

ESTUDIO DEL GRADO DE ADECUACIÓN ACÚSTICA EN AULAS DE CENTROS DE ENSEÑANZA PRIMARIA DE LA CIUDAD DE MURCIA

PACS: 43.55.Gx

José Ramón Gil de Pareja Martínez¹; Pablo Suárez Pando²; Juan Miguel Navarro Ruiz³

¹Ingeniería Acústico ACRE AMBIENTAL, S.L.

acreambiental@acreambiental.com;

²Escuela Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación, UCAM

psppablo@gmail.com;

³Profesor UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia

jmnavarro@ucam.edu.

ABSTRACT

The present work aims to analyze the degree of adequacy of the classrooms in the Centers for Early Childhood Education and Primary School in the city of Murcia. Reverberation time and background noise measurements have been carried out (in order to determine the NC curve) in diverse classrooms of a total of 13 schools.

In addition, it has also been an object of the study whether the design conditions followed so far in the building projects of educational centers are appropriate and to assess whether these design conditions need to be reviewed in order to ensure the compliance with the requirements stipulated in the DB-HR of the CTE.

RESUMEN

El objeto de este trabajo es hacer un análisis del grado de adecuación de las aulas docentes de los C.E.I.P. (Centros de Enseñanza de Educación Infantil y Primaria) de la ciudad de Murcia. Se han efectuado mediciones de Tiempo de Reverberación y de Ruido de Fondo (a fin de determinar la curva NC) en diversas aulas de un total de 13 centros.

Además, también ha sido objeto del estudio saber si las condiciones de diseño seguidas hasta el momento en los proyectos de edificación de centros docentes son las adecuadas y valorar si esas condiciones de diseño deben ser revisadas a fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos que establece el DB-HR del CTE (Documento Básico de Protección frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación).

1.- INTRODUCCIÓN

Conocedores de la importancia que tienen el diseño del aislamiento y acondicionamiento acústico de las aulas de enseñanza, se pretende mediante el presente estudio conocer el grado de adecuación de las aulas destinadas a la enseñanza en edades en las que la falta de atención es uno de los principales factores de fracaso escolar.

El rendimiento académico se ve comprometido en aulas con escaso aislamiento y mal acondicionamiento. Entre los principales problemas ocasionados por la ininteligibilidad del mensaje podemos destacar:

- Fatiga y falta de concentración en el profesor
- Problemas físicos (vocales) y psicológicos (irritabilidad) en el profesor.
- Pérdida de atención del alumno.
- Disminución del rendimiento del alumno.
- Fracaso de la función docente en su conjunto

Estos problemas se ven agudizados en el alumnado con algún tipo de trastorno.

Los resultados obtenidos serán comparados con los valores recomendados en bibliografía específica [1] [2] a fin de conocer si las aulas cuentan con unas condiciones acústicas favorables para la audición de la palabra. Se recomienda que en aulas no se supere la curva NC-30.

Además, el estudio tiene como objetivo final conocer si los diseños seguidos hasta la fecha cumplen con requisitos que establece el DB-HR del CTE [3] para nuevos centros, pues aunque hasta la entrada en vigor de la citada normativa no existían requisitos de calidad acústica para este tipo de recintos, con la entrada en vigor del CTE las aulas docentes están sujetas a unos requisitos de acondicionamiento acústico.

El estudio se divide en 5 apartados. Existe un primer apartado en el que se describe brevemente la metodología empleada para las mediciones así como la manera de abordar los trabajos realizados. Le siguen dos apartados con los valores obtenidos de Tiempo de Reverberación y curvas NC seguido del análisis de estos valores. Se cierra el estudio con una propuesta para mejorar la situación actual y con recomendaciones para mejorar la situación futura de la calidad acústica es las aulas.

2.- DESARROLLO DEL PROYECTO – METODOLOGÍA

Se seleccionaron un total de 13 centros y en cada uno de ellos se seleccionó 2 aulas ya que en el interior de un mismo centro el diseño de aulas es muy similar y en muchos casos idéntico (misma geometría y materiales de acabado). Además, se comprobó que existe un patrón de diseño arquitectónico según la fecha de construcción de los centros.

Todas las mediciones se realizaron con un sonómetro integrador tipo 1 marca Brüel & Kjaer, modelo 2260 Observer, calibrado antes y después de cada medida.

