



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

DEPENDENCIA DE LA FUNCIÓN CARACTERÍSTICA DE UNA SALA CON LA DISTANCIA A LA FUENTE SONORA

PACS: 43.55.-Ka

Salvador Cerdá Jordá¹, Rosa Cibrián Ortiz de Anda² Jaume Segura García³, Alicia Giménez Pérez¹

1 Dpt. Física Aplicada, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022, València - Spain,

salcerjo@mat.upv.es, agimenez@fis.upv.es

2 Dpt. Fisiología, Universitat de València, Avda Blasco Ibáñez, 13, 46012, València - Spain, rosa.m.cibrian@uv.es

3 Dpt Informática, ETSE, Universitat de València, Avda Universitat s/n, 4610, Burjassot, València - Spain, jsegura@uv.es

Palabras Clave: Acústica Arqueológica, Respuesta impulsiva, Función de Transferencia

ABSTRACT

In a recent work we introduced the characteristic function (FC) of a room. This characteristic function can be calculated analytically for an exponential decay model of energy. According to this model, the function was independent of the place where the impulse response of the room is measured. This is not observed in the calculation of the characteristic function of the experimental impulsive responses. If an exponential decay model with a random amplitude is used the FC is not constant. In this work we compare the variation of the characteristic function for impulsive responses measured in rooms with a random amplitude exponential decay model.

RESUMEN

En recientes estudios introducimos la función característica de una sala. Esta función característica se puede calcular analíticamente para un modelo de decaimiento exponencial de la energía. Según este modelo la función característica sería independiente del lugar en el que se midiese la respuesta impulsiva de la sala. Esto no se observa en el cálculo de la función característica de las respuestas impulsivas experimentales. Sin embargo, si se introduce un modelo con una amplitud aleatoria, obtenemos que la función característica varía para cada realización aleatoria del modelo. En este trabajo comparamos la variación de la función característica para respuestas impulsivas medidas en salas, con las obtenidas al utilizar respuestas impulsivas sintetizadas usando un modelo con amplitud aleatoria y decaimiento exponencial.

1. INTRODUCCIÓN

En [1] introducimos la Función Característica de una sala (FC) mediante la expresión:

$$f(m) = \text{Log}_{10} \left(\sum_{n=1}^N h^2(n) \cdot \left(\frac{m}{M}\right)^n \right) \quad m \in [1, M] \quad (1)$$

Es decir, la función se construye en un punto dado como un polinomio cuyos coeficientes son los valores de la IR al cuadrado desde donde empieza la IR (onset) hasta que acaba. Se valora este polinomio en M valores (se han considerado M=128) que corresponden a una distribución en el intervalo distribuida como $\frac{m}{M}$.

La función característica para un modelo de decaimiento exponencial puro normalizado, es decir para una IR:

$$h(t) = \sqrt{\frac{RT}{\text{Ln}(10^6)}} e^{-\ln(1000)tRT} \quad (2)$$

viene dada por la expresión:

$$f_r(x) = \text{Log}_{10} \left(\frac{x \cdot \text{Ln}(10^6)}{F_s \cdot RT \cdot \left(10^{\frac{6}{F_s \cdot RT} - x}\right)} \right) \quad (3)$$

En la siguiente figura mostramos unas FC teóricas para distintos valores de RT.

