

LA ACÚSTICA DEL TEATRO ROMANO DE CLUNIA A LA VISTA DE LOS ESCRITOS DE VITRUVIO

PACS: 43.75.+a

Vallejo Ortega, G.*; Sánchez Rivera, J. I.*; de la Iglesia Santamaría, M. A.**

*Deptº de Física Aplicada

**Deptº de Teoría de la Arquitectura y Proyectos arquitectónicos

ETS de Arquitectura de Valladolid (España)

E-mail: gvallejortga@yahoo.es; jignacio@arq.uva.es; iglesia@arq.uva.es

ABSTRACT

This work analyzes the acoustic criteria applied in the design of Clunia Theatre, a Roman city placed near Coruña del Conde, in the province of Burgos (Spain). The reasons to chose this particular theatre is that it is an archeology ruin in a restoration process and it responds to a typologie of enclosures where acoustics were the most important challenge. For this analysis, we have the writtens bequeathed by the Roman Architect Vitruvio (I Century b.C) in his Fifth Book about Architecture, where he puts in relation geometry and the application of Greek musical system with the acoustic of these enclosures.

RESUMEN

Este trabajo analiza los criterios acústicos que se aplicaron en el diseño del Teatro de Clunia, ciudad romana localizada junto a Coruña del Conde, provincia de Burgos (España). Los motivos que han llevado a estudiar este teatro son que se trata de una ruina arqueológica en proceso de restauración y que responde a una tipología de recintos donde la acústica y la buena audición constituyeron para sus constructores un reto fundamental. Para el análisis se tendrá como guía los escritos dejados por el arquitecto romano Vitruvio (siglo I a.C.) en su Libro V de Arquitectura, en donde aborda la relación de la geometría y la aplicación del sistema musical griego con la acústica de estos teatros.

EL TEATRO DE LA COLONIA CLUNIA SULPICIA¹

Durante la primera mitad del Siglo I de nuestra era se construye en Clunia un teatro de grandes dimensiones aprovechando la ladera del cerro. En el teatro romano debieron tener lugar representaciones teatrales y juegos escénicos, espectáculos en donde tomarían parte la palabra hablada, la música, la danza, el mimo y la pantomima.



Figura 1.- El teatro romano de Clunia en su estado actual

Después de las últimas campañas de documentación, podemos acercarnos con mayor precisión a la comprensión del teatro de Clunia, habida cuenta que disponemos de información más abundante y precisa. Por otra parte la lectura realizada desde un equipo pluridisciplinar² ha permitido formular

nuevas preguntas y responder a cuestiones antiguas, así como aventurar nuevas hipótesis que permitirán en el futuro encaminar las labores de investigación sobre el monumento arquitectónico que nos ocupa.

La geometría esencial del teatro, a imitación del griego, se dispone en semicírculo y está compuesto por tres partes fundamentales: escena, orquesta y cávea. El graderío estaba en parte apoyado sobre la ladera y en parte tallado sobre la roca, quedando rematado por un pórtico superior que, dadas las características de la implantación servía de acceso al mismo. El centro se sitúa en la línea del frente del púlpito, al que converge la línea de las caras exteriores de los *paraescaene*, que no son paralelas al muro de la escena, recogiendo de forma perpendicular los arcos de las gradas que exceden del semicírculo. Los accesos del *aditus* cortan parte del graderío inferior dibujando un semicírculo incompleto, como suele ser habitual en los teatros romanos occidentales.

Las cáveas se disponen en tres niveles, *ima* (inferior), *media* y *summa* (superior), entre la superior y la media se establece un salto de 6 pies y las escaleras que abastecen de espectadores a las dos cáveas inferiores, desde arriba, cortan a la superior, en ocho *cunei*, ya que la pendiente de las mismas es mayor que la de las gradas y por consiguiente, no se establece relación posible entre estas escaleras y la cávea en la que se encuentran, resultando los *cunei*, independientes, con un único posible acceso superior y sin posibilidad de comunicación con las cáveas inferiores, debido al salto. Precisamente para proteger de caídas entre los dos niveles, se hace necesaria la de un apoyabrazos que discurre paralelo al último asiento. Las escaleras que discurren por el resto de las cáveas lo hacen en el mismo nivel permitiendo el acceso a todas las localidades.

