



## ELABORACIÓN DE MODELOS PARA EL ESTUDIO ACÚSTICO EN ENTORNOS VIRTUALES

Reference PACS: 43.10.Pr, 43.55.Ka

**Planells, Ana<sup>1</sup>; Montell, Radha<sup>1</sup>; Segura, Jaume<sup>2</sup>; Barba, Arturo<sup>1</sup>; Cerdá, Salvador<sup>3</sup>; Cibrián, Rosa<sup>4</sup>; Lacatis, Radu<sup>1</sup>; Giménez, Alicia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> E.T.S.I. Industriales, Univ. Politécnica de Valencia (UPV), Camino de Vera s/n, Valencia -SPAIN  
[radmonse@upvnet.es](mailto:radmonse@upvnet.es), [agimenez@fis.upv.es](mailto:agimenez@fis.upv.es), [arturo@arturobarba.com](mailto:arturo@arturobarba.com), [rala1@doctor.upv.es](mailto:rala1@doctor.upv.es)

<sup>2</sup> IRTIC, Universitat de València, Polígon de la Coma s/n, Valencia, SPAIN [jsegura@uv.es](mailto:jsegura@uv.es)

<sup>3</sup> Departamento Matemática Aplicada, UPV, [salcerjo@mat.upv.es](mailto:salcerjo@mat.upv.es)

<sup>4</sup> Facultad de Medicina, Universitat de València, [rosa.m.cibrian@uv.es](mailto:rosa.m.cibrian@uv.es)

### ABSTRACT.

The virtual reproduction of an environment through a 3D model allows us to evaluate the objective and subjective parameters of its acoustics quality.

This paper presents the modelling process conducted in BIA2008-05485 project in order to study halls, auditoriums and other heritage buildings through virtual environments, as well as the difficulties found and the strategies adopted to solve them.

### RESUMEN.

La reproducción virtual de un espacio a través de un modelo tridimensional permite evaluar los parámetros objetivos y subjetivos de la calidad acústica del mismo [1].

En este trabajo se expone el proceso de modelización llevado a cabo en el proyecto BIA2008-05485 para el estudio de salas, auditorios y edificios del patrimonio mediante entornos virtuales; así como las dificultades encontradas y las estrategias adoptadas para solventarlas.

## 1. CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS

El estudio de un espacio mediante entornos virtuales en nuestro proyecto se realizó a partir de un modelo tridimensional del mismo que reproducía las características de las distintas superficies que lo componen y lo cierran. El proyecto consistía en el estudio de varios edificios patrimoniales emblemáticos, se eligieron los siguientes:

- Catedral metropolitana de Valencia
- Palau de la Música de Valencia
- Palau de les Arts "Reina Sofia"
- Lonja de los Mercaderes de Valencia
- Basílica de Santa María de Elche (en este caso se estudió con el montaje para la representación del Misteri d'Elx y sin él)

Para construir cada modelo tridimensional se partió de la documentación gráfica de la que se disponía. En la mayoría de los casos, esta documentación incluía planta y sección de la sala. Excepcionalmente, como en el caso de la Basílica de Elche, fue necesario dibujar la sección a ordenador ya que sólo existían planos en papel.

A partir de los planos se procedió a realizar los modelos en 3D utilizando la herramienta de dibujo asistido por ordenador AutoCAD para su posterior conversión a 3Dstudio max y aplicación de materiales y texturas. Se partió de la planta de cada sala colocando sobre ella la altura correspondiente a cada punto del espacio. Las alturas se midieron en la sección correspondiente. La complejidad de algunas de las salas, como es el caso de la Catedral de Valencia, hizo que la documentación resultara insuficiente. Por este motivo fue necesario recurrir a fotografías o visitas que proporcionararan un conocimiento global del espacio a modelar.

