

Acústica de grandes salas para música

Diálogo entre ciencia y arte

Ing. Gustavo Basso

Aunque la mayoría de las culturas de la antigüedad disponían de espacios destinados a las reuniones y representaciones colectivas, el inicio histórico de la acústica de salas coincide con el desarrollo del teatro griego. A partir de su estructura abierta se derivan el teatro cerrado romano y los anfiteatros latinos, cuyos detalles de diseño acústico conocemos gracias a los 10 tomos del tratado *De architectura* de Vitrubio (c. 70 a.C.- 25 a.C.).

En el renacimiento y la edad moderna los avances teóricos de la ciencia acústica fueron notables gracias a los trabajos de Galileo, Mersenne y Euler, aunque los intentos por reunir teoría y práctica llevaron a la creación de complicados sistemas de imposible realización. La obra de Athanasius Kircher, publicada a mediados del siglo XVII, quizá sea la que mejor ilustra lo anterior.

Mientras tanto la construcción de espacios destinados a representaciones teatrales y líricas seguía ciertas reglas empíricas. Éstas permitieron el desarrollo que va desde el teatro circular medieval hasta la creación de las dos tipologías arquitectónicas que dominaron el siglo XIX y gran parte del XX: el teatro de ópera en herradura (*Alla Scala* de Milán, La Fenice de Venecia) y la sala de conciertos de planta rectangular y altura constante (*Konzerthaus* de Berlín y *Musikverein* de Viena). En esta "caja de

zapatos" nació y se desarrolló la orquesta sinfónica moderna -pensemos en las sinfonías de Brahms o Mahler- y no resulta extraño que sea en este tipo de salas donde se conserva mejor el balance instrumental original.

LOS TRABAJOS DE WALLACE SABINE

El estudio científico de la acústica de salas para música nace con los trabajos realizados por Wallace Clement Sabine [1868-1919] a fines del siglo XIX. En 1895 Sabine, entonces un joven físico de Harvard, fue comisionado para corregir la acústica deficiente del Salón de Lectura del *Fogg Art Museum*. Un estudio sistemático le permitió establecer la relación que existe entre el tamaño del recinto, la cantidad de material acústico absorbente y la calidad acústica del mismo. Introdujo el concepto de tiempo de reverberación, definido como el tiempo que tarda el sonido en extinguirse al cesar la fuente acústica. El *tiempo de reverberación* se constituyó, a partir de ese momento, en el principal parámetro a considerar en el proyecto de una sala para música. Los trabajos de Sabine, consolidados por el éxito alcanzado con su diseño del *Boston Symphony Hall*, dieron inicio a una nueva era en el diseño científico aplicado a la arquitectura.

Durante el período de entreguerras en el siglo XX comenzó una tendencia, que se mantendría hasta nuestros días, que consiste en tratar de imitar la acústica de las salas del siglo XIX sin repetir su arquitectura. Los profundos cambios estilísticos ocurridos dieron lugar a nuevas tipologías arquitectónicas entre las que se encuentran las salas con planta en abanico, las arenas y los auditorios asimétricos.