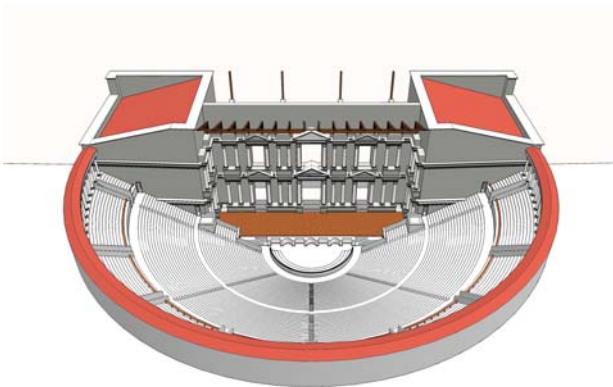


Figura2.- Restitución del teatro romano de Clunia

Los espectadores contemplaban una fachada escénica compuesta por dos pisos de columnas corintias, entre las que se situaban esculturas así como las puertas por donde entraban y salían los actores. En la parte superior se situaba un tornavoz inclinado de madera. Entre actos se ocultaba la visión del púlpito mediante un telón que emergía del suelo del mismo, mediante un complejo sistema de pértigas que se alzaban a través de un mecanismo de poleas. La caja escénica estaba construida a base de grandes masas de hormigón, recubierto de sillería de piedra caliza, manifestando al exterior de la ciudad una mole arquitectónica de gran altura.

LOS ESCRITOS DE VITRUVIO Y EL TEATRO DE CLUNIA: GEOMETRÍA Y PROPORCIÓN

El tratado “De Arquitectura” de Vitruvio ejerció gran influencia desde su tiempo hasta los arquitectos, artistas y pensadores del Renacimiento. Dentro del mismo se encuentran todo tipo de disquisiciones sobre geometría, proporciones y soluciones arquitectónicas, así como frecuentes incursiones en el terreno de la música, tanto teórica como aplicada. El tratado se compone de diez libros; de ellos el libro V está enteramente dedicado a la construcción de teatros. Describiremos los aspectos más relacionados con la geometría y la acústica.

En el **Capítulo III “Cómo se debe construir un teatro para que su situación sea saludable”**, se trata de la ubicación del teatro, de la disposición de los ánditos, los escalones, y las salidas:

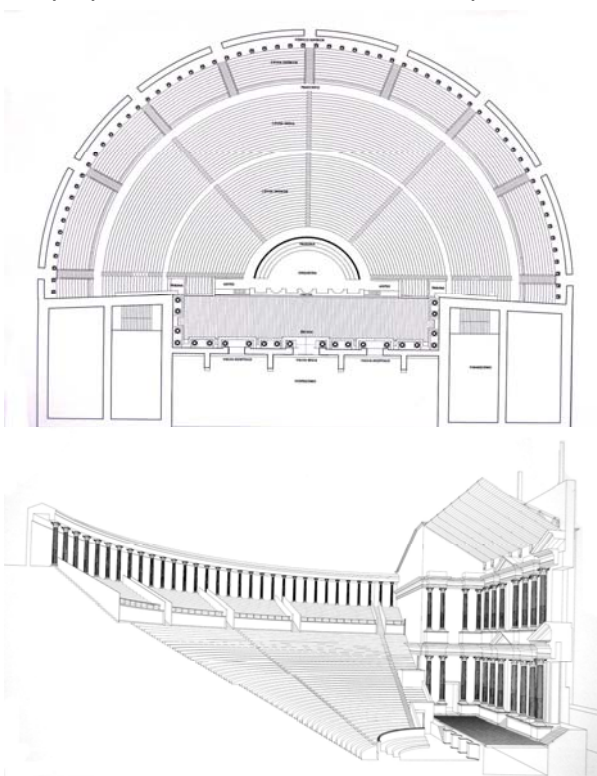
...Es preciso escoger el sitio más sano posible para edificar el teatro... Además, es preciso que no sufra los ardores de los vientos del Mediodía... La estructura de los cimientos será fácil, si el edificio hubiera de construirse al pie de un monte...

