

ESTUDIO ACÚSTICO DE EDIFICIOS DEL PATRIMONIO HISTÓRICO- ARQUITECTÓNICO EN ENTORNOS DE REALIDAD VIRTUAL. DIFICULTADES Y VENTAJAS

PACS: 43.55.Ka

Giménez, Alicia¹; Segura, Jaume¹; Cibrián, Rosa⁴; Cerdá, Salvador³; Barba, Arturo¹; Montell, Radha¹; Planells, Ana¹; Navasquillo, Joaquín⁵; Romero, José¹; Ponz, Silvia¹; Lacatis, Radu¹; Fernández, Marcos²; Miralles, José Luis⁶

¹ Dep. Física Aplicada, E.T.S.I. Industriales, Univ. Politécnica de Valencia, Camí de Vera s/n, agimenez@fis.upv.es, arturo@arturobarba.com; radmonse@fiv.upv.es, romerof@fus.upv.es

² Institut de Robòtica, Universitat de Valencia, Poligon de la Coma s/n, jsegura@uv.es, Lucia.Vera@uv.es, mfmartin@uv.es

³ Dept. Matemáticas Aplicadas. E.T.S.I. Industriales., Univ. Politécnica de Valencia, Camí de Vera s/n, salcerjo@mat.upv.es

⁴ Facultad de Medicina. Universidad de Valencia, rosa.m.cibrian@uv.es

⁵ Dept. Física Aplicada, Universidad de Valencia, Polígono de la Coma s/n, Joaquin.Navasquillo@uv.es

⁶ Facultad de Psicología. Universidad de Valencia, Jose.L.Miralles@uv.es

ABSTRACT

The combination of virtual reality and acoustics has opened up a wide field of research in recent years, which has had a sizeable impact at a global level, with a significant production and a good outlook for the future.

This paper details both the achievements and the problems found and overtaken in the project BIA2008-05485. In this project, objective and subjective parameters have been examined to assess the perceived sound quality in rooms, auditoriums and buildings of our heritage. A framework in a virtual environment has been set to conduct the experiments.

RESUMEN

La unión de realidad virtual y acústica ha generado en los últimos años un campo de trabajo bastante amplio, que ha tenido a nivel mundial una repercusión y producción muy considerable y con amplias perspectivas de futuro.

En el presente trabajo se exponen los logros conseguidos y los problemas encontrados, y superados, en la realización del proyecto BIA2008-05485, sobre el estudio de parámetros objetivos y subjetivos evaluadores de la calidad acústica percibida en salas, auditorios y edificios del patrimonio mediante su aplicación a entornos virtuales.

1. INTRODUCCIÓN

La temática en la que se incluye este trabajo tiene su arranque en el proyecto coordinado BIA2003-09306-C04 [1] realizado por la Universitat Politècnica de València junto con grupos de investigación de las Universidades de Sevilla, Universidad Pública de Navarra y Politécnica de Cataluña. El objetivo que nos planteamos era proporcionar a Instituciones o empresas de construcción una herramienta de diseño o mejora que permita la valoración acústica objetiva y subjetiva de una sala, al aportar la metodología concreta para analizar y obtener la calidad necesaria en edificios donde la audición sea un factor fundamental de diseño. Se elaboró una

metodología de estudio objetivo-subjetivo en salas de concierto. Desde el punto de vista subjetivo se diseñó una encuesta [2], [3], para medir la percepción subjetiva en salas de concierto que ha mostrado una elevada fiabilidad y validez. Su análisis indica uniformidad en los gustos entre diferentes medios socio-culturales, además de un paralelismo en las respuestas entre expertos y público en general que asistía a las representaciones musicales de las salas analizadas. Respecto a la parte objetiva se ha obtenido un conjunto ortogonal de parámetros objetivos calificadores de las salas de audición [4], [5].