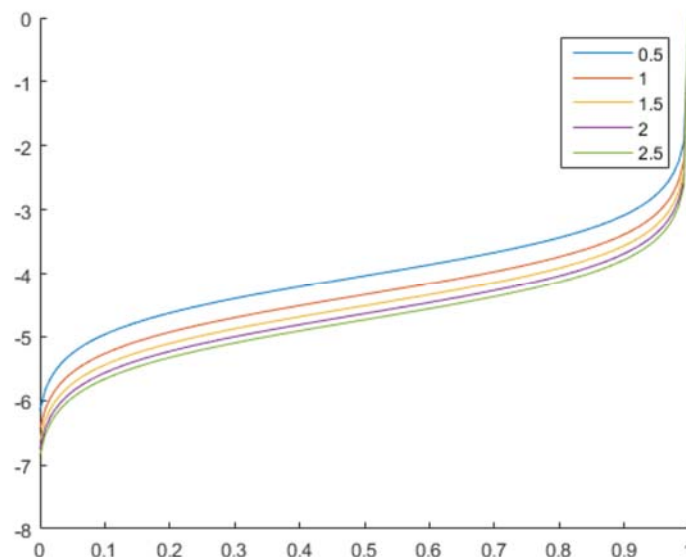


Figura 1. FC para modelo exponencial puro para distintos RT

El tiempo de reverberación, a pesar de todos los parámetros estudiados, se sigue considerando el parámetro de diseño principal de una sala [2,3]. Para su determinación se mide la respuesta impulsiva mediante procedimientos claramente especificados por la norma ISO3882. Cuando solo queremos conocer el RT basta limitarnos a medir la IR en varios puntos con un micrófono omnidireccional. Aunque el RT no presenta grandes variaciones en una misma sala (alrededor del 3%), sabemos que las RT presentan importantes variaciones en una misma sala en lo

referente a su composición energética (Ts, C50, C80 en mayor o menor medida nos dan cuenta de esas variaciones en IR monoaurales) [2, 3, 4].

La FC para el modelo exponencial debería ser casi constante en una sala pues solo depende de RT y éste parámetro es prácticamente constante (< 3%).

Sin embargo, las FC obtenidas en las salas muestran una variabilidad importante como muestra la siguiente figura:

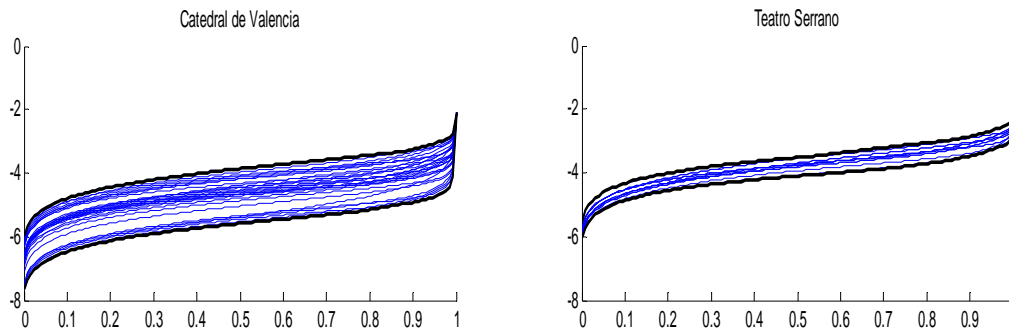


Figura 2. FC experimentales en dos salas: Catedral de Valencia y Teatro Serrano de Gandía.

El modelo exponencial (2) no corresponde exactamente con un IR de una sala real. Una opción para sintetizar IR es considerar el modelo (2) modificado por una amplitud aleatoria.

$$h(t) = \frac{1}{A} N(t) \sqrt{\frac{RT}{\ln(10^6)}} e^{-\ln(1000)tRT} \quad (4)$$

Un ejemplo lo vemos en la siguiente figura:

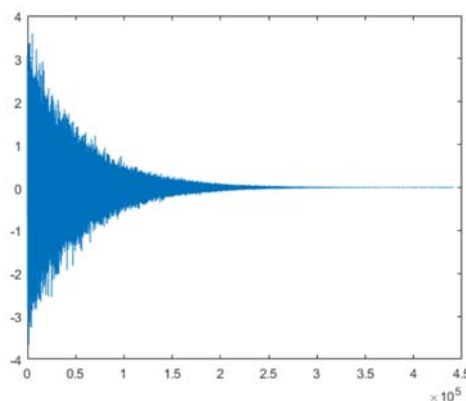


Figura 3. IR con distribución normal y decaimiento exponencial

La constante A se introduce para tener la IR normalizada. Con este modelo se obtienen FC que varían para cada realización aleatoria del modelo. Así tenemos la siguiente Figura para las dos salas anteriores [1]:

