



LA ACÚSTICA DE ESPACIOS RELIGIOSOS JESUITAS Y MANUELINOS EN LISBOA

M. Galindo*, T. Zamarreño*, J.J. Sendra[§], J. Navarro[§]

* Departamento de Física Aplicada. [§] Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Inst. Univ. de Ciencias de la Construcción. E.T.S.A. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes, 2, 41012, Sevilla, España.
Tel. 954556612. Fax. 954556534.
E-mail: teofilo@cica.es

SUMMARY

We are presenting the acoustical analysis of two of the most important churches in Lisbon: the church of São Roque and the church of the Hieronymites' Monastery. Although both of them are religious order churches and two beautiful examples of Portuguese architecture, their style and acoustical behaviour are very different. Moreover the way of covering them is also diverse. São Roque has a flat wood ceiling and the church of the Hieronymites' Monastery is covered with vaults.

INTRODUCCION

Presentamos a continuación el análisis acústico de dos de las más importantes iglesias de Lisboa: la iglesia de São Roque, antigua iglesia jesuita, y la iglesia del Monasterio de los Jerónimos. Se trata de dos magníficos ejemplos de la arquitectura eclesial portuguesa, que han tenido una influencia posterior muy notable en el resto de Portugal, en Brasil y en las colonias orientales. A pesar de ser iglesias de órdenes religiosas, sus tipos, estilos y, como consecuencia de ello, sus comportamientos acústicos son muy diferentes. Uno de los rasgos más destacables, en su relación con la acústica, es la forma de cubrir el espacio interior: un techo de madera plano pintado en São Roque y bóvedas de piedra en la iglesia de los Jerónimos.

IGLESIA DE SÃO ROQUE DE LISBOA: BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Esta iglesia deciden construirla los jesuitas en la segunda mitad del siglo XVI, sobre la anterior capilla de São Roque, con el apoyo del Papa Juan III. A los deseos papales de monumentalidad se opone la Compañía de Jesús, pues estaba en contradicción con su espíritu de simplicidad, austeridad y funcionalidad en las construcciones, sobre el que tanto incidieron en el Concilio de Trento, y que fueron su guía en la edificación de sus primeras iglesias. Entre los requisitos funcionales, no conviene olvidar la importancia que ellos concedieron a la valoración acústica de sus iglesias, para una mejor audición del predicador¹. La solución final para São Roque (figura 1) es una especie de compromiso entre los deseos de unos y otros, con un exterior manierista, muy portugués, sobrio y austero, en contraste con un interior con una gran presencia decorativa: con azulejos cerámicos revisitando una gran parte de la superficie de los muros situados bajo el transepto y el coro, con incrustaciones de

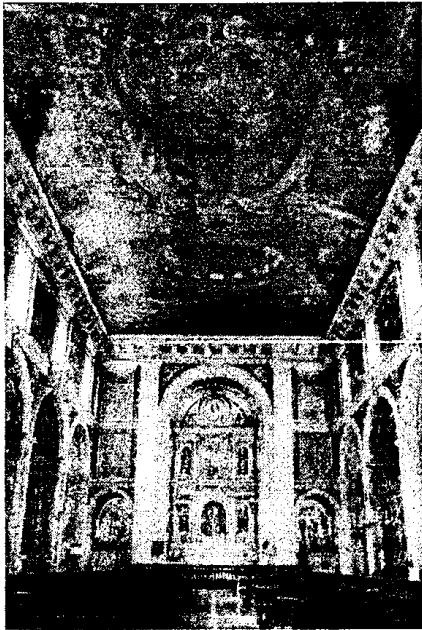


Fig. 2.- Interior de la iglesia de São Roque

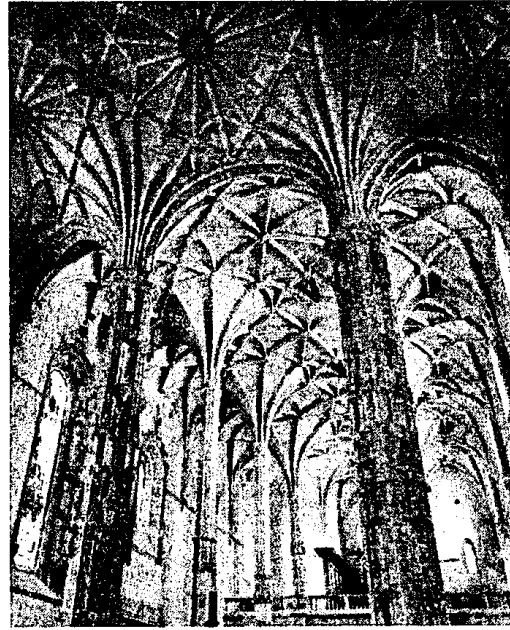


Fig. 1.- Interior de la iglesia del Monasterio de Los Jerónimos.