El teatro de Clunia se construye aprovechando la ladera de un cerro con orientación nordeste, según se mira la escena desde la zona central de las gradas. Durante la tarde, las gradas quedan guarecidas del sol, pasando éste a iluminar la escena. La orientación es similar a la de otros teatros de la antigua Roma, según muestra la maqueta del Museo della Civiltà Romana.

Sobre los cimientos se han de hacer a partir del nivel del suelo escalones de piedra o de mármol... La estructura debe estar regulada de tal modo que un cordel extendido desde el ándito de la grada ínfima a la última toque las cimas y ángulos de todas las gradas; con este procedimiento la voz no encontrará obstáculos. Precísase ... que haya salidas independientes.

Como podemos ver en la figura3, el acceso a la zona de público se realizaba desde el pórtico que circunda la cávea superior, dando acceso desde aquí tanto a los espectadores de dicha cávea como a los de la cávea media e inferior, accediendo éstos últimos a través de nueve grupos de escaleras que dividen la cávea superior en ocho *cunei* principales.

Respecto a los ánditos, o pasillos de separación entre las cáveas,...*deben hacerse en proporción con la altura del teatro; pero no más altos que la anchura que debe tener el camino*



del ándito; pues, en efecto, si fuesen más altos, harían que las voces repercutieran y fuesen rechazadas desde la parte superior. En Clunia tendrían una anchura de 1.25m (cávea inferior-cávea media) y 2m (cávea media-cávea superior), respectivamente. En éste último ándito, si nos encontramos con un muro de separación con la cávea superior de 2m de altura. Si este muro se complementara con una barandilla (no pared) que sirva de protección adicional, impidiendo la caída de espectadores de la cavea superior al ándito, se respetaría la idea expresada de que la altura no debe superar a la anchura del ándito.

En este capítulo se trata también de la geometría de planta circular con disposición de las gradas en pendiente, común a todos los teatros griegos y romanos, relacionándola con la propagación de la voz para que pueda ser percibida con claridad por los espectadores:

Además, habrá de procurarse con el mayor cuidado que el lugar no resulte sordo, sino que, por el contrario, las voces se perciban en él con gran claridad, lo que se conseguirá eligiendo un lugar en donde no se encuentren

Figura3.- Planta y sección del teatro de Clunia

obstáculos por resonancia³. Por eso los arquitectos antiguos, siguiendo las normas de la Naturaleza y discuriendo sobre la propiedad ascensional de la voz, hicieron graderíos en los teatros y buscaron por medio de reglas matemáticas y con las proporciones musicales que cualquier voz llegase desde la escena con la mayor claridad y suavidad a los oídos de todos los espectadores.

Las cáveas *ima*, *media* y *summa* del teatro tienen una pendiente de 26.6°, 27.3° y 26.9° respectivamente. Esta inclinación es muy parecida a la de las dos cáveas del teatro de Epidauro (26.2° el anillo inferior y 26.5° el superior). Esta disposición presenta varias ventajas:

- Las inclinaciones provocan una óptima visibilidad, no interrumpida por los espectadores situados delante. La visual de un espectador hacia el escenario está desde cualquier

localidad más de 10cm por encima de la cabeza del situado en la grada delantera (la última fila, la más desfavorecida, supera los 11cm).

- Los ángulos de incidencia del sonido directo con respecto al plano de la grada superan los 9° en toda la cavea summa.

En el **CapítuloVI “De la forma del teatro”** se describe un procedimiento geométrico de construcción del teatro:

Para trazar la planta de un teatro se procederá de esta manera: una vez determinado el diámetro del patio, desde su centro se describe una circunferencia y en ella se inscriben cuatro triángulos equiláteros y equidistantes... De estos triángulos, aquel cuyo lado está más próximo a la escena determinará el frente de la misma en aquella parte en donde corta la circunferencia del círculo... De allí por el centro, se trazará otra línea paralela a aquélla, y que, pasando por el centro, separará el tablado del proscenio de la región de la orquesta...