Continuando con esta temática, en este proyecto que presentamos, BIA2008-05485 [6] del Plan Nacional I+D+i titulado: *“Estudio de parámetros objetivos y subjetivos evaluadores de la calidad acústica percibida en salas, auditorios y edificios del patrimonio histórico-artístico. Validación de un protocolo de calidad acústica, mediante entornos virtuales para su aplicación en proyectos de nueva planta y/o rehabilitación”*, nos planteamos continuar con la metodología ensayada y aplicar técnicas de realidad virtual a la acústica para analizar la respuesta de edificios emblemáticos del patrimonio histórico-arquitectónico, en los que la percepción sonora es fundamental tanto en fase de uso (catedrales, iglesias, palacios, monasterios), como en proceso de rehabilitación.

En el proceso de diseño, mejora o rehabilitación de un edificio destinado a la audición musical o del habla, resulta de vital importancia poder conocer la respuesta final del oyente antes de realizar la obra misma, es decir, que un edificio reúna las condiciones exigibles por la audiencia para la actividad a desarrollar. Los dos objetivos fundamentales son, por una parte diseñar mediante un modelo de realidad virtual una sala que se corresponda con la que va a diseñarse o rehabilitarse y poder producir los cambios necesarios para alcanzar los citados límites óptimos de los parámetros de calidad de audición y por otra parte, auralizar en el modelo diseñado una audición musical o del habla, según el destino final de la sala, para conocer “a priori” el resultado final en el entorno real [7]; objetivos alcanzables si se dispone de la herramienta de cálculo y análisis adecuada.

Con la presentación de este trabajo pretendemos mostrar la experiencia llevada a cabo, indicando la metodología empleada, los problemas encontrados y la superación de estas dificultades, para llegar a los objetivos deseados. Investigación que se está desarrollando por un grupo multidisciplinar integrado por físicos, matemático, arquitectos, psicólogo, músico e ingenieros.

2. ETAPAS DEL TRABAJO

La obtención de los objetivos planteados exige una metodología clara y rigurosa que se esquematiza en la figura 1 y que hemos dividido en siete etapas:

2.1 Selección de muestra de entornos objeto de estudio

La primera tarea abordada fue la selección de los entornos a estudiar (edificios patrimoniales y emblemáticos). Se eligieron seis, de los cuales dos están dentro del catálogo de Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

- Catedral Metropolitana (Valencia),
- Basílica de Santa María de Elche, (sede del Misteri d'Elx, Alicante),
- Auditori y Palau de Congressos, (Castellón),
- Palau de la Música y de Congressos, (Valencia),
- Palau de les Arts “Reina Sofía”, (Valencia), (4 salas)
- Lonja de los Mercaderes de Valencia

En esta fase es de destacar la relativa lentitud en la obtención de los permisos, por el tipo de edificios de los que se trataba, pero una vez obtenidos, la colaboración y apoyo ha sido total.

