

EL TEATRO PRINCIPAL DE VALENCIA: VASIJAS ACÚSTICAS Y CÁMARAS DE RESONANCIA

PACS: 43.55.Gx

Barba, Arturo; Giménez, Alicia
Universitat Politècnica de València, Dpto. Física Aplicada
Camino de Vera s/n
Valencia
E-mail: arturo@arturobarba.com, agimenez@fis.upv.es

ABSTRACT

Opera houses from seventeenth to nineteenth centuries, often used acoustic devices to improve their sound performance as semi-cylindrical resonance chambers under the orchestra pit, air ducts between orchestra and stage, chambers under the stalls, etc. Teatro Principal of Valencia was designed in 1774, opened in 1832, and also shares these type of acoustic mechanisms. This article focuses on the resonant chambers and on the acoustic vessels existing in the mentioned theatre, and in the different projects that were developed there in the early nineteenth century.

RESUMEN

Los teatros de ópera de los siglos XVII al XIX emplearon a menudo diferentes artificios acústicos para tratar de conseguir mejoras en su comportamiento sonoro: cámaras de resonancia semicilíndricas bajo el foso orquestal, conductos de aire entre orquesta y escena, cámaras bajo la platea, etc. El Teatro Principal de Valencia, proyectado en el año 1774 e inaugurado en 1832, no fue ajeno a este tipo de propuestas. Este artículo se centra en el estudio histórico-acústico de las cámaras resonantes y vasijas acústicas presentes en dicha sala teatral y en los diversos proyectos que para ella se elaboraron a comienzos del siglo XIX.¹

1. INTRODUCCIÓN

Hasta la formulación de las teorías del americano Wallace Sabine (1868-1919) a comienzos del siglo XX, la acústica de salas avanzó lentamente basándose en propuestas teóricas sin un aval científico y, sobre todo, en experiencias derivadas de la práctica arquitectónica. Ya en el siglo XVIII, tratadistas como Algarotti [2], Patte [3], Saunders [4], Milicia [5] o Noverre [6] abordaron en sus escritos todo tipo de cuestiones relacionadas con el diseño y la edificación de salas teatrales y operísticas, pero la mayor parte de los razonamientos y juicios relacionados con la

¹ Este artículo resume un fragmento de la investigación recientemente publicada en: Barba, Arturo; Giménez, Alicia.: *El Teatro Principal de Valencia. Acústica y Arquitectura Escénica*, Valencia, Teatres de la Generalitat y Universitat Politècnica de València, 2011 [1].

acústica que encontramos en ellos no gozan de un respaldo científico que los avale. Como en tantas facetas de la evolución humana, fueron la fortuna, la intuición y la experiencia las claves que permitieron mejorar constantemente los modelos teatrales optimizando el resultado visual y sonoro de los recintos. Así, la evolución de los teatros de ópera se fue construyendo sobre una serie de ejemplos relevantes debido al carácter pionero que en su momento tuvieron por incorporar alguna innovación relacionada con la tipología edilicia teatral.

El proyecto del **Teatro Principal de Valencia** (Figuras 1 y 2) estuvo en su origen muy vinculado a ese tipo de experimentaciones casi teóricas que construyen la historia, pero la falta de recursos económicos dio al traste con las propuestas más novedosas. El edificio, que alberga un aforo superior a las 1000 localidades, fue proyectado en el año 1774 por el arquitecto italiano Felipe Fontana² y se inauguró en 1832, lo cual lo convierte en uno de los edificios teatrales en activo más antiguos de España.

Entre las curiosidades acústicas cuya realización se planteó en el siglo XVIII debido probablemente al vínculo italiano del proyecto original que enlaza con la tradición de los Galli-Bibiena, destacaremos por su relevancia: la cámara de resonancia bajo la platea, la cámara de resonancia ubicada bajo el foso orquestal y la presencia de vasijas acústicas en esta última.