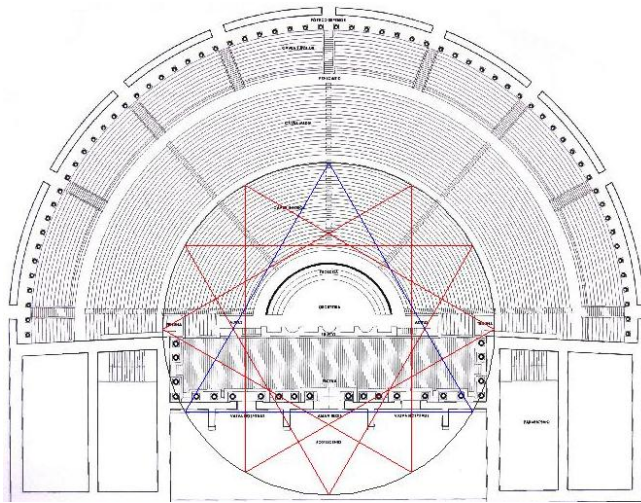


Figura4.- Geometría del teatro de Clunia derivada de circunferencia y triángulos equiláteros inscritos

Sobre estas instrucciones de Vitruvio, cabe hacerse varias preguntas: ¿Cuál es el “patio”?, ¿qué lo delimita?, ¿la orquesta, el perímetro del teatro? En el caso del teatro de Clunia, la única manera de hacer coincidir “el lado del triángulo que está más próximo a la escena” con el frente de escena, es trazar una circunferencia cuyo perímetro llegue a la última grada de la cávea inferior, como se muestra en la figura4 (triángulo oscuro).

En cuanto a la disposición de las escaleras de las gradas, los cúneos y las puertas del frente de escena, Vitruvio continúa explicando:

Los cúneos para los espectadores en el teatro han de estar dispuestos de tal modo que los ángulos de los triángulos que tocan la circunferencia señalen las direcciones de las subidas y las escaleras, que forman las separaciones entre los cúneos hasta el primer rellano; pero los cúneos superiores deben estar trazados a intervalos intermedios, con pasos distribuidos alternativamente. Ahora bien, estos ángulos de los triángulos que están entre los cúneos de abajo y señalan las direcciones de las escaleras, serán siete: los cinco restantes servirán para marcar la disposición del escenario, y uno de ellos, el de en medio, debe venir a recaer frente a la puerta real; los dos próximos, a derecha e izquierda, señalarán los pasos que corresponden a las puertas de los huéspedes; en fin, los dos últimos indicarán los pasos que hay en los ángulos.

Como podemos ver en la figura4, los cinco vértices inferiores marcan, dos de ellos la dirección del frente de escena (triángulo oscuro), y los tres restantes la posición de las tres puertas en él situadas, la puerta real y la de los huéspedes (triángulos rojos). Lo que no se consigue es hacer coincidir los siete vértices superiores con las direcciones de las subidas de las escaleras, ya que en el modelo propuesto se han previsto 5 escaleras (como ocurre en el teatro de Orange) y no 7, coincidiendo solamente el vértice superior (triángulo oscuro) con la escalera.

Vitruvio señala la altura de la escena respecto a la orquesta, *...la altura de este tablado no será mayor de cinco pies...*, (aproximadamente 1.5m). Asimismo, *...las gradas reservadas para asientos de los espectadores tendrán una altura no menor de un pie y un palmo; y su anchura no ha de pasar de dos pies y medio ni ser menor de dos...*, lo que equivaldría a una altura no menor de unos 37cm, y una anchura entre 60 y 75cm. Las medidas in situ de las gradas de la cavea media arrojan una altura de 30cm y una anchura de 60cm.

LA MÚSICA EN LOS ESCRITOS DE VITRUVIO: SU APLICACIÓN A LOS TEATROS

Resulta sorprendente que, aunque la mayor parte de los conocimientos sobre la teoría musical griega se deben a la recopilación llevada a cabo por Boecio (ca. 470-525 d. de C.), Vitruvio nos había dejado siglos antes una detallada descripción de los fundamentos de aquel sistema musical y, lo que es más, de algunas descripciones prácticas relacionadas con su profesión y, en concreto, con la arquitectura de los teatros. En este punto, nos servirá de referencia el magnífico trabajo sobre este tema del investigador Joaquín Saura⁴.