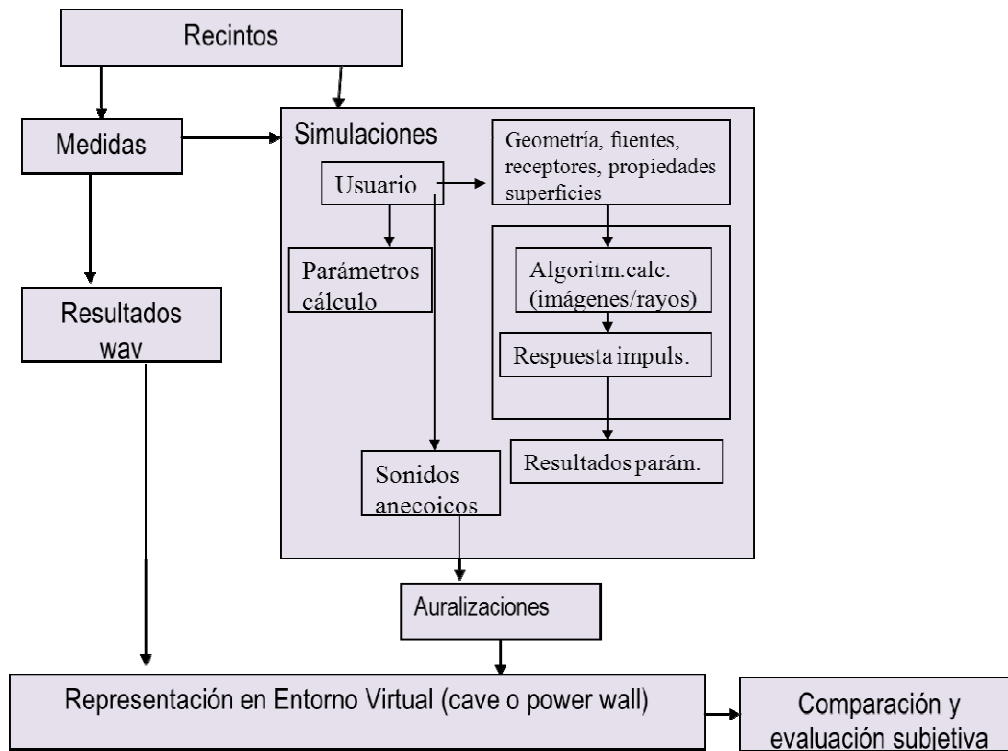


Figura 1.- Fases del trabajo de simulación virtual, auralización y evaluación subjetiva de salas

2.2 Medición de los parámetros acústicos objetivos a estudiar de los entornos seleccionados

Se han realizado medidas de los parámetros acústicos siempre según las directrices de la norma 3382 [8], siguiendo la metodología validada. Se ha sobremuestreado en referencia a la norma en cada entorno con el objetivo de estudiar detalladamente el campo sonoro en la sala para realizar un exhaustivo ajuste de las simulaciones. Éste solo puede hacerse con fiabilidad si se pueden contrastar muchos resultados medidos y calculados, además de su posible utilización en planteamientos futuros.

La mayor dificultad de esta fase ha sido la disponibilidad de las salas que, debido a su carácter público se han realizado después de su cierre, en la mayoría de los casos durante la noche. Otra característica que ha alargado su realización es que son salas de gran volumen y complejidad, y además en ciertos casos (Catedral de Valencia, Basílica de Sta María d'Elx, Palau de les Arts "Reina Sofía") se ha medido con diferentes ubicaciones de la fuente emisora para aproximarnos a la emisión real.

2.3 Modelado gráfico 3D de los entornos seleccionados

En una primera etapa se han elaborado modelos detallados de las distintas salas con el objetivo de que la percepción visual del espacio virtual sea lo más realista posible. En una segunda etapa, se ha procedido a la simplificación de los modelos a emplear en la simulación acústica. Partiendo de los modelos complejos se ha procedido a eliminar cierto grado de detalle para facilitar la compatibilidad con los programas de simulación acústica. Se han tomado como referencia estudios sobre el grado de simplificación y su influencia en los resultados obtenidos, para asegurar que dicha simplificación no interfiera con la fiabilidad de los resultados. En la tabla 1 se muestra el número de polígonos en los diferentes recintos para el modelo complejo (visual) y el modelo simplificado (modelo de cálculo). En la figura 2 se representan imágenes del Palau de les Arts "Reina Sofía", en ambas modelizaciones.

SALA DE ESTUDIO	NÚMERO POLÍGONOS MODELO	
	COMPLEJO	SIMPLIFICADO
CATEDRAL	12778	2399
PALAU DE LA MÚSICA	3685	1040
PALAU DE LES ARTS "REINA SOFÍA"	6520	2272
BASÍLICA ELCHE	4114	2334
BASÍLICA ELCHE CON MISTERI	4106	2450

Tabla 1.- Número de polígonos para la modelización visual (modelo complejo) y la modelización de cálculo (modelo simplificado)

La realización de los modelos virtuales en tres dimensiones de las salas ha sido costosa. Los principales problemas encontrados han sido:

