



Estudio de las condiciones acústicas de algunas salas y pequeños auditorios

Julio González Suárez
José Ignacio Rivera Sánchez
María Machimbarrena Gutiérrez
Jesús García Puebla
Departamento de Óptica Y Física Aplicada. Sección Departamental de
Arquitectura.
Universidad de Valladolid.

En el trabajo que presentamos exponemos los estudios realizados para el acondicionamiento acústico de varias salas que tienen como uso principal el de la transmisión de la palabra. En estos estudios nos ocupamos de tres aspectos fundamentales:

- 1º.- Evaluación de la calidad acústica del local, efectuando medidas de niveles sonoros y tiempos de reverberación, con la correspondiente propuesta de acondicionamiento y en los casos en que se haya ejecutado la obra necesaria para la acomodación del local a las exigencias previstas, valoración de los resultados obtenidos.
- 2º.- Estimación de las características acústicas del local usando como técnica el software "Raynoise" (Revisión 2.1).
- 3º.- Comparación de los resultados obtenidos por ambos métodos.

Para el estudio de las condiciones acústicas del local a partir de medidas acústicas, se evaluaron los niveles sonoros N y tiempos de reverberación Tr en varios puntos de las salas para frecuencias en 1/3 de octava, fijándonos especialmente en la distribución del sonido en la sala y la acomodación de los valores de Tr a los previstos como más adecuados en función del uso de la sala.

El procedimiento que desarrolla el Raynoise se basa sustancialmente en la acústica geométrica diferenciando dos métodos: método de las imágenes y método de los rayos. Siguiendo la marcha de los rayos se trata de determinar, para una situación imaginaria de la fuente, la distribución de los niveles sonoros por la sala y los valores de los Tr y de otros parámetros acústicos, tomando como datos de entrada la geometría de la sala, las características de absorción de la superficie del local y la presencia de objetos. En nuestro caso la geometría de la sala se incorporó mediante dibujos realizados en AutoCAD y los coeficientes de absorción, de los materiales que componen el revestimiento de la sala, a partir de tablas con los valores por frecuencias que vienen adjuntos con el programa.

1.- Mediciones realizadas

El equipo acústico empleado ha consistido en:

- Fuente sonora: 4224 de Brüel & Kjaer.
- Analizador portátil de dos canales a tiempo real: 2144 de Brüel & Kjaer con el equipamiento de micrófono, preamplificadores y resto del equipo que es necesario para realizar estas medidas.
- Software de acústica de edificios BKWT-9343, de Brüel & Kjaer.

Las salas estudiadas fueron:

- Salón de Actos de la E.T.S. de Arquitectura de Valladolid.
- Salón de Grados de la E.T.S. de Arquitectura de Valladolid.

- Sala de Profesores de la Escuela de Estudios Empresariales de Valladolid.
- Auditorio de la Fundación Díaz-Caneja (Palencia).

En los dos primeros casos el estudio se centra en evaluar la calidad acústica a partir de las medidas experimentales y de Raynoise, siendo parte de estas mediciones la base para una próxima intervención en el Salón de Grados.

En las dos últimas salas el estudio realizado consiste en completar las mediciones ya realizadas (1), (2), comparándolas con los valores obtenidos después de actuaciones de remodelación como, por ejemplo, en la Sala de Profesores de Empresariales y con la respuesta del público en el caso del Salón de Actos.

2.- Análisis de salas mediante Raynoise:

Se introdujo en el programa informático los datos referentes a la dos salas de la E.T.S. de Arquitectura y de los de la fundación Díaz-Caneja, tanto el estado original de la sala como el resultado de la posterior remodelación.

El principal problema que aparece usando este programa es que las variables que se pueden decidir por el usuario, como son el número de rayos, el orden de reflexión y el tiempo en que los rayos están trazando su recorrido, hacen que los resultados puedan variar considerablemente, no tanto el Nivel pero sí el Tiempo de Reverberación. Para el presente documento se ha buscado la combinación de parámetros que ofrezca unos resultados lo más parecidos a las medidas, que en algún caso son resultados aceptables pero que en otras ocasiones, o para determinadas frecuencias, no tienen nada que ver con los medidos en las salas. En general, a falta de unos parámetros únicos, se puede decir que los resultados más adecuados se han obtenido para un tiempo de trayectoria inferior a 150 ms, alrededor de 10 reflexiones y 4000 rayos como máximo.