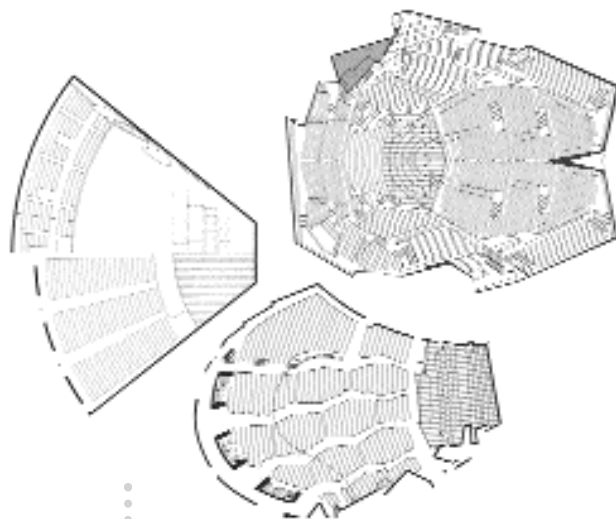


Figura 2: Plantas de auditorios del siglo XX

No obstante esta diversidad geométrica, la tarea del especialista en acústica parecía sencilla: sólo tenía que establecer el tipo de música que se interpretaría en la sala, seleccionar el tiempo de reverberación óptimo y aplicar la fórmula de Sabine al diseño arquitectónico definitivo. El resultado, tal como aseguraban los textos de época, no debería diferir mucho del logrado por Sabine en Boston. En la práctica, sin embargo, la situación era diferente. A mediados del siglo XX las salas nuevas, diseñadas de acuerdo a la secuencia del párrafo anterior, resultaban decididamente malas. Entre las escasas excepciones figura la *Philharmonie* de Berlín, acierto que no alcanzaba para compensar la secuencia de fracasos que ya se contaban por centenares.

La teoría de Sabine tuvo su momento de inflexión, a principios de la década de 1960, con el detallado y documentado diseño del *Philharmonic Hall* en el *Lincoln Center* de New York. El consultor acústico -Leo Beranek- tensó el modelo de Sabine hasta sus límites y el resultado fue desastroso. La crisis fue tan grande que hasta se habló de una "catástrofe de la acústica clásica". Sin embargo, el fracaso del auditorio no fue infecundo: de su autopsia se obtendría nuevo y valioso conocimiento, al brindarle a otros acústicos la gran oportuni-

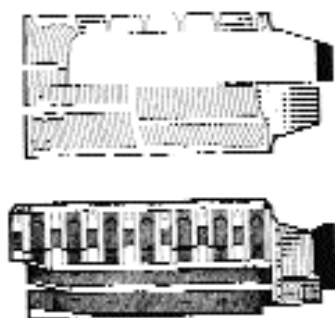


Figura 1: Planta y corte de una sala tipo "caja de zapatos".

dad de testear sus propias teorías para explicar qué estuvo mal.

LA ACÚSTICA DE GRANDES SALAS EN LA ACTUALIDAD

Desde ese momento varios autores intentaron corregir el modelo de Sabine incorporando nuevos parámetros temporales complementarios del tiempo de reverberación. A partir de estudios de laboratorio con campos acústicos tridimensionales, comenzó a instalarse la hipótesis de que la distribución espacial de la energía acústica también tenía que ver con la calidad acústica de una sala.

En la actualidad, la investigación en acústica de salas comprende tres etapas diferentes. La primera incluye la confección de modelos físicos del campo acústico de la sala y la elección de los parámetros físicos que mejor lo describen y caracterizan. La mayoría de estos parámetros se pueden deducir y/o medir a partir de la respuesta binaural al impulso entre dos puntos cualquiera dentro del campo acústico del modelo.

La segunda etapa consiste en la búsqueda y definición de los parámetros perceptuales capaces de describir lo que se oye en el campo acústico definido en la primera etapa. Aquí el método se basa en la realización de encuestas a músicos, especialistas en sonido y público en general sobre lo que perciben en una sala o en un laboratorio de acústica. Los resultados de las encuestas son luego analizados estadísticamente.

Por último, se cruzan los datos físicos y perceptuales por medio de métodos estadísticos tales como el análisis de factores multidimensionales. Por ejemplo, los resultados de la preferencia perceptiva se correlacionaron con diferentes parámetros acústicos físicos y se obtiene información del tipo "en un rango determinado y bajo ciertas condiciones, si el tiempo de reverberación en baja frecuencia aumenta 0,1 s, la calidad perceptual aumenta un 20%".

El proceso completo, iterativo, permite definir modelos de preferencia auditiva y escalas de calidad acústica -las más empleadas son las de Yoichi Ando y Leo Beranek- que se confrontan con lo que

ocurre en salas existentes. Los modelos de preferencia auditiva se utilizan luego para diseñar nuevas salas.