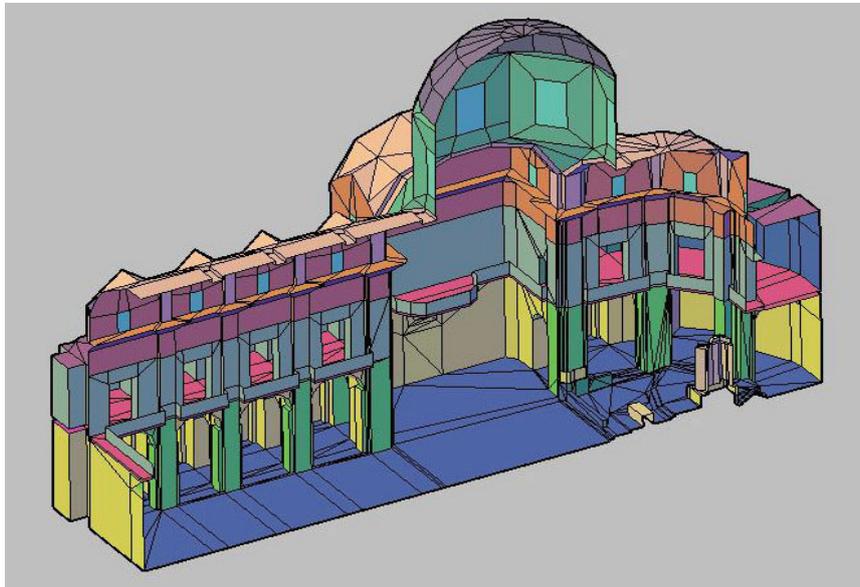


Figura 1: Basílica Santa María de Elche.

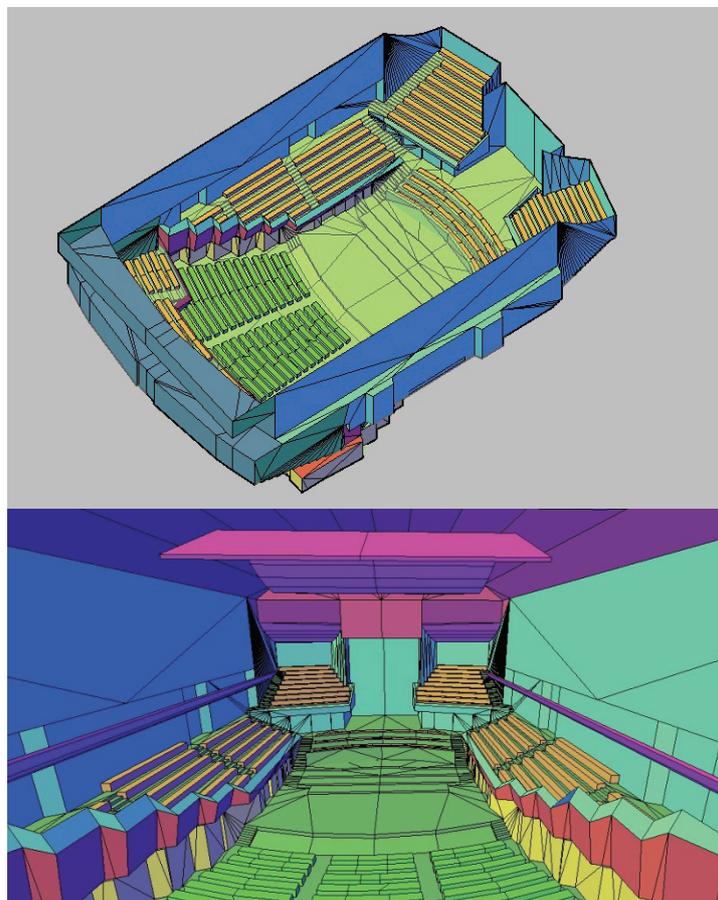


Figura 2: Palau de la Música. Sala Iturbi. Modelo complejo.

## 2. DIFERENCIAS ENTRE SIMULACIÓN VISUAL Y ACÚSTICA

El modelo virtual empleado en la simulación visual debía ser lo más detallado posible para obtener una visión realista al colocar la textura correspondiente a cada elemento y superficie. Esto se tradujo en modelos compuestos por un elevado número de caras.

En un primer momento se pensó en utilizar los mismos modelos tanto para la simulación visual como para la acústica. No obstante, la naturaleza de los algoritmos de trazado de rayos obliga a que el modelo cumpla una serie de restricciones. Además, se ha demostrado que se obtienen mejores resultados en la simulación si la complejidad de la sala se representa mediante los parámetros de las superficies (absorción y difusión) [2]. Por otro lado, a mayor número de superficies, mayor es la posibilidad de aumentar el número de errores. Por tanto, para este proceso, como las exigencias eran totalmente distintas, se requería un modelo lo más sencillo posible que redujera las posibilidades de error.