3.- Comparación de los resultados

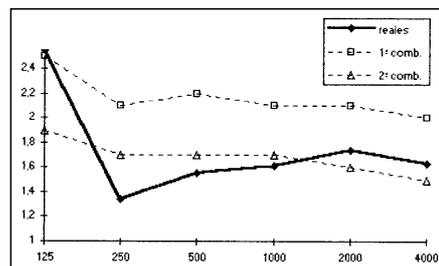
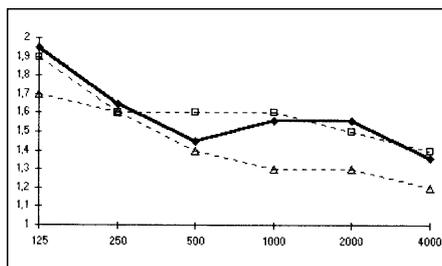
La comparación de los resultados de Raynoise con las medidas realizadas se llevará a cabo por octavas, comprendidas entre 100 y 4KHz

A continuación se detallará sala a sala:

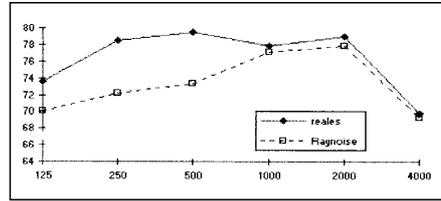
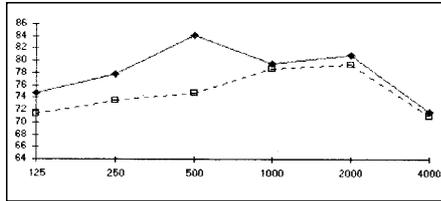
- Salón de Grados:

Aunque se tomaron medidas en diez posiciones distintas de micrófono, la comparación se realizará solamente para dos posiciones significativas del receptor, una próxima y otra alejada de la fuente emisora. Para obtener los resultados del ordenador se tomó dos grupos de parámetros, para mostrar que los resultados obtenidos por una combinación de los mismos aplicada a todos los puntos de la sala no tiene por qué dar resultados satisfactorios para todas las posiciones de micrófonos receptores.

- 1ª combinación: 50 ms, 10 reflexiones, 1000 rayos.
- 2ª combinación: 150 ms, 10 reflexiones, 4000 rayos.



En los gráficos 1 y 2 se definen los valores del Tr obtenidos a partir de las dos combinaciones y los medidos, en las dos posiciones citadas. Se advierte, por un lado, un Tr bastante alto para una sala destinada a la palabra, y por otro lado, que Raynoise da resultados aceptables dependiendo de la combinación. En una próxima intervención se recubrirá parte de los paramentos con material absorbente para obtener un Tr próximo a 1 segundo, que es el tiempo ideal para el uso de la palabra.

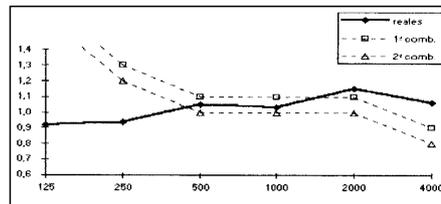
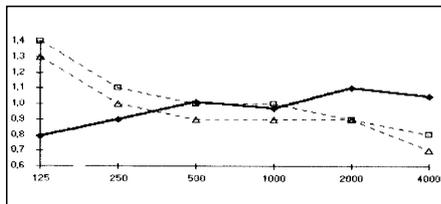


En los gráficos 3 y 4 se ve que los resultados más parecidos a los medidos se dan para altas frecuencias.

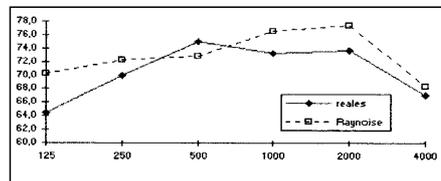
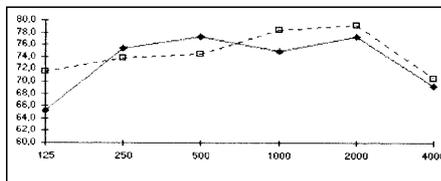
- Salón de Actos:

En el salón de actos se siguió el mismo procedimiento de obtención de datos, tanto reales como mediante el ordenador. En este caso la comparación muestra datos más dispares que en el caso anterior. Variando parámetros se ve que el ordenador ofrece espectros paralelos, a mayor o menor altura, por lo que se obtienen valores aceptables para algunas frecuencias, pero no para todas en conjunto.

- 1ª combinación: 125 ms, 10 reflexiones, 4000 rayos.
- 2ª combinación: 100 ms, 8 reflexiones, 4000 rayos.



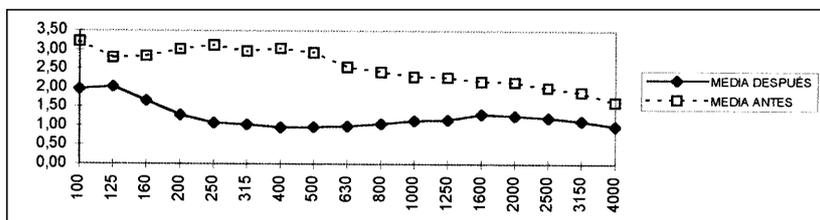
En estas gráficas 5 y 6 se ve que para las frecuencias centrales los resultados y las medidas tienen cierta coincidencia, pero para las demás los resultados son muy dispersos.



