

## ESTUDIO DE LA CALIDAD ACÚSTICA E INTELIGIBILIDAD DEL SALÓN DE ACTOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CÁCERES

Barrigón Morillas, J.M.; Gómez Escobar, V. y Gutiérrez Marcos, P.D.  
Dpto. de Física, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura.

### SUMMARY

In the Escuela Politécnica of the Universidad de Extremadura, placed in Cáceres (Spain), two initially projected classrooms were transformed in an Assembly Hall. This hall is usually used as board room and contains some absorbent materials asymmetrically distributed. The particularities of abnormal dimensions and asymmetric distribution of absorbent materials made it interesting to be studied. Sound pressure level distribution, reverberation time and background noise were measured in order to analyse the acoustic characteristics of the room. In addition, intelligibility measurements were performed by means of phonetically balanced words. The results obtained show a good capability of the room for its common use.

### INTRODUCCIÓN

En uno de los edificios que posee la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura (UEX) en Cáceres, hemos hecho estudios de caracterización acústica de la sala que actualmente viene utilizándose como Salón de Actos y en la cual también se realizan de forma asidua reuniones de la Junta de Gobierno de la UEX.

Dicha sala se obtuvo a partir de la unión de dos aulas de pequeño tamaño, con las implicaciones arquitectónicas que ello conlleva, en lo que se refiere al acabado de las paredes, del suelo y al tipo de mobiliario previsto. Dado que, posteriormente, se incluyó otro tipo de mobiliario, cortinaje a lo largo de uno de los laterales, etc., hemos considerado de interés comprobar la calidad acústica del recinto.

Hemos medido parámetros objetivos, como pueden ser la distribución de presión sonora, el tiempo de reverberación y ruido de fondo. Además, hemos realizado medidas de inteligibilidad subjetiva de la palabra mediante la emisión de logatomos fonéticamente balanceados (1).

### DESCRIPCIÓN DEL LOCAL

El Salón de Actos se encuentra en la planta baja de uno de los edificios que componen la Escuela Politécnica. Su forma es aproximadamente la de un paralelepípedo de base cuadrangular de 7,9 m. de ancho por 15,4 m. de largo, aunque la zona de acceso al recinto, que se encuentra hacia la mitad del local (consecuencia de su origen), es entrante al mismo, como puede verse en la figura 1. Su altura es de 3,0 m. La proporción entre sus dimensiones viene a ser, por tanto:  $1 \times 2,6 \times 5,1$ ; bastante alejada de la que suele ser recomendable (2).

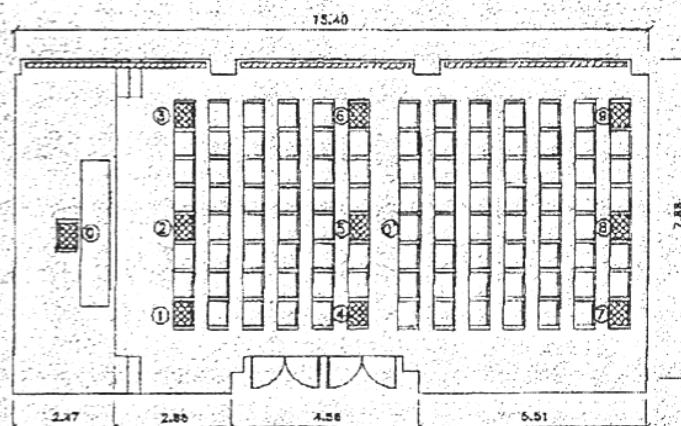


Fig. 1.- Esquema del Salón de Actos estudiado, con los puntos de muestreo.

La sala posee una tarima, recubierta de moqueta, en la que se sitúan las mesas y sillones que ocupan las autoridades, conferenciantes, etc., estando la pared de su fondo cubierta con corcho. La pared contraria a la de acceso se encuentra prácticamente revestida por una cortina y el suelo ha sido recubierto con corcho. La capacidad del recinto es de 104 personas sentadas, situadas en 13 filas.

## TÉCNICA Y REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS

El equipo de medida, de la marca Brüel & Kjær, se compone de: un analizador modelo 2260, con un micrófono de ½ pulgada y con los programas internos BZ7402 (Análisis sonoro) y BZ7404 (Acústica de edificios), una fuente sonora omnidireccional modelo 4296, un amplificador modelo 2716 y un calibrador modelo 4231.

Dada la posible asimetría que en la acústica de la sala podrían introducir las cortinas situadas a lo largo de una de las paredes laterales del salón, hemos realizado un conjunto de medidas con las cortinas corridas y otro descorridas, analizando sus posibles diferencias. También, basándonos en las circunstancias de utilización que puede tener este local -intercambio de pareceres entre personas que se encuentren en diversos lugares del auditorio- hemos considerado de interés situar la fuente emisora no sólo en la tarima, sino también en algún otro punto de la sala para analizar posibles variaciones.

