

## USO DE LOS PARÁMETROS PSICOACÚSTICOS COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS EN ACÚSTICA DE SALAS

PACS: 43.55.Cs

S. Cerda<sup>a</sup>; A. Giménez<sup>a</sup>; J. Romero<sup>a</sup>; J. Navasquillo<sup>b</sup>; R. Cibrian<sup>c</sup>; R. Lacatis<sup>a,e</sup>; J.L.Miralles<sup>d</sup>; J.V. Garrigues<sup>b</sup>; P.E.Giménez<sup>a</sup>; A. Sanchis<sup>a</sup>; A. Marín<sup>a</sup>; C. Dema<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Grup d'Acústica Arquitectònica, Ambiental i Industrial. Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia. [agimenez@fis.upv.es](mailto:agimenez@fis.upv.es)

<sup>b</sup> Facultad de Ciencias Físicas. Universidad de Valencia, Doctor Moliner s/n, Burjassot, [Joaquin.Navasquillo@uv.es](mailto:Joaquin.Navasquillo@uv.es)

<sup>c</sup> Facultad de Medicina. Universidad de Valencia. Blasco Ibáñez s/n, Valencia, [Rosa.M.Cibrian@uv.es](mailto:Rosa.M.Cibrian@uv.es)

<sup>d</sup> Facultad de Psicología. Universidad de Valencia. Blasco Ibáñez, 21, Valencia, [mirallem@uv.es](mailto:mirallem@uv.es)

<sup>e</sup> Becario MAE-AECI. [rala1@doctor.upv.es](mailto:rala1@doctor.upv.es)

### ABSTRACT

The objective of this work is to study the possibilities that psychoacoustics parameters offer as analysis tools in room acoustics. For this, measurements in several concert halls, with pink noise and anechoic musical recordings, were made and the different psychoacoustics parameters (loudness, sharpness, fluctuation, roughness) calculated. With these parameters the correlations between them have been studied and maps level made, where the behaviour of different halls, in relation to the used signals of excitation, can be appreciated.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar las posibilidades que ofrecen los parámetros psicoacústicos como herramienta de análisis en acústica de salas. A tal fin se han realizado medidas en diferentes salas con ruido rosa y grabaciones musicales anecoicas, a partir de las cuales se han calculado diferentes parámetros psicoacústicos (loudness, sharpness, fluctuation, roughness). Con estos parámetros se han estudiado las correlaciones entre los mismos y se han realizado mapas de niveles en los que se pueden apreciar el comportamiento de las diferentes salas frente a las señales de excitación utilizadas.

### 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto ambicioso sobre acústica de salas en el que estamos investigando [1]. En este caso, a partir de diferentes medidas realizadas en tres auditorios de la Universidad Politècnica de València (UPV), de ruido rosa y de música reproducida a partir de grabaciones anecoicas [2], se han determinado diferentes parámetros psicoacústicos. A partir de ellos se presentan los mapas de niveles correspondientes así como la dependencia de los mismos con la distancia. Se estudian las correlaciones entre los mismos.

Se ha escogido el ruido rosa ya que su contenido espectral produce el mismo nivel en cada una de las bandas al ser analizado en octavas o 1/3 de octava. Además se han hecho cuadrículas

que cubrían todo el patio de butacas a pesar de que las salas son de planta rectangular, aproximadamente simétricas.

El equipo utilizado cumple con toda la normativa necesaria y ha sido calibrado correctamente.

### 1.1. Parámetros utilizados

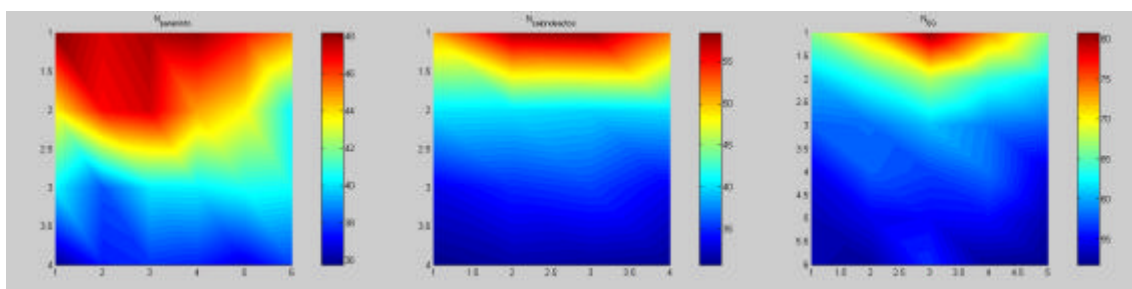
Los parámetros analizados han sido:

