

## **Análisis de medidas de parámetros derivados de la respuesta al impulso en diversos auditorios. Correlación con la inteligibilidad subjetiva**

A. Vela\*, M. Arana\* y A. García \*\*

\* *Departamento de Física. Universidad Pública de Navarra*

\*\* *Departamento de Física Aplicada. Universidad de Valencia*

### **INTRODUCCION Y OBJETIVOS**

Analizando la evolución temporal de la presión acústica de un local sometido a una excitación de muy corta duración (impulso), se puede obtener importante información sobre las características acústicas del mismo. En concreto, se han definido los siguientes parámetros derivados de la respuesta al impulso:

- Definición: cociente entre la energía que llega en los 50 primeros milisegundos y la energía total (1).
- Claridad: cociente entre la energía que llega en los 80 primeros milisegundos y la energía restante (2).
- Índice de transmisión de la palabra (STI): Parámetro obtenido a través de la pérdida de modulación de la señal a muy bajas frecuencias (3) (4).

Se considera que la Definición y el STI están relacionados con la Inteligibilidad de la palabra y la Claridad con la calidad para la música.

En concordancia con lo anterior, los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- 1º. Medir los parámetros anteriormente citados, tanto en bandas de octava como en banda ancha, para la Definición y Claridad, en cuatro auditorios en un total de 132 posiciones. Calificar la calidad acústica de los cuatro locales.
- 2º. Estudiar la correlación entre los valores de los parámetros STI y Definición con los de la Inteligibilidad de la palabra obtenidos mediante la realización de pruebas de inteligibilidad subjetiva en idioma castellano. Determinar las bandas de octava en las que el parámetro Definición ofrece una mejor correlación.
- 3º. Medir unos nuevos parámetros "Definición"  $D_n$  (cociente entre la energía que llega en los  $n$  primeros milisegundos y la energía total) en las 132 posiciones. Realizar un estudio de correlación como el indicado en el punto anterior y determinar el valor de  $n$  para el que dicha correlación es máxima.

### **DISPOSITIVO EXPERIMENTAL**

El dispositivo experimental utilizado fue descrito con detalle en una Tecnia Acústica anterior (5). Utiliza como fuente sonora la detonación de pequeñas cargas explosivas, y para la recogida de la señal un sonómetro tipo 1 (B&K, 2231) con micrófono tipo 4155 y previamente calibrado. Esta señal se almacena en registro magnetoóptico en formato Mini Disk (Sony, MDS102). Este sistema de registro digital posee una frecuencia de muestreo de 44 kHz., ofreciendo una respuesta plana en la gama de audio (20 Hz - 20 KHz + 1 dB). Posteriormente, las señales grabadas fueron convertidas a formato wav mediante una tarjeta de sonido (Sound Blaster AW32). El tratamiento de datos se realizó con el programa MatLab 4.2 1C, el cual importa los datos de ficheros con el citado formato.

Los locales en que se realizaron las medidas fueron: Teatro Gayarre (en 91 posiciones), Salón de actos del Museo de Navarra (en 8 posiciones), Auditorio del Conservatorio Pablo Sarasate (en 18 posiciones) e Iglesia S. Antonio (en 15 posiciones), todos ellos en Pamplona.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 1º.- Resultados. Calificación de los locales

Los resultados de las medidas que permiten la calificación de los locales se pueden ver en la Tabla 1. En dicha tabla se expresan los valores medios y la desviación de los índices STI, Definición en banda ancha y Claridad en banda ancha de los valores obtenidos en las distintas posiciones de los cuatro auditorios.

De acuerdo con los resultados anteriores se puede calificar la calidad acústica de los tres primeros locales como buena y la del último de ellos como de mala

### 2º.- Correlación con la Inteligibilidad de la palabra

Una vez obtenidos los valores del STI y de la Definición, tanto en bandas de octava como en banda ancha para este último parámetro, se estudió la correlación de estos parámetros con la Inteligibilidad de la palabra, obtenida mediante pruebas subjetivas con emisión de logatomos en idioma castellano, en las mismas posiciones de medida (6).