- Para el modelado se ha utilizado el programa de diseño asistido por ordenador AutoCAD. En la mayoría de casos se ha contado con planta y sección de cada una de las salas en soporte digital. En la Basílica de Santa María de Elche, la ausencia de planos digitales ha obligado a la elaboración de los mismos a partir de los planos en papel.
- Por ser espacios de geometría compleja, la documentación disponible resultaba escasa, siendo necesario recurrir a fotografías y visitas para completar la información requerida.
- En una primera etapa se han elaborado modelos detallados de las distintas salas con el objetivo de que la percepción visual del espacio virtual sea lo más realista posible. Es en ésta fase donde se han encontrado las mayores dificultades, debido a que las exigencias del modelado en 3D de la sala para su simulación acústica y visual es diferente (necesita distinta resolución). Para ello, este modelo, realizado en AutoCAD 3D, ha sido convertido a los diferentes formatos requeridos por los diferentes software de cálculo acústico.
- Por otra parte, la simulación acústica requiere el cerramiento del modelo, para evitar fugas. Debido a que los programas conversores usan algoritmos de mallado no uniforme, esto ha introducido mayor complejidad en el modelado y la aparición de gran número de errores, por ello se ha desarrollado una serie de herramientas para el análisis y corrección de estos errores de manera semi-automática y así obtener una simulación acústica más fiable, porque no tenemos constancia de la existencia de una herramienta que, de forma sistemática, ayude a depurar errores, importante en salas de gran complejidad.

2.4 Modelado gráfico 3D de los entornos. Texturización

A partir de los modelos generados con Autocad y convertidos a 3D Studio Max, se han realizado las mejoras y adaptaciones necesarias del modelo virtual dentro de este programa, lo que permitirá aplicar correctamente las diferentes texturas. Además, se han modelado los elementos que no contiene el modelo a partir de planos, como puertas, sillas, elementos del escenario, etc., mediante el tratamiento de la información visual procedente de fotografías realizadas en visitas a los edificios, para crear una versión fiel del entorno y lo más realista posible, lo que se conoce como texturas para los entornos virtuales. En la figura 3 se representa imágenes texturizadas de la Capilla del Santo Cáliz en la Catedral de Valencia y la Lonja.

La aplicación de las texturas en los modelos visuales no es trivial. Se ha de tener determinada pericia en la aplicación de la iluminación a los modelos. Problema incrementado debido a la complejidad de éstos. Las mayores dificultades encontradas han sido:

- En la toma de fotografías puesto que deben reunir un alto nivel de detalle, ajuste de luz y color adecuado, poca distorsión:
 - En salas con iluminación pobre se dificulta la toma de imágenes y, en algunos casos las fotografías contienen ruido y necesitan mayor post-procesado.
 - Dificultades con el ajuste de color para que reflejen fielmente el entorno/iluminación de la sala.
 - Evitar sombras o cambios de iluminación intensos para obtener una imagen limpia. Si esto no se consigue se debe dedicar un tiempo mayor en el retoque de la fotografía.
- En el post-procesamiento:
 - Selección de fotografías adecuadas, con la consecuente disminución del material de trabajo.
 - Actuación sobre cada una de las fotografías para extraer las texturas (corrección de la perspectiva, igualar iluminación, corrección de tono, ...)
- En la aplicación de las texturas sobre el modelo geométrico:
 - Reestructuración del modelo geométrico inicial, agrupando por materiales y separando zonas con diferente posicionamiento de textura (superficies con diferente orientación o diferente normal).
 - En algunos casos, reconstrucción de partes de la geometría para permitir un mejor acoplamiento de las texturas.
 - Es necesario realizar un segundo ajuste del color y el tono de las texturas, ya que el programa de renderización 3D modifica la percepción del color conseguida con el primer post-procesamiento de la imagen
- En la iluminación de la sala.
 - Crear el efecto deseado de luces/sombras que representa la sala en el que intervienen tanto la iluminación artificial de la sala (focos, lámparas, etc.) como la luz ambiental exterior y el modelado de ésta no es trivial. La experiencia del modelador es esencial para intuir la posición y tipos de luces necesarias para crear el ambiente correcto.