1. **Nivel equivalencia.** El nivel de intensidad sonora en dBA se utiliza como pauta en todas los reglamentos [3].
2. **Loudness (N).** *Intensidad Sonora, Fuerza, volumen*, en sonios. ISO 532B (ISO 1966). Es la magnitud más básica, describe generalmente mejor el nivel de sonido percibido que el nivel de presión sonora [3].
3. **Roughness (R).** *“Aspereza, rugosidad” en asper.* En un ruido de banda ancha una modulación con dos tonos cuya diferencia se mantenga entre 13 hertzios y 300 hertzios, la sensación de la magnitud de la fluctuación da la impresión de la aspereza. La impresión de la aspereza maximiza en una frecuencia de modulación de cerca de 70 hertzios [3].
4. **Sharpness (S).** *“Nitidez, agudeza”, en acum.* Se determina por medio del centroide de la distribución espacial en el espectro de Loudness específico [3].
5. **Fluctuación (F).** Se mide en “vacil”, y es un parámetro semejante al roughness, aunque la fluctuación alcanza valores máximos para señales moduladas con una frecuencia de modulación de 4 Hz [3].

## 2. RESULTADOS

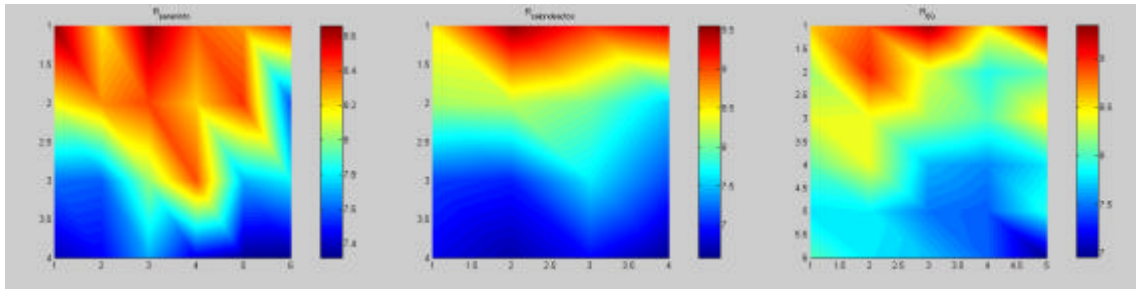
### 2.1. Mapas de nivel

En las siguientes figuras mostramos los mapas de nivel de los distintos parámetros. En el primer caso, presentamos el mapa del Loudness. Como se observa, para cada sala se obtiene un mapa diferente. En el mapa de la izquierda, se aprecia cierto grado de asimetría debido a que en ese auditorio hay un pasillo soportado que rompe la simetría del mismo. En el salón de actos, que es el auditorio más pequeño de los tres, se aprecia una gran homogeneidad, a pesar de que en el lado derecho las diferentes ventanas existentes están cubiertas con cortinas. El 6G, muestra simetría y dado el tamaño se aprecia un comportamiento que podría parecer “de campo libre”.