*Figuras 1 y 2 – Panorámicas interiores del Teatro Principal de Valencia, 2010
(Fotografías Vicente A. Jiménez)*

2. LA CÁMARA DE RESONANCIA BAJO LA PLATEA: EL “CLAVICORDIO”

El proyecto inicial del Teatro Principal de Valencia realizado por Fontana en 1774, incorporaba ya una cámara abovedada subterránea ubicada bajo la platea que cumplía funciones de caja de resonancia llamada “**clavicordio**” o “**címbalo**”. Dicha cámara, revestida interiormente de madera, comunicaba mediante rejillas directamente el foso orquestal con las butacas de la platea, ejerciendo de vehículo directo de transmisión acústica entre orquesta y público.

A petición de la Real Cámara, el arquitecto Ventura Rodríguez emitió un documento en 1775 valorando el proyecto de Fontana en el que informó favorablemente acerca de la construcción

² Arquitecto, pintor y escenógrafo nacido en Bolonia en 1744, Felipe Fontana estudió arquitectura teatral con el célebre arquitecto Antonio Galli Bibiena durante ocho años en su ciudad natal. Asentado en Valencia desde 1767, la Real Academia de BB. AA. de San Carlos de la ciudad le otorgó el Grado de Académico de Mérito en 1775. Trabajó en Valencia hasta 1786, año en que partió hacia Madrid donde falleció en 1800 [7]. Fontana nunca llegó a ver tan siquiera el comienzo de las obras del teatro valenciano cuyo germen habían sido sus planos, ya que la construcción se inició en 1808 y la inauguración tuvo lugar en julio de 1832.

de dicho “clavicordio”, ingenio acústico inexistente en los teatros españoles del momento. Los académicos de la Real Academia de San Carlos de Valencia que se hicieron cargo del proyecto y construcción del teatro a comienzos del siglo XIX, Salvador Escrig y Cristóbal Sales, mantuvieron la figura del clavicordio en sus planos. Diversos problemas políticos y económicos hicieron que pronto se paralizasen las obras y tras un largo período de tiempo, el arquitecto Juan Marzo y Pardo retomó la construcción del teatro en el año 1831 y suprimió el clavicordio debido a las fuertes reducciones presupuestarias impuestas [8].

Hasta aquí las noticias que los archivos valencianos nos aportan del malogrado clavicordio del Teatro Principal. Sin embargo, en la intervención que el arquitecto G. Stuyck llevó a cabo entre los años 1983 y 1989, halló bajo el entarimado del patio de butacas una cámara de aire que lo recorría casi en su totalidad [9]. La cámara estaba compuesta de una base de baldosas de barro sobre las cuales se disponían muretes de ladrillo, soporte de las escuadrías de madera maciza en las que apoyaba la tarima superior de tablero de madera machihembrado... ¿Se trataba del citado clavicordio?

Es cierto que tenemos constancia de que en el período de construcción a comienzos del siglo XIX el clavicordio no se hizo, pero dado que durante los más de 175 años de existencia del recinto teatral se han llevado a cabo en múltiples ocasiones intervenciones en la platea modificando su pendiente o su acabado exterior, cabía la posibilidad de que se hubiese construido a posteriori. Sin embargo, la respuesta a la pregunta planteada es sin duda negativa, dado que la existente es una cámara de reducidas dimensiones impracticable que, desde luego, no podría asumir las funciones de almacenamiento de bancos de la platea a que se refería el arquitecto Cristóbal Sales en un escrito alusivo a dicho clavicordio [10]. En cualquier caso, es muy probable que el objetivo original de la cámara hallada fuera la mejora de la sonoridad de la platea basándose en razonamientos intuitivos no contrastados.

Es digna de halago la cuidadosa intervención de Stuyck con respecto a esta cámara, al optar por reproducirla con su misma disposición, dimensiones y materiales (recuperando incluso parte de las baldosas de barro originales) con el fin de evitar, en la medida de lo posible, cualquier interferencia o modificación de las condiciones acústicas previas de la sala teatral [11].