LONJA



CAPILLA DEL SANTO CÁLIZ



Figura 3.- Imágenes de los modelos texturizados

2.5 Simulación acústica y auralización

A partir de las mediciones y del modelado gráfico en 3D, se ha realizado la simulación acústica. Se ha trabajado con dos programas de simulación acústica CATT-Acoustics y Odeon. Para la subtarea de auralización, se dispone de un catálogo de grabaciones anecoicas de obras musicales. Se ha realizado la auralización estática de los entornos simulados acústicamente con una selección de extractos musicales. Como problemas encontrados en esta la fase caben citar:

- Errores en la transformación de formatos. En el proceso de simulación acústica de una sala se parte de modelos geométricos construidos a mano o con programas CAD. Previamente a la simulación, éstos se deben revisar con sumo cuidado para eliminar posibles errores, tarea que se complica con la complejidad de la sala a estudiar. El éxito de este trabajo depende en gran medida de la experiencia del usuario y puede llegar a ser una tarea monótona y larga. Por ello:

- Se ha desarrollado una herramienta de soporte a la corrección geométrica para la depuración en la transformación de formatos para el modelado acústico.
 - Se ha realizado un estudio de los diferentes tipos de errores detectados por el programa CATT Acoustics. Para cada uno de los errores se ha realizado una propuesta de corrección y se ha implementado, obteniendo así un programa que permite corregir de forma iterativa cada uno de los errores [9].
-
- La realización de auralizaciones ha de ser comparable tanto con la respuesta impulsiva medida como con la simulada [10] [11]. En nuestro caso, la técnica de medida utilizada ha tenido un peso muy importante ya que la fuente sonora omnidireccional (normalizada) tiene unas determinadas características de emisión de potencia sonora en frecuencia. A partir de la determinación de estas características, su aplicación en los modelos y usando ciertas técnicas de procesado de señal hemos podido ajustar las auralizaciones simuladas y estudiar su calidad. [12][13]
 - La calibración de la simulación acústica de las salas respecto a las medidas realizadas es crítica. Los parámetros que influyen en el ajuste de una sala, (geometría y características acústicas del medio y los materiales), determina la bondad de la predicción del modelo acústico [14]. En nuestro caso, al tratar edificios emblemáticos y del patrimonio histórico-arquitectónico, esta dificultad se ha acrecentado al encontrar materiales no ensayados acústicamente e incluidos en las bases de datos. Por ello, trabajamos con un equipo de medida de absorción portable que permita el ensayo 'in situ' de estos materiales y acercarnos más a sus características acústicas reales.

En esta fase también se han modelizado y analizado algunos edificios del proyecto anterior por su particular interés. Este proceso ha resultado en una prolífica producción de trabajos [15][16][17][18][19][20][21][22].

2.6 Integración modelo gráfico y acústico en entorno virtual. Diseño de aplicaciones de testeo

A partir del estudio preliminar realizado [23], se ha creado un sistema de navegación de entornos virtuales en primera persona mediante el desarrollo de una interfaz de navegación de entornos simulados, que integra simulación acústica y gráfica con el objetivo de que el usuario pueda desplazarse por el modelo visual de la sala objeto de análisis mientras percibe el sonido auralizado correspondiente a la posición en la que se encuentra [24]. Este sistema ha sido aplicado a diferentes tecnologías inmersivas (Power Wall y CAVE).

2.7 Realización de prueba piloto subjetiva en entorno virtual

Sobre los modelos simulados, texturizados y auralizados, se han realizado test de análisis del método de evaluación de factores de calidad de audición de salas sobre los dos sistemas de proyección (CAVE y PowerWall), para posteriormente realizar estudios de las salas modeladas, por parte de expertos, que puedan valorar diferentes parámetros en diferentes puntos de la sala, y nos permita extraer conclusiones tanto sobre la influencia que supone el sistema de proyección usado, como la valoración de la acústica de la sala de manera virtual, sin necesidad de estar presente en la sala en los momentos en los que se realizan conciertos. La diferencia entre los dos sistemas de proyección radica principalmente, en el grado de inmersión que consiguen sobre el espectador.

Se han comparado estos dos dispositivos de visualización y reproducción de la señal auralizada, el "Cave" y la "PowerWall" y simultáneamente el error intra e interobservador del método de simulación. El ensayo se ha realizado en tres salas y en distintas posiciones en cada una de ellas por expertos acústicos, experto musical y aficionado [25].

3. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos presentado la experiencia en acústica virtual aplicada a salas de audición y particularmente a edificios patrimoniales, llevada a cabo en el proyecto de investigación que estamos desarrollando del plan nacional I+D+i. Nos hemos centrado en la exposición detallada de la metodología seguida para lograr los objetivos que se plantearon al comienzo de la investigación, incidiendo en los problemas que han surgido y la solución que hemos dado a los mismos. Con ello pensamos que, si se dispone de la herramienta de cálculo y análisis adecuado, pueda servir de guía y herramienta a quienes se inicien o trabajen en entornos de realidad virtual y auralizaciones, con el objetivo de evaluar la calidad de una sala existente, o antes de su construcción o rehabilitación. En este proyecto hemos desarrollado un sistema válido para la evaluación acústica de entornos. En nuestro caso particular lo hemos aplicado a la evaluación de salas de concierto y a edificios del patrimonio.

Para la implementación de este sistema se han desarrollado una serie de protocolos para el modelado acústico y visual, la calibración y ajuste de los modelos a partir de medidas reales, la simulación y auralización, la integración de gráficos y audio, la presentación en el entorno virtual inmersivo y su evaluación.

Además, hemos podido comprobar la validez de esta herramienta de evaluación mediante un estudio estadístico de validez entre dos expertos y un oyente en diferentes salas simuladas y texturizadas en las que se ha calificado la audición de la señal auralizada en diferentes puntos.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación mediante el proyecto de investigación BIA2008-05485.

5. REFERENCIAS

- [1] <http://grupo.us.es/gteacus/>
- [2] © CTT-UPV 2006
- [3] A. Giménez, R. M. Cibrián, S. Girón, T. Zamarreño, J. J. Sendra, A. Vela, F. Daumal "Questionnaire Survey to Qualify the Acoustics of Spanish Concert Halls" ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA Vol. 97 (2011) 1 – 1
- [4] Cerdá, S.; Giménez, A.; Romero, J.; Cibrián, R.; Miralles, J.L.; "Room acoustical parameters: A factor analysis approach". Applied Acoustics 70 (2009) 97–109.
- [5] Cerdá, S.; Giménez, A.; Cibrián, R.; "A factor analysis approach to determining a small number of parameters for characterizing". ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA Vol. 97 (2011) 441 – 452
- [6] <http://acusticavirtual.es>
- [7] J. Segura; "¿Cómo suena una sala donde se realizan actuaciones musicales?. "Acústica virtual: una herramienta de evaluación acústica". 1^{er} Congreso Internacional de Investigación en Música de Valencia, (ISEACV), ISBN: 978-84-693-3667-0
- [8] ISO3382-1:2009, Acoustics. measurement of room acoustic parameters Part 1: Performance spaces. International Organization for Standardization (ISO), 2009. UNE-EN ISO 3382-2:2008, Acústica: Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), 2008
- [9] R. Montell; J. Segura; A. Giménez; A. Barba; R. Lacatis; A. Planells; "A proposal for a tool for automatic correction of geometrical errors in acoustical simulation". Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010. 23-27 August 2010, Sydney, Australia.
- [10] Segura, J.; Vera, L.; Barba, A.; Montell, R.; Giménez, A.; Fernández, M.; Cibrián, R.; Cerdá, S.; Romero, J.; "Análisis de auralizaciones del nuevo órgano de la Basílica de San Jaime de Algemesí (Valencia)". TECNIACUSTICA'09. CÁDIZ, SEPTIEMBRE 2009.
- [11] J. Segura; S. Cerdá; A. Giménez; E. R. Montell; A. Barba; L. Vera; M. Fernandez; J. Romero; R. Lacatis; R.M. Cibrián; J.L. Miralles; J. Navasquillo; "Comparison between measured and simulated