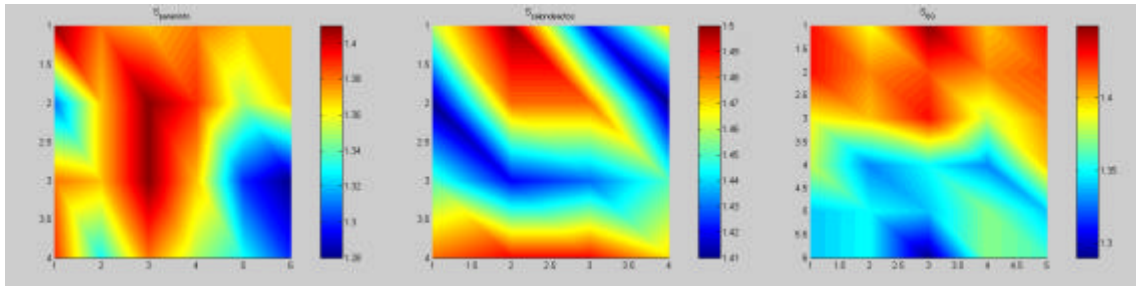


Mapas de nivel de Loudness

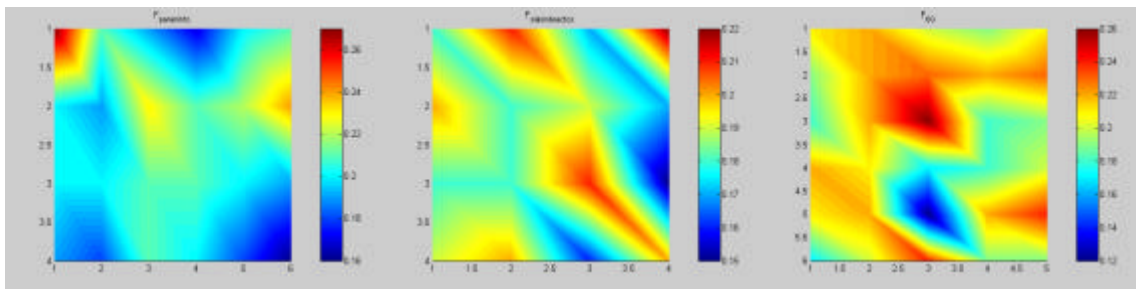
El las siguientes figuras se presentan los otros parámetros analizados. En estas se puede apreciar que los mapas son totalmente diferentes entre sí. Esto abre la posibilidad de que se pueda extraer información de estos mapas característica de la sala estudiada. Esto forma parte de nuestros estudios futuros, pues todavía no hemos estudiado los parámetros físicos típicos de acústica de salas para intentar concluir posibles relaciones.



Mapas de nivel de Roughness



Mapas de nivel de Sharpness



Mapas de nivel de Fluctuación

## 2.2. Correlaciones

Un primer estudio de los valores obtenidos que hemos realizado ha sido la búsqueda de correlaciones. En la siguiente figura presentamos un análisis básico de correlaciones. En él se puede apreciar que el Loudness está altamente correlacionado con el nivel (dBA). Y que aparecen correlaciones más débiles entre Roughness y Loudness y de algunas variables con la distancia, como en el caso del Sharpness y la distancia. Estas dependencias con la distancia las estudiamos en el siguiente apartado.

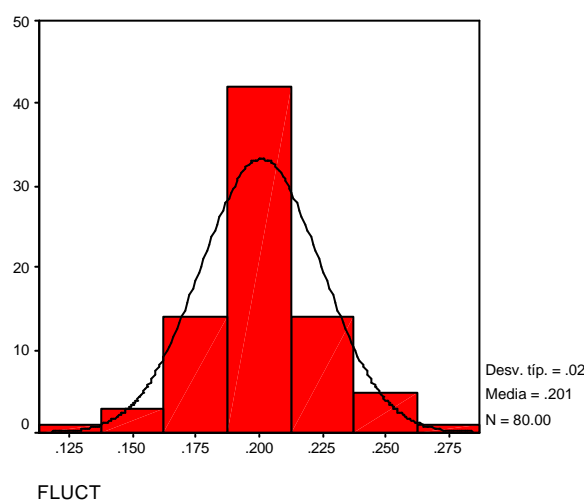
### Correlaciones

		ROUGH	SHARP	LOUDN	DBA	DIST	FLUCT
ROUGH	Correlaci3n de Pearson Sig. (bilateral) N						
SHARP	Correlaci3n de Pearson Sig. (bilateral) N	.276* .013 80					
LOUDN	Correlaci3n de Pearson Sig. (bilateral) N	.603** .000 80	-.050 .656 80				
DBA	Correlaci3n de Pearson Sig. (bilateral) N	.597** .000 80	-.089 .433 80	.990** .000 80			
DIST	Correlaci3n de Pearson Sig. (bilateral) N	-.654** .000 80	-.752** .000 80	-.220 .050 80	-.174 .122 80		
FLUCT	Correlaci3n de Pearson Sig. (bilateral) N	.257* .021 80	-.064 .576 80	.247* .027 80	.263* .018 80	-.011 .925 80	