En el **Capítulo IV “De la armonía”**, Vitruvio aborda distintos aspectos de la teoría musical partiendo de Grecia. El sistema musical griego está basado en el tetracordo, que era para ellos no una parte de la escala sino un todo completo. Se llama tetracordo a la sucesión de cuatro sonidos en sentido descendente, cuyas notas extremas forman una cuarta justa (relación 4/3 obtenida de la proporción de longitudes en el monocordio). Mientras que las notas extremas son fijas, las dos intermedias son móviles, pudiendo variar según los diferentes géneros: enarmónico (compuesto de un ditono y dos cuartos de tono), cromático (compuesto de un intervalo de tono y medio, y dos semitonos) y diatónico (compuesto de dos intervalos de tono y un semitono). Resumimos gráficamente con ejemplos:

Enarmónico						Cromático						Diatónico					
Mi		Rebb		Do _b	Si	Mi		Reb		Do	Si	Mi		Re		Do	Si
	2T		¼ T		¼ T		1 ½ T		½ T		½ T		1 T		1 T		½ T

Los números inferiores indican los tonos o fracciones de tono de los que se compone cada intervalo. Dependiendo del sistema de afinación elegido, se determinaría la extensión exacta del tono, del semitono y del cuarto de tono.

La escala musical o “Gran sistema Perfecto Disjunto” (fundamento de la ulterior música modal) se componía, siguiendo a Saura, de cuatro tetracordos, llamados en sentido descendente “Hyperboleon”, “Diezeugmenon”, “Meson” e “Hypaton”, completados en el extremo inferior por una nota añadida, el “Proslambanomenos” para que la escala cumpliera dos octavas⁵. Tratándose de un sistema de proporciones pitagóricas, un quinto tetracordo, llamado “synemmenon” podía ser introducido entre los “Meson” y “Diezeugmenon” para cerrar la quinta imperfecta del cierre. Los griegos no dieron un nombre común a las notas que se repetían en cada octava, sino que cada una de ellas quedaba definida por su función en cada tetracordo partiendo de una nota fundamental o “MESE” en torno a la cual giraba el sistema:

Nete	Nete	Paramese	MESE	Lichanos	Lichanos
Paranete	Paranete			Parahypate	Parahypate
Trite	Trite			Hypate	Hypate
					Proslambanomenos

Las escalas resultantes tenían un matiz y un carácter diferencial en función del tipo de tetracordo utilizado en su composición, dando lugar a otros tantos “géneros”. El más usual por su sencillez era el género diatónico, a partir del cual se estructuraría después el desarrollo de la música modal. Utilizando el **género diatónico**, los tetracordos, según Saura, se distribuyen de esta forma:

Tetracordo hyperboleon	La	Nete hyperboleon			
	Sol	Paranete hyperboleon			
	Fa	Trite hyperboleon			
Tetracordo Diezeugmenon	Mi	Nete diezeugmenon			
	Re	Paranete diezeugmenon	Nete synemmenon	Re	Tetracordo synemmenon
	Do	Trite diezeugmenon	Paranete synemmenon	Do	
	Si	Paramese	Trite synemmenon	Si _b	
Tetracordo Meson	La	MESE		La	
	Sol	Lichanos meson			
	Fa	Parahypate meson			
Tetracordo Hypaton	Mi	Hypate meson			
	Re	Lichanos hypaton			
	Do	Parahypate hypaton			
	Si	Hypate hypaton			
	La	Proslambanomenos			

El género diatónico del “Gran Sistema” (al igual que el cromático y el enarmónico) estaba compuesto por dieciocho sonidos: los de los cinco tetracordos, tres de ellos con una nota común, y el proslambanomenos. De los dieciocho sonidos, ocho son invariables (en la tabla anterior se recogen en negrita el nombre funcional griego y la nota correspondiente); los diez restantes serían sonidos móviles, y variarían según fuera el género diatónico, cromático o enarmónico.

