las aulas son: Paredes y techo de hormigón, amplios ventanales de vidrio con carpintería de aluminio, suelo de linóleo, mesas de melamina y sillas de plástico acolchado. La altura de los techos es de 3.60 m. Se ha procedido a una clasificación de las aulas en función de su superficie de planta, resultando los nueve grupos de la Tabla 1.

El equipo utilizado para las medidas ha sido:

- Sonómetro B&K 2231 con Filtros 1625 y Módulo BZ7114
- Ordenador portátil REIN 300 SLC y software B&K de aplicación al Módulo BZ7114
- Amplificador SINMARC EP-150 m
- Caja acústica SINMARC BR-112T/A
- Generador de Ruido B&K
- Equipo RASTI B&K (Transmisor 4225 y Receptor 4419)

GRUPO	SUPERFICIE (m ²)	CAPACIDAD (nº de alumnos)	Nº DE AULAS
1	44	32	16
2	65	64	4
3	87	88	36
4	109	108	9
5	203	184	10
6	162	160	16
7	122	110	3
8	155	178	2
9	360	400	1

Tabla 1: Clasificación de las aulas

Se han realizado medidas del Tiempo de Reverberación (EDT, TR20 y TR30) en bandas de octava desde 125 Hz a 4 kHz, medidas RASTI y Aislamiento Acústico Normalizado según Norma UNE 74-040-84 en un aula representativa de cada uno de los nueve grupos. Las condiciones de medida fueron: Aulas vacías y en horario no lectivo.

Las medidas del Tiempo de reverberación se efectuaron posicionando la fuente en la mesa del profesor a 1.5 m del suelo y el micrófono en el punto central de cada aula. Cada medida se realizó tres veces.

Las medidas RASTI se hicieron ubicando el emisor en la misma posición que la fuente del apartado anterior y el receptor en distintas posiciones distribuidas uniformemente entre los asientos; el número de posiciones de medida dependió del tamaño del aula, siendo cuatro posiciones en el caso el aula menor y diecisiete posiciones para la mayor. Cada medida se realizó tres veces en cada posición. Es de señalar que las aulas de los grupos 5, 6, 7, 8 y 9 son interiores, con lo que la ventilación es forzada. Así mismo, dichas aulas, debido a su tamaño poseen equipo de apoyo electroacústico. Las medidas RASTI realizadas en dichas aulas se hicieron en las siguientes tres condiciones: Sin ventilación y sin apoyo (SV/SA), con ventilación y sin apoyo (CV/SA) y con ventilación y con apoyo (CV/CA).

Las medidas de aislamiento se hicieron en 20 particiones de las aulas, encontrándose los siguientes casos: Paredes separadoras de aula con aula (con y sin puertas), paredes entre aula y pasillo (con y sin puertas) y paredes entre aula y exterior (calle).

3.- Resultados

3.1 Resultados del Tiempo de reverberación

Los valores que toma el Tiempo de reverberación (calculado como el valor medio de los parámetros EDT, TR20 y T30 medidos) presentan una dependencia típica con la frecuencia: Valores elevados a bajas frecuencias que van disminuyendo hasta hacerse constantes a partir de la banda de 500 Hz. Por ser los más importantes de cara a la inteligibilidad, se presentan los resultados para esta banda en la Tabla 2.

GRUPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T.R. 500 Hz (s)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.6	1.5	1.9	2.4

Tabla 2: Tiempo de Reverberación (500 Hz)

3.2 Resultados del RASTI

Los resultados del índice RASTI varían lógicamente en función de la posición de medida; en todo caso la diferencia máxima entre el valor más alto y mas bajo es inferior a 0.2. De cara a valorar la inteligibilidad el aula en su conjunto, en la Tabla 3 se presentan los valores medios del índice RASTI en cada aula medido, en su caso, en distintas condiciones.