Los programas de simulación acústica exigen que los modelos estén totalmente cerrados para que los rayos que simulan las ondas sonoras reboten en las superficies sin producirse escapes. Cuanto mayor es el número de caras que compone el modelo mayor es la cantidad de aristas y vértices de encuentro entre caras por los que pueden producirse los escapes, por ello la complejidad espacial y geométrica de las salas de estudio debía simplificarse. El modelo debía elaborarse con el mínimo número de planos sin perder las características esenciales del espacio que le otorgan un determinado comportamiento acústico.

Como consecuencia de esta contradicción entre los requerimientos exigidos en un caso y en otro y apoyándonos en estudios que corroboraban la necesidad de simplificar, se tomó la decisión de realizar dos modelos para cada una de las salas de estudio. A partir de los modelos complejos empleados en la simulación visual se realizaron otros más sencillos, reduciendo notablemente el número de planos para hacerlos compatibles con los programas de simulación acústica y reducir el número de errores.

Tabla 1: Modelización de diferentes salas con modelos complejos y simplificados.

SALA DE ESTUDIO	NÚMERO POLÍGONOS MODELO	
	COMPLEJO	SIMPLIFICADO
CATEDRAL	12778	2399
PALAU DE LA MÚSICA	3685	1040
PALAU DE LES ARTS "REINA SOFIA"	6520	2272
BASÍLICA ELCHE	4114	2334
BASÍLICA ELCHE CON MISTERI	4106	2450
LONJA DE LOS MERCADERES	18262	3875

## 3. LIMITACIONES DEL PROGRAMA DE DIBUJO

En esta etapa, las mayores dificultades se encontraron a la hora de compaginar la precisión requerida por dichos programas con las limitaciones de los programas de dibujo y modelado. [3]

El modelado para la simulación acústica exige un nivel de precisión muy alto:

- Fue imprescindible modelar con elementos del tipo cara 3D ya que los programas de simulación no admiten sólidos.
- Para que el modelo estuviera completamente cerrado y evitar fugas los vértices de todas las caras adyacentes debían coincidir exactamente. Aquí se encontraron dificultades importantes en elementos complejos como nervios y bóvedas de los primeros modelos ya que la ubicación de algunos puntos concretos en el espacio resultó muy complicada. La experiencia de modelos iniciales permitió superar estas dificultades en los posteriores.
- Para que el modelo estuviera completamente cerrado y evitar fugas los vértices de todas las caras adyacentes debían coincidir exactamente. Aquí se encontraron dificultades

importantes en elementos complejos como nervios y bóvedas de los primeros modelos ya que la ubicación de algunos puntos concretos en el espacio resultó muy complicada. La experiencia de modelos iniciales permitió superar estas dificultades en los posteriores.