Un formidable ejemplo extremo de la existencia, finalidad y posible uso de este tipo de espacios lo encontramos en las reformas llevadas a cabo en el Teatro Argentina de Roma (inaugurado inicialmente en 1732), en el cual se construyó bajo el pavimento de platea, un recinto de ladrillo que partía del escenario y llegaba al final del patio de butacas. Este recinto se llenó de agua a modo de canal, apoyándose en la teoría de que el agua es un material que canaliza el sonido de un modo eficiente. Así, a través de ella, la música alcanzaría las butacas posteriores del patio de platea emergiendo por las rejillas dispuestas a tal efecto en el pavimento [12].

3. EL FOSO ORQUESTAL. CORTINAJES Y CÁMARAS DE RESONANCIA

Previo al proyecto arquitectónico llevado a cabo en el Teatro Principal en la pasada década de los 80, el foso orquestal disponía de un espacio de 37 m². La citada intervención incrementó su superficie hasta 70 m² al retrasar la corbata del frente del escenario recuperando así su posición original y le dotó de una posible ampliación hasta 100 m² mediante la supresión de las primeras filas del patio de butacas, en función de las necesidades de las representaciones.

En la memoria citada en el apartado anterior, Stuyck propone “*conservar las condiciones de los paramentos del foso de orquesta*” de tal modo que el paramento en contacto con el escenario mantenga su forma abocinada “*disponiendo un fondo enlucido y pintado que proporciona una cierta reflexión del sonido hacia la sala*”. Para los otros frentes del foso se proyectó un recubrimiento con materiales absorbentes (moquetas o cortinajes) para evitar efectos

excesivos de “rebote” del sonido hacia el propio foso. La propuesta de instalar cortinas en el foso recibió críticas de los asesores del Ministerio de Cultura, que manifestaron su oposición al respecto.

A nuestro juicio no resulta descabellada la idea de Stuyck: el Teatro Principal es un recinto de tamaño medio-grande (en torno a 1200 localidades) cuyo foso orquestal se muestra completamente abierto, característica morfológica que puede producir un exceso de sonido orquestal en relación a los solistas que cantan desde el escenario. Una referencia directa sobre la instalación de cortinajes en fosos orquestales la encontramos en la Staatsoper de Dresde en la cual, para lograr el equilibrio adecuado entre el sonido producido por la orquesta en el foso y el emitido por los cantantes en el escenario, se dispuso una cortina colgada en un lado del foso orquestal para absorber el exceso de sonido de la sección de instrumentos viento-madera [12].

Un elemento presente en el Teatro Principal de mucho mayor calado y tradición en la historia de los edificios teatrales es la existencia de una cámara de resonancia bajo el pavimento del foso orquestal con objeto de amplificar el sonido de la orquesta, algo bastante común en los teatros de ópera del siglo XVIII, especialmente en los italianos.

El tratadista francés Pierre Patte [3] explica que el Teatro Regio de Turín tenía bajo el pavimento de madera del foso orquestal un “hoyo” semicilíndrico hecho de fábrica y que recorría toda la longitud del mismo. Un conducto en cada extremo conectaba este espacio con el escenario. La finalidad de este mecanismo era, por una parte, reflejar y reforzar el sonido de la orquesta gracias a la dureza del material de fábrica del “hoyo acústico” y a su forma; y por otra, este espacio de aire ayudaba a la resonancia del pavimento de madera del foso. Este mismo ingenio acústico lo incorporó el propio Patte en su “*salle de spectacle*” ideal recogida en su *Essai sur l'architecture theatrale* del año 1782 (Figura 3).

Un foso acústico semicilíndrico similar lo encontramos en otro de los tratados de referencia sobre teatros en el siglo XVIII: *Teatrise on Theatres*, del inglés George Saunders publicado en el año 1790 [4]. Al igual que Patte, Saunders propone una sala de ópera “ideal” en cuya sección se aprecia claramente el foso semicilíndrico ubicado bajo el pavimento de la orquesta (Figura 4).