mármoles, con maderas doradas y esculpidas y abundantes telas de pinturas al óleo. La planta es de gran simplicidad: de una sola nave, larga, del tipo conocido como "iglesia-salón", con capillas laterales profundas y bajas. Encima de dichas capillas se levantan las tribunas y galerías. El transepto apenas es significativo. Su coro es poco profundo. Sus dos púlpitos, uno cada lado de centro de la nave de la iglesia, resultan visibles desde todos los puntos. Inicialmente estaba previsto cubrir la nave con bóveda, pero finalmente Filippo Terzi la sustituye por un techo de madera pintado, casi plano. A pesar de estar bien documentada la preferencia de aquellos primeros jesuitas por los techos planos de madera para sus iglesias, precisamente por razones acústicas², no conocemos ningún escrito que aclare su influencia en esta elección. El suelo de la nave es principalmente un entarimado de madera, situado sobre el antiguo cementerio.

IGLESIA DEL MONASTERIO DE LOS JERÓNIMOS: BREVE RESEÑA HISTÓRICA.

El convento de los Jerónimos de Belem fue construido cerca de la entrada del puerto en el emplazamiento de una capilla fundada en 1460 por Enrique el Navegante. La construcción comenzó en 1502 y continuó hasta 1572. Es la obra maestra del estilo denominado "manuelino", testimonio de la influencia del espíritu que los grandes descubrimientos producirán en esa nueva época que conformará el vasto imperio colonial portugués. Es un estilo definido esencialmente por la decoración y no por la estructura o por un nuevo sentido espacial; En su significación histórica se separa en cierto modo de la tradición, para dar una definición particular del arte gótico tardío, fundado en lo pintoresco de la decoración y en el virtuosismo formal. Su iglesia (figura 2) es del tipo conocido como "iglesia-salón", con tres naves de la misma altura, estructurada por delgados pilares octogonales que sustentan bóvedas complejas con numerosos nervios. Se trata de un gran volumen con planta de cruz latina, definido por paramentos de piedra, más o menos ornamentados, pero fundamentalmente planos.

REVERBERACIÓN

Los valores del tiempo de reverberación, T , se han obtenido a partir de la respuesta al impulso. Éste se generó mediante disparos de fogeo efectuados junto al altar. Un micrófono B&K 4165, con su correspondiente preamplificador y fuente de polarización de micrófonos del mismo fabricante, recogía la señal en cada uno de los puntos de medida y se registraba en un DAT Sony PC204. Posteriormente estas señales son analizadas en el laboratorio, en bandas de octava, utilizando un analizador B&K-2133, para obtener las curvas de caída, sus integradas y , a partir de ellas, los valores del tiempo de reverberación.

En la iglesia de S. Roque, que tiene unas dimensiones de unos 32 m de larga por 18 de ancha y 17 de alta, lo que supone un volumen de unos 13400 m³, para promediar espacialmente, se realizaron medidas en 7 puntos. La del Monasterio de los Jerónimos tiene una longitud máxima en su eje longitudinal de 88 m, con una longitud de las naves de unos 25 m; el crucero mide 29 m de ancho y 25 de alto, lo que supone un volumen estimado superior a los 40000 m³. Para promediar espacialmente se han utilizado 9 puntos. También se han realizado medidas en el refectorio del citado Monasterio, un espacio de singular belleza, que ocasionalmente, nos consta, se utiliza para

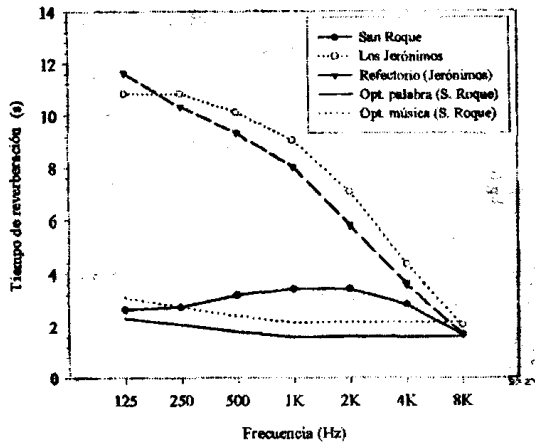


Fig. 3.- Tiempos de reverberación frente a la frecuencia.

