



REFLEXIONES SOBRE LA EVALUACIÓN ACÚSTICA EN ESTADIOS Y GRANDES RECINTOS MULTIPROPÓSITO.

*Mario Torices Fernández**
Esperanza Sánchez Romero²
Mariene Benutti Giunta³

1, 2, 3 IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE SAU

RESUMEN

A lo largo del presente artículo se recorre de forma sucinta la historia y la evolución reciente del diseño acústico de grandes recintos de representación musical o escénica. Y se analiza cómo esta metodología clásica se ajusta a los espacios multipropósito como los estadios deportivos, arenas y algunos grandes espacios de exhibiciones. Se identifican los principales parámetros o criterios de diseño acústico y se reflexiona sobre la necesidad de evolucionar de forma paralela a otras disciplinas de diseño multicriterio como la sostenibilidad, hacia algún sistema estandarizado de evaluación que permita comparar acústicamente la idoneidad de diferentes recintos e incluso valorar la mejora prestacional de este tipo de recinto al enfrentarse a una reforma o cambio sustancial.

ABSTRACT

In this article, we provide a concise overview of the historical development and contemporary advancements in the field of acoustic design for large musical or theatrical performance venues. We also examine how this traditional methodology aligns with versatile environments like sports stadiums, arenas, and large exhibition halls.

We outline the key parameters and criteria essential to acoustic design, and we deliberate on the importance of progressing in sync with other multi-criteria design disciplines, particularly in the context of sustainability. This evolution would lead to the establishment of a standardized assessment framework that enables acoustic comparisons across various venues even during refurbishments or significant alterations of the venues.

Palabras Clave— estadios, arenas, multipropósito, room acoustics, certificación.

1. INTRODUCCIÓN

La acústica de salas, concebida como una especialidad de diseño de espacios relacionados con el uso de la palabra, la música y las artes escénicas tuvo una gran evolución a mediados del siglo pasado con el auge de auditorios, salas de conciertos y diferentes tipos de teatros, así como la mejora en las capacidades de equipos de medida y simulación. Desde que en 1898 Wallace Sabine publicó la fórmula para estimar el tiempo de reverberación, hasta que Leo Beranek realizó sus estudios y compilaciones de medidas de múltiples recintos de los más variados usos, el desarrollo de la acústica natural sufrió un gran avance [1]. Sin embargo, desde entonces hasta nuestros días la evolución de parámetros de evaluación y los criterios acústicos de diseño óptimo de salas han evolucionado relativamente poco, comparados con otras disciplinas.

Si analizamos el proceso para establecer los criterios óptimos de diseño acústico de salas, se puede establecer un círculo virtuoso que comienza con la percepción subjetiva de la audiencia de un recinto en que se representa un tipo de evento determinado (palabra, tipos de música, representaciones, etc.) para concluir con un criterio de diseño que retroalimenta la experiencia en futuros recintos. Como se ha indicado, esta experiencia acústica está íntimamente asociada con el tipo de representación, pero no menos importante es su relación con la sensibilidad de la audiencia e incluso con sus expectativas al acudir al evento. Y por qué no ir más allá y entender que en las representaciones clásicas las obras muchas veces se compusieron para espacios de representación concretos, aprovechando las propiedades de esos recintos.

A finales del siglo pasado y comienzos de este, se ha producido una revolución en cuanto a las necesidades de diseño acústico en algunos recintos para la representación de artes escénicas multitudinarias, en su más amplio sentido del concepto. En este cambio de paradigma, el tipo de músicas y artes audiovisuales han cambiado drásticamente, la

sensibilidad del público ha cambiado incluso el ocio se ha convertido en un artículo de consumo masivo, por no olvidar los avances técnicos en los sistemas de reproducción audiovisual.

Es en este momento cuando nos planteamos la pregunta de si se deberían de mantener los criterios de diseño acústico, forjados a lo largo de los años en base a unas premisas antiguas, o deberían de evolucionar al igual que su entorno para poder diseñar, construir o reformar los grandes recintos multiusos para las artes escénicas del siglo XXI y facilitar su clasificación y comparación.