Por un lado se efectuaron medidas de Tiempo Reverberación a fin de valorar el acondicionamiento acústico del aula. Además se efectuaron medidas de Ruido Fondo para conocer la curva NC asociada al aula y poder valorar el grado de aislamiento acústico, que a su vez condiciona la calidad del acondicionamiento.

Se seleccionaron dos puntos de medida y en cada uno de los puntos se efectuaron 2 ensayos de Ruido de Fondo y otros 2 de TR. El sonómetro se colocó en puntos de la zona de pupitres, sobre un trípode a una altura de 1,20 m (altura aproximada del oído en alumno sentado). Se realizan mediciones “in situ” tomando como guía las especificaciones de la norma UNE-EN ISO 3382-2:2008 - Medición de parámetros acústicos en recintos Parte2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios [4].

La evaluación del Tiempo de Reverberación se realizó con Ruido Impulsivo. Con los valores de TR obtenidos por frecuencia se calcula TRmid. Los valores límite marcados en el DB-HR son la media de los valores a 500, 1000 y 2000 Hz (Anexo A-Metodología) [3].

Si bien es cierto que las mediciones se efectuaron sin ocupación, por cuestiones de operatividad las mediciones se efectuaron con el mobiliario del aula. En caso de haber retirado el mobiliario, los TR medidos se habrían visto levemente incrementados por lo que los resultados arrojados nos permiten valorar perfectamente el grado de adecuación de la calidad y su pertinente comparativa con los requisitos del DB-HR.

3.- RESULTADOS - TIEMPO DE REVERBERACIÓN

COLE	POBLACION	CEIP	AULA	500	1k	2k	TRmid
1	Guadalupe	Virgen de Guadalupe	1	1,05	1,04	0,99	1,03
1	Guadalupe	Virgen de Guadalupe	2	0,75	0,75	0,70	0,73
2	Murcia-Infante	Los Alamos	1	1,54	1,51	1,31	1,45
2	Murcia-Infante	Los Alamos	2	1,63	1,66	1,46	1,58
3	Murcia-Infante	Félix Rodríguez de la Fuente	1	1,05	1,09	1,05	1,06
3	Murcia-Infante	Félix Rodríguez de la Fuente	2	1,10	1,12	1,09	1,10
4	La Ñora	Ntra Sra del Paso	1	1,04	1,06	1,02	1,04
4	La Ñora	Ntra Sra del Paso	2	1,42	1,26	1,22	1,30
5	Roldan	Hernandez Ardieta	1	1,11	0,96	0,84	0,97
5	Roldan	Hernandez Ardieta	2	1,58	1,79	1,64	1,67
6	Zarandona	San Félix	1	1,45	1,46	1,41	1,44
6	Zarandona	San Félix	2	0,74	0,86	0,85	0,82
7	Casillas	Juan de la Cierva	1	0,93	0,98	0,98	0,96
7	Casillas	Juan de la Cierva	2	0,74	0,68	0,65	0,69
8	Puente Tocinos	Infanta Cristina	1	0,86	0,91	0,79	0,85
8	Puente Tocinos	Infanta Cristina	2	0,88	0,83	0,75	0,82
9	Murcia-Sto. Domingo	Cierva Peñafiel	1	1,24	1,26	1,24	1,25
9	Murcia-Sto. Domingo	Cierva Peñafiel	2	1,34	1,36	1,38	1,36
10	Murcia-Belén	Ntra Sra de Belén	1	1,22	1,34	1,26	1,27
10	Murcia-Belén	Ntra Sra de Belén	2	1,05	1,12	1,01	1,06
11	Espinardo	Pedro Pérez Abadía	1	1,46	1,32	1,32	1,37
11	Espinardo	Pedro Pérez Abadía	2	1,39	1,22	1,30	1,30
12	Murcia-Seda	Maestro José Castaño	1	1,20	1,28	1,17	1,22
12	Murcia-Seda	Maestro José Castaño	2	1,22	1,24	1,12	1,19
13	Murcia-Infante	Mariano Aroca	1	1,12	1,10	1,07	1,10
13	Murcia-Infante	Mariano Aroca	2	0,87	0,85	0,84	0,85

