

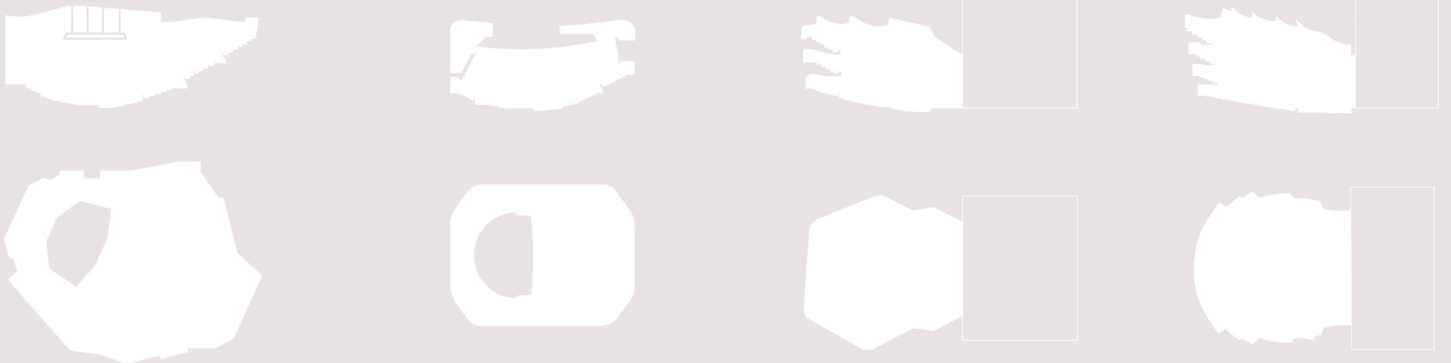
# DISEÑO ACÚSTICO EN LAS SALAS DE AUDICIÓN PROYECTADAS EN LA ÚLTIMA DÉCADA



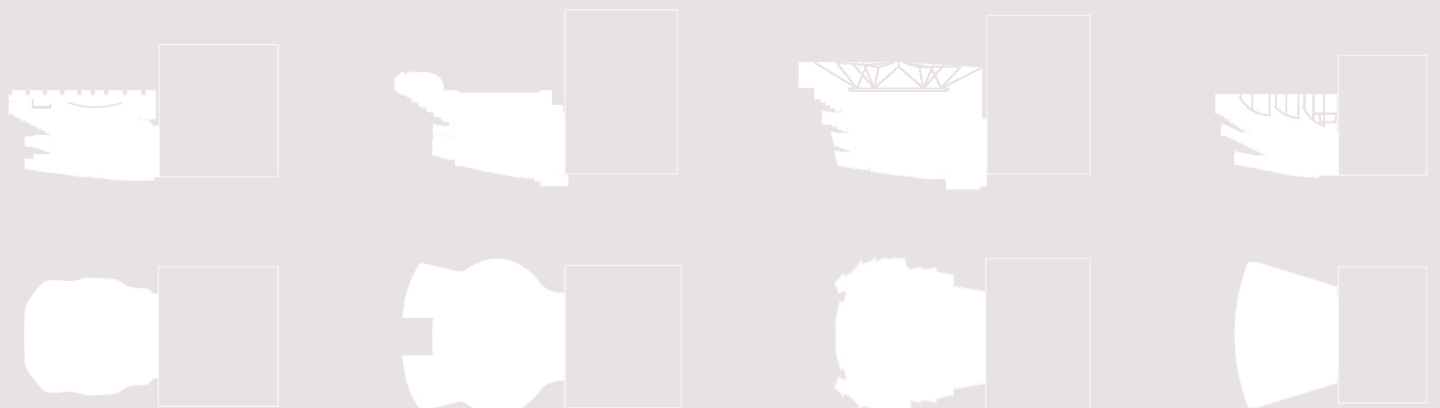
Aida Pons Martínez

Tutora: Ana Llopis Reyna

Trabajo Final de Grado  
Curso 2016/2017



Grado en Fundamentos de la Arquitectura  
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA

## RESUMEN

Frente a la creciente variedad musical que se ha ido desarrollando en los últimos años, parece razonable que los espacios en los cuales se interpretan se adecúen a estos cambios, adaptándose acústica y arquitectónicamente a ellos. La historia de la evolución en el diseño de salas de audición muestra que cada nuevo proyecto tiene en cuenta prototipos anteriores, tratando de incluir alguna mejora debido al gradual conocimiento acústico que se va adquiriendo a lo largo de los siglos.

Por esta razón, con el objetivo de conocer el progreso en el planteamiento de espacios de audición y cuáles son las tendencias actuales en la acústica de salas, se ha realizado un análisis conjunto de una serie de salas de conciertos, de ópera y teatros de gran envergadura, pudiendo considerarse representativas de la última década.

Se puede decir que la Philharmonie de Scharoun es una referencia clara de las salas de conciertos de la última década y, en el caso de las salas de ópera y teatro, se ha continuado con el modelo de planta en herradura, característico de la Ópera Italiana.

Sin embargo, debido a la ejecución reciente de los proyectos estudiados, no se puede detectar detalladamente su calidad acústica, ya que para ello es necesaria la realización de medidas acústicas completas y, sobre todo la opinión fundamentada de directores, músicos y actores.

## PALABRAS CLAVE

Acústica arquitectónica, acondicionamiento acústico, tipología de salas, sala de conciertos, sala de ópera, teatro.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1   INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
OBJETIVOS	2
METODOLOGÍA	2
<b>2   HISTORIA DEL DISEÑO DE SALAS</b>	<b>3</b>
<b>3   FICHAS DESCRIPTIVAS DE SALAS DE CONCIERTOS</b>	<b>16</b>
3.1   ELBPHILHARMONIE HAMBURG	17
3.2   PHILHARMONIE PARÍS	20
3.3   DANISH RADIO CONCERT HOUSE	23
3.4   HELSINKI MUSIC CENTRE	26
3.5   THE SEAT OF THE NATIONAL POLISH RADIO SYMPHONY ORCHESTRA	29
3.6   LOTTE CONCERT HALL	32
3.7   GRAND AUDITORIUM DE LA MAISON DE LA RADIO	35
3.8   HELZBERG HALL	38
3.9   SHENZHEN CONCERT HALL	41
3.10   SHANGHAI SYMPHONY HALL	44
<b>4   FICHAS DESCRIPTIVAS DE SALAS DE ÓPERA Y TEATRO</b>	<b>47</b>
4.1   GUANGZHOU OPERA HOUSE	48
4.2   NORWEGIAN NATIONAL OPERA & BALLET	51
4.3   BEIJING NATIONAL GRAND THEATRE OF CHINA	54
4.4   MURIEL KAUFFMAN THEATRE	57
4.5   WUXI GRAND THEATRE	60
4.6   BORD GÁIS ENERGY THEATRE	63
<b>5   ANÁLISIS ACÚSTICO DE LAS SALAS</b>	<b>66</b>
<b>6   CONCLUSIONES</b>	<b>76</b>
<b>7   BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>78</b>
<b>8   ÍNDICE DE IMÁGENES Y FICHAS</b>	<b>80</b>

## **1 | INTRODUCCIÓN**

## OBJETIVOS

Este trabajo tiene el propósito de analizar el diseño de las salas de audición que se han realizado en los últimos diez años, con la intención de indagar sobre los aspectos acústicos y arquitectónicos relacionados con la tradición anterior y sobre las innovaciones que se han realizado. De esta manera, se puede llegar al conocimiento de cómo ha evolucionado el diseño de salas de audición y cuáles son las tendencias actuales en la acústica de salas.

## METODOLOGÍA

La metodología seguida ha consistido, en primer lugar, en una búsqueda bibliográfica de las salas de audición proyectadas y construidas durante la última década, considerando únicamente aquellas cuya ejecución termina a partir del año 2007. Además, de las salas encontradas sólo han sido objeto de análisis en este trabajo aquellas dedicadas a sala de concierto, teatro y ópera, con una audiencia de más de 1000 espectadores y con posibilidad de un suficiente reconocimiento internacional. Como resultado se han seleccionado 10 salas de concierto y 6 salas de ópera o teatro.

Una vez elegidas las salas, se procede a la confección de una ficha de descripción arquitectónica y otra de definición acústica para cada ejemplo, recopilando todos los datos posibles e incorporando imágenes que ayudan al entendimiento del texto.

Para poder analizar la evolución en el diseño de salas de audición, previamente se ha estudiado la evolución histórica de la acústica y paralelamente del diseño de salas dedicadas a la audición de música y de la palabra desde la Antigua Grecia hasta el siglo XX, pasando por los teatros antiguos, el Renacimiento, el Barroco, la época Clásica, el Romanticismo y la arquitectura del último siglo pasado.

Finalmente, se realiza un análisis del conjunto de las salas, con una visión global del diseño de las mismas y destacando algunas particularidades. De este estudio se recogen, para terminar, una serie de conclusiones relevantes.

## **2 | HISTORIA DEL DISEÑO DE SALAS**

El diseño de espacios de audición tiene su origen en los **anfiteatros de la antigua Grecia**. Estos se ubican en laderas de colinas, donde se dispone el público aprovechando su inclinación, normalmente en una relación 2:1. Se componen, en rasgos generales, de la escena (lugar desde el cual salían los actores para interpretar la obra), el proscenio (parte de la escena próxima al público), la orquesta (donde actuaba el coro y los actores) y la cávea (donde se disponía el público) en forma de segmento de circunferencia, desarrollándose más de 180°; aunque más adelante, debido al mal funcionamiento de las zonas laterales de la cávea en la recepción del sonido, éstas se reducen. Con todo esto, se obtiene un sonido directo de gran calidad y con una buena distribución, además de una adecuada inteligibilidad del habla, la cual es posible también, gracias al reducido ruido de fondo del ambiente natural. Además, en los anfiteatros griegos se generan pocas reflexiones, reflejándose únicamente el sonido en el pavimento pétreo y en el edificio posterior.