En estas gráficas 7 y 8 las curvas se cruzan en determinadas frecuencias, no ofreciendo datos tan aproximados como en el anterior ejemplo.

- Sala de Profesores de Empresariales:

En este caso la sala tenía problemas de inteligibilidad, con un tiempo de reverberación muy alto para una sala destinada exclusivamente al uso de la palabra, producido por un excesivo volumen para la poca capa-



Gráfica 9. Comparación de Tr de la sala de Empresariales antes y después de la intervención.

cidad de personal, ausencia de materiales absorbentes que redujeran dicha reverberación, aparte de otros problemas añadidos por ecos, etc. En este caso el estudio consiste en estudiar los resultados obtenidos tras el acondicionamiento efectuado a partir de las sugerencias expuestas en el informe correspondiente (1). La geometría y características de esta sala también se introdujeron en Raynoise, pero los resultados que el programa ofreció fueron muy inexactos y se descartó su uso.

En la gráfica 9 se expone por tercios de octava de las medidas del Tr de la situación original y de las posteriores tras la reforma.

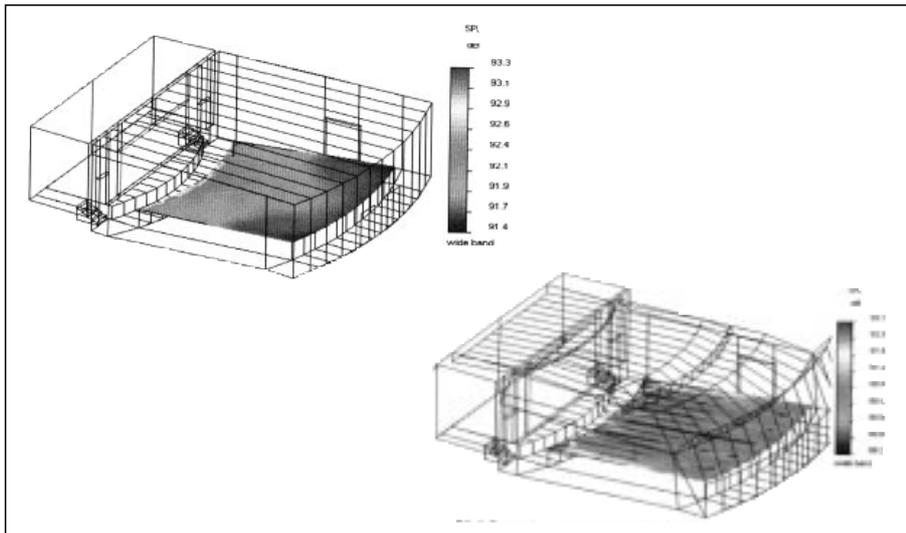
Tras la intervención de rehabilitación se consiguió disminuir notablemente el Tr de la sala, quedando el Tr alrededor de 1 segundo, (como se pretende en el Salón de Grados)

- Fundación Díaz Caneja:

El pequeño auditorio de la fundación se destina tanto al uso de la palabra como al de la música. Tenía problemas derivados de una mala audibilidad, no tanto por un tiempo de reverberación elevado sino por la marcada directividad de la sala, con un nivel que decaía en relación con la distancia. Por ello, la principal intención era conseguir homogeneizar las cualidades sonoras del recinto. La actuación se centró principalmente en los techos, mediante una nueva geometría de modo que a toda la zona de butacas llegase al menos sonido directo y de 1ª reflexión desde el techo.

Se introdujo en Raynoise la geometría y datos del auditorio antes y después de la remodelación para poder comparar mediante mapas de iso-contornos la mayor o menor homogeneidad obtenida tras la actuación de rehabilitación de la sala.

Como se aprecia en los mapas, el resultado es una mayor homogeneidad, aunque, debido a que Raynoise no admite superficies curvas sino que éstas deben ser descompuestas en caras planas, hay zonas en las que la homogeneidad no es total. También se observa que en conjunto el nivel es más bajo, ya que gran parte de la energía sonora, tras la reflexión en el techo, llega a la zona de butacas donde se absorbe una gran parte de su energía.



Cabe indicar que Raynoise, más que para obtener datos absolutos sobre las características acústicas de recintos, es una herramienta válida para comparar y estudiar modificaciones, usando los datos de un modo relativo.

Bibliografía

- (1) Tecniaústica Coruña '94.
- (2) Montajes e Instalaciones. Nº 296. Junio 1996.