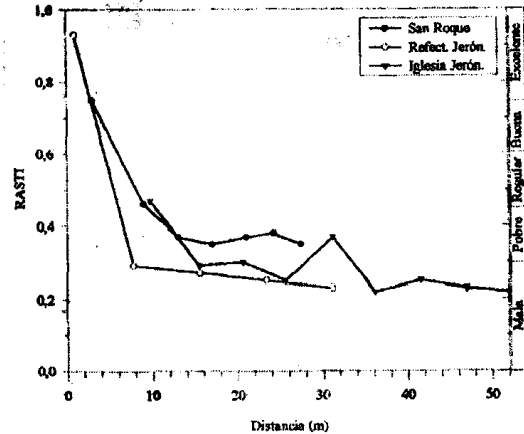


Fig. 4.- Intelligibilidad (Índice RASTI) en los tres espacios.

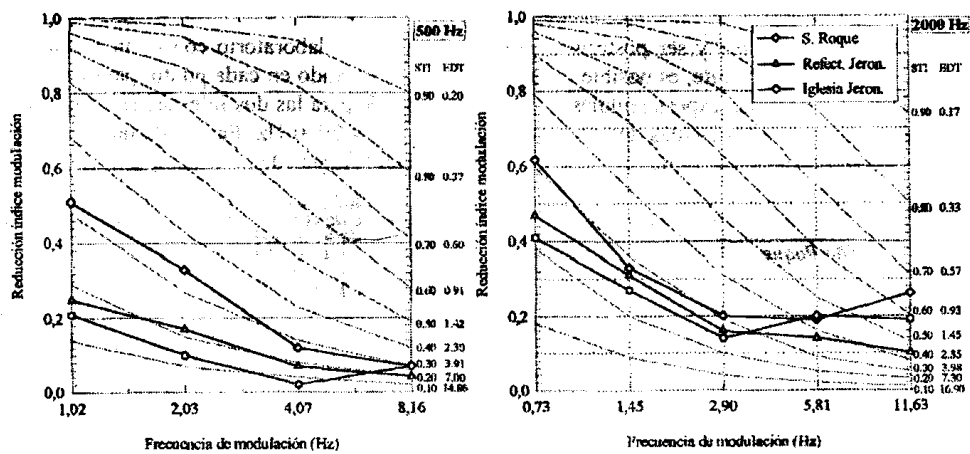


Fig. 5.- Funciones de transferencia de modulación (FTM) en puntos significativos de los espacios analizados.

diversos actos culturales, de 39 m de largo, 9 de ancho y unos 7 de alto, lo que supone un volumen aproximado de 2450 m³. El promedio espacial se ha realizado midiendo en 4 puntos.

En todos los casos las medidas se han realizado con los recintos vacíos y en la figura 3 se presentan los valores promediados espacialmente. A efectos de referencia, en tal figura se han incluido los valores estimados como óptimos para la iglesia de São Roque, tanto para la palabra hablada como para la música litúrgica.

INTELIGIBILIDAD

La inteligibilidad se ha cuantificado utilizando el índice RASTI. Las medidas se han llevado a cabo mediante el equipo B&K-3361. El proceso de adquisición de datos se controlaba desde un ordenador portátil vía RS-232 que se encargaba de configurar los parámetros del receptor, recibir los datos y almacenarlos en disco para su posterior procesamiento y análisis. El micrófono se situó a la altura del oído de una persona sentada (~1,20 m). En cada una de las iglesias se han realizado medidas en los mismos puntos que antes repartidos por la zona de audiencia, en ausencia de público. El emisor se colocó en las proximidades del altar, lugar de ubicación habitual de la fuente natural. El nivel de emisión se situó en el nivel de referencia +10 dB del equipo

En la figura 4 se han representado, en función de la distancia a la fuente, los valores del índice RASTI para cada uno de los espacios analizados. En la figura 5 se muestran las funciones de transferencia de modulación de un punto representativo de cada uno de los espacios.

DISTRIBUCIÓN SONORA

Para realizar estos ensayos se dispuso una fuente de referencia, emitiendo de forma estacionaria, en el lugar de ubicación usual. El nivel de emisión se ajustó lo más alto posible para poder desprestigiar el efecto del ruido de fondo y sin que se llegara a saturar el amplificador. Como en el ensayo de reverberación, el micrófono captaba la

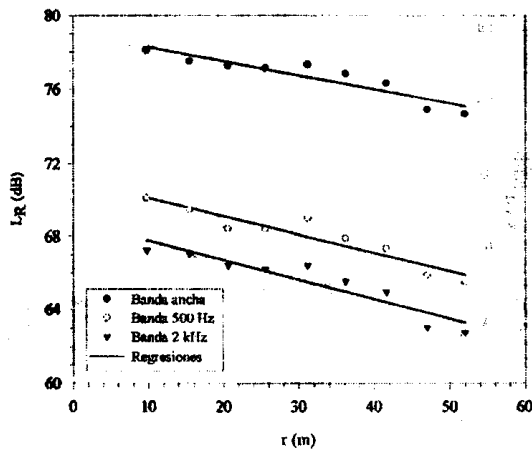


Fig. 7.- Atenuación del campo reverberado frente a la distancia en la iglesia de los Jerónimos