Aunque durante el segundo y tercer milenio antes de Cristo se hace uso de la geometría y de otros conocimientos matemáticos, no se pretende obtener reglas de los principios generales de forma precisa. Es Tales de Mileto, junto con su Escuela Jónica, quien lleva a cabo la matemática formal de la geometría. Más tarde, Pitágoras, estudiante de esta misma escuela, realiza una aportación importante a la teoría numérica y a la teoría de la música y la armonía. Ya con su propia escuela, y después de su investigación en el campo de la acústica y la armonía, entiende el sonido como una onda que se propaga en un medio. De esta forma consigue entender las formas de generación, propagación y recepción del sonido. Finalmente, Aristóteles llega a la conclusión de que las propiedades del medio son determinantes en la propagación del sonido y, además, llega a conocer la relación entre la vibración y el sonido, considerando que los cuerpos que son capaces de vibrar generan sonido.



Imagen 2.1 Vista teatro de Epidauro

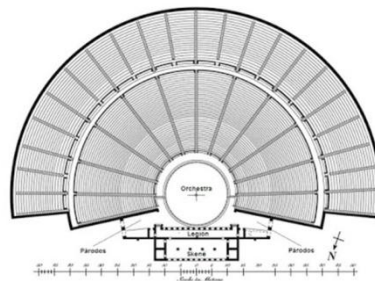


Imagen 2.2 Planta teatro de Epidauro

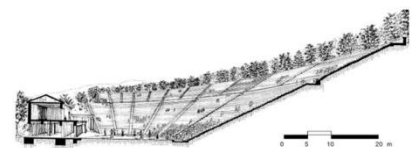


Imagen 2.3 Sección teatro de Epidauro

En esta misma época, existen además edificios para actuaciones musicales, los llamados **odeones**. Estos tienen unas dimensiones más reducidas y están cubiertos por un techo de madera, lo que hace de este un edificio más adecuado para la música.



Imagen 2.6 Sección Odeón de Agripa

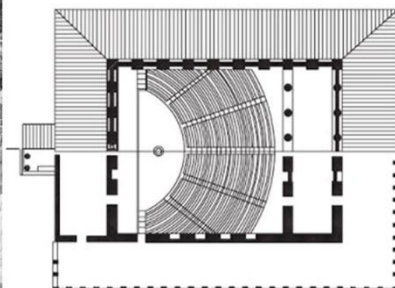


Imagen 2.5 Planta Odeón de Agripa

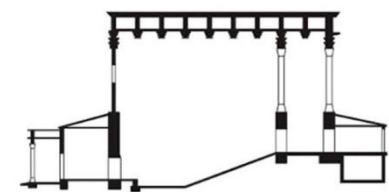


Imagen 2.4 Vista Odeón de Agripa

Los **teatros de la antigua Roma** son una continuación en el diseño de los teatros griegos, no comportan una gran diferencia respecto a estos últimos pero sí que suponen una serie de cambios acústicos debidos al aumento de la pendiente del graderío, la reducción del número de espectadores y a la creación de un edificio posterior a la escena de unas dimensiones superiores, lo que genera una serie de reflexiones laterales. Sin embargo, se consigue que la palabra sea comprensible debido a la escasa diferencia de tiempo entre el sonido directo y las reflexiones. También se reduce el área del público a un semicírculo ( $180^\circ$ ) cubierto por una especie de toldo, se eleva la superficie donde se sitúan los actores, y el coro canta desde la *orchestra*, el área central del semicírculo de la audiencia. Todos estos aspectos muestran que en esta época existe una preocupación acústica en la arquitectura, los distintos elementos parecen implementarse a partir de específicas normas acústicas, ya que se comprenden los requisitos para una buena inteligibilidad de la palabra: un sonido directo libre de obstáculos acompañado de rápidas reflexiones. (Canac, 1967).



Imagen 2.7 Vista Teatro en Aspendos

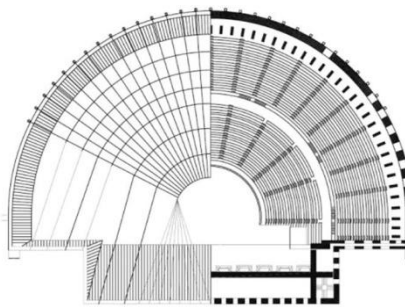


Imagen 2.8 Planta Teatro en Aspendos

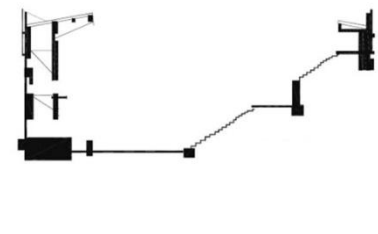


Imagen 2.9 Sección Teatro en Aspendos

Vitruvio, en su libro *De Architectura*, muestra su punto de vista respecto a aspectos de la arquitectura, la acústica y el diseño de teatros. Trata conceptos como la visibilidad o la disposición del público en un lugar con buena ventilación, nunca mirando hacia el sur debido a las molestias que comporta la luz solar. Por otra parte, cabe destacar su idea de los vasos acústicos, que define como una serie de ánforas ubicadas de forma uniforme por todo el teatro, de manera que ofrece una mayor calidad acústica. Estos elementos se colocan bocabajo, dejando una pequeña abertura hacia la escena utilizando una cuña (Long, 2006).

En definitiva, los teatros de este periodo antiguo (650 A.C. – 400 D.C.) guardan ciertas similitudes entre el diseño griego y el romano, aunque este último aporta aspectos nuevos que modifican las condiciones acústicas.

**En la Época Medieval**, las actuaciones artísticas se trasladan a las iglesias, con un carácter religioso, y, al aire libre, con actuaciones populares. En esta etapa no se tiene especial interés en las condiciones acústicas de los espacios en los que se llevan a cabo las representaciones.

**Llegado el Renacimiento (1400-1600)**, se retoma la construcción de teatros, siguiendo las formas clásicas para la composición de espacios cerrados para la música y el teatro, con Alberti, Vitrubio, Serlio y Filarete como referencia. El público y el escenario se ubican de forma similar al Teatro Romano, pero esta vez en un recinto cerrado donde, debido al gran número de reflexiones de sonido que se producen, se da lugar a un sonido difuso y aparece el fenómeno de la reverberación, uniéndose este a las primeras reflexiones y al sonido directo. Al llenarse estos teatros, se reduce el tiempo de reverberación a un valor en el que el habla es entendible debido a las abundantes primeras reflexiones, es decir, al predominio de



la energía temprana respecto a la reverberada. No obstante, en frecuencias bajas, el tiempo de reverberación es importante debido a la existencia de superficies reflectantes (materiales pétreos) (Llinares et al., 1995).

El arquitecto y escritor italiano Sebastiano Serlio (1475-1554), conocedor de los principios establecidos por Vitrubio sobre el diseño de teatros, realiza un estudio sobre la perspectiva de la escena, en el que desarrolla la “escena trágica”, característica de la escena estática del Renacimiento, con un único punto de fuga (Izenour, 1977). En esta época destaca el Teatro Olímpico de Vicenza (1580-84) de Andrea Palladio, donde dispone al público en un graderío semi-elíptico y conserva la escena de los teatros romanos, con el proscenio y la orquesta. Su alumno Scamozzi añade a la configuración de la escena varias calles en las que aparecen y desaparecen los actores, modificando el esquema de Serlio, ya que aquí se utilizan distintos puntos de fuga (Izenour, 1977).



Imagen 2.10 Interior Teatro Olímpico

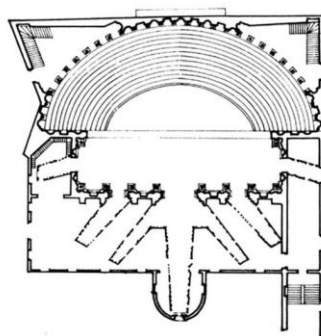


Imagen 2.11 Planta Teatro Olímpico

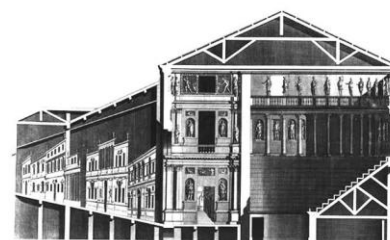


Imagen 2.12 Sección Teatro Olímpico

Más adelante, en 1588, el mismo Scamozzi alterará aún más la configuración del teatro romano con el teatro de la Sabbioneta, optando por una planta en U. en este teatro de dimensiones reducidas, se elimina la pared de la escena, generando una perspectiva frontal, y se refuerza la acústica mediante las reflexiones procedentes del techo compuesto por vigas. (Long, 2006)



Imagen 2.13 Interior Teatro Sabbioneta

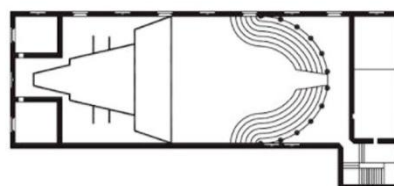


Imagen 2.14 Planta Teatro Sabbioneta

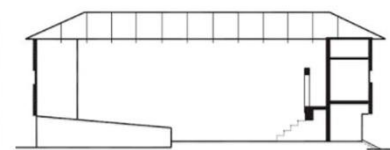


Imagen 2.15 Sección Teatro Sabbioneta

En el norte de Italia, a principios del siglo XVI se desarrolla un nuevo estilo artístico, **el Barroco** (1600-1750), en el que la música profana gana importancia. En este periodo, tanto la arquitectura como la música se caracterizan por una gran ornamentación. Según Beranek (2004/1996), en el Barroco se busca un equilibrio entre la música y el canto, teniendo un gran desarrollo la técnica compositiva del contrapunto, proveniente del Renacimiento y en la que se componen varias líneas melódicas independientes que juntas suenan con la debida armonía. Además, la orquesta adquiere cierta importancia en la ópera. Se pueden encontrar en esta etapa dos tipos de espacios, unos de mucha claridad y tiempos de reverberación cortos, y otros muy reverberantes.