Por último, Vitruvio trata el tema de la consonancia y como pitagórico defiende que: *...los acordes que la naturaleza del hombre puede cantar y que en griego se llaman synphoniai, están en número de seis: la cuarta, la quinta, la octava, la cuarta de la octava, la quinta de la octava y la doble octava.*

Con la base del sistema griego, Vitruvio en el **Capítulo V “De los vasos en el teatro”**, nos da cuenta de que **para potenciar y mejorar la acústica de los teatros, se fabricaban unos recipientes de bronce o de barro, suspendidos para que vibraran libremente:**

Se los fabrica de manera que cuando se les golpea puedan emitir los sonidos de cuarta, quinta y consecutivamente hasta la doble octava. Estos vasos deben estar colocados en pequeñas celdillas entre los asientos del teatro, de acuerdo con las reglas de la proporción musical, y de modo que no toquen ninguna pared y haya en derredor y encima de ellos un espacio vacío. Es preciso también colocarlos invertidos, y que por la parte que miran a la escena queden elevados y sostenidos por unos fulcros que alcancen una altura no menor de medio pie. Estas celdillas deben tener en sus asientos bajo las gradas unas aberturas de dos pies de largas y de medio pie de anchas cada una.

El número de estos recipientes y las notas a reproducir venían dados por unas normas calculadas sobre todo en función del tamaño del teatro: *...si el teatro no fuese muy grande, a la mitad de la altura se dejarán abovedadas trece celdillas, en donde se colocarían trece vasos. Su disposición tendría simetría central con respecto al plano vertical que corta el centro de la grada. Las notas producidas serían, como vemos, las notas fijas del “Gran Sistema”:*

Nete	Nete	Nete	Nete	Diat	Hypa	Hypa	Hypa	Diat	Nete	Nete	Nete	Nete
hype	diez	para	syne	mese	mese	hype	mese	mese	syne	para	diez	hype
La	Mi	Si	Re	La	Mi	Si	Mi	La	Re	Si	Mi	La

Para un teatro de mayor amplitud: *...será menester entonces dividir toda la altura en cuatro partes, de modo que se obtengan tres regiones transversales de celdillas, de las cuales una será para el género armónico, la segunda para el cromático, y la tercera para el diatónico.*

Los modernos teatros del tiempo de Vitruvio se hacían de madera, en su opinión más sonora que la piedra, razón por la cual se había perdido la costumbre de dotarlos de aquellos vasos resonantes. Resulta difícil conjeturar si pudieron ser utilizados en el teatro de Clunia, lo cierto es que: *...cuando los teatros están contruidos de cal y canto, de piedra o con mármoles, materiales todos ellos sólidos y duros, que no tienen resonancias, entonces es preciso recurrir a construirlos con arreglo a las reglas que quedan dichas.*

¹ Ver comunicación de los autores en Actas del Congreso AR&PA 2008, en prensa.

² Desde 2002, se han venido realizando excavaciones arqueológicas en el teatro de Clunia, así como labores de documentación gráfica y estudio de materiales. Dichos trabajos están dirigidos por los doctores F. Tuset (Universidad de Barcelona) y M.A. de la Iglesia (Universidad de Valladolid) en colaboración con un amplio equipo. Cabe destacar la participación del Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valladolid, en los trabajos de levantamiento Gráfico.

³ En el capítulo IX, Vitruvio recurre al vocablo “**resonancia**” como un término equivalente al **eco**. En esta frase, al comparar la voz con las ondas del agua, más bien parece referirse al concepto de **interferencia**.

⁴ Saura Buil. J. “La música en los Diez Libros de Arquitectura de Marco Lucio Vitruvio”. Trabajo inédito. Mostramos aquí nuestro agradecimiento al investigador Joaquín Saura por su desinteresada colaboración en esta parte del trabajo.

⁵ Aquí se entra en el concepto de unión de tetracordos, que puede ser realizada de dos formas:

Por conjunción, con nota común. Ejemplo: **La Sol Fa Mi Re Do Si**

Por disyunción, con separación de un tono entre los tetracordos. Ejemplo: **Mi Re Do Si La Sol Fa Mi**

El intervalo de octava o *diapason* se obtiene, como vemos mediante la unión por disyunción de dos tetracordos.