Tabla 1. Valores de TRmid

Datos estadísticos:

rango TR	Nº aulas	%
TR < 0,7 s	1	4 %
0,7 s – 1 s	7	27 %
TR > 1 s	18	69 %

Tabla 2. Datos estadísticos de los valores de TRmid

4.- RESULTADOS - CURVA NC

COLE	LAeq	63	125	250	500	1 k	2K	4K	8K	CURVA
1	32,4	35,2	33,8	27,0	24,7	21,9	19,6	15,3	9,6	NC-25
1	32,1	31,8	29,1	26,7	26,2	19,7	19,6	14,0	10,1	NC-25
2	36,0	35,9	35,4	33,0	31,7	23,7	22,0	11,4	7,2	NC-30
2	35,5	39,3	38,5	32,0	28,9	22,1	22,2	15,7	9,8	NC-25
3	30,4	39,9	28,7	25,5	24,1	19,1	15,0	10,3	7,7	NC-25
3	35,0	43,8	34,5	30,5	29,4	22,4	13,8	8,8	7,0	NC-25
4	39,9	55,5	38,4	37,9	31,0	25,2	25,0	15,5	14,5	NC-30
4	32,9	48,2	33,9	30,0	24,4	16,4	14,4	19,2	7,4	NC-25
5	32,6	42,4	29,3	24,5	28,7	21,1	16,4	19,2	8,0	NC-25
5	32,1	46,2	28,5	27,8	27,3	19,2	17,5	18,0	14,3	NC-25
6	35,7	29,5	26,2	25,1	24,4	20,4	19,0	30,3	9,0	NC-25
6	32,0	32,1	25,4	22,4	23,3	19,3	15,9	26,5	9,0	NC-30
7	32,7	33,4	26,7	25,8	23,8	23,0	20,6	14,5	9,0	NC-25
7	35,4	25,4	35,8	31,9	25,7	26,3	20,8	13,1	9,0	NC-25
8	31,3	31,6	27,0	19,5	24,1	20,6	15,4	11,8	9,0	NC-20
8	31,2	44,4	25,6	25,0	23,7	20,5	17,1	12,2	9,0	NC-20
9	37,5	40,7	35,0	33,9	29,8	29,2	23,9	20,3	10,9	NC-30
9	42,3	46,8	40,4	37,5	35,7	28,8	29,7	28,2	18,6	NC-35
10	36,3	37,0	33,6	34,4	28,1	24,6	17,2	14,1	9,0	NC-25
10	33,3	37,3	28,9	29,0	22,6	22,6	20,9	18,0	9,0	NC-25
11	35,8	48,9	37,4	30,5	28,2	24,2	22,1	21,5	11,3	NC-25
11	35,4	44,3	39,2	29,3	26,6	24,7	21,7	20,0	9,3	NC-25
12	39,7	50,8	37,1	37,4	31,6	27,5	28,6	18,7	11,7	NC-30
12	35,9	50,3	33,4	33,2	29,7	25,3	20,9	11,7	7,3	NC-25
13	33,4	41,2	30,1	23,6	26,0	24,0	19,9	13,8	6,9	NC-25
13	37,4	40,1	30,9	27,6	29,1	28,3	25,9	19,9	10,5	NC-30

Tabla 3. Valores de Curva NC

COLE	POBLACION	CEIP
1	Guadalupe	Virgen de Guadalupe
2	Murcia-Infante	Los Alamos
3	Murcia-Infante	Félix Rodríguez de la Fuente
4	La Ñora	Ntra Sra del Paso
5	Roldan	Hernandez Ardieta
6	Zarandona	San Félix
7	Casillas	Juan de la Cierva
8	Puente Tocinos	Infanta Cristina
9	Murcia-Sto. Domingo	Cierva Peñafiel
10	Murcia-Belén	Ntra Sra de Belén
11	Espinardo	Pedro Pérez Abadía
12	Murcia-Seda	Maestro José Castaño
13	Murcia-Infante	Mariano Aroca

5.- ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos de Tiempo de Reverberación (Tabla 2. Datos estadísticos de los valores de TRmid) podemos concluir que el 69 % de las aulas son demasiado reverberantes, lo que implica que la inteligibilidad de la palabra es insuficiente, sobre todo en los puntos más alejados de la fuente, donde el sonido directo recibido es menor. En estas aulas el valor del TRmid obtenido se sitúa por encima de los niveles recomendados para salas destinadas a la palabra (entre 0,7 segundos y 1 segundo).

Solo un aula (Colegio “Juan de la Cierva”) cuenta con TRmid inferior a 0,7 segundos.

El apartado 2.2 del DB-HR establece cuales deben ser los valores límite de tiempo de reverberación en aulas vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que 350 m³, no será mayor que 0,7 segundos. En nuestro caso todas las aulas en las que se efectuaron mediciones cuentan con un volumen entre 150-250 m³.