Para la música barroca de orquesta son preferibles los espacios con mucha claridad, con lo que suelen constituir espacios para esta actividad los salones de baile rectangulares de palacios y pequeños teatros. Un ejemplo es el Teatro Alte Residenz de Munich (1753), donde superficies cercanas reflectantes ofrecen un cierto grado de intimidad y cuando está lleno de gente, el tiempo de reverberación es especialmente corto. Por otro lado, la música religiosa continúa componiéndose para ser representada en iglesias amplias y reverberantes, aunque también se componen piezas para capillas con tiempos de reverberación cortos.

En cuanto a las salas de ópera, en el Barroco se investiga con varias tipologías de planta y con mecanismos materiales para conseguir la claridad deseada en la palabra hablada y además el equilibrio con el sonido de la orquesta. En Florencia, durante la época de los Medici es cuando se escriben las primeras óperas; *Dafne* (1594-1598), del compositor Peri, es conocida como la primera, aunque fue su ópera *Euridice* la que se reconoce como la primera representación, en 1600. En 1637 se construye la primera sala para ópera, el Teatro SS. Giovanni e Paolo en Venecia (remodelado el 1654), con una planta en forma de U, tal como se configura el Teatro Farnese (1618-1628) aunque se sustituyen las gradas por palcos. Más tarde, la disposición del público evolucionará hacia una forma de elipse truncada. La orquesta, antes situada en la parte posterior de la escena, y después, en los balcones laterales, finalmente, se ubica delante del escenario (Long, 2006).



Imagen 2.16 Interior Teatro Farnese

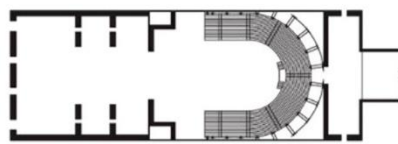


Imagen 2.17 Planta Teatro Farnese

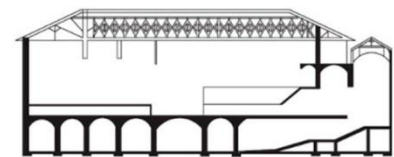


Imagen 2.18 Sección Teatro Farnese

Respecto al estudio de la acústica, entre la antigüedad y el Renacimiento se ha producido un pequeño progreso gracias a la teoría de fluidos, la cual incluye la propagación del sonido. Existen una serie de descubrimientos antes de que Newton, en 1687, dé el primer intento de establecer una teoría del sonido, en la que plantea como hipótesis que la velocidad de propagación del sonido es proporcional a la raíz cuadrada de la presión absoluta dividido por la densidad: Leonardo da Vinci establece lo que hoy se conoce como la ecuación de la continuidad, Galileo Galilei experimenta la relación entre la frecuencia de una cuerda y su longitud, densidad y tensión; Giovanni Battista Benedetti encuentra una relación entre la proporción de tonos y frecuencias de objetos en vibración, y Robert Hooke establece la Ley de la elasticidad (Long, 2006).

En el siglo XVIII, las matemáticas empiezan a aplicarse al estudio de la mecánica. Daniel Bernoulli elabora lo que posteriormente se conoce como la teoría de la superposición, Leonhard Euler establece una ecuación diferencial parcial para definir las formas de vibración de una cuerda tensa y posteriormente, en 1727 se interesa en el estudio del comportamiento del sonido en tubos.

Entre los años 1750 y 1820, cobra gran importancia la música profana respecto a la religiosa. Como consecuencia, la sinfonía clásica y la sonata serán las composiciones que más se desarrollarán en esta etapa, con un sonido pleno y amplio. **En este periodo Clásico**, el contrapunto y los balances entre la

música y el canto que caracterizaban el Barroco pierden interés, ganando terreno la melodía con acompañamiento (Beranek, 2004/1996). Se compone siguiendo la estructura de la sinfonía, la sonata, el concierto o el rondó, pensando, por primera vez, en la sala de conciertos donde se va a interpretar.

En general, en toda Europa adquiere una gran popularidad el concierto clásico a finales del siglo XVIII, lo cual supone también un cambio en la arquitectura: al principio de esta etapa, las salas aún no se adaptan en cuanto al tiempo de reverberación y la ocupación, pero a finales de siglo surgen las primeras grandes salas de conciertos, donde se aprecia todavía la influencia de los salones de las cortes, de planta rectangular pero, progresivamente, van teniendo una mayor capacidad de espectadores y un mayor tiempo de reverberación. Además, debido a su estrechez, las paredes laterales ofrecen unas reflexiones tempranas que dotan a la sala de un nivel de claridad adecuado para la música clásica. Un ejemplo de las primeras salas es Hanover Square Rooms (1773-1775), una sala rectangular para la que Haydn compone algunas de sus sinfonías. Esta sala se queda pequeña para la ocupación que pretende alojar (800 personas) y, además, el tiempo de reverberación es, probablemente, de menos de un segundo con la sala totalmente ocupada. (J. Meyer, 1978).

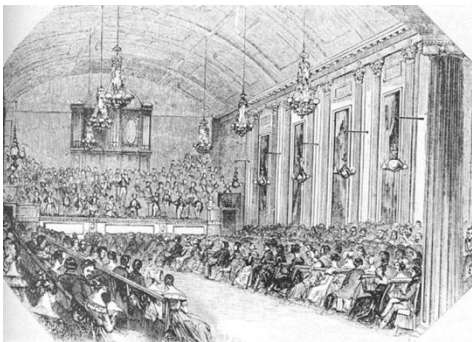


Imagen 2.19 Interior Hanover S.R.

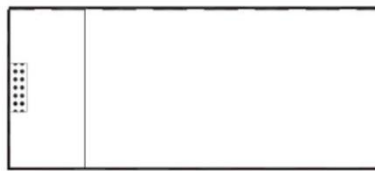


Imagen 2.20 Planta Hanover S.R.

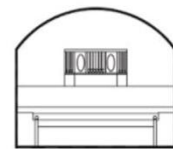


Imagen 2.21 Sección Hanover S.R.

Aparecen en Europa otras salas como el Altes Gewandhaus (1781) en Leipzig, el Redoutensaal en Hofburg (Viena,1740) o el palacio de Hapsburg (Viena,1740); las dos primeras de planta rectangular, con una capacidad de 400 y 1500 espectadores respectivamente, y un tiempo de reverberación de 1,3 segundos en el primer caso y 1,6 segundos en el segundo.

Por otro lado, en Italia continúan desarrollándose los teatros para la ópera, destacando el Teatro alla Scala de Milán (1778) de Giuseppe Piermarini, ya que el corto tiempo de reverberación (1,2 segundos) que se consigue en esta sala, de planta en herradura, la ha convertido en modelo para el diseño de muchas óperas. En la representación de óperas es crucial un buen nivel de claridad para poder entender lo que dicen los cantantes y que exista una cierta consonancia entre el sonido de la orquesta y la voz.



Imagen 2.22 Interior Teatro alla Scala

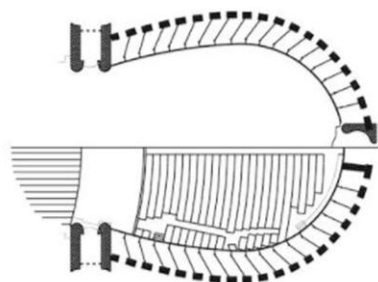


Imagen 2.23 Planta Teatro alla Scala



Imagen 2.24 Sección Teatro alla Scala

En el siglo XIX se desarrolla la **etapa del Romanticismo** (1825-1900), donde obras de Wagner, Tchaikovsky, Brahms, Ravel, Richard Strauss y Debussy configuran un gran repertorio para orquesta. Este tipo de música, más emotiva y poética y con una estructura más libre que la música clásica, requiere plenitud de tono y baja claridad, lo cual se consigue con un predominio del sonido reverberado frente al directo y las primeras reflexiones.

Entre las grandes salas de conciertos de finales del siglo XVIII y principios del XIX destacan sobre todo cuatro, todas ellas con su característica planta de forma *shoebox* (cuyas relaciones dimensionales son 2:1:1), con el público situado en un suelo plano, la existencia de un balcón estrecho alrededor de su perímetro y la orquesta distribuida en todo el ancho de uno de los lados cortos sobre plataformas de madera.

La primera de estas cuatro salas es el Stadt Casino en Basel, Suiza (1776), con capacidad para alojar 1448 espectadores y con un tiempo de reverberación medio de 1,8 segundos, por lo que resulta un espacio adecuado para interpretar música Clásica y Romántica. Después de unos años se construye, en 1882, la Neues Gewandhaus en Leipzig, ya que surge la necesidad de construir un espacio más grande para la música. Esta sala permite un público de 1560 personas y tiene un tiempo de reverberación medio de 1,55 segundos, lo cual permite una buena interpretación de obras de Bach, Mozart, Haydn y otras obras Clásica de cámara. Además, la colocación de ventanas en la parte alta de las paredes permite la entrada de luz natural y el control de la reverberación de los bajos.