2. ACERCAMIENTO AL PROBLEMA EN ESTE COMIENZO DEL SIGLO

La respuesta a todo este cambio de era y de negocio del ocio ha llevado a utilizar las infraestructuras existentes para alojar estos eventos multitudinarios (estadios deportivos, arenas y grandes salas multiusos) dejando en manos de los equipos de reproducción audiovisual el tratar de controlar las respuestas de las salas en una primera etapa. Posteriormente, y a la vista de los resultados indeseados, se empezó a estudiar cómo adecuar los recintos existentes o construir recintos dedicados para que mejoraran sus prestaciones acústicas.

Diferentes autores, en diferentes proyectos con diferentes consideraciones y objetivos han llegado a resultados que, si bien difieren significativamente a nivel cuantitativo, en la mayoría de los casos los resultados fueron calificados como adecuados o incluso óptimos. Y ahí es donde surge la duda respecto si estamos intentando cuantificar un resultado de acústica óptima en base a métricas desfasadas o incluso que no pueden acotar la nueva sensibilidad o experiencia audiovisual que se pretende ofrecer a la audiencia.

Para analizar este fenómeno, se resumen a continuación los conceptos acústicos, de entre todos los que parámetros clásicos, que suelen condicionar el diseño acústico de grandes recintos polivalentes o multiusos (estadios, arenas, etc.).

3. CONCEPTOS ACÚSTICOS QUE HAN CONDICIONADO EL DISEÑO ACÚSTICO

Revisando la literatura existente sobre el diseño acústico de este tipo de grandes espacios polivalentes o multipropósito, se pueden extraer a grandes rasgos una serie de parámetros de uso común entre los distintos equipos de diseño, aunque no siempre se valoran en todos los diseños.

3.1. Tiempo de reverberación

Es el parámetro de diseño acústico principal por definición, ya que puede influir tanto en la percepción de sonoridad, la inteligibilidad y el control de reflexiones y ecos. Si bien es un parámetro muy representativo, no es suficiente para determinar el éxito de un espacio. Esto puede acreditarse en

la disparidad de valores de referencia y de valores medidos en diferentes estadios o grandes recintos de representación, entre ellos [2], [3]. Con carácter general este concepto podría evaluarse conforme a los índices T30, T60 o incluso EDT en función de la configuración geométrica del espacio [4]. Habitualmente este parámetro se solapa con fenómenos de coloración del recinto una vez se detallan las prestaciones de absorción acústica de los materiales y con el uso de otras ratios de absorción acústica respecto del volumen libre, sobre todo en las fases iniciales del proyecto

3.2. Distribución sonora

Bien sea para cumplir con los criterios marcados para el sistema PA/VA o bien por necesidades específicas de espectáculos o eventos, una buena cobertura sonora favorece la reducción de necesidades electroacústicas, mejora la percepción del espacio y facilita la generación de ambientes sonoros específicos entre otros de los objetivos acústicos habituales.

3.3. Reflexiones

El control y dominio de las reflexiones siempre ha sido la clave para alcanzar recintos de acústica excepcional en la teoría clásica. Sin embargo, cuando aplicamos este conocimiento en recintos de gran escala, las distancias entre fuente/receptor, así como la disparidad de localización y expectativas de las fuentes sonoras (público, escenario, sistemas PA/VA, etc.) hace que este análisis no sea tan fácil de aplicar de forma única y precise de un equilibrio entre los análisis sectoriales y los cálculos globales en función de la prioridad de los objetivos acústicos.

3.4. Inteligibilidad

El parámetro de la inteligibilidad es uno de los pocos parámetros acústicos que tienen un reflejo directo sobre normativas, ya que afecta a procesos de evacuación y seguridad. De forma complementaria normativas de organismos deportivos como FIFA complementan la definición de dichos requerimientos. Sin embargo, todos estos criterios están íntimamente relacionados con los sistemas electroacústicos de reproducción fijos, su posición y sistemas de retardo, con lo que en espacios de tan grandes dimensiones y enfocándose en espectáculos transitorios con sus propios equipos o eventos audiovisuales, su aplicación es cuando menos cuestionable. No obstante, un recinto con buenos niveles de inteligibilidad suele tener un diseño cuidado.