- binaural impulse responses in different rooms". Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010. 23-27 August 2010, Sydney, Australia.
- [12] J. Segura, S. Cerdá, R. Montell, R. Lacatis, A. Barba, A. M^a Planells, A. Giménez, J. Romero, R. M^a Cibrián, L. Vera, M. Fernández; "Análisis de respuestas impulsivas en salas de audición". Actas del 41º Congreso Nacional de Acústica - 6º Congreso Ibérico de Acústica. TecniAcústica 2010. 13-15 Octubre, León.
- [13] Segura, J.; Vera, L.; Barba, A.; Lakatis, R.; Giménez, A.; Fernández, M.; Cibrián, R.; Cerdá, S.; Romero, J.; "Estudio de parámetros de calidad sonora de señal música y habla auralizada en una sala de uso múltiple". TECNIACUSTICA'09. CÁDIZ, SEPTIEMBRE 2009.
- [14] R. Lacatis, S. Cerdá, A. Giménez, J. Romero; "Comparación de los parámetros acústicos obtenidos mediante dos programas de simulación con modelos geométricos de diferente complejidad de una sala". Revista de Acústica Vol 42, 1-2, 2011.
- [15] J.Segura, A. Giménez, J.Romero, S.Cerdá; "A comparison of different techniques for simulating and measuring parameters in a place of worship: Sant Jaume Basilica in Valencia, Spain". Acta Acustica united with Acustica. Vol. 97 Number 1, January/February 2011.
- [16] Barba, A.; Giménez, A.: *El Teatro Principal de Valencia. Acústica y Arquitectura Escénica*, Valencia, Teatres de la Generalitat y Universitat Politècnica de València, 2011.
- [17] Barba, A.; Giménez, A.; "Análisis acústico de la tipología teatral a la italiana a través del estudio del Teatro Principal de Valencia". Revista de Acústica Vol 40, 3-4, 2009.
- [18] Barba Sevillano, A.; Giménez Pérez, A.; Segura García, J.; Montell Serrano, R; "Caracterización del comportamiento acústico de los teatros a la italiana a partir del estudio de su geometría.". TECNIACUSTICA'09. CÁDIZ, SEPTIEMBRE 2009.
- [19] Barba Sevillano, A. ; Giménez Pérez, A. ; Segura García, J. ; Lacatis, R. G.; "¿Cómo "suenan" un teatro a la italiana?. El Teatro Principal de Valencia." TECNIACUSTICA'09. CÁDIZ, SEPT 2009.
- [20] Lacatis, R.; Montell, R.; Giménez, A.; Barba, A.; Cibrián, R.; Cerdá, S.; Segura, J.; Romero, J.; "Coordination between in situ measures, acoustic simulation and virtual environments, key for improvement proposals in audience halls.". Internoise 2010. June 13-16, 2010. Lisbon, Portugal.
- [21] Lacatis, R.; Barba, A.; Giménez, A.; Cerdá, S.; "Analysis of the Polytechnic University of Valencia auditoriums, through a unitary measurement protocol application". Internoise 2010. June 13-16, 2010. Lisbon, Portugal.
- [22] A.Barba; "Acústica de los auditorios de la ciudad de Valencia: ayer, hoy y mañana". 1^{er} Congreso Internacional de Investigación en Música de Valencia, (ISEACV), ISBN: 978-84-693-3667-0
- [23] Montell, R.; Segura, J.; Vera, L.; Barba, A.; Giménez, A.; Fernández, M.; Cibrián, R.; Cerdá, S.; Romero, J.; "Sistemas de auralización y sonido 3D para su aplicación en entornos virtuales de edificios del patrimonio histórico-arquitectónico". TECNIACUSTICA'09. CÁDIZ, SEPTIEMBRE 2009.
- [24] R. Montell, J. Segura, A. Giménez, A. M^a Planells, A. Barba, S. Cerdá, R. Lacatis, L. Vera, B. Martínez; "Simulación acústica y gráfica. Prototipo de navegación de entornos virtuales". Actas del 41º Congreso Nacional de Acústica - 6º Congreso Ibérico de Acústica. TecniAcústica 2010. 13-15 Octubre, León.
- [25] Cibrián, Rosa; Segura, Jaume; Giménez, Alicia; Barba, Arturo ; Vera, Lucía; Ponz, Silvia; Lacatis, Radu; Cerdá, Salvador ; Montell, Radha ; Planells, Ana, "Error inter e intraobservador en la valoración acústica de salas en entornos virtuales, mediante encuesta de valoración subjetiva". TECNIACUSTICA'11. CÁCERES, OCTUBRE 2011.