La tercera sala es la Grosser Musikvereinsaal de Viena (1870), con una ocupación de 1680 personas sentadas en asientos de madera. El tiempo de reverberación medio de la sala cuando está completamente ocupada es de 2 segundos y, junto su estrechez y las paredes laterales que confieren unas reflexiones fuertes (lo que permite un sonido envolvente), se puede decir que esta sala es idónea para la música Clásica y Romántica. También, debido a la proximidad de las superficies reflectantes y a la cantidad de superficies difusoras, se aprecia una claridad en frecuencias altas; además, el grueso enlucido de yeso que compone las paredes refuerza los bajos. Cabe añadir la importancia de las reflexiones provenientes de debajo del balcón perimetral y de las estatuas que lo soportan, ya que equilibran la absorción debida al público. Como en el ejemplo anterior, las ventanas en la parte alta de la sala permiten controlar la reverberación de los bajos. En resumen, todos estos efectos acústicos hacen de esta sala de conciertos una de las mejores en el mundo (Long, 2006).



Imagen 2.25 Interior Musikvereinsaal

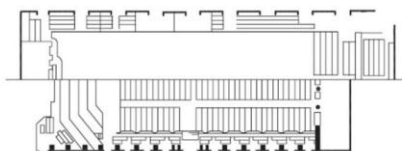


Imagen 2.26 Planta Musikvereinsaal

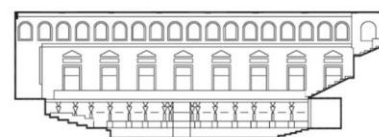


Imagen 2.27 Sección Musikvereinsaal

Por último, el Concertgebouw en Ámsterdam constituye la última sala, abierta en 1888 con una capacidad de 2200 asistentes y cuya anchura es mayor que el resto de ejemplos. Su tiempo de reverberación medio de 2,2 segundos la hace una sala menos clara y, por tanto apropiada para música Romántica.

Para concluir con estos ejemplos de salas *shoebox*, se puede decir que todas ellas tienen unas características comunes que hacen que su acústica sea extraordinaria. A parte de los aspectos ya mencionados, es también de importancia su estrechez, la gran ornamentación con la disposición de balcones, estatuas, órganos y lámparas (lo cual ayuda a la dispersión del sonido), la construcción con yeso y madera pesada, su techo artesonado de 15 metros de altura, la disposición de un público en una zona estrecha cercana a la orquesta y a las paredes y, además, la incorporación de una gran superficie reflectante detrás de la orquesta que proyecta el sonido al público, especialmente los bajos (Long, 2006).

En referencia a las salas para ópera, en el siglo XIX aparecen algunas tan importantes como el Schauspielhaus (1818-21) de Schinkel o la Ópera de París (1876) de Garnier, ambas con forma de herradura. También Wagner diseña su propia sala, la Festspielhaus de Bayreuth (1876), la cual se debía adaptar a su tipo de música romántica caracterizada por los pasajes lentos y con poca definición, pero también adecuarse a la claridad necesaria para entender a los cantantes. La planta es rectangular, aunque el público se dispone en forma de abanico en una única platea, sin distinción entre clases sociales; de esta forma el diseño se aleja de las tradicionales salas de ópera italianas, a favor de un modelo igualitario (Long, 2005). Por otra parte, se consigue un tiempo de reverberación medio de 1,6 segundos con la sala llena y un buen balance entre la orquesta y los cantantes, lo cual se consigue mediante un foso hundido y tapado con una cubierta ranurada (Beranek, 2004/1996).



Imagen 2.28 Interior Festspielhaus

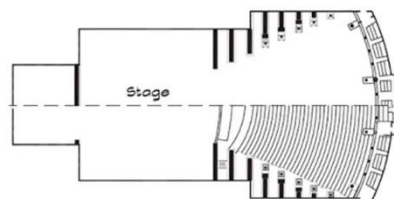


Imagen 2.29 Planta Festspielhaus

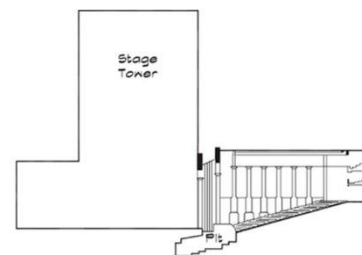


Imagen 2.30 Sección Festspielhaus

A medida que se realizan espacios para conciertos más grandes y se va utilizando una orquesta completa, surge un interés por ampliar los conocimientos en el campo de la acústica. El fruto del éxito de algunas salas estaba basado en la realización de cambios respecto a salas ya construidas, por lo que muchos arquitectos se sienten frustrados al ver que sus diseños no están basados en ningún principio acústico.

Surge por tanto la necesidad de crear una ciencia aplicada para los diferentes recintos de audición: la Acústica de Salas. En el siglo XIX, el arquitecto Lachez escribe un tratado donde define unos principios geométricos para el diseño de salas. También, en 1860 Hermann von Helmholtz (1821-1894) contribuye al progreso de la acústica como ciencia con su libro *Sensations of Tone*, en el que realiza un estudio sobre resonadores. Más tarde, Lord Rayleigh (1842-1919) incluye el método ondulatorio, el fenómeno de las resonancias y de las interferencias en el estudio acústico, lo que permitirá el origen de la Acústica como ciencia (Llinares et al., 1995).

Entre el siglo XIX y XX aparece la figura del físico W.C.Sabine, quien empieza a investigar a partir de tres auditorios en Harvard con el propósito de hallar las razones por las que aparecen dificultades en la inteligibilidad de la palabra. A partir de ahí surge “su primera teoría sobre la absorción del sonido, su relación con el descenso del campo acústico en las salas tras cesar el sonido, y la fórmula para averiguar el tiempo de este descenso” (Long, 2006). Como consecuencia, surge el parámetro acústico del tiempo de reverberación, el cual se puede calcular y predecir en la fase de proyecto, y cuyos valores óptimos varían en función del uso y del volumen del espacio. Para las salas de concierto no se consiguen pactar unos tiempos de reverberación definitivos, mientras que para salas destinadas al habla sí, considerando el nivel de inteligibilidad del habla.

Sabine contribuye en el diseño del Boston Music Hall (1900), donde se toma como referencia la tipología shoebox, consiguiendo un tiempo de reverberación de 1,8 segundos. Además, destaca la incorporación de unos nichos con esculturas clásicas en las paredes que, junto con el techo artesonado, consigue una adecuada difusión del sonido.



Imagen 2.31 Interior Boston Music Hall

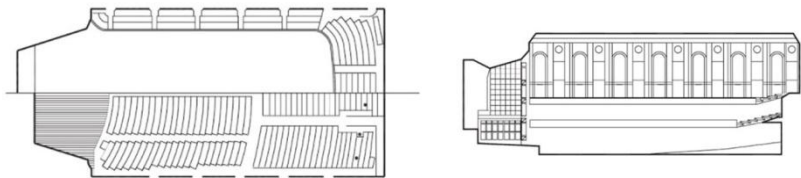


Imagen 2.32 Planta Boston Music Hall; Imagen 2.33 Sección Boston Music Hall

Esta teoría de Sabine supone una aproximación estadística al reparto espacial y temporal del sonido frente a la aproximación de la acústica geométrica. Los **arquitectos del siglo XX** deciden realizar nuevos diseños, con nuevas formas y nuevos materiales, con la finalidad de conseguir un buen reparto del sonido en toda la sala (cada vez más grande), más que conseguir unos valores adecuados para el tiempo de reverberación. Esta investigación formal termina con la deducción de que el tiempo de reverberación no es un parámetro absoluto, sino que existen, también, otros factores para valorar la acústica de una sala (Llinares et al., 1995).

Además, durante el siglo XX, las salas de conciertos ganan aún más popularidad, no sólo en Europa y América sino también en el continente asiático, teniendo gran importancia Japón. Estos espacios tienen la complejidad del deber de adaptarse a la música de épocas anteriores y a la contemporánea. Algunas composiciones de este siglo demandan una sala con claridad, al igual que en el Barroco, pero el repertorio en estos años es muy diverso y no se pueden designar unos parámetros acústicos fijos, sino que la característica que define estas salas es la variabilidad acústica.

Según García (2017), existen una serie de ejemplos de auditorios construidos después de la Segunda Guerra Mundial cuyas características se aplican aún en la actualidad: “El Royal Festival Hall en Londres (1951), obra de Robert Matthew y Leslie Martin, el Kresge Auditorium en el MIT de Cambridge (1955), de Eero Saarinen, el Kulttuuritalo de Helsinki (1958), de Alvar Aalto y la berlina Philharmonie finalizada por Hans Scharoun en 1963” (p.16). Todos ellos supusieron la ruptura con la arquitectura anterior a la

guerra y, con sus aspectos arquitectónicos novedosos marcaron una nueva conexión entre la ciudad y el auditorio.

En el Royal Festival Hall, un aspecto muy importante es el del carácter público de sus vestíbulos, repletos de actividades y conciertos asociados con el espacio exterior y configurados de forma escalonada como continuación de las terrazas del Támesis. En la sección de la sala, de planta rectangular y cubierta por un techo abocinado, se distinguen tres elementos: el foso de la orquesta, la inclinada platea y las gradas.



Imagen 2.34 Interior Royal Festival Hall

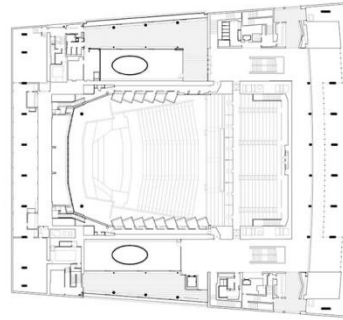


Imagen 2.35 Planta Royal Festival Hall

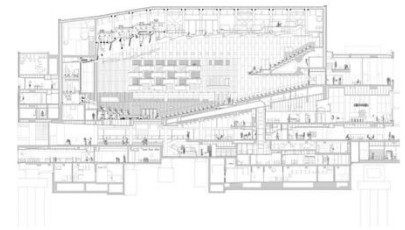


Imagen 2.36 Sección Royal Festival Hall

Con la construcción del Kresge Auditorium, para Saarinen la forma será la que represente la idea, el espacio y la estructura. Esta sala se realiza con la intención de ser un punto de reunión de los miembros del Instituto de Tecnología de Massachussets, la cual se materializa en una concha esférica que se apoya sobre tres puntos, siendo así una cúpula triangular cuyos lados se abren al exterior mediante un paramento de vidrio. La sala está compuesta por un único patio de butacas en pendiente, sin ningún palco ni balcón. Únicamente se pueden observar unos reflectores blancos suspendidos de la "cúpula celeste" que representa la concha que cubre la sala.