\*. La correlaci3n es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\*.. La correlaci3n es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Por otro lado el par3metro que no muestra ninguna correlaci3n con los dem3s es Fluctuaci3n. Nosotros entendemos que esto puede ser debido a dos posibles razones: a) que sea un par3metro muy dependiente de la sala, b) que sea un par3metro "aleatorio". En la siguiente figura mostramos un histograma de este par3metro considerando las tres salas estudiadas. Como se muestra en ella, podemos considerar que este par3metro sigue una distribuci3n normal, lo que implicar3a la aleatoriedad del mismo. De todas formas, es obvio que para dar este hecho como algo cierto, deber3amos comprobarlo para un n3mero mayor de salas, cosa que esperamos poder comprobar en un corto espacio de tiempo.

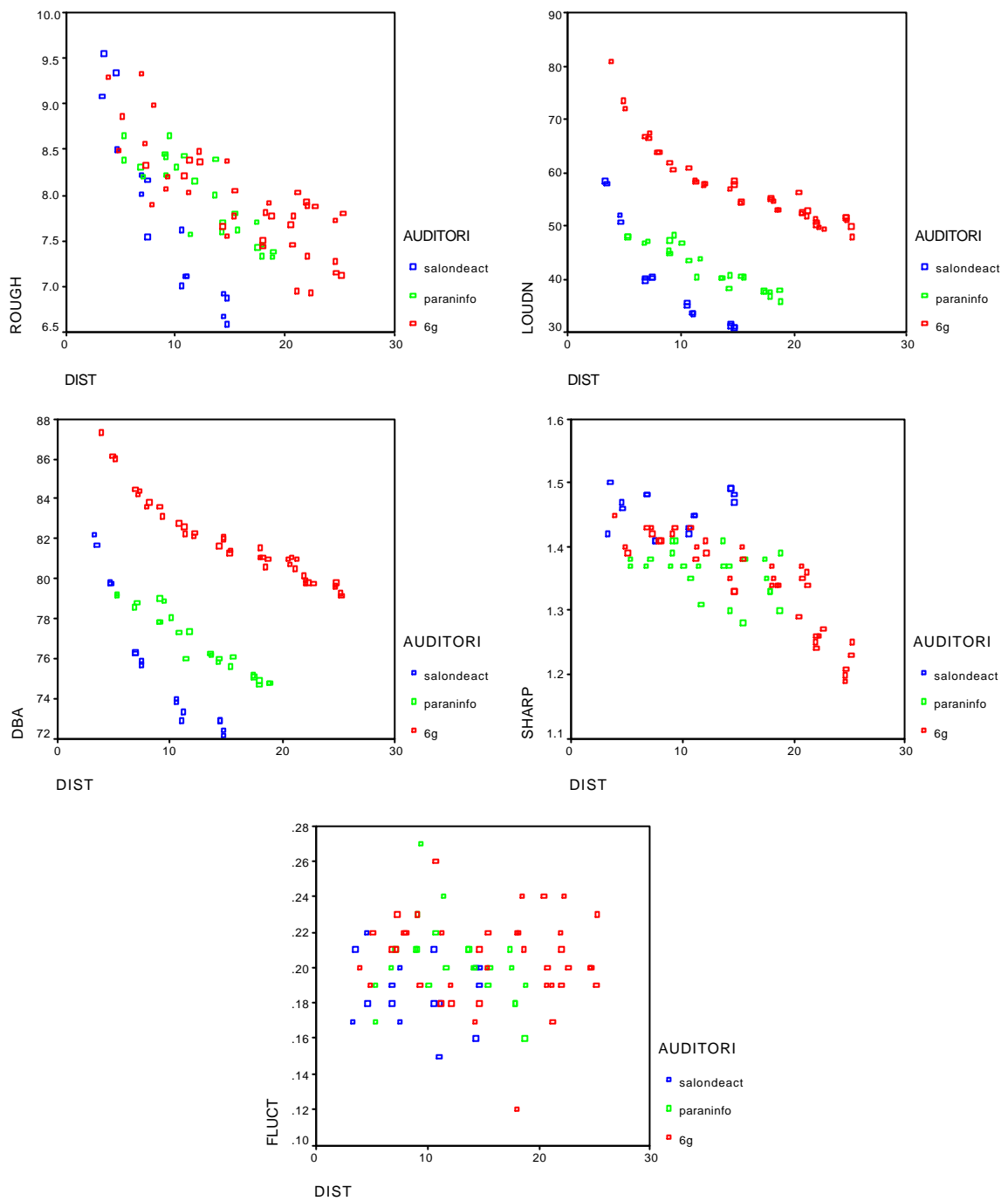


### 2.3. Dependencia con la distancia

En las siguientes gr3ficas estudiamos la dependencia de los par3metros analizados con la distancia. Se puede apreciar que para el Loudness y para el dBA (como era de esperar pues est3n altamente correlacionados), hay una dependencia clara con la distancia. Un estudio de esta dependencia muestra que para cada auditorio se puede encontrar una recta de regresi3n del tipo

$$Loudness = A - B \log_{10}(dis\ tan\ cia)$$

$$dBA = \hat{A} - \hat{B} \log_{10}(dis\ tan\ cia)$$



Por otro lado se puede apreciar cierta dependencia del Roughness y del Sharpness con la distancia, aunque en este caso no muy definidas. Por último se sigue mostrando la aleatoriedad de la fluctuación, no pudiéndose apreciar tampoco relación con la distancia.

### 3. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo ha sido el obtener un primer balance de las posibilidades de los parámetros psicoacústicos en acústica de salas. Para ello hemos hecho grabaciones de ruido rosa, manteniendo el nivel y grabando la señal en diferentes puntos de la sala. A partir de esta señal grabada se han determinado diferentes parámetros y se han hecho los mapas de nivel

correspondientes así como un estudio de correlaciones. Como conclusiones iniciales hemos obtenido:

1. Loudness y dBA están correlacionados para las condiciones de medida utilizadas.
2. El mapa de nivel de Loudness permite apreciar la simetría así como la homogeneidad de la sala.
3. Hay correlaciones entre Roughness y Distancia, entre Sharpness y Distancia no muy fuertes.
4. El parámetro Fluctuación muestra aleatoriedad, con lo cual no parece aportar información.

Como hemos dicho en este mismo trabajo, queda pendiente el repetir el experimento en un número mayor de salas para comprobar que los resultados obtenidos son generales y, lo que puede ser definitivo para la continuidad de este tipo de estudio, el encontrar relaciones con los parámetros que utilizan los expertos en acústica de salas para evaluar, o bien diseñar, auditorios o las diferentes salas.

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Proyecto de investigación *“Establecimiento de parámetros acústicos determinantes de la calidad percibida en salas de concierto y auditorios. Propuesta para su aplicación en proyectos de nueva planta o rehabilitación”* BIA2003-09306-C04, Plan Nacional de I+D
- [2] THE ARCHIMEDES PROJECT, (1987-1992). The Acoustics Laboratory of the Technical University of Denmark, KEF Electronics of England and Bang and Olufsen of Denmark.
- [3] Zwicker, E and Fastl, H. *“Psychoacoustics. Facts and Models”*. Springer Verlag. 1990

#### **5. AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se ha realizado subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia en el marco de:

- Proyecto de Investigación I+D con referencia SEJ2004-06529/PSIC.
- Proyecto de Investigación Coordinado de referencia BIA2003-09306-C04.

Agradecemos a la Universidad Politécnica de Valencia y a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales su apoyo continuado en la utilización de las salas del campus como “salas piloto” en nuestro estudio.