Se ensayaron múltiples ecuaciones de regresión a fin de encontrar la ley más acorde para expresar la dependencia de la Inteligibilidad con el STI y Definición usando el paquete estadístico STATVIEW 512+, considerando el coeficiente de determinación  $R^2$  como el índice estadístico que mejor cuantifica la bondad del ajuste. Se encontró, en concordancia con otros trabajos (7), que era la regresión polinómica de orden tres la que proporcionaba un mejor ajuste, obteniéndose un valor  $R^2 = 0.82$  para el caso del STI y que era la Definición medida en banda ancha, la que proporcionaba un mejor ajuste, siendo el valor de  $R^2$  en este caso igual a 0.87.

Local	STI	Definición (B.A.) (%)	Claridad (B.A.) (dB)
Teatro Gyarre	0.66±0.03	52±9	3±1
Museo	0.68±0.01	55±4	4±1
Conservatorio	0.67±0.01	49±6	3±1
Iglesia	0.43±0.03	16±5	-6±1

Tabla 1

En las Figuras 1 y 2 se representan los gráficos de dispersión entre la Inteligibilidad de la palabra y el STI y la Definición medida en banda ancha, respectivamente.

### 3º.-Estudio de los índices $D_n$

En esta parte del trabajo se intentó contestar a la siguiente pregunta: ¿Por qué un tiempo de integración de 50 ms. y no otro como tiempo de integración de la energía en la fórmula de la Definición?. Para ello

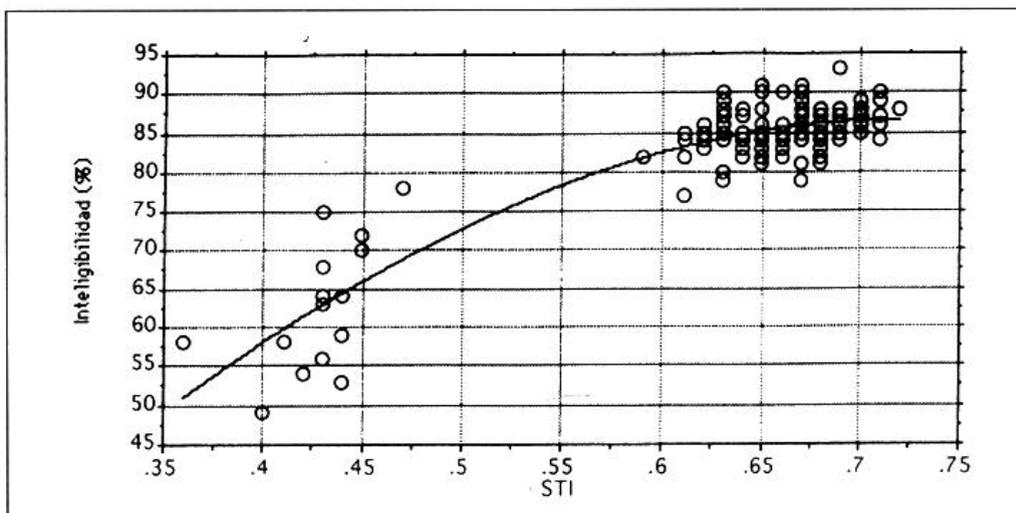


Figura 1

se calcularon unos nuevos índices "Definición"  $D_n$  definidos como el cociente entre la energía que llega en los  $n$  primeros milisegundos y la energía total, variando el valor de  $n$  entre 40 y 100 milisegundos. Una vez obtenidos estos índices se procedió a un estudio de regresión polinómica de orden tres entre la Inteligibilidad de la palabra y los citados índices  $D_n$ , obteniéndose que todos ellos proporcionaban un valor similar del coeficiente de determinación  $R^2$ , en torno a 0.8, tanto en banda ancha como en las bandas comprendidas entre 250 Hz y 4 KHz, tomando el valor máximo en el caso de 50 milisegundos y banda ancha.