Imagen 2.37 Interior Kresge Auditorium

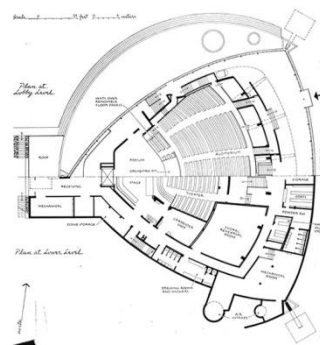


Imagen 2.38 Planta Kresge Auditorium

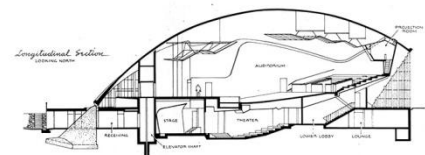


Imagen 2.39 Sección Kresge Auditorium

Los centros culturales y salas de audición de Alvar Aalto también son un referente para la concepción de salas de conciertos. En 1985, el Kulttuuritalo con su planta en abanico asimétrico es, todavía hoy, un ente llamativo por sus agradables formas contenidas en un bloque de ladrillo que evoca la naturaleza de su entorno y que constituye el lugar de reunión de los sindicatos obreros finlandeses.

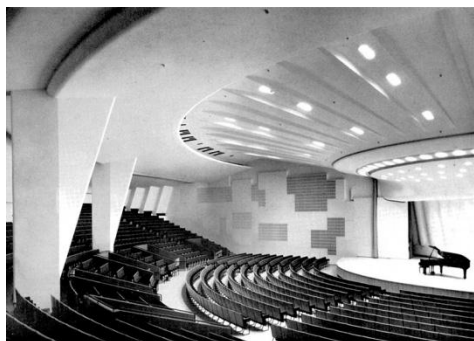


Imagen 2.40 Interior Kulttuuritalo

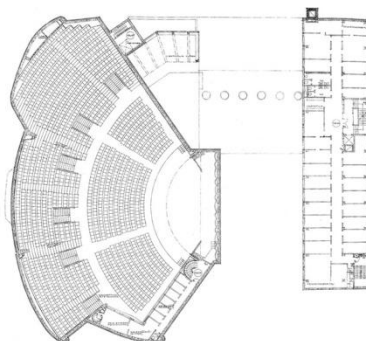


Imagen 2.41 Planta Kulttuuritalo

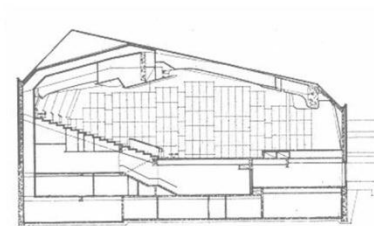


Imagen 2.42 Sección Kulttuuritalo

Mediante el análisis de estos tres ejemplos que destacan por su arquitectura, más que por su acústica, se ve una evolución en la geometría de las salas: en un inicio, el Royal Festival Hall mantiene la clásica planta *shoebox*, donde destaca su frontalidad y forma rectangular. A continuación, el Kresge Auditorium continúa con esta frontalidad pero investiga en la forma de la planta mediante una geometría triangular y cubre la sala con una cúpula esférica cuyo trazado es intervenido a través de paneles suspendidos de la misma. Finalmente, en el Kulttuuritalo de Alvar Aalto se divisa con su planta en abanico la intención de Scharoun de crear unas plataformas aterrazadas que rodean el escenario de la Philharmonie de Berlín.

Después de ser destruida la sala de conciertos para la Orquesta Filarmónica de Berlín en 1944, en el año 1956 se abre un concurso para la realización de un nuevo auditorio para esta orquesta. Esta competición es ganada por el arquitecto Hans Scharoun, con una sala en la que los oyentes se organizan envolviendo la orquesta de forma asimétrica, donde la mayor parte de los asistentes se sitúan en frente del escenario pero también aparecen terrazas a los lados y en la parte posterior al coro, con el órgano y el palco. Esto, junto con la geometría en forma de tienda de campaña del techo, da lugar a un espacio con una conveniente calidad musical y cuyo diseño se adapta perfectamente a la situación de la ciudad en aquellos años: la desolación después de la construcción del Muro de Berlín, el final de las vanguardias y la innovación en la música y el arte en general, con un carácter casual y aleatorio. En este contexto, es de gran importancia la creación de un lugar de reunión para la Orquesta Filarmónica de Berlín y sus oyentes, lo que conlleva una nueva forma de escuchar la música y de relacionarse que se materializa en una nueva tipología de auditorio.



Imagen 2.43 Interior Philharmonie

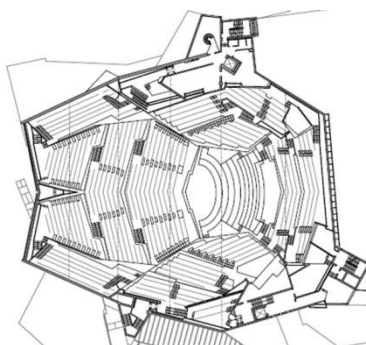


Imagen 2.44 Planta Philharmonie

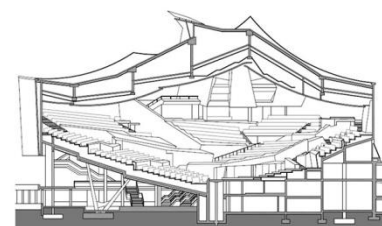


Imagen 2.45 Sección Philharmonie

En estos casos que se han citado, se puede decir que el diseño de una sala de audición nace a partir de tipos anteriores, creando espacios cuya imagen recuerda a la naturaleza: “los bancales de viñedos en un valle de Scharoun; la roca erosionada depositada por Alvar Aalto como un accidente en la topografía de Helsinki; la liviana esfera celeste con la que Saarinen cubre las gradas del Auditorium Kresge; o las terrazas fluviales que se deslizan hasta un interior diáfano de plataformas que Leslie Martin abre al



Támesis. Todos ellos son una excepción en la traza de la ciudad donde se levantan” (García, 2017, p.18).

En los años posteriores y hasta 2007, se proyectan salas con gran diversidad de configuraciones, siguiendo modelos anteriores y sin nuevas aportaciones, como por ejemplo la Ópera de Sidney (1973) de Jørn Utzon, quien renuncia al proyecto debido a conflictos con el gobierno. Los arquitectos que retoman el proyecto modifican la sala principal, que en un principio era un espacio multiuso para ópera y conciertos, convirtiéndola en una sala exclusivamente para conciertos, con una disposición del público intermedia, entre una sala frontal y una aterrazada. Otro caso diferente es el de la Philharmonie am Gasteig (1985) en Munich, con una tipología en planta de abanico, o el Auditorio de Barcelona (1999) de Rafael Moneo, con una disposición frontal.



Imagen 2.46 Interior Ópera Sidney

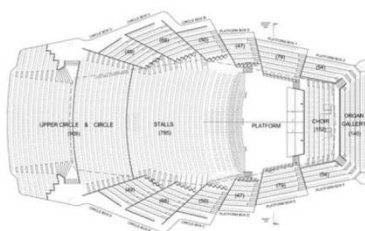


Imagen 2.47 Planta Ópera Sidney

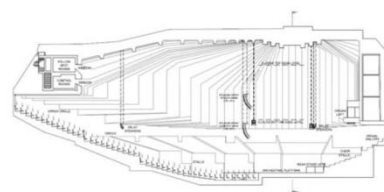


Imagen 2.48 Sección Ópera Sidney

Finalmente, cabe destacar que la filarmónica de Scharoun constituye un hito en la historia de la acústica de salas de conciertos e influye en el diseño de multitud de auditorios posteriores, siendo uno de los ejemplos más claros el Walt Disney Concert Hall de Los Ángeles (2003), del arquitecto Frank Gehry, donde se observa una planta en la que se disponen una serie de terrazas alrededor de un escenario central.

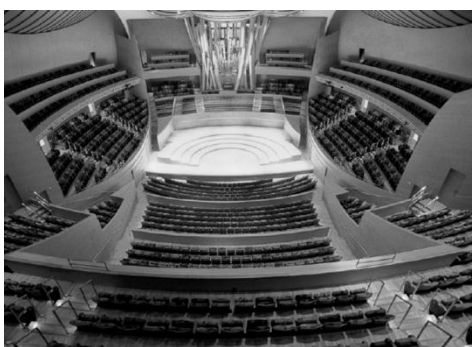


Imagen 2.49 Interior W. D. Concert Hall

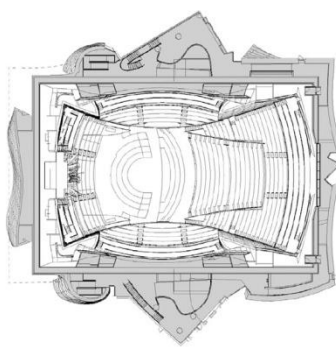


Imagen 2.50 Planta W. D. Concert Hall

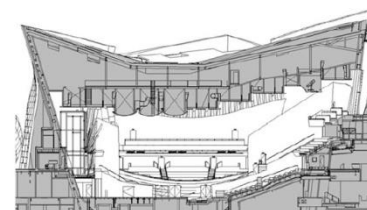


Imagen 2.51 Sección W.D. Concert Hall

BERANEK, L.L. (2004). “Music and acoustics” en *Concert halls and opera houses: music, acoustics and architecture*. New York, NY: Springer, cop. (2ª Ed.)