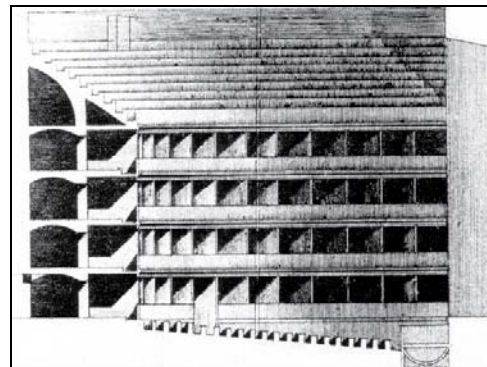
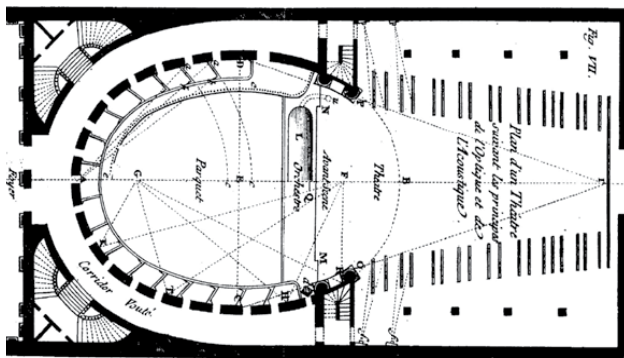


Figura 3 (izq.) - Plan d'un Théâtre suivant les principes de l'Optique et de l'Acoustique, [3], p. 211, Fig. VII
Figura 4 (der.) - Diseño de un teatro de ópera ideal. Sección, [4], "Plate 12". Imágenes de [1], pp. 215-216

La tradición ha creído ver en estas cavidades curvas bajo los fosos orquestales una de las razones de la buena acústica de muchos teatros en herradura. Incluso se ha dicho que incrementan la reverberación de la sala a bajas frecuencias y aumentan la sensación de calidez [13]. Esta afirmación ha sido muy cuestionada en los últimos años, al considerar que, desde el punto de vista científico, el efecto más lógico de estos fosos sería el de provocar una fuerte absorción de sonidos graves, pudiendo incluso desequilibrar con ello el balance tonal de la sala [14].

Las cavidades de resonancia semicilíndricas estuvieron muy presentes y extendidas en los teatros europeos y aun hoy día es fácil encontrarlas en numerosos recintos escénicos históricos. Un foso orquestal curioso por su doble semicírculo en sección es el diseñado por C. N. Ledoux para el Teatro de Besançon a comienzos del siglo XIX [15] (Figura 5).