GRUPO (SV/SA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RASTI	0.56	0.56	0.56	0.54	0.50	0.48	0.50	0.46	0.43

GRUPO (CV/SA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RASTI	-	-	-	-	0.50	0.47	0.48	0.46	0.34

GRUPO (CV/SA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RASTI	-	-	-	-	0.49	0.47	0.48	0.44	-

Tabla 3: Índice RASTI

En todos los casos, los índices de pérdida de modulación m_i , tanto a 500 Hz como 2 kHz, presentan una caída aproximadamente lineal con la frecuencia de modulación.

3.3 Resultados del Aislamiento Acústico Normalizado

Se han obtenido los valores del aislamiento acústico en bandas de octava y Aislamiento Global en un total de veinte particiones. Los resultados obtenidos en paredes similares de distintas aulas dan resultados muy parecidos, y los resultados que se presentan a continuación corresponden a los valores extremos del Aislamiento Global (R) de particiones de idénticas características.

Pared separadora de aulas (sin puertas) (Seis casos)	32.9 - 39.0 dBA
Pared separadora de aulas (con puertas) (Un caso)	17.6 dBA
Pared entre aula y pasillo (sin puertas) (Cuatro casos)	20.3 - 24.7 dBA
Pared entre aula y pasillo (con puertas) (Ocho casos)	15.7 - 20.5 dBA
Pared entre aula y la calle (Un caso)	29.6 dBA

4.- Análisis y valoración

La NBE-CA-1982 recomienda que los tiempos de reverberación de aulas estén comprendidos entre 0.8 y 1.5 s. De acuerdo con este criterio, seis de los nueve grupos estudiados se encuentran dentro de la norma. Por el contrario, atendiendo a las recomendaciones usuales (Recuero, 1992) de tiempo de reverberación óptimo para locales destinados a la transmisión de la palabra en función del volumen, encontramos que para las aulas estudiadas, estos tiempos varían de 0.75 a 0.90 s, con lo que todas las aulas se encuentran con un Tiempo de reverberación muy por encima del óptimo.

Dado que las medidas se han realizado con el aula vacía, podemos prever el nuevo Tiempo de reverberación que conllevarían distintos grados de ocupación. En concreto se han realizado los cálculos correspondientes a una ocupación del 25, 50 y 100 % (Es de señalar que, en la práctica, la ocupación media viene a ser del 50%). Para ello se ha utilizado la fórmula de Sabine para el tiempo de reverberación y los coeficientes de absorción correspondientes a "espectador en asiento de madera" (Recuero, 1982). El análisis de los valores calculados indica que la recomendación de la NBE-CA-1982 -1982 se cumple en todos los casos, excepto para el grupo 8 con ocupación del 25 % y el grupo 9 con ocupación del 25 y 50 %. Por el contrario, los valores calculados se desvían del Tiempo Óptimo de Reverberación en menos de 0.1 s en los casos de los grupos en los grupos del 1 al 7 con ocupación del 100% y en los grupos 3 y 4 con ocupación del 50%.

De lo anterior se puede afirmar que, en general, los Tiempos de Reverberación son excesivamente altos, lo que está en consonancia con las características poco absorbentes de los materiales del aula.

La valoración del índice RASTI se suele hacer según el siguiente criterio: Malo (0-0.3), Pobre (0.3-0.45), Regular (0.45-0.6), Bueno (0.6-0.75) y Excelente (0.75-1). A la vista de la Tabla 3, podemos afirmar que la inteligibilidad de la palabra según el índice RASTI es, en general, regular y en algunos casos pobre. También se observa una ligera pérdida de inteligibilidad en presencia de la ventilación forzada y del apoyo electroacústico, debido probablemente al excesivo ruido producido por los mismos. Del análisis de los índices de pérdida de modulación, se puede afirmar que la causa fundamental de la pérdida de inteligibilidad es la excesiva reverberación.

La NBE-CA-1982 exige que el aislamiento mínimo a ruido aéreo R de paredes separadoras de aulas y paredes separadoras de aulas y zonas comunes del edificio (excluidas las puertas) en edificios docentes sea 45 dBA. Como se puede ver, ninguna de las diez particiones de estas características que se han estudiado alcanza esta cifra.