CANAC, F. (1967). *L’acoustique des theatres antiques*. París: Centre National de la Recherche Scientifique.

GARCÍA PEDROSA, I. (2017). “Trazas acústicas. Construir para la música” en *Arquitectura Viva*, Nº 193, p. 15-19.

HELMHOLTZ, H. (1954). *On the Sensations of Tone*. New York, NY: Dover Publications, Inc.

IZENOUR, G. C. (1977). *Theater Design*. New York, NY: McGraw-Hill. The George C. Izenour Archive at Penn State University.

LLINARES GALIANA, J., LLOPIS REYNA, A. y SANCHO VERDRELL, F.J. (1996). *Acústica arquitectónica y urbanística* (2ª Ed.). Valencia: Univesitat Politècnica de València.

LONG, M. (2006). *Architectural acoustics*. Oxford: Academic Press

### **3 | FICHAS DESCRIPTIVAS DE SALAS DE CONCIERTOS**

### 3.1 | ELBPILHARMONIE HAMBURG

FICHA ARQUITECTÓNICA		
EDIFICIO	SITUACIÓN	
<b>Elbphilharmonie Hamburg</b>	Hamburg, Alemania	 <p>Imagen 3.1.1 Vista exterior de la Elbphilharmonie</p>
FASE DE PROYECTO	FASE DE CONSTRUCCIÓN	
2004-2014	2006-2017	
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA	
Herzog & De Meuron	Nagata Acoustics Inc.	
EMPLAZAMIENTO		
<p>La Elbphilharmonie se encuentra en el vértice de una península del puerto de Hamburg, apoyada sobre otro edificio preexistente: un antiguo almacén de cacao, el Kaispeicher A., que sirve de cimentación del nuevo edificio. En una ciudad horizontal como es esta, el edificio constituye un hito debido a su altura máxima de 108 metros. Además, la planta que separa el edificio nuevo de la preexistencia funciona como una gran plaza pública, diseñada para ofrecer vistas privilegiadas del río Elba y de algunos otros hitos de la ciudad.</p>		  <p>Imagen 3.1.2 Emplazamiento y Vistas desde la plaza</p>
IDEACIÓN		
<p>El proyecto surge como una prolongación vertical del antiguo edificio de ladrillo. Sin embargo, se diferencia del Kaispeicher A mediante una planta libre que lo separa de éste (donde encontramos la gran plaza), la nueva materialidad de vidrio (con algunos paneles curvos o perforados para ofrecer vistas y ventilación) y mediante la cubierta ondulada que confiere movimiento al proyecto. Se trata de un edificio multifuncional, que pretende acoger a todo ciudadano o visitante con una gran variedad de servicios, todos ellos integrados en dos arquitecturas contrapuestas: la arquitectura original y vinculada con el puerto del Kaispeicher A, y la arquitectura elegante e innovadora de la Elbphilharmonie.</p>		 <p>Imagen 3.1.3 Boceto de la idea de Elbphilharmonie</p>
PROGRAMA		
 <p> <b>APARTAMENTOS</b>                  Apartments                  Almacenes                  Storage  <b>HOTEL</b>                  Habitaciones                  Rooms                  Área de conferencias, restaurante, gimnasio y spa                  Conference, restaurant, wellness and fitness area                  Área de gestión y administración                  Management facilities, hotel administration  <b>PLAZA PLAZA</b>                  Escalera mecánica y plaza                  Escalator and plaza                  Café y bar                  Cafe and bar                  Vestibulo                  Foyer  <b>FILARMÓNICA PHILHARMONIC</b>                  Hall principal, hall pequeño, hall 3                  Main hall, small hall, hall 3                  Vestibulo                  Foyer                  Área de enseñanza musical                  Area for music education                  Bastidores                  Backstage  <b>SERVICIOS SERVICES</b>                  Aparcamiento                  Parking                  Espacios técnicos                  Technical spaces             </p>		
<p>Imagen 3.1.4 Programa de la Elbphilharmonie</p>		

Ficha 3.1.1 Ficha arquitectónica de la Elbphilharmonie de Hamburg

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

El diseño de la sala surge de la idea de acercar el público al escenario. Por esta razón, la orquesta se encuentra en el centro de la sala y el público la rodea, generando una geometría compleja de terrazas, cuyo diseño responde a las necesidades acústicas y de visibilidad. Las terrazas, el techo y las paredes constituyen una unidad, apreciándose el espacio verticalmente como una tienda de campaña.



Imagen 3.1.5 Vista interior sala de conciertos

USO	TIPOLOGÍA
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas-anfiteatros
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
23000	2100
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
10,95	
MATERIALIDAD	

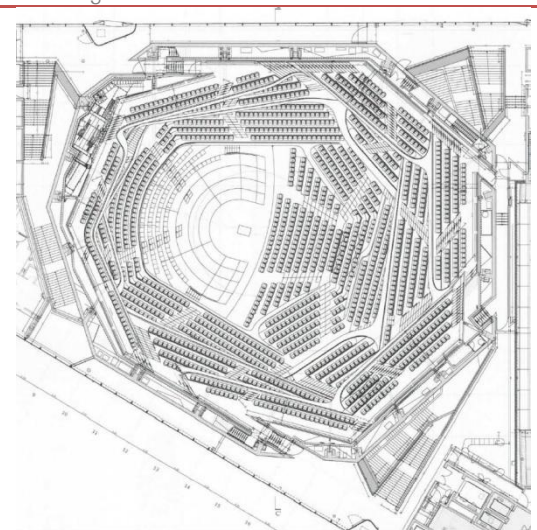


Imagen 3.1.6 Planta sala Elbphilharmonie

Paredes	Paneles de fibra de yeso de alta densidad micro-conformado (Masa 125 kg/m <sup>2</sup> )
Techo	Paneles de fibra de yeso de alta densidad micro-conformado (Masa 125 kg/m <sup>2</sup> )
Suelo auditorio	Madera sobre paneles de fibra de yeso de alta densidad
Suelo escenario	Pino de Oregon de 50 mm sobre rastreles de madera
Concha	Paneles de fibra de yeso de alta densidad micro-conformado (Masa 125 kg/m <sup>2</sup> )
Butacas	Tapizado negro

El motivo de las superficies difusoras da lugar a suaves reflexiones, con lo que se eliminan ecos de larga distancia. Las distintas profundidades de este patrón para las paredes y techo se proyectaron a partir de ensayos acústicos en un modelo a escala 1/10 de la sala.

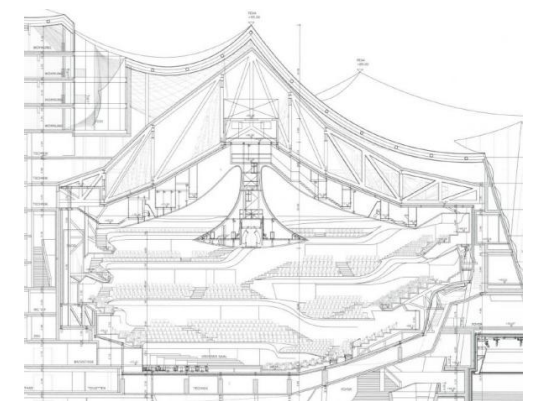


Imagen 3.1.7 Sección Elbphilharmonie

T <sub>R</sub> mid SALA VACÍA (s)	T <sub>R</sub> mid SALA LLENA (s)
2,4	2,3
SONORIDAD (G) (dB)	CLARIDAD C80 (dB)
5,4	0,3
EDT (s)	TS (ms)
2,3	135



Imagen 3.1.8 Detalle superficie Elbphilharmonie

Ficha 3.1.2 Ficha acústica de la Elbphilharmonie de Hamburg

## 3.2 | PHILHARMONIE DE PARÍS

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
<b>Philharmonie de Paris</b>	París, Francia
FASE DE PROYECTO	FASE DE CONSTRUCCIÓN
2007	2011-2015
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
Ateliers Jean Nouvel	Nagata Acoustics Inc. / Marshal Day Acoustics
EMPLAZAMIENTO	
<p>Situada en el Parque de La Villette, este edificio pretende constituir un fondo para la obra de Bernard Tschumi y establecer un diálogo con la Cité de la Musique. La Philharmonie se levanta en una colina, y además, se encuentra sobre un basamento de servicios, de esta manera el edificio emerge entre el entorno, constituyendo un hito para la ciudad.</p>	
IDEACIÓN	
<p>En búsqueda de la armonía con el entorno, como resultado, aparecen estos trazados orgánicos que caracterizan el proyecto, revestido de una piel metálica cuyo patrón se inspira en los dibujos de M. C. Escher. Además, este recubrimiento de aluminio genera un juego de luz y sombra que contextualiza el edificio y lo relaciona con todo aquello que lo envuelve.</p>	
PROGRAMA	
 <p><b>PHILHARMONIE</b> Bâtiment conçu par Jean Nouvel</p> <p><b>CITÉ DE LA MUSIQUE</b> Bâtiment conçu par Christian de Portzamparc</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grande Salle</li> <li>Salles de répétition</li> <li>Salle de conférence</li> <li>Espaces éducatifs</li> <li>Espace d'exposition temporaire</li> <li>Restaurant panoramique</li> <li>Espaces éducatifs</li> <li>Salle des concerts</li> <li>Amphithéâtre</li> <li>Musée de la musique</li> <li>Médiathèque</li> <li>Café des concerts</li> </ul> <p><b>CITÉ DE LA MUSIQUE PHILHARMONIE DE PARIS</b></p>	