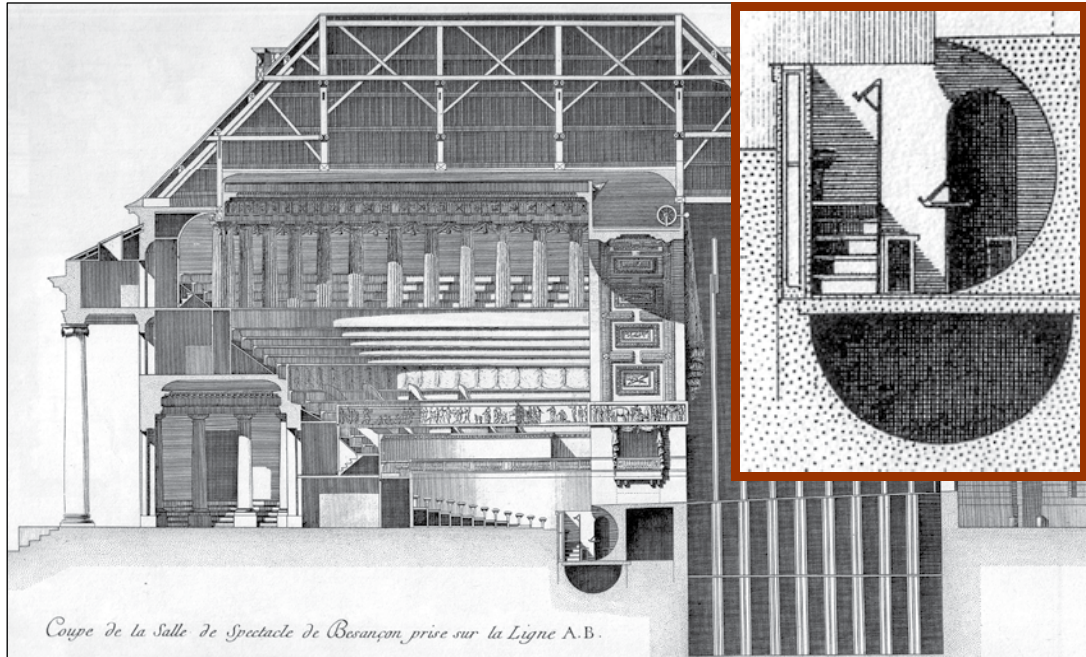


Figura 5 - Diseño de Ledoux del Teatro de Besançon, sección longitudinal y detalle del foso orquestal (L'Architecture considérée sous le rapport de l'art, Claude-Nicolas Ledoux, París, 1804)

Ledoux no dibuja un foso orquestal al uso; en el detalle de la sección llama la atención la presencia de dos semicírculos. Por una parte la cavidad semicilíndrica inferior bajo el pavimento flotante del foso, y por otra, una sección igualmente semicilíndrica en la pared interior del foso bajo la corbata del escenario cuya función aparente es la de reconducir la totalidad del sonido emitido por la orquesta, orientándolo hacia la platea escalonada. Se trata de un mecanismo acústico que el arquitecto parece dibujar de modo intuitivo, basándose en su de sobra conocida valoración de las geometrías semicirculares [16].

4. LAS VASIJAS DEL FOSO ORQUESTAL

En el interior de la cámara de resonancia subterránea bajo el pavimento del foso orquestal del Teatro Principal se hallaron cerca de un centenar de vasijas de barro invertidas con perforaciones en su base, ordenadas en grupos de cinco formando filas alineadas de modo paralelo sin apenas espacio entre ellas (similares a macetas colocadas boca abajo), a las que ya nos hemos referido en publicaciones previas [1] [17] (Figuras 6 y 7). Resulta llamativo que no tengamos ningún documento referente a su colocación. Ni tan siquiera el escritor Luis Lamarca, gran conocedor y primer biógrafo del Teatro Principal, realizó alusión alguna a la existencia de vasijas cerámicas bajo el foso orquestal [8].



Figuras 6 y 7 - Teatro Principal de Valencia. Cámara subterránea bajo el foso orquestal y vasija cerámica. 1989 (Archivo del Departamento de Arquitectura de la Diputación Provincial de Valencia)

Podemos atribuir esta ausencia a que tal vez la colocación de las vasijas se realizase con posterioridad a 1840, año de publicación del libro de Lamarca, lo cual tampoco estamos en condiciones de afirmar, dado que también es factible que omitiera comentar nada por desconocimiento del tema. Es frecuente, al consultar planimetría de épocas pasadas, que aspectos puntuales de los proyectos no aparezcan en los planos previos al desarrollo de la construcción. A menudo los arquitectos adoptaban decisiones a pie de obra, sin haberlo considerado previamente a nivel de proyecto. De ser así, tal vez Lamarca consultase los planos de J. Marzo o los de alguno de sus predecesores (todos ellos desaparecidos hoy día) y encontrara en ellos bajo el pavimento de la orquesta únicamente una cámara de resonancia vacía, lo cual no era en absoluto digno de mención dado que esto constituía una práctica habitual en la construcción de teatros a la italiana como ya hemos referido.