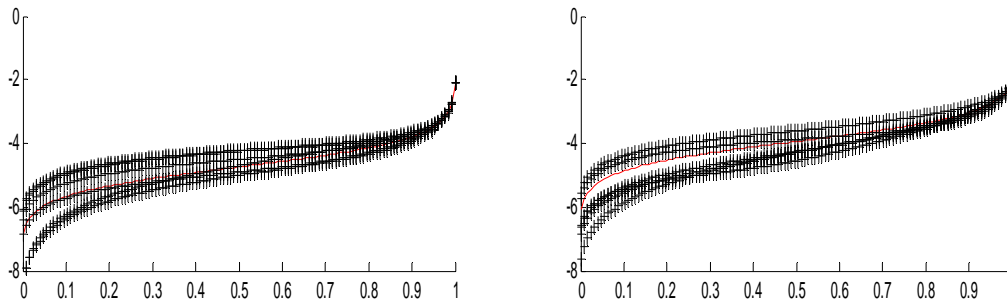


Figura 4. FC modelo aleatorio en dos salas: Catedral de Valencia (derecha) y Teatro Serrano de Gandía.

En el trabajo [1] nos limitamos a comparar cualitativamente los resultados experimentales con los modelos aleatorios para una sala. En este trabajo estudiamos cuantitativamente la variación de la FC experimental en una sala con la distancia a la fuente y comparamos esa variación con la producida con modelos aleatorios.

2. VARIACIÓN DE LA FC EN UNA SALA CON LA DISTANCIA

Para valorar la variación de la FC de las salas vamos a utilizar el error absoluto medio. En cada sala estudiada se ha estimado la envolvente de las gráficas de la FC. En la Figura 2 dichas envolventes se muestran en negro. Para medir la diferencia entre dos FC se ha considerado la envolvente superior como referencia. En la siguiente Figura mostramos para el aula de ensayos del Conservatorio de Valencia las FC obtenidas y el EAM según la distancia a la fuente.

$$EAM(h) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |FC[i] - FC_{max}[i]| \quad (5)$$

Se ha incluido como referencia el EAM entre las dos envolventes de las FC de la sala. Veamos algunos ejemplos:

CATEDRAL DE VALENCIA

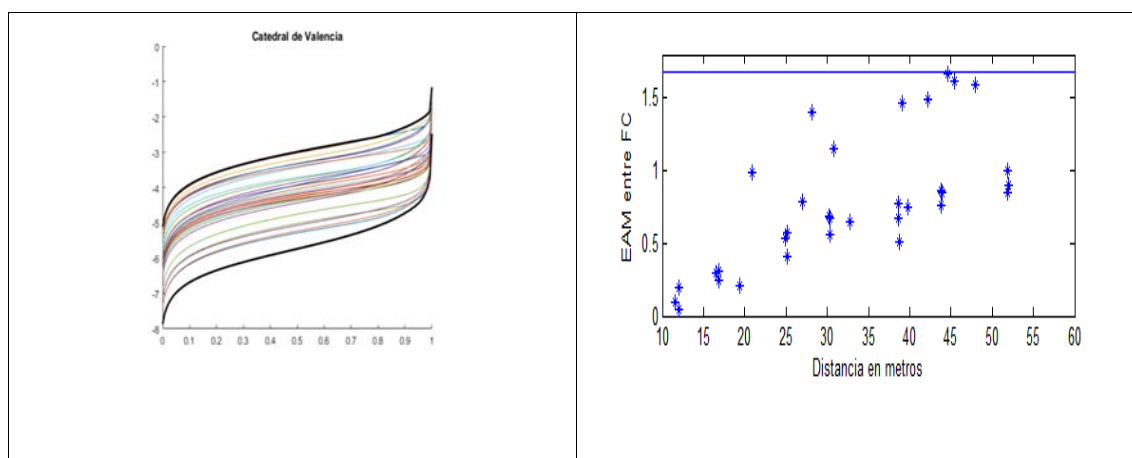


Figura 5. Función característica de la Catedral de Valencia y variación del EAM con la distancia