Imagen 3.2.1 Vista exterior de la Philharmonie

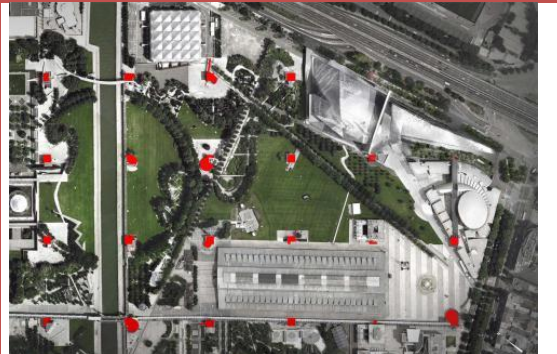


Imagen 3.2.2 Emplazamiento de la Philharmonie



Imagen 3.2.3 Boceto de la idea de la Philharmonie

Imagen 3.2.4 Programa de la Philharmonie

Ficha 3.2.1 Ficha arquitectónica de la Philharmonie de París



**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

La sala está compuesta dos plateas, una situada en frente del escenario y otra detrás del mismo. Alrededor de éstas existen una serie de graderíos aterrazados, cuyos antepechos completan la composición orgánica de la sala. Como hemos visto en la Elbphilharmonie (y veremos también en siguientes ejemplos), esta tipología resulta de la influencia de la Philharmonie de Scharoun, cuyo objetivo consiste en envolver musicalmente al público. Inicialmente la sala se diseñó acústicamente para conciertos sinfónicos, pero existe la posibilidad de modificarla, variando los paneles acústicos, para adaptarse a diferentes tipos de concierto.



Imagen 3.2.5 Vista interior sala de conciertos

USO	TIPOLOGÍA
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas-anfiteatros
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
37700	2400
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
15,71	

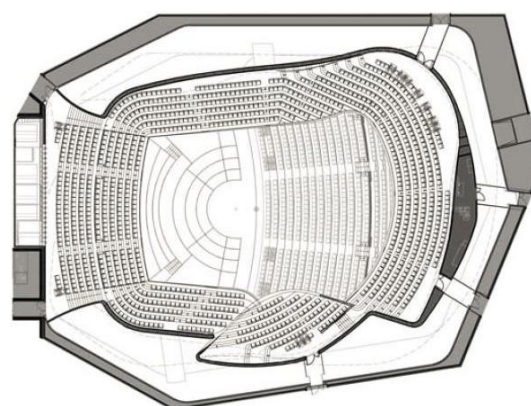


Imagen 3.2.6 Planta sala Philharmonie

MATERIALIDAD	
Techo y envolvente	Yeso
Paredes	Madera sobre yeso
Concha y nubes acústicas	Madera sobre yeso
Suelo auditorio	Madera en placas
Suelo escenario	Madera de Pino Silvestre
Butacas:	Tapizadas, acolchado grueso

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

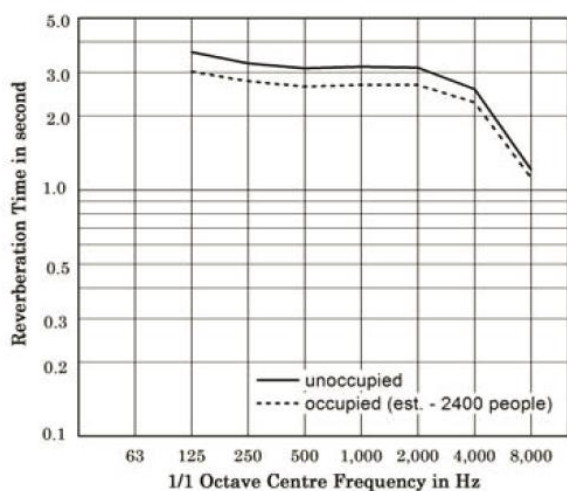


Imagen 3.2.9 Gráfica T<sub>R</sub> Philharmonie

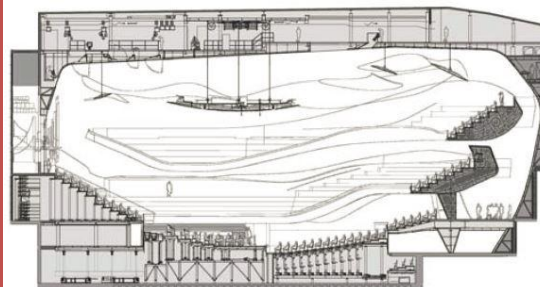


Imagen 3.2.7 Sección Philharmonie



Imagen 3.2.8 Detalle superficie Philharmonie

T <sub>R</sub> mid (s)	
2,68(sala llena)/3,15(sala vacía)	
CALIDEZ (s)	BRILLO (s)
1,09(llena)/1,12(vacía)	0,94(llena)/0,91(vacía)

Ficha 3.2.2 Ficha acústica de la Philharmonie de París

### 3.3 | DANISH RADIO CONCERT HOUSE

FICHA ARQUITECTÓNICA		
EDIFICIO	SITUACIÓN	 <p>Imagen 3.3.1 Vista exterior DRCH</p>
Danish Radio Concert House	Copenhague, Dinamarca	
FASE DE PROYECTO	FASE DE CONSTRUCCIÓN	
2002-2004	2003-2009	
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA	
Ateliers Jean Nouvel	Nagata Acoustics Inc.	
EMPLAZAMIENTO		
<p>El proyecto se encuentra en una zona de desarrollo de la ciudad. Es un lugar complejo en el que este edificio se encuentra rodeado de un ambiente urbano degradado, entonces, él mismo tiene el papel de aportar interés a su entorno. Además, al tratarse de un espacio neutro, debe haber una transición entre el nuevo edificio y el lugar. Finalmente la implantación trata de respetar la trama urbana, con un prisma que se convierte en un hito de la ciudad y cuya piel permite entrever la actividad interior.</p>		 <p>Imagen 3.3.2 Emplazamiento DRCH</p>
IDEACIÓN		
<p>En la concepción del proyecto destaca la envolvente ligera que sirve como filtro entre el espacio público interior y el exterior. Esta piel contiene la estructura de escamas de madera que encierra la sala de conciertos, además de los volúmenes de las demás funciones asociadas al auditorio. El espacio se trata como un paisaje interior, con una gran plaza cubierta. Dentro de este mundo laberíntico existen patios y terrazas de relación entre los músicos, con extensa vegetación, espacios públicos que enlazan las diversas estancias musicales.</p>		 <p>Sala de conciertos y funciones relacionadas Concert hall and connected functions</p> <p>Estructura de la pantalla de proyección exterior Exterior projection screen structure</p> <p>Imagen 3.3.3 Axonometría idea DRCH</p>
PROGRAMA		
 <p>LEVEL ZERO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Studio 2</li> <li>2. Studio 3</li> <li>3. Studio 4</li> <li>4. Lobby</li> <li>5. Music rooms</li> <li>6. Restaurant</li> <li>7. Archive</li> <li>8. Offices</li> <li>9. Grand hall (Studio 1)</li> <li>10. Courtyard</li> <li>11. Production control</li> <li>12. Lower-level lounge</li> <li>13. Lighting control</li> </ul>	 <p>LEVEL FOUR</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>4. Lobby</li> <li>5. Music rooms</li> <li>6. Restaurant</li> <li>7. Archive</li> <li>8. Offices</li> <li>9. Grand hall (Studio 1)</li> <li>10. Courtyard</li> <li>11. Production control</li> </ul>	 <p>SECTION AA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Studio 2</li> <li>2. Studio 3</li> <li>3. Studio 4</li> <li>4. Lobby</li> <li>5. Music rooms</li> <li>6. Restaurant</li> <li>7. Archive</li> <li>8. Offices</li> <li>9. Grand hall (Studio 1)</li> <li>10. Courtyard</li> <li>11. Production control</li> <li>12. Lower-level lounge</li> <li>13. Lighting control</li> <li>14. Organ</li> </ul>
<p>Imagen 3.3.4 Programa DRCH</p>		

Ficha 3.3.1 Ficha arquitectónica de la Danish Radio Concert House

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

La sala se plantea como el interior de una roca, el interior de un volumen másico que conforma la estructura de la misma sala. Este auditorio que sigue la tipología en terrazas-anfiteatros, con el público rodeando el escenario, se encuentra suspendida de la envolvente del edificio, en la parte superior del mismo. En el interior se observa el contraste entre una geometría de paneles curvos que conforman los paramentos laterales y las líneas rectas que se observan en los balcones de las terrazas y el techo.