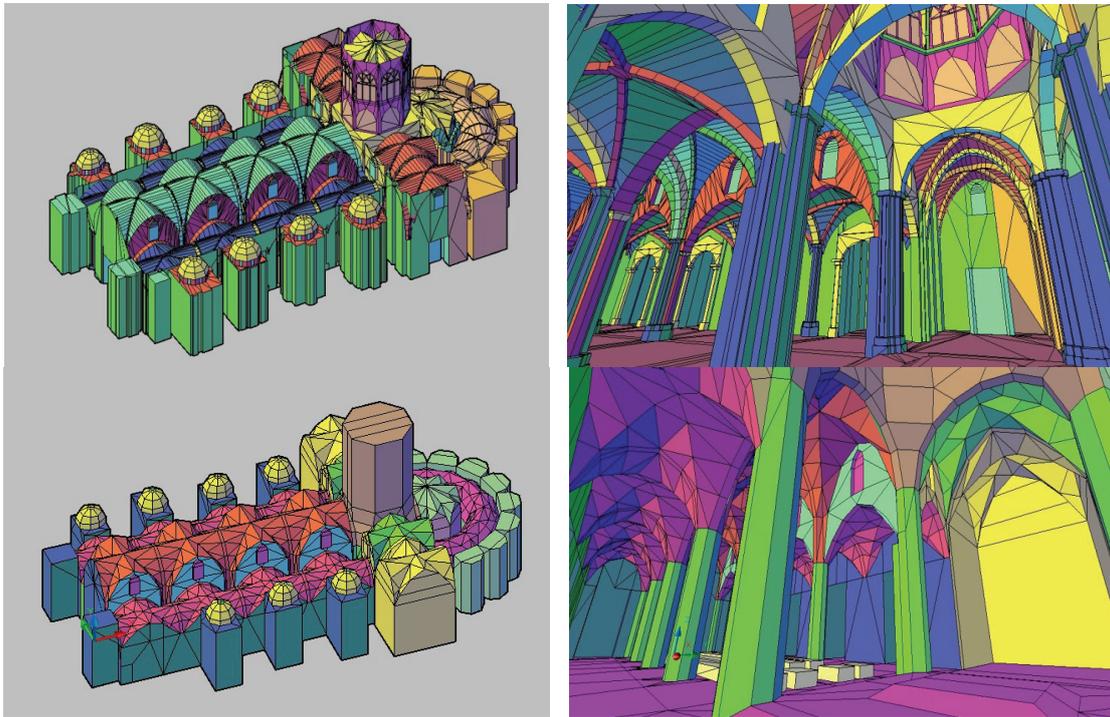


Figura 3: Catedral de Valencia. Modelos complejo y simplificado (vistas exterior e interior).

La principal limitación de AutoCAD a la hora de modelar es que sólo permite realizar caras de tres o cuatro lados. Como consecuencia, dada la complejidad de las salas incluso tratándose de un modelo simplificado, fue necesario un mayor número de caras en cada superficie aumentando las posibilidades de errores y escapes entre ellas. Se detectó asimismo cierta falta de precisión ya que muchas veces los vértices eran aparentemente coincidentes siendo necesario ampliar extremadamente la vista del encuentro entre caras para apreciar una mínima separación entre ellos traducida posteriormente en un error.

Por último señalar que no permite conocer el sentido de las normales de las caras por lo que resultó imposible saber si las superficies estaban o no bien orientadas hasta que no se introdujo el modelo en el programa de simulación acústica.

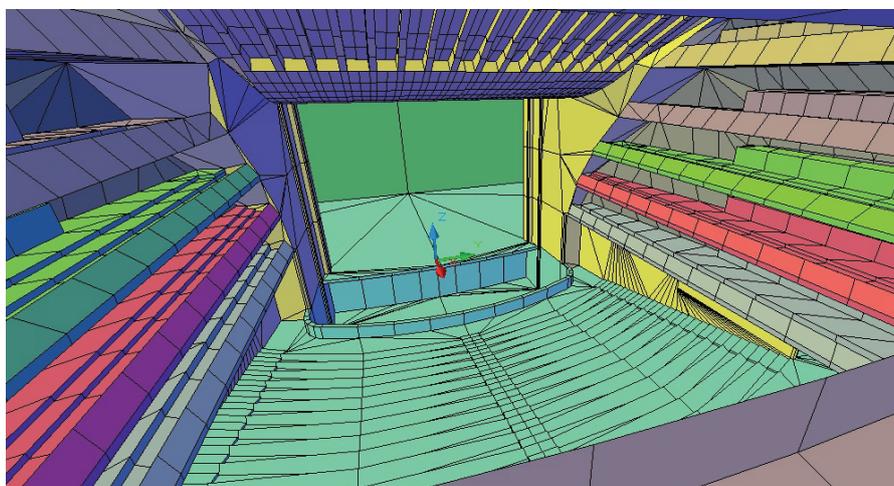


Figura 4 a: Palau de Les Arts "Reina Sofia". Modelo complejo.

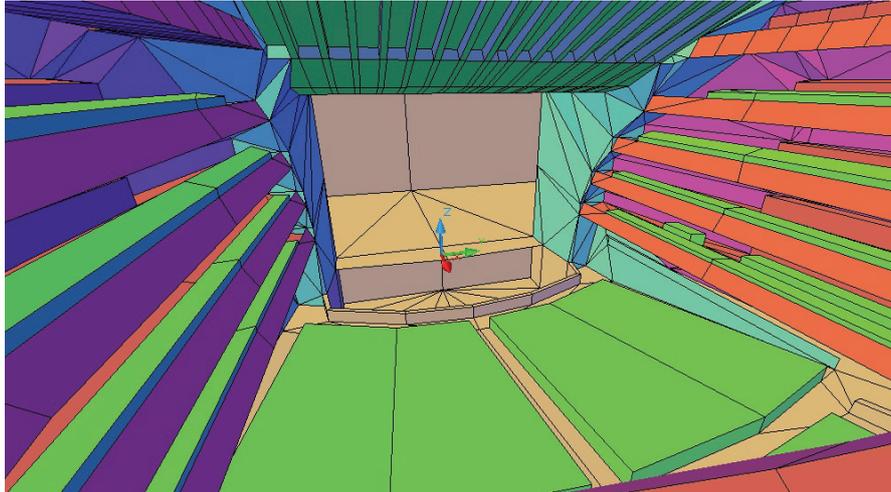


Figura 4 b: Palau de Les Arts "Reina Sofia". Modelo simplificado.