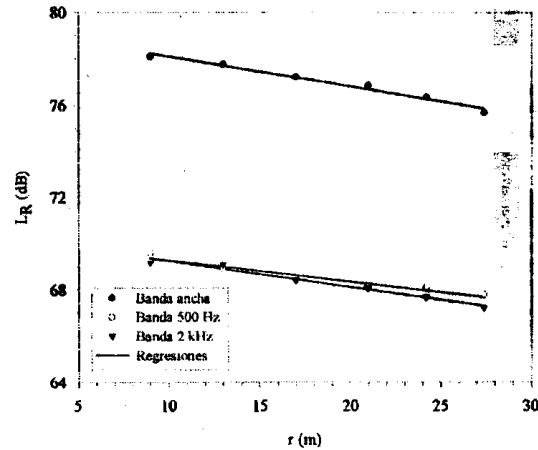


Fig. 6.- Atenuación del campo reverberado frente a la distancia en la iglesia de San Roque.

señal para grabarla en el DAT y ser posteriormente procesada en el laboratorio con el analizador B&K-2133. Conocida la potencia de la fuente, es posible estimar el nivel reverberado en cada punto, para cada banda de octava, a partir de los resultados experimentales. En las figuras 4 y 5, para las dos iglesias, se muestran estos valores en banda ancha y para las bandas de octava centradas en 500 y 2000 Hz. Para cada una de las series se ha realizado un ajuste lineal cuyos resultados aparecen resumidos en la tabla adjunta:

	Ecuación de la regresión		Coeficiente de correlación		Atenuación/10 m (dB)	
	São Roque	Los Jerónimos	São Roque	Los Jerónimos	São Roque	Los Jerónimos
500 Hz	$L_R = -0'093 r + 70'2$	$L_R = -0'099 r + 71'5$	0'922	0'880	0'9	1'0
2000 Hz	$L_R = -0'111 r + 70'4$	$L_R = -0'107 r + 68'8$	0'974	0,871	1'1	1'1
B. Ancha	$L_R = -0'128 r + 79'4$	$L_R = -0'076 r + 79'0$	0'978	0'850	1'3	0'7

La última columna recoge la atenuación con la distancia del campo reverberado, en dB/10 m, lo que supone atenuaciones en los puntos más alejados de la fuente, teniendo en cuenta las distancias involucradas, de unos 3'5 dB en banda ancha, en la iglesia de São Roque y de unos 2'8 en la de los Jerónimos.

CONCLUSIONES

Hemos pretendido extender nuestro trabajo sobre acústica de iglesias a dos importantes iglesias lisboetas, de comportamiento acústico y estilo arquitectónico muy dispar, en razón del lugar de celebración de este congreso.

El contraste en la concepción arquitectónica aparece también como una fuerte contraposición funcional: mientras que las condiciones acústicas de São Roque pueden aceptarse para las funciones de culto, si asumimos la presencia de los fieles y aceptamos la ventaja que supone el uso del púlpito, son otros los criterios que predominaron en la de Los Jerónimos. Ello queda reflejado en los valores de T de la figura 1 y los resultados de los ensayos de inteligibilidad resumidos en las figuras 4 y 5.

La atenuación del campo reverberado con la distancia es mucho más importante, dadas las dimensiones relativas, en la iglesia de São Roque que es la de los Jerónimos en virtud de las características mucho más reverberantes de la segunda. El comportamiento de la de São Roque recuerda mucho el de las iglesias gótico-mudéjares^{3,4}, que también utilizan cubierta de madera, en este caso presente además en el suelo.

REFERENCIAS

1. J.J. Sendra, y J. Navarro "El concilio de Trento y las condiciones acústicas en las iglesias". Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, 485-490 (1996).
2. J.J. Sendra, J. Navarro y T. Zamarreño, T. "La forma de cubrir las iglesias y su relación con las condiciones acústicas" Primer Congreso Iberoamericano de Acústica. Brasil, 495-498 (1998).
3. J. J. Sendra, T. Zamarreño, "El Campo Sonoro en las Iglesias Gótico-Mudéjares con Cubierta de Madera: Aplicación del Modelo de Barron" TechnAcústica 87-90 La Coruña (1995)
4. J.J. Sendra, T. Zamarreño, J. Navarro, "An Analytical Model for Evaluating the Sound Field in Gothic-Mudejar Churches", Computational Acoustic and Its Environmental Applications, 139-148 (1997)