BASÍLICA DE SANTA MARÍA DE ELX

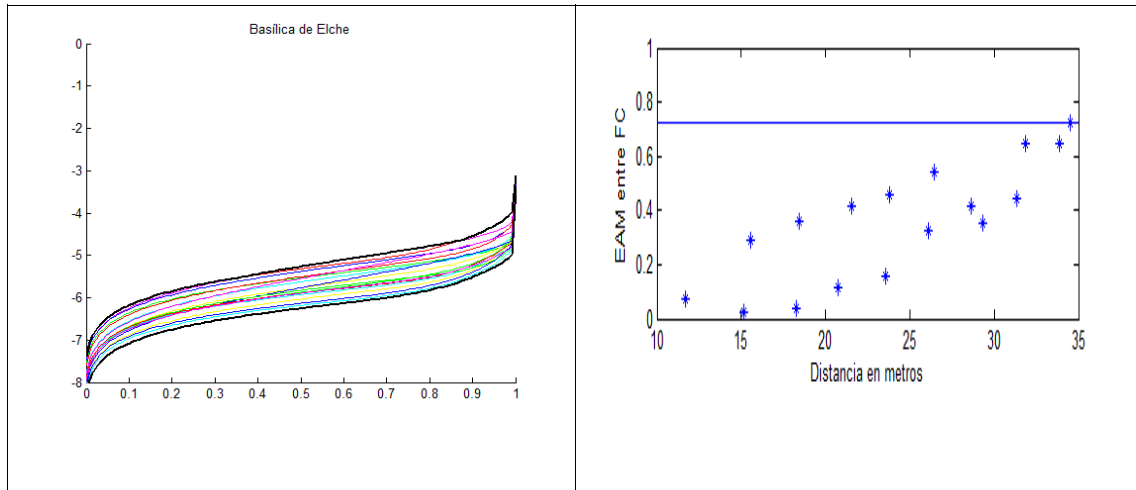


Figura 6. Función característica de la Basílica de Elx y EAM en función de la distancia.

Como apreciamos ahora comparando la Figura 5 y en la Figura 6, la variación con la distancia sigue una tendencia más o menos lineal. Estas dos salas son muy reverberantes lo cual nos permitiría concluir que en este tipo de salas hay un efecto con la distancia interesante de estudiar que supondrá que el modelo simple de decaimiento exponencial no es aplicable a estas salas.

Las dos siguientes salas que se presentan son dos teatros. En este tipo de salas la absorción suele ser muy grande así que los tiempos de reverberación son relativamente bajos y no se parecen a las condiciones de las dos salas anteriores que son muy reverberantes. En el caso del Teatro Principal de Alicante, la linealidad del EAM con la distancia no es muy evidente. El Teatro Serrano es más pequeño y con los puntos medidos es mejor la linealidad.

TEATRO PRINCIPAL DE ALICANTE

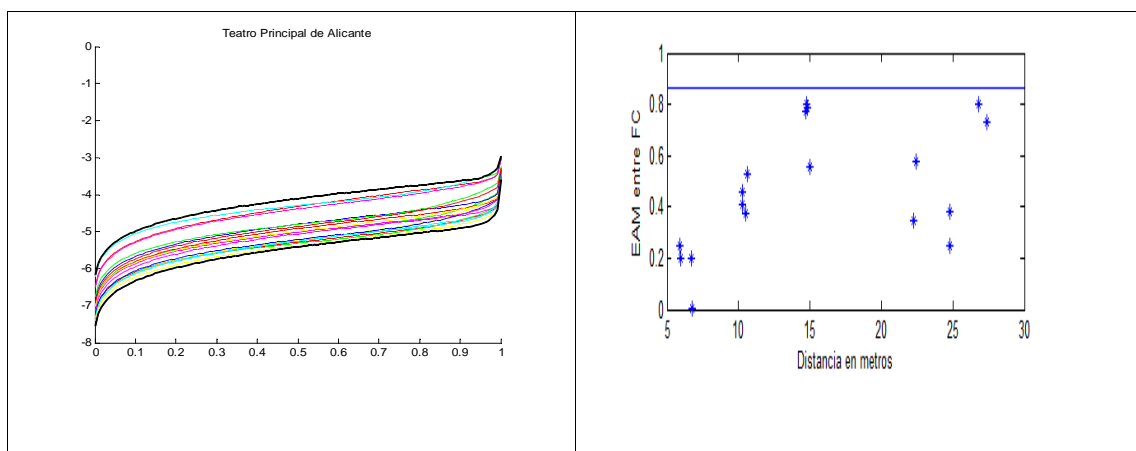


Figura 7. Función característica del Teatro Principal de Alicante y EAM en función de la distancia.