En el caso del diseño de nuevas salas, las herramientas más utilizadas son la simulación de campos acústicos en computadora y la confección de modelos físicos a escala, aunque sólo se recurre a estos últimos en casos excepcionales. Los modelos por computadora tratan de reproducir la energía acústica que le llega a cada oyente desde una fuente acústica impulsiva en el interior de una sala (figura 3a). La distancia entre emisor y receptor, la geometría de la sala y las características acústicas de las superficies determinan el retardo, la intensidad, la composición espectral y la dirección de llegada de cada reflexión. El resultado, para cada par de puntos emisor/receptor, es una respuesta binaural al impulso como la que se puede ver en la figura 3b.

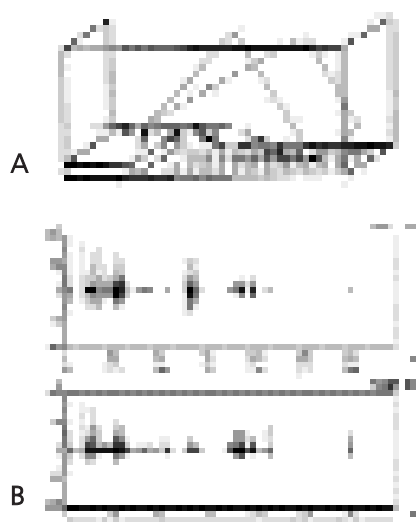


Figura 3: a) esquema del patrón de reflexiones en una sala típica y b) respuesta al impulso en un punto de la platea.

A partir de la respuesta al impulso simulada se pueden definir los parámetros acústicos temporales y espaciales que se van a emplear en el diseño de acuerdo al modelo escogido. Una vez deducidos los valores de los parámetros físicos, se los vincula con los rasgos perceptuales asociados y se deduce el valor de la calidad acústica para el par fuente-receptor elegido. La totalidad de los valores fuente-receptor para una región del auditorio se presenta en gráficos como el que se muestra en la figura 4.

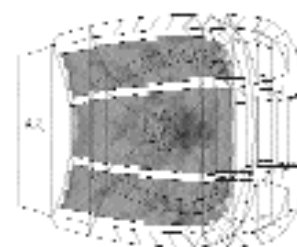


Figura 4: TR simulado en la platea del Teatro Argentino de La Plata.

Esta metodología ha permitido el diseño de salas a partir de la elección inicial del campo acústico. La modulación geométrica y el resto de los elementos arquitectónicos involucrados se deciden en una segunda etapa. Como ejemplo, en la figura 5 se puede ver la planta del Auditorio de Kirishima en Japón, diseñado por Yoichi Ando en 1998 con la metodología descrita.

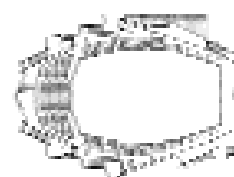


Figura 5: planta faceta-da del Auditorio de Kirishima.

Más allá de la metodología o de las herramientas que su utilicen, la calidad de una sala para música depende tanto de la física del ambiente como de las características de nuestra percepción auditiva. Desde siempre, el desafío al que se enfrenta la acústica es, precisamente, el de reunir estos dos mundos en un diseño adecuado y eficaz.

Acústica

Referencias

- Ando, Yoichi (1998). *Architectural Acoustics. Blending Sound Sources, Sound Fields, and Listeners* (Springer Verlag, New York).
- Arau, Higiní (1999). *ABC de la acústica arquitectónica* (CEAC, Barcelona).
- Barron, Michael (1993). *Auditorium Acoustics and Architectural Design* (E & FN Spon, London).
- Basso, Gustavo (1996). *Elementos de Acústica de Salas* (Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe).
- Basso, Gustavo (2006). *Percepción Auditiva* (Colección Música y Ciencia, UNQ).
- Beranek, Leo (1996). *Concert and Opera Halls: How they Sound* (Acoustical Society of America, New York).