Se comprueba como debido al diseño erróneo de aulas y en consecuencia elevado tiempo de reverberación, cualquier sonido no deseado procedente del exterior o del propio centro se ve amplificado.

En base a los resultados obtenidos de Ruido de Fondo (Tabla 3. Valores de Curva NC) podemos concluir que solo en un aula (Colegio “Cierva Peñafiel”) el valor de la curva NC no se adapta a las recomendaciones.

La tabla B del Anexo II del Real Decreto 1367/2007 [5] (Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable) establece en 40 dBA el objetivo para aulas de edificios docentes. Únicamente en el caso de un aula del Colegio “Cierva Peñafiel” se obtiene un nivel superior a 40 dBA. Este valor se debe en gran parte a que se trata de un colegio con más de 100 años de antigüedad con carpinterías de muy baja calidad y salas con gran volumen.

Es evidente que el rendimiento académico se ve condicionado por las condiciones acústicas del aula. Por otro lado, la mayoría de los colegios se encuentran situados en núcleos urbanos con una elevada densidad de población. En consecuencia, existe un gran número de focos contaminantes (ruido de tráfico, trenes, tranvías, etc.).

Estos resultados ponen de manifiesto que el diseño seguido hasta la fecha no se adapta a las necesidades actuales en base a las directrices marcadas para nuevos proyectos arquitectónicos (DB-HR del CTE). Bien es sabido que el coste de la adecuación de un recinto mal diseñado es muy superior que el coste considerarlo en la fase de diseño.

Deberán tenerse en cuenta en futuros proyectos no solo las propiedades de acondicionamiento y aislamiento del aula sino también la orientación de las aulas en base a la situación de los focos sonoros contaminantes exteriores (incluidos los del propio centro).

6.- PROPUESTA DE MEJORA EN LAS AULAS EXISTENTES

Todas las aulas tienen materiales de acabado similares. Los revestimientos verticales están enfoscados con mortero de cemento, enlucido de yeso y pintadas. Los suelos son de terrazo y la mayor parte de los techos son el propio forjado enfoscado y enlucido. Únicamente dos colegios cuentan con techo desmontable.

La mayor parte de las ventanas son de carpintería metálica corredera y cuentan con escaso aislamiento acústico. Únicamente las aulas del colegio “Maestro José Castaño” con fachada a la Autovía A-30 cuentan con doble carpintería aunque se comprobó que el Ruido de Fondo medido con una carpintería cerrada difería muy poco del valor medido con ambas carpinterías cerradas lo que permite concluir que el punto crítico de fachada es el tambor de persiana.

El colegio “Mariano Aroca” cuenta con carpintería abatible aunque la misma es antigua y de escaso aislamiento acústico.

Son pocos los centros que cuentan con Aire Acondicionado por lo que en periodos calurosos, el valor de la curva NC se ve incrementado notablemente.

Si se desea mejorar las características acústicas se podrían realizar entre otras las siguientes acciones, valorando la inversión económica de la acción y la efectividad de la misma:

- Mejorar la calidad y/o ajustar las carpinterías exteriores (para reducir la aportación del ruido procedente de carreteras próximas, tranvía, patio del propio centro, etc.).
- Mejorar la calidad y/o ajustar las carpinterías interiores (para reducir la aportación del ruido procedente de pasillos y aulas del propio centro).
- Reforzar el aislamiento de los tambuchos de persiana.
- Colocar baffles acústicos o techos desmontables fonoabsorbentes
- Sustituir las sillas y mesas por otras con mayor coeficiente de absorción.
- Instalación de Aire Acondicionado con bajo nivel de emisión sonora.
- Instalación de Cortinaje con alto coeficiente de absorción.
- Instalación de materiales fonoabsorbentes en paredes (esta solución implica un estudio pormenorizado ya que debe existir un compromiso entre la durabilidad del material, grado de absorción y coste económico del mismo).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *ABC de la Acústica Arquitectónica*. Higiní Arau Puchades
- [2] *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* - Antoni Carrión Isbert
- [3] REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- [4] UNE-EN ISO 3382-2:2008 *Medición de parámetros acústicos en recintos Parte2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios*.
- [5] REAL DECRETO 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 7/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- [6] *Speech Intelligibility of Young School-Aged Children in the Presence of Real-Life Classroom Noise* Donald G. Jamieson / Garry Kranjc / Karen Yu / William E. Hodgetts