**Posición de la fuente en el punto 0:** Con las cortinas corridas, en el primer proceso de toma de datos, y descorridas, en el segundo, se actuó del modo siguiente: Se recogieron tres medidas del ruido de fondo en las posiciones de la sala correspondientes a los puntos 2, 0' y 8 de la figura 1. Posteriormente, se realizan medidas del nivel sonoro en las posiciones 1 a 9 indicadas en la figura 1 (tres por punto) y medidas del tiempo de reverberación, promediando, en cada posición de las citadas, el resultado de cuatro medidas.

**Posición de la fuente en el punto 0':** Con las cortinas corridas se procede a la realización de tres medidas del ruido de fondo en el punto 0. Después, se procede a la medida del nivel sonoro y del tiempo de reverberación en los puntos 0, 1 a 3 y 7 a 9. El número de medidas por punto y el procedimiento fue similar al del caso anterior.

## RESULTADOS

### Nivel sonoro

Para estudiar la variación estadística, inherente al proceso de medida, en el valor del nivel equivalente de presión sonora en un punto determinado, hemos realizado tres medidas en cada punto, observando que el valor obtenido varía menos del 0,3 % para cada banda de frecuencias.

Dos aspectos resultan de interés al estudiar la variación del nivel sonoro en la sala que nos ocupa. El primero, la pérdida de nivel sonoro según nos alejamos del punto de emisión. El segundo viene asociado a la característica que la hace singular; esto es, la situación asimétrica de las cortinas a lo largo de la sala.

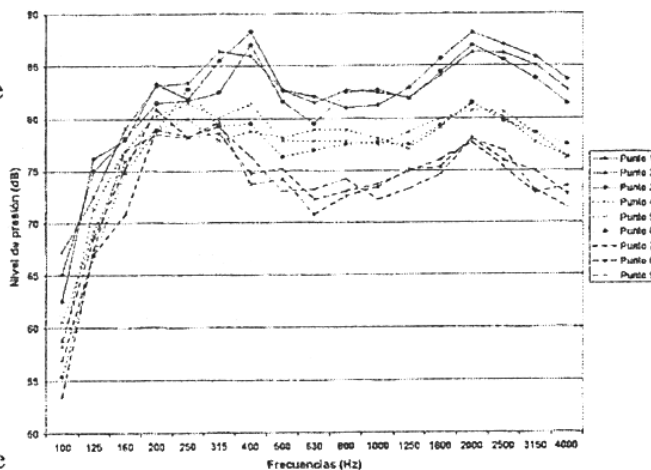


Fig. 2.- Variación del nivel sonoro con la frecuencia para los puntos estudiados. (cortinas corridas).

Respecto al primero, se observa la existencia de una disminución del nivel sonoro con la distancia a la fuente que, en una representación del nivel frente a la frecuencia (Fig. 2), constatamos que es del orden de 9 dB. entre la primera y última fila; valor, sin duda, significativo. La mayor importancia del campo directo entre la primera fila y la intermedia, que entre ésta y la fila final, explica el hecho de que en los cinco primeros metros la caída de nivel sea del orden de 4 a 5 dB, mientras que en los siete siguientes lo sea del orden de 3 dB, (Figs. 2 y 3).

Respecto al segundo, en el estudio del nivel sonoro frente a la frecuencia para cada fila se observó una cierta tendencia a la existencia de menor nivel en la zona cercana a las cortinas, tendencia que pudo apreciarse con cierta claridad en la figura 3, donde se muestra la variación del nivel sonoro global frente a la posición en la sala. Si observamos las gráficas de los niveles sonoros globales con las cortinas corridas y descorridas (Fig. 3), apreciamos que en la primera fila ambos son parecidos, pero en las filas siguientes ya se observan diferencias, que podrían ser explicadas teniendo en cuenta el efecto absorbente de las cortinas.

Con la fuente en el centro, pese a que la distancia a la fuente de las filas primera y última es similar, el nivel sonoro de la primera fila es ligeramente menor, posiblemente debido a la absorción en la moqueta de la tarima.

### Tiempo de reverberación

Se observa que, cuando la fuente se encuentra en la tarima, los tiempos de reverberación son algo menores para la primera fila (Fig. 4), suponemos que por efecto de la importancia en ella, respecto a las demás, del campo directo. En cambio, en la figura 5, en la que la columna 3 es la más cercana a las cortinas (puntos 3, 6 y 9), comprobamos que no se aprecian diferencias entre los valores obtenidos al acercarnos a las mismas.