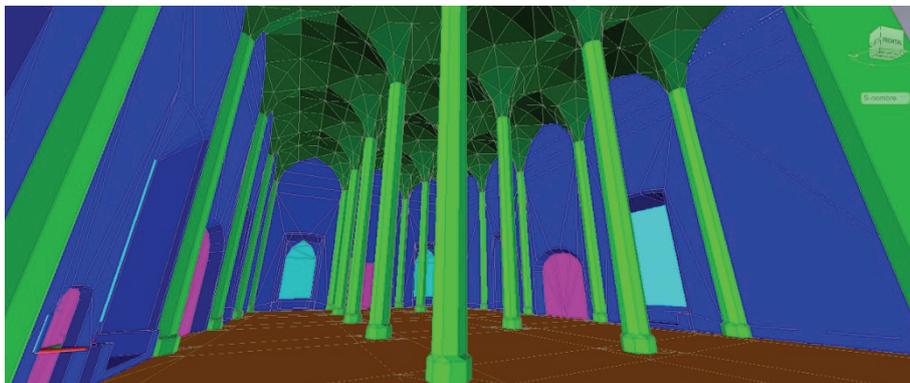
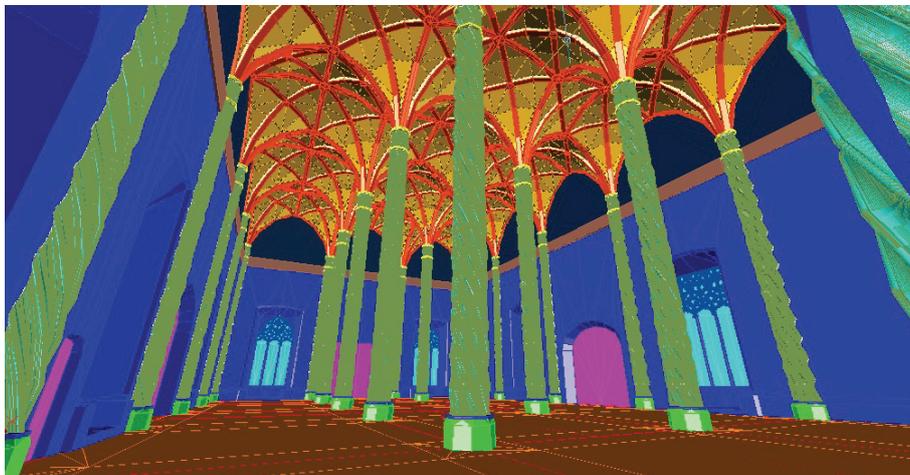


Figura 5: Lonja de los Mercaderes de Valencia. Modelos complejo y simplificado.

## 5. CONCLUSIÓN

Los modelos empleados para simulación acústica han de cumplir unas condiciones determinadas que los hagan compatibles con los programas informáticos y que difieren notablemente de las requeridas para la simulación visual. Por este motivo es recomendable realizar un modelo específico para cada caso.

El trabajo realizado ha posibilitado el desarrollo de herramientas de soporte a la corrección y además es fundamental la experiencia del modelizador para minimizar errores y disminuir el tiempo de desarrollo de los modelos especialmente en geometrías complejas

## 6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por fondos FEDER y el Ministerio de Ciencia e Innovación Español, dentro del proyecto BIA2008-05485.

## 7. REFERENCIAS

- [1] A. Giménez; J. Segura; R. Cibrián; S. Cerdá; A. Barba; R. Montell; A. Planells; J. Navasquillo; J. Romero; S. Ponz; R. Lacatis; M. Fernández; J.L. Miralles. "Estudio acústico de edificios del patrimonio histórico-arquitectónico en entornos de realidad virtual. Dificultades y ventajas." TECNIACUSTICA'11. CÁCERES, OCTUBRE 2011.
- [2] S. Siltanen, T. Lokki, L. Savioja. "Geometry Reduction in Room Acoustics Modeling." ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA. Vol. 94 (2008) 410 – 418, Nov/Dec 2008.
- [3] 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.