En cualquier caso, la función acústica encomendada originalmente a estas vasijas sigue siendo una incógnita para nosotros. Al pensar en ello, la primera idea que barajamos fue el posible uso de las mismas como “resonadores simples de Helmholtz” [18]. Para asimilarse a un resonador simple, las vasijas deberían presentar en su parte posterior una única abertura como se muestra en la Figura 8, para que la presión sonora incidente pusiese en movimiento vibratorio las partículas de aire que están en la zona del agujero (en el cuello del mismo), actuando como cojín elástico las restantes partículas de aire que forman parte del volumen interior de la vasija. El efecto de estos resonadores simples de Helmholtz sería una fuerte absorción en una frecuencia determinada, la llamada “frecuencia de resonancia” del objeto resonador.

Sin embargo, las vasijas halladas en la cámara del foso del Teatro Principal presentan siete aberturas en su base (Figura 9). Desechamos por ello la idea de que funcionasen como resonadores simples y comenzamos a considerar la posibilidad de que las vasijas pudiesen asimilarse a “resonadores circulares múltiples de Helmholtz” [18]; es decir, que se comportasen de un modo semejante a los paneles de perforaciones circulares con absorbente y cámara de aire posterior que se usan como medio de absorción en el revestimiento de paredes y techos de numerosos auditorios construidos en la actualidad.

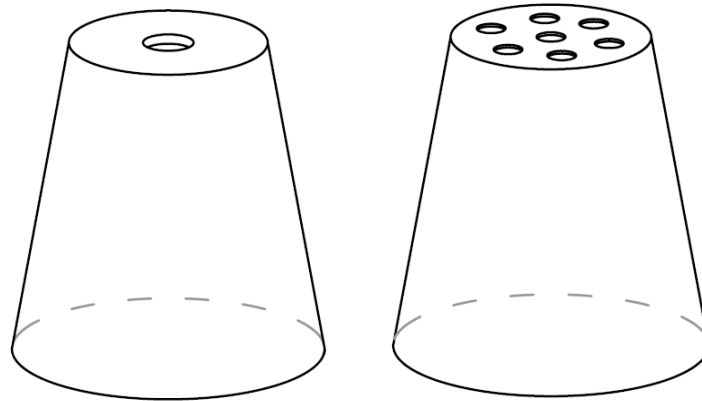


Figura 8 (izq.) - Vasija hipotética con una única abertura, que podría actuar como un resonador simple de Helmholtz. Figura 9 (der.) - Una de las vasijas existentes, con siete aberturas en su base (elaboración propia)

Este tipo de resonadores consigue una fuerte absorción localizada en su frecuencia de resonancia y una absorción considerable en las frecuencias del entorno de ésta, abarcando un espectro de frecuencias más amplio que el de un resonador simple.

Dado que todas las vasijas halladas son aproximadamente iguales entre sí (número de perforaciones, dimensiones, etc.) y dado el elevado número de vasijas que ronda el centenar, si éstas funcionasen como resonadores múltiples circulares de Helmholtz la absorción en el ámbito de su frecuencia de resonancia podría resultar excesiva, desequilibrando la curva tonal de la sala. Aunque existe otra posibilidad: tal vez el efecto buscado fuese el de eliminar algún tipo de efecto vibratorio del entarimado del foso orquestal que, al contar con una cámara inferior, podría comportarse como una membrana y entrar en resonancia a cierta frecuencia produciendo un efecto sonoro pernicioso.

En cualquier caso, las enormes diferencias formales entre el detalle constructivo propio de este tipo de resonadores y las vasijas de barro invertidas halladas nos hacen desechar la idea de que actúen como resonadores múltiples circulares: en primer lugar la vasija no cuenta con material poroso (absorbente) en su parte interior y en segundo lugar la altura de la misma (cerca de 40 cm) dista mucho de los escasos centímetros (menos de 5) propios de las cámaras de aire de este tipo de resonadores múltiples.