3.5. Prioridades en los objetivos acústicos

El cambio de paradigma comentado a lo largo del artículo lleva aparejado un cambio en las necesidades y las

sensibilidades de los grandes espacios de representación multipropósito. Estas necesidades han sido condensadas en un formato similar al gráfico de Maslow (Figura 1).



Figura 1. Representación ilustrativa de una pirámide de necesidades acústicas en estadios o recintos multipropósito.

Estas necesidades y su ubicación en la pirámide van desde la necesidad de protección auditiva y el riesgo de efectos permanentes en el sistema auditivo hasta las más altas cotas de exigencia acústica [5]. La formulación de esta pirámide “personalizada” en las fases iniciales del proyecto ayudan significativamente en el alineamiento del equipo de diseño a la hora de alcanzar unos objetivos acústicos óptimos, dentro de las restricciones particulares de cada proyecto.

4. CONCEPTOS NO ACÚSTICOS QUE CONDICIONAN EL DISEÑO ACÚSTICO

Igualmente, dentro de cualquier proyecto de diseño de cualquier espacio multipropósito se establecen una serie de necesidades de operación e incluso de imagen que sin duda condicionan el diseño acústico y que en general buscan objetivos completamente opuestos a los marcados en la acústica clásica. Dentro de estos conceptos se pueden identificar los más usuales como:

4.1. Paisajes sonoros o generación de ambientes

Habitualmente en los estadios y arenas que comparten eventos audiovisuales con eventos de carácter deportivo, uno de los requerimientos más habituales son la creación de ambientes o paisajes sonoros relacionados con los eventos deportivos. Donde se busca que el propio recinto amplifique el efecto de los fans o los aficionados sobre los artistas o los deportistas, creando un ambiente único que sea representativo de la experiencia de asistir a ese recinto. Este fenómeno tan característico requiere medidas en sentido contrario a las adoptadas para generar acústicas óptimas, ya que precisa generar reflexiones adicionales y focalización de la energía sonora sobre el escenario o el terreno de juego mediante reflectores y selección de materiales menos absorbentes. Lo

que puede crear un conflicto de intereses indeseado con otros criterios de acústica óptima para estos grandes recintos.

Existe incluso bibliografía definiendo un parámetro para evaluar un “índice de apoyo de los aficionados” (FSI) [6], [7]

4.2. Imagen del recinto

Al igual que la necesidad de crear ambientes únicos asociados con los recintos, la imagen estética del recinto suele reducir las superficies efectivas para la instalación de materiales y/o geometrías con buenas prestaciones acústicas, eso unido la pobre relación entre superficies útiles y volumen libre de estos grandes recintos condiciona enormemente la consecución de los objetivos acústicos de forma solvente.

Igualmente, la geometría del espacio con formas curvas que favorecen la focalización y las restricciones estructurales y de movimiento de muchas de las cubiertas de este tipo de recintos suponen otra gran limitación a la hora de seleccionar e instalar muchas de las soluciones acústicas convencionales.

Consideraciones similares se podrían realizar sobre los recintos semiabiertos donde las aperturas de las cubiertas introducen efectos adicionales asociados con las condiciones de temperatura, humedad y viento que pueden incrementar aún más la incertidumbre de las predicciones respecto a la respuesta acústica óptima deseada [8]

4.3 Acreditaciones organismos deportivos, retransmisiones de eventos, etc.

Los diferentes eventos que este tipo de grandes recintos multipropósito aspiran a albergar, suelen tener aparejados restricciones adicionales relacionada con los organismos que apadrinan dichos eventos que influyen de forma directa o indirecta sobre las soluciones acústicas operativas (Figura 2). Estas restricciones pueden venir de las productoras, artistas o como en el caso de los encuentros de fútbol de FIFA [9]. Estos pueden establecer especificaciones en cuanto a niveles de potencia generadas, tipos de instalaciones electroacústicas de refuerzo, así como, establecen recomendaciones sobre la reverberación de espacios multipropósitos, respecto a los sistemas electroacústicos fijos del recinto, sobre las condiciones para la iluminación o los puntos de cámara para las retransmisiones que pueden condicionar tanto los acabados como la geometría y disposición de elementos en la cubierta.