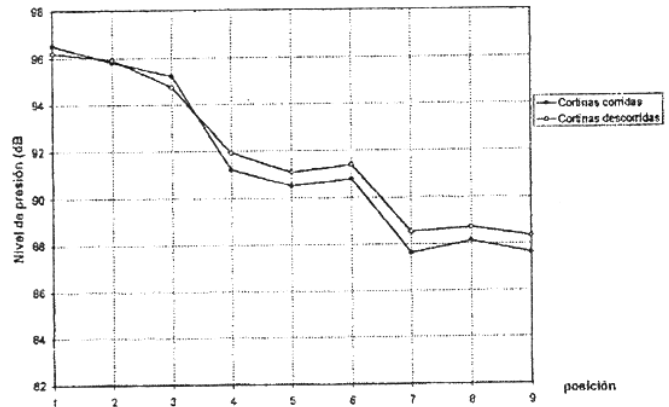


Fig. 3.- Variación del nivel sonoro global con la posición según el estado de las cortinas.

Observamos la existencia de pequeñas diferencias en el valor del tiempo de reverberación medio de la sala por frecuencias, en lo que respecta a las situaciones con las cortinas descorridas y con las cortinas corridas (Fig. 6).

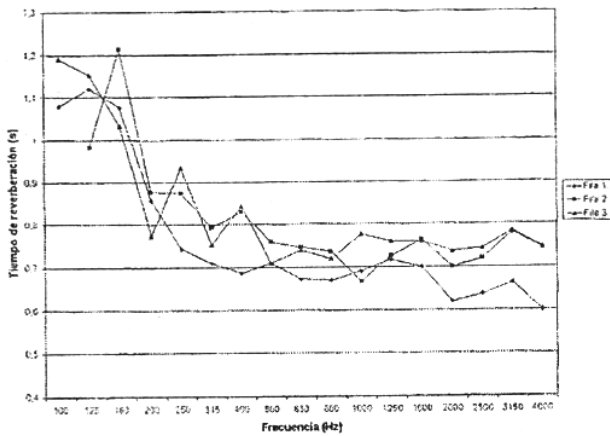


Fig. 4.- Variación de los valores promedio por fila del tiempo de reverberación con la frecuencia (cortinas corridas).

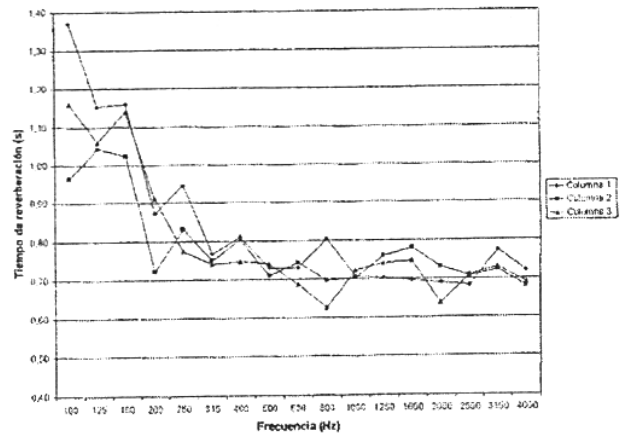


Fig. 5.- Variación de los valores promedio por columna del tiempo de reverberación con la frecuencia (cortinas corridas).

Los valores del tiempo de reverberación oscilan, a partir de la banda de 500 Hz., alrededor de 0,7 s.; obteniéndose una subida para bajas frecuencias, de forma que para 250 Hz. su valor es de 0,85 s. y 1,1 s. para 125 Hz. (Fig.6). Dadas las dimensiones de la sala ( $V = 350 \text{ m}^3$ ), estos resultados pueden considerarse compatibles para su uso como lugar de exposiciones orales y reuniones (2 y 4).

Con la fuente en el centro los resultados que obtenemos son similares a los obtenidos con ella en la tarima. Dado que, en este caso, el campo directo en la fila primera no es especialmente significativo, los valores obtenidos no muestran una diferencia significativa entre las filas primera y última.

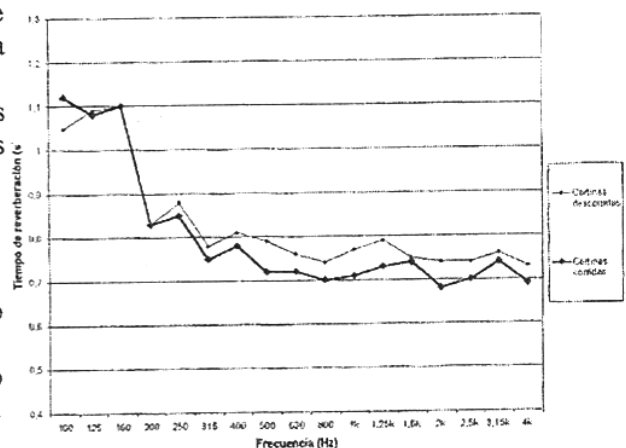


Fig. 6.- Variación de los valores promedio del tiempo de reverberación con la frecuencia, según el estado de las cortinas.