Pese a todo, podríamos plantear la posibilidad de que funcionasen absorbiendo un determinado rango de frecuencias por mecanismos similares a los de los resonadores de Helmholtz; sin embargo, como se ha dicho desde el inicio, estas vasijas se hallaron bajo el foso orquestal, en una cavidad completamente cerrada sin comunicación alguna con la sala al estar separada de ésta por un pavimento de madera. Esto impide a priori considerar que las vasijas podían tener efecto notorio alguno en la acústica del recinto, ya que para entrar en vibración los sonidos producidos bien en el foso orquestal, bien en el escenario, deberían alcanzar a las vasijas de un modo más o menos directo, cosa que aquí no ocurre. Un ejemplo de esto lo encontramos en los vasos de bronce que, a decir de Vitruvio, los romanos colocaban en los teatros al aire libre para potenciar la voz de los actores al entrar en resonancia con ella. Estos vasos se situaban en “celdillas” bajo las gradas comunicadas directamente con el exterior a través de una abertura [19]. Hemos publicado un análisis de la disposición y efecto de las vasijas de Vitruvio en los teatros de la antigüedad en [20].

No podíamos con esta explicación poner punto final a la investigación acerca de las vasijas, pues es indudable que con alguna intención se colocaron en la citada cámara de aire bajo el foso. Entonces... ¿Qué finalidad perseguían?

Tal vez pretendían amplificar el sonido de la orquesta. O quizás trataran de ayudar de algún modo a la resonancia del entarimado sobre el que se asentaban los músicos, que entraría en vibración al ser excitado por los instrumentos musicales de la orquesta mejorando así la conjunción entre los músicos. Tal vez la intuición de algún técnico le llevó a proponer la colocación de las vasijas, probablemente imitando algún sistema similar instalado en algún otro teatro, conociendo o no cuál era su finalidad.³

¿Qué razonamiento físico puede explicar el funcionamiento acústico de las vasijas?

Tal vez el diseñador del mecanismo confiase en que las juntas del primitivo foso de madera sirviesen de conexión entre la cámara de las vasijas y la sala, y éstas cumpliesen así la función para la que habían sido diseñadas. Quizás inicialmente existiese una conexión a modo de túnel entre la cámara y el escenario (o la sala) como ocurre ya en el s. XVIII en la “*salle de spectacle*” ideal diseñada por P. Patte [3] (ver Figura 3). O es posible que, como se ha apuntado anteriormente, la finalidad buscada fuera absorber determinadas frecuencias que el pavimento del foso potenciase en exceso.

No hemos hallado ningún documento que nos informe de en qué momento fueron colocadas las vasijas o de la finalidad que perseguían; de hecho como tantas veces ocurre, con el paso del tiempo, su presencia bajo el foso orquestal cayó en el olvido y fue en el año 1989 cuando el arquitecto G. Stuyck dio con ellas nuevamente. Gracias al sentido de la responsabilidad y al respeto por el patrimonio arquitectónico de los técnicos de la Diputación, las vasijas ocuparon nuevamente su posición tras ser descubiertas.⁴

5. CONCLUSIONES

En el presente artículo hemos analizado las diferentes propuestas de artificios acústicos que se plantearon o ejecutaron a comienzos del siglo XIX en el Teatro Principal de Valencia. Se han aportado hipótesis de funcionamiento de dichos mecanismos acústicos objeto de estudio y referencias bibliográficas para profundizar en el tema.

Futuras investigaciones ya en curso basadas en la realización de ensayos acústicos en el interior de dichas cámaras, permitirán responder a numerosas preguntas planteadas al respecto todavía sin contestar.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de los Proyectos Coordinados pertenecientes a los Planes Nacionales I+D+I del Ministerio de Ciencia e Innovación cuyas referencias son BIA2003-09306-C04 y BIA2008-05485.

7. REFERENCIAS

- [1] Barba, A.; Giménez, A.: *El Teatro Principal de Valencia. Acústica y Arquitectura Escénica*, Valencia, Teatres de la Generalitat y Universitat Politècnica de València, 2011
[2] Algarotti, F.: *Essai sur l' Opéra (traduit de l'italien du Comte Algarotti)*, París, 1773

³ Teoría ésta nada descabellada; sin ir más lejos el artículo de prensa citado en [9] da cuenta de la sugerencia de unos directores de orquesta quienes, al ser consultados sobre las vasijas halladas en el Teatro Principal y desconociendo por completo su finalidad y funcionamiento sonoro propusieron “*que sería bueno “sembrar” de igual tipo de “macetas” todo el patio de butacas*”.