De esta manera queda respondida la pregunta planteada al comienzo de este apartado y justificada la elección de 50 milisegundos como tiempo de integración

### CONCLUSIONES

1. Se han medido los parámetros STI, Definición y Claridad en el Teatro Gayarre, Salón de actos del Museo de Navarra, Auditorio del Conservatorio Pablo Sarasate e Iglesia S. Antonio de Pamplona, lo que permite calificar la calidad acústica de dichos locales como de buena en los tres primeros y mala en el último de ellos.
2. Se ha estudiado la correlación entre la Inteligibilidad de la palabra y el STI y la Definición, obteniéndose que el mejor ajuste se da en el caso de la regresión polinómica de orden tres, y en el caso de la Definición el mejor se ajusta se da con los resultados obtenidos en banda ancha.
3. Se han obtenido unos nuevos índices "Definición"  $D_n$  definidos como el cociente entre la energía que llega en los  $n$  primeros milisegundos y la energía total, variando el valor de  $n$  entre 40 y 100 milisegundos. El índice que mejor se correlaciona con la Inteligibilidad de la palabra es el correspondiente a  $n = 50$  en banda ancha.

### BIBLIOGRAFIA

- (1) Thiele, R., 1953.- "*Richtungsverteilung und zeitfolge der schallruckwurfe in raumen*".- Acustica, 3, 291-302.
- (2) Reichardt, W., Abdel Alim, O. y Schmidt, W., 1974.- "*Abhängigkeit der grenzen zwischen brauchbarer und unbrauchbarer durchsichtigkeit von der art des musikmotives, der nachhallzeit und der nachhalleinsatzzeit*".- Appl. Acoustics, 7, 243.
- (3) Schroeder, M.R., 1981.- "*Modulation Transfer Functions: Definition and Measurements*".- Acustica, 49, 179-182.
- (4) Houtgast, T. y Steeneken, H.J.M., 1985.- "*A review of the MTF concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria*".- J. Acoust. Soc. Am., 77 (3), 1069-1077.

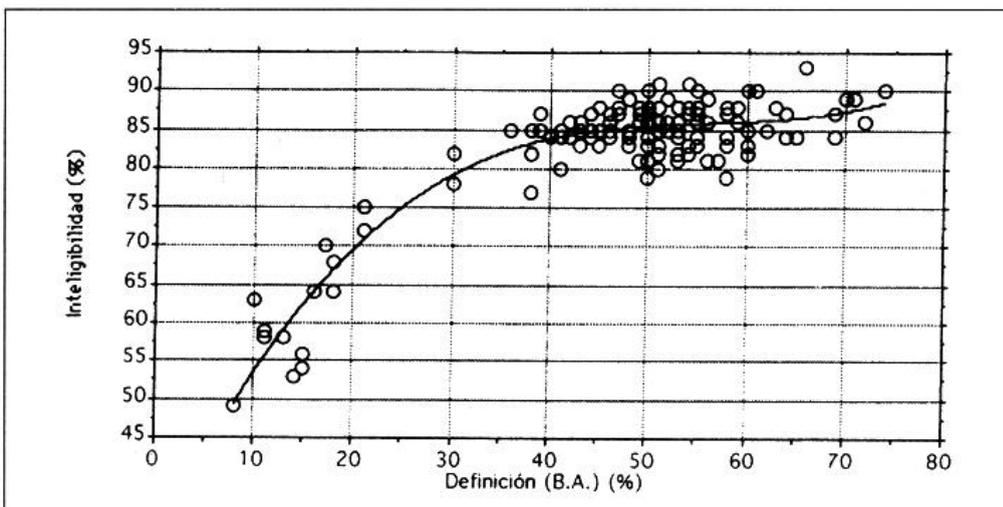


Figura 2

- (5) Arana, M., Vela, A., Amatria, A., Ocón, A.B. y García, A., 1995.- "*Medidas de parámetros acústicos derivados de la respuesta al impulso usando detonaciones como fuentes impulsivas*".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 95). La Coruña.
- (6) Vela, A. 1996.- "*Análisis de diferentes métodos de evaluación de la calidad acústica de un local. Aplicación al Teatro Gayarre de Pamplona*".- Tesis Doctoral. Universitat de Valencia.
- (7) Steeneken, H.J.M. y Houtgast, T., 1980.- "*A physical method for measuring speech-transmission quality*".- J. Acoust. Soc. Am., 67 (1), 318-326.