Para valorar el aislamiento de particiones con puertas, hemos tenido en cuenta que el nivel máximo de inmisión recomendado en el Anexo 5 de la norma citada es de 40 dBA. Considerando un nivel de referencia de 60 dBA (correspondiente a una conversación entre personas) en los pasillos, restando los valores del aislamiento de las particiones con puertas vemos que sólo en tres de los nueve casos estudiados se respeta el nivel máximo de inmisión.

Para valorar el aislamiento de la pared con el exterior hemos efectuado los cálculos como en el apartado anterior, tomando como nivel de referencia en la fachada del edificio 50 dBA (correspondiente a una zona relativamente tranquila del Campus). Se obtiene que en este caso el aislamiento es suficiente.

La valoración global que podemos hacer es que, en general, el aislamiento es insuficiente.

Estos resultados del Tiempo de Reverberación, RASTI y Aislamiento Acústico nos permiten valorar las condiciones acústicas de las aulas estudiadas como inadecuadas. Este resultado está en consonancia con la valoración subjetiva que hacen alumnos y profesores, tal como se refleja en el estudio "Las condiciones acústicas en el Aulario" (Ancín, 1995).

5.- Conclusiones

- 1.- Se ha realizado una evaluación de las condiciones acústicas de las aulas del Edificio Aulario de la Universidad Pública de Navarra, consistente en el estudio del Tiempo de Reverberación, RASTI y Aislamiento Acústico Normalizado de diez aulas representativas de las noventa y siete existentes.
- 2.- En general, el Tiempo de Reverberación se ajusta a lo recomendado por la NBE-CA-1982, pero resulta superior al Tiempo Optimo de Reverberación para la transmisión de la palabra.
- 3.- La inteligibilidad de la palabra, valorada según el índice RASTI es regular o pobre. La causa de la pérdida de inteligibilidad es la excesiva reverberación.
- 4.- El aislamiento acústico solo es adecuado en cuatro de las veinte particiones estudiadas. Las mayores deficiencias se dan en las particiones en las que hay puertas.
- 5.- La valoración global de las condiciones acústicas de las aulas estudiadas es de inadecuadas.

6.- Referencias bibliográficas

- Ancín, M., 1995 .- "Las condiciones acústicas del Aulario".- Licenciatura en Sociología. Universidad Pública de Navarra
- Arana, M., 1994 .- "Inteligibilidad de la Palabra del Aula Magna de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) en diferentes condiciones de utilización".- Teciacústica, 1994. Valencia.
- Delgado, C., 1994 .- "Inteligibilidad de la Palabra en aulas escolares".- Revista de Acústica Vol XXV, nº 1 y 2
- García, A., 1993 .- "Resultados de un nuevo estudio de las condiciones acústicas del campus universitario de Burjassot (Valencia) .- Tecniacustica, 1993. Valladolid.
- Recuero, M., 1984 .- "Características acústicas de recintos para grabación sonora. Tomo I".- Instituto oficial de Radio y Televisión. Madrid
- Recuero, M., 1992 .- "Acústica Arquitectónica".- Editorial Paraninfo. Madrid
- Romero, J., 1995.- "Condiciones acústicas y percepción en dos Centros de Secundaria de Gandía".- Tecniacústica, 1995. La Coruña.
- Santiago J.S., 1994 .- "Inteligibilidad de la Palabra en aulas escolares II".- Revista de Acústica Vol XXV, nº 3 y 4.
- Sanz, S.A., 1993 .- "Los efectos del ruido de tráfico sobre el rendimiento de los alumnos en colegios de enseñanza primaria".- Tecniacústica, 1993. Valladolid.
- Vera, J., 1994 .- "Análisis global de las características de las aulas de la Universidad de Alicante.- Tecniacústica, 1994. Valencia.
- Vela, A., 1993 .- "Inteligibilidad del Aula Magna de la E.T.S.A. de la U.P.V. de San Sebastián. Tecniacústica, 1993. Valladolid.