TEATRO SERRANO DE GANDÍA

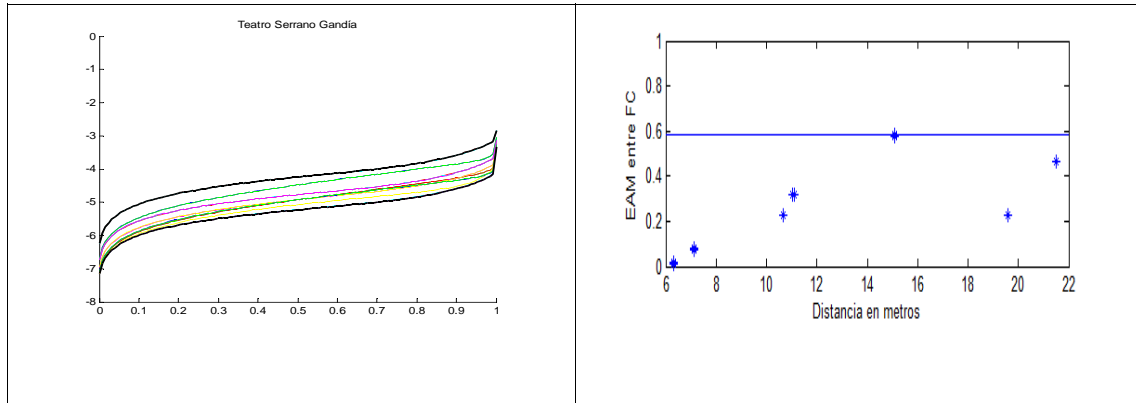


Figura 8. Función característica del Teatro Serrano de Gandía y EAM en función de la distancia.

Finalmente presentamos dos salas pensadas para música de orquesta. En primer lugar el auditorio de Castellón. En este caso hay una variabilidad en las FC notable y la linealidad con la distancia es muy acusada.

AUDITORIO DE CASTELLÓN

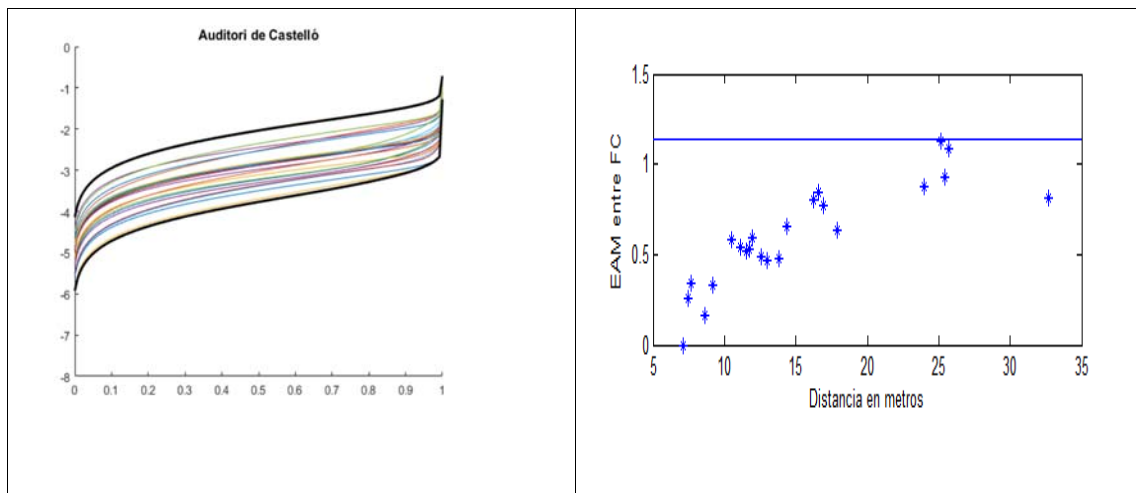


Figura 9. Función característica del Auditorio de Castellón y EAM en función de la distancia.

La otra sala es más pequeña y muestra poca variación en la FC. Además dicha variación no parece seguir linealidad con la distancia.