⁴ Incluso el arquitecto provincial informó negativamente un proyecto posterior que, en aras de la modernidad, pretendía mecanizar el foso orquestal eliminando la cámara inferior y las vasijas, al considerar su presencia “*importante para la acústica del Teatro*”.

- [3] Patte, P.: *Essai sur l'architecture théâtrale*, París, 1782
- [4] Saunders, G.: *Treatise on theatres*, Londres, 1790
- [5] Milizia, F.: *Del Teatro*, Venecia, 1773
- [6] Noverre, M.: *Observations sur la construction d'une nouvelle salle de l'opera*, París, 1781
- [7] Bérchez, J.; Corell, V.: *Catálogo de Diseños de Arquitectura de la Real Academia de BB. AA. de San Carlos de Valencia 1768-1846*, Colegio Oficial de Arquitectos de Valencia y Murcia-Xarait, Valencia, 1981, pp. 290, 291y 390
- [8] Lamarca, L.: *El Teatro de Valencia desde su origen hasta nuestros días*, Valencia, 1840, p. 42 (Copia-facsímil librerías "París-Valencia" 1999)
- [9] Murillo, V.: "Las obras del Principal descubren perfectas cámaras de resonancia" en *Diario Las Provincias*, Valencia, 30 de agosto de 1989 (Ayuntamiento de Valencia. Hemeroteca Municipal)
- [10] Sirera, J. Ll.: *El Teatre Principal de València*, Valencia, Institució Alfons el Magnànim, 1986, p. 30
- [11] Stuyck, G.: *Memoria del Proyecto de reforma del foso de orquesta y medidas contra incendios en el Teatro Principal, segunda fase*; Archivo del Departamento de Arquitectura de la Diputación Provincial de Valencia, 1989
- [12] Forsyth, M.: *Buildings for music*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985, p. 95
- [13] Tronchin, L.; Shimokura, R.; Tarabusi, V.: *Variation of sound properties in the stage and orchestra pit of two European opera houses*, Forum Acusticum, Budapest, 2005
- [14] Daumal i Domènech, F.; Möller Parera, D.; Beckers, B.: *Acoustic secrets of the Liceu*, 11th Internacional FASE Symposium, Valencia, 1994, tomándolo de "Estudio Acústico del Gran Teatre del Liceu" de A. Rocha Rosal, 1986
- [15] Ledoux, C. N.: *L'architecture considérée sous le rapport de l'art, des moeurs et de la législation* (Tomos I y II), República Federal Alemana, 1984 (Facsimil de la edición: París, 1847)
- [16] Barba, A.; Giménez, A.; Segura, J.; Montell, R.: *Caracterización del comportamiento acústico de los teatros a la italiana a partir del estudio de su geometría*, 40º Congreso Nacional de Acústica "Tecniacústica 2009", Cádiz, 2009
- [17] Barba, A.; Giménez, A.; Lacatis, R.; Cibrián, R.: *Resonant cavities and acoustics vases in Italian Opera Houses; the "Teatro Principal" of Valencia and eighteenth century treatises about theatres*, International Congress Acoustics08-Paris, France, 2008
- [18] Arau, H.: *ABC de la Acústica Arquitectónica*, Barcelona, CEAC, 1999, pp. 185-187, 201-215
- [19] Ortiz y Sanz, J.: *Los diez libros de arquitectura de M. Vitruvio Polión traducidos del latín, y comentados por don...*, Madrid, Imprenta Real, 1787, p. 117
- [20] Barba, A.; Lacatis, R.; Giménez, A.; Romero, J.: *Acoustics vases in ancient theatres: disposition, analysis from the ancient tetrachordal musical system*, International Congress Acoustics08-Paris, France, 2008