### PRUEBAS DE INTELIGIBILIDAD

La pérdida significativa del nivel sonoro con la distancia puede traducirse en una disminución de la inteligibilidad. Hemos realizado pruebas de inteligibilidad subjetiva mediante la emisión de nueve series de cien logatomos fonéticamente equilibrados, sin la utilización de una frase portadora.

Se utilizaron tres locutores, dos profesores y un alumno de la Universidad, todos con buena dicción. Cada uno emitió tres series. El orden de emisión de los logatomos en cada serie fue diferente y seleccionado al azar.

En cada uno de los puntos, (Fig. 2), en los que hemos medido los niveles sonoros y los tiempos de reverberación se ha situado un alumno, que iba apuntando los logatomos que iba entendiendo. Cada oyente ocupó una vez cada posición antes citadas, lo cual implica que en cada serie emitida realizamos una rotación, previamente definida. Este procedimiento permitía, asimismo, que los oyentes, a los cuales se les suponía motivados, permaneciesen en adecuado y deseable estado de alerta.

Durante el tiempo de emisión de cada serie de logatomos se tomaron medidas, mediante el analizador y el programa BZ7402, de diversos parámetros acústicos, situando el micrófono en la posición 0°. Posteriormente se comprobó que los niveles  $L_{Eq}$  y  $L_{50}$  se mantenían en valores aceptables y similares para los tres oradores. Asimismo comprobamos que el nivel de fondo fue, en todo momento, inferior a 35 dB.

#### *Criterios de evaluación de las pruebas y de comprobación de su validez*

Aquellos sonidos cuya grafía no era coincidente, pero su pronunciación era similar, se consideraron válidos.

Se comprobó que los valores medios de acierto por posición y oyente no se apartasen del valor medio obtenido para la posición más de dos veces la desviación típica correspondiente, y los correspondientes a cada oyente no se apartasen del valor medio obtenido por el conjunto de los oyentes, con similar intervalo.

#### *Resultados*

Una vez aplicados los criterios de evaluación y comprobación, sólo en tres casos el resultado obtenido, para una posición y oyente, se apartó del intervalo correspondiente, ocurriendo en cada caso para diferente posición y/o oyente. Se eliminaron estos valores, siguiendo el criterio adoptado por otros investigadores (3); aunque, en realidad, el resultado final se vería poco afectado por estos tres datos, en lo que al valor medio se refiere, aunque si influyen en la desviación típica.

En la tabla 1 presentamos los resultados obtenidos para la inteligibilidad subjetiva. En ella podemos comprobar que, para todos los puntos de la primera fila, los valores medios se encuentran por encima de 90. Para la fila central, todos los valores se encuentran también muy cercanos al citado número. Y en la última fila, se observa una disminución del índice de inteligibilidad subjetiva hasta valores cercanos al 80 %. Es de destacar, lo elevado de todos los valores y, por tanto, la alta inteligibilidad que implican. También podemos observar que no se observan diferencias entre los puntos cercanos a las cortinas y los restantes.

Punto	Inteligibilidad sub. (%)
1	92 ± 2
2	92 ± 2
3	91 ± 3
4	90 ± 5
5	89 ± 5
6	89 ± 3
7	80 ± 6
8	80 ± 6
9	83 ± 5

Tabla 1

#### **CONCLUSIONES**

- a) La asimetría del local no afecta substancialmente a la calidad acústica del mismo, no observándose diferencias importantes entre la fila cercana a las cortinas y las otras dos utilizadas en el estudio.
- b) Los valores obtenidos para el nivel de presión sonora nos muestran una importante caída desde las primeras filas hasta las últimas, (del orden de 9 dB.); este hecho puede provocar importantes pérdidas en la inteligibilidad de la palabra si el ruido de fondo se vuelve importante.
- c) El comportamiento acústico del local no varió sustancialmente con la posición de la fuente emisora.
- d) Respecto a la inteligibilidad subjetiva se encuentra una pérdida de la misma con la distancia; que, para el nivel de ruido de fondo existente durante su evaluación, no es importante. En estas condiciones, la inteligibilidad subjetiva de la sala puede considerarse como buena.

#### **REFERENCIAS**

- 1.- Pérez J.; "Compendio práctico de acústica aplicada"; Ed. Labor; Barcelona, 1969.
- 2.- Llinares J., Llopis A. y Sancho J.; "Acústica arquitectónica y urbanística", Ed. U.P. Valencia; Valencia, 1991.
- 3.- Vela A., Arana M. y García A.; "Revisión de pruebas subjetivas de inteligibilidad mediante la emisión de logatomos", Tecniacústica, La Coruña, 1995.
- 4.- Arau H., "Dependencia del tiempo de reverberación con el tamaño de la audiencia en salas de pública concurrencia"; Rev. de Acústica, 28, 1997.