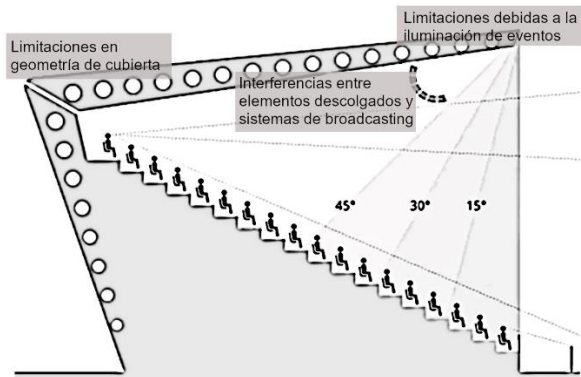


Figura 2. Sección típica de audiencia de estadio identificando algunas de las restricciones no acústicas de cubierta.

4. ESTÁNDARES Y GUÍAS DE DISEÑO

Sin pretender ser una descripción exhaustiva, y con un objetivo meramente ilustrativo se recogen a continuación, los esfuerzos y la evolución de algunos organismos para ayudar en la creación de criterios comunes y guías de diseño unificadas.

Uno de los más conocidos es la publicación de la norma DIN 18041 [10], que realiza una amplia descripción de los tiempos de reverberación recomendados para una larga lista de espacios de uso de la palabra, música y eventos múltiples. Si bien sus recomendaciones están acotadas por el tamaño de los recintos con referencias a volúmenes máximos alrededor de los 30.000 m³ y tiempos de reverberación limitados a 2 segundos, lo que reduce de forma importante el rango de aplicación de sus recomendaciones.

Por otro lado, la mayoría de los estadios o arenas aspiran a poder albergar grandes competiciones futbolísticas y por tanto deben cumplir con los criterios FIFA [9], [11], [12] en lo relativo a tiempos de reverberación (4 seg. en un amplio rango de frecuencias para eventos multipropósito), inteligibilidad del sistema PA/VA ($STI > 0.55$) y la uniformidad del sistema PA/VA (± 3 dB en un amplio rango de frecuencias) [3].

5. REFLEXIONES PARA UN FUTURO DESEABLE

Una vez analizado a grandes rasgos el camino recorrido hasta la fecha y comparando el caso con otros sistemas estandarizados de verificación y valoración multicriterio en diferentes ámbitos (LEED, BREEAM, WELL, etc), parece lógico pensar que la evolución de la disciplina de acústica de salas podría seguir un esquema similar.

Al ritmo que avanza la producción de eventos tanto deportivos como audiovisuales, la técnica y tal y como se consumen estos contenidos, parece razonable que se pudiera evaluar la idoneidad de los recintos existentes y futuros de forma estandarizada. Disponer de una herramienta o metodología que nos permita evaluar y clasificar diferentes

recintos en función de sus capacidades de forma singular, permitiría dar un salto de calidad a dichos espacios y favorecería a la especialización de estos (Figura 3). La base de este tipo de herramienta o estandarización está aún por consensuar, no obstante, debería de basarse en principios firmes y ampliamente aceptados por el sector, entre los cuales deberían considerarse:

- Selección de índices de evaluación y rangos de operación objetivos: Estos conceptos deberían ser acordes tanto a las particularidades de los grandes espacios deportivos y multipropósito, así como, a la diversidad de eventos y espectáculos. Estos podrían ser los descritos en este artículo o cualquiera otro nuevo índice que se adapte a las necesidades del análisis.
- Uniformidad de los criterios: Establecer ámbitos de aplicación diferenciados dentro del mismo recinto, para valorar de forma local el cumplimiento de objetivos específicos. No parece tener sentido caracterizar las condiciones acústicas de un estadio por un valor o curva de referencia de forma global. E incluso que ese índice pudiera evaluarse en función del tipo de evento/representación considerada
- Representación gráfica multicriterio sencilla de interpretar: En aras de conseguir una fácil interpretación y reconocimiento público definir una representación icónica que condense toda la información acústica que se derive de esos cálculos, a modo de sello de calidad que permita representar tanto la acústica de forma global y sectorial (áreas, eventos, parámetros). Este tipo de representaciones multicriterio facilitarían la comparación entre recintos y favorecería la preevaluación acústica de estos recintos tan complejos, permitiendo su comparación de igual a igual, a la vez que identificar el potencial en reformas e incluso en objetivo potencial del proyecto.

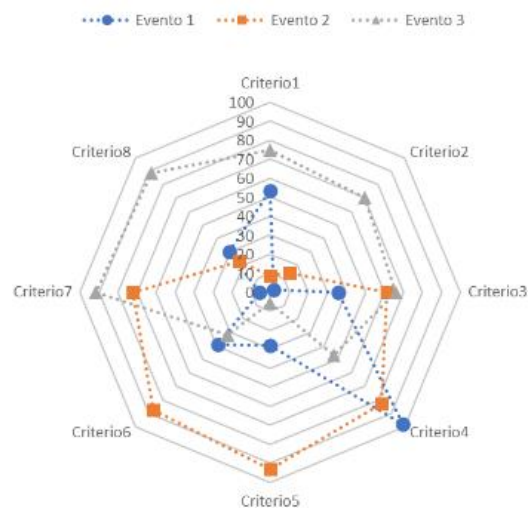


Figura 3. Ejemplo de representación gráfica multicriterio

6. CONCLUSIONES

El mundo de la acústica de salas dentro de recintos como estadios arenas o grandes recintos multipropósito parece que ha avanzado en las últimas décadas de forma desestructurada atacando problemas particulares de cada uno de los recintos sin una visión global y enfocada del problema.

Aspirar a una estandarización en la evaluación acústica de este tipo de recintos supondría una gran evolución en el desarrollo de la disciplina de acústica de salas.

7. REFERENCIAS

- [1] Leo Beranek, Acoustics, 2a. ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, 1996.
- [2] M. Eşmebaşı, Z. B. Özyurt, y Z. S. Gül, «CONTEMPORARY SPORTS ARENA ROOM ACOUSTICS DESIGN», 2022.
- [3] A. Peretokin, A. Livshits, A. Orlov, y N. Shirgina, «Acoustics features of sports facilities on the example of FIFA 2018 football stadiums in Russia», en Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics, Aachen, sep. 2019, p. 8.
- [4] Felix Vernersson, «Variable acoustics in multifunctional stadiums», KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2022.
- [5] M. Skålevik, «Music Room Acoustics – Critical Parameters», 2012.
- [6] Kh. A. Shchirzhetskii y A. Peretokin, «Calculation of the Fan Support Index in the Acoustic Design of Large Sports Facilities», Stroitel'nye Materialy, pp. 35-40, ene. 2022, doi: 10.31659/0585-430X-2022-803-6-35-40.
- [7] Rajvi Borad, Prachi Gajjar, Ritika Garud, Siddhi Hindalkar, y Sweta Nair, «Acoustic -Arenas and Stadiums».
- [8] L. Tronchin, «Variability of room acoustic parameters with thermo-hygrometric conditions», Applied Acoustics, vol. 177, jun. 2021, doi: 10.1016/j.apacoust.2021.107933.
- [9] FIFA, «Football Stadiums Guidelines», FIFA Publications, 2023. <https://publications.fifa.com/en/football-stadiums-guidelines/>
- [10] «DIN 18041:2015-02_Acoustic quality in rooms - Specifications and instructions for the room acoustic design», 9 de enero de 2015.
- [11] FIFA, «Football stadiums_5th ed_Technical recommendation and-requirements». 2011.
- [12] V. Milanese, L. Tronchin, y O. Inácio, «Design and analysis of the sound reinforced system for the FIFA world cup 2014 stadium “DUNAS ARENA”, in Natal.», 2014.