SALA DE ENSAYOS DEL CONSERVATORIO DE VALENCIA

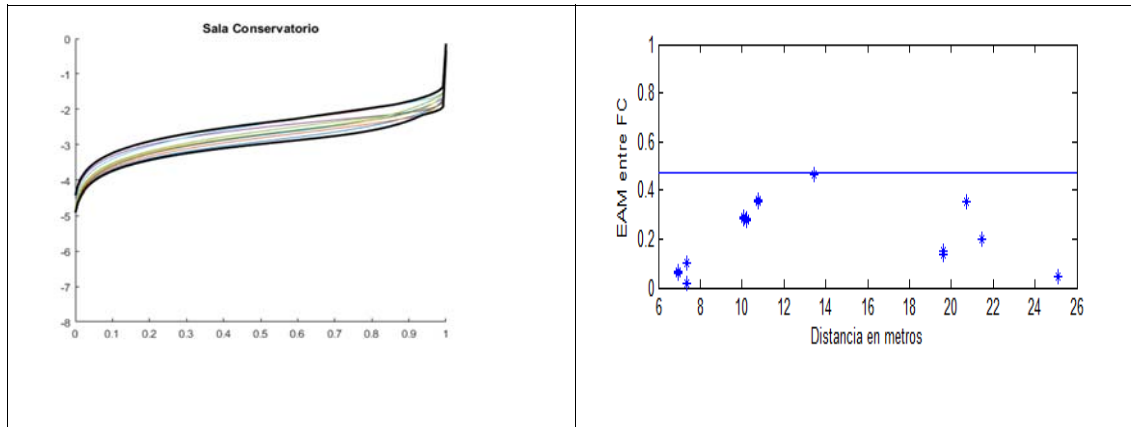


Figura 10. Función característica de la sala de ensayos del Conservatorio de Valencia y EAM en función de la distancia.

Cuando utilizamos el modelo aleatorio exponencial la distancia no aparece como un parámetro del mismo, por lo tanto aunque el aspecto (véase Figura 4) sea parecido a las FC experimentales, la dependencia con la distancia es aleatoria y por tanto evidencia que dicho modelo (4) no tiene validez a la hora de explicar lo que pasa en una sala.

3. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos estudiado la variación con la distancia de las FC en diferentes salas. Aunque hay salas en las que la variación no muestra un patrón claro con la distancia, en otras muestras una linealidad bastante grande. Esto ocurre con mayor claridad en las salas más reverberantes. Como el cálculo de la FC se realiza a partir de la primera reflexión, la variación de la FC significa que se pone de manifiesto alguna propiedad intrínseca de las IR de las salas. En futuros trabajos estudiaremos si esta variación se puede explicar con otros modelos de la distribución de la energía como puede ser el modelo de Barron. Además, se pretende establecer si la linealidad de la variación de la FC con la distancia permite determinar algún nuevo parámetro que correlacione con los parámetros acústicos habituales de las salas que muestran una dependencia con la distancia (C50, C80 o G [2,3]).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía e Innovación y fondos FEDER mediante el proyecto de investigación con referencia BIA2016-76957-C3-R

REFERENCIAS

1. Cerdá, S. Segura, J. Planells, A. Cibrián, R. Gigante, J.A. Giménez, A. Función característica de una sala: Un primer estudio. 48º Congreso Español de Acústica -TECNIACÚSTICA© 2017. A Coruña.
- 2 Cerdá, S; Giménez, A; Romero, J; Cibrián, R; Miralles, JL; ,Room acoustical parameters: A factor analysis approach, Applied Acoustics,70,1,97-109,2009, Elsevier.
- 3 Cerdá, S; Giménez, A; Romero, J; Cibrián, R; ,A factor analysis approach to determining a small number of parameters for characterising halls, Acta Acustica united with Acustica, 97,3,441-452,2011,S. Hirzel Verlag.
- 4 Cerdá, Salvador; Giménez, Alicia; Cibrián, Rosa; Girón, Sara; Zamarreño, Teófilo; Subjective ranking of concert halls substantiated through orthogonal objective parameters, The Journal of the Acoustical Society of America, 137,2,580-584,2015,ASA