Imagen 3.3.5 Vista interior sala de conciertos

<b>USO</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas-anfiteatros
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nº ESPECTADORES</b>
28000	1800
<b>VOLUMEN/ESPECTADOR (m<sup>3</sup>/ espectador)</b>	
15,56	

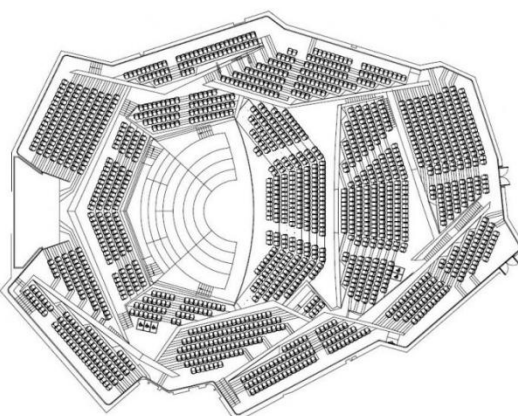


Imagen 3.3.6 Planta sala DRCH

<b>MATERIALIDAD</b>	
Techo y concha:	Chapa de madera micro conformada + múltiples placas de yeso (masa de 100 kg/m <sup>2</sup> ).
Balcones:	Chapa de madera micro conformada + múltiples placas de yeso (masa de 100 kg/m <sup>2</sup> ).
Paredes onduladas:	Múltiples placas de yeso (masa de 36 kg/m <sup>2</sup> ).
Pared de fondo:	Placa de yeso perforada + lana mineral de 50 mm + cámara de aire
Suelo público:	Parquet de madera + múltiples placas de yeso
Suelo escenario:	Madera de cedro de 50 mm sobre subestructura de madera
Butacas:	Tapizadas, con parte posterior del respaldo de madera

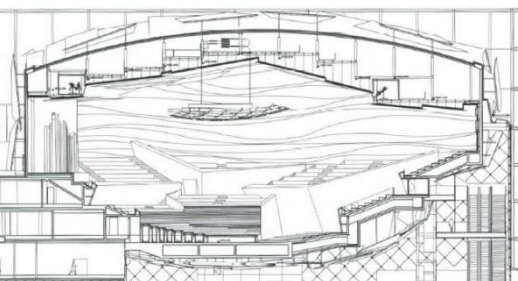


Imagen 3.3.7 Sección DRCH

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

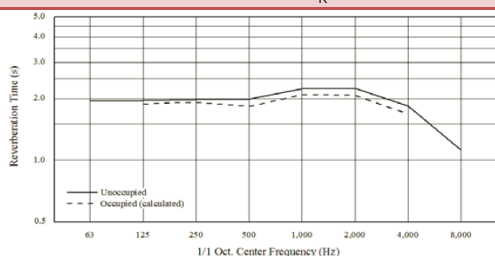


Imagen 3.3.9 Gráfica T<sub>R</sub> DRCH

<b>T<sub>R</sub> mid (s)</b>	
1,95(llena)/2,125(vacía)	
<b>CALIDEZ (s)</b>	<b>BRILLO (s)</b>
0,96(llena)/0,93(vacía)	0,99(llena)/0,95(vacía)

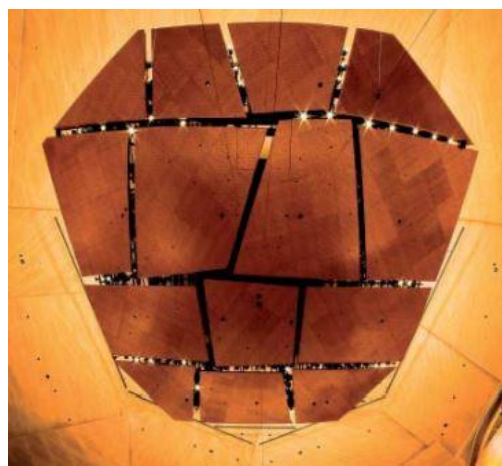


Imagen 3.3.8 Reflector

Ficha 3.3.2 Ficha acústica de la Danish Radio Concert House

### 3.4 | HELSINKI MUSIC CENTRE

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
Helsinki Music Centre	Helsinki, Finlandia
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
2000	2011
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
LPR-arkkitehdit	Nagata Acoustics Inc.
EMPLAZAMIENTO	
<p>Este centro, situado en una zona de bastante actividad en la ciudad de Helsinki, tiene la vocación de ser un edificio abierto al público, con numerosos accesos en distintos niveles. El hall de acceso, cubierto por una piel transparente de vidrio, se abre a otros centros culturales del entorno. Además, el lugar cuenta con diversas zonas verdes entre estos edificios que sirven de colchón y de zona de reunión de los usuarios.</p>	
IDEACIÓN	
<p>En este espacio, las paredes dejan paso a la música. Los aspectos en los que se basa la idea de proyecto son: la interacción, la apertura y los encuentros. Por una parte, las fachadas que recaen a las calles se cubren de cobre verde para conectar con la arquitectura del entorno y las zonas verdes. Por otra parte, en el otro lado del edificio se observa un perfil acristalado que permite ver la actividad que se realiza dentro del edificio y que lo relaciona con el parque.</p>	
PROGRAMA	
<p><b>Music Facilities</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concert Hall (1,704)</li> <li>2. Orchestra Rehearsal (240)</li> <li>3. Organo (for pipe organ, 140)</li> <li>4. Camerata (for chamber music, 240)</li> <li>5. Sonore (for vocal, 206+78)</li> <li>6. Black Box (225-400)</li> <li>7. Auditorium (82)</li> <li>8. Sibelius Academy: Lesson/Practice rooms, Studios</li> <li>9. Artist rooms for HPO &amp; FRSO</li> </ol>	



Imagen 3.4.1 Vista exterior Helsinki Music Centre

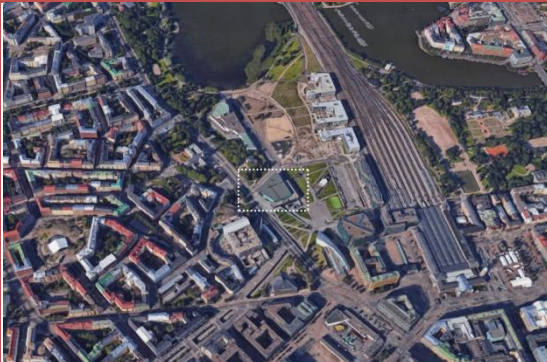


Imagen 3.4.2 Emplazamiento Helsinki Music Centre



Imagen 3.4.3 Interior Helsinki Music Centre

PROGRAMA

- Music Facilities**
- 1. Concert Hall (1,704)
- 2. Orchestra Rehearsal (240)
- 3. Organo (for pipe organ, 140)
- 4. Camerata (for chamber music, 240)
- 5. Sonore (for vocal, 206+78)
- 6. Black Box (225-400)
- 7. Auditorium (82)
- 8. Sibelius Academy:  
Lesson/Practice rooms, Studios
- 9. Artist rooms for HPO & FRSO



Imagen 3.4.4 Programa Helsinki Music Centre

Ficha 3.4.1 Ficha arquitectónica del Helsinki Music Centre

FICHA ACÚSTICA

DESCRIPCIÓN DE LA SALA

La sala de conciertos constituye el centro del proyecto, a la cual se puede entrar a través del vestíbulo principal. Además, la sala está visualmente conectada con éste a través de su perímetro acristalado. Como ya se ha comentado en las salas de conciertos anteriores de tipología en terrazas-anfiteatros, el objetivo es aproximar el público a los intérpretes, rodeando el escenario para que todos los asistentes tengan una buena visibilidad y además, crear la sensación de un sonido envolvente.

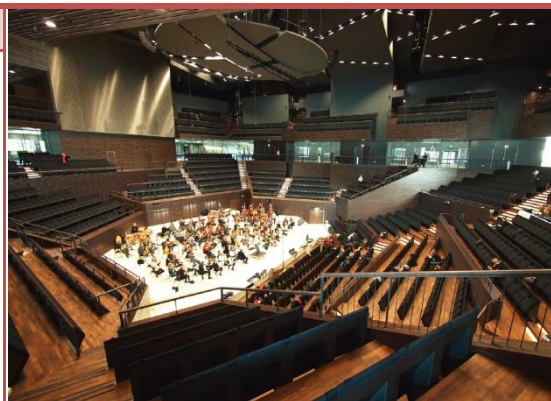


Imagen 3.4.5 Vista interior sala de conciertos

USO	TIPOLOGÍA
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
24000	1704
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
14,08	

MATERIALIDAD	
Techo:	Tela de fibra de vidrio pintada sobre hormigón
Paredes:	Carpintería de madera con ranuras aleatorias sobre hormigón/Emparrillado de madera/Acristalamiento
Suelo auditorio:	Suelo de madera sobre hormigón
Suelo escena:	Madera de pino finlandés
Concha:	Tela de fibra de vidrio pintada sobre Hormigón
Butacas:	Tapizadas

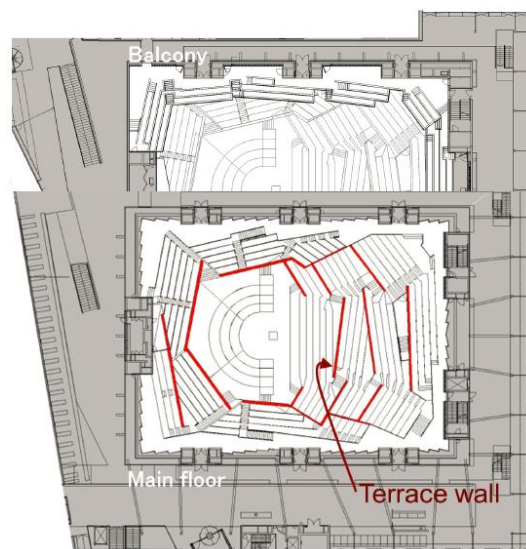


Imagen 3.4.6 Planta sala de conciertos

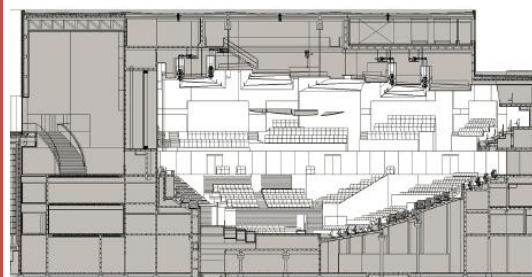


Imagen 3.4.7 Sección sala de conciertos

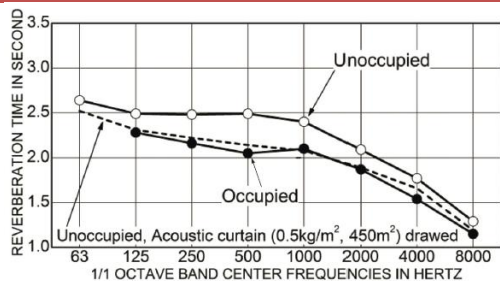


Imagen 3.4.9 Gráfica T<sub>R</sub> sala de conciertos

T <sub>R</sub> mid (s)	
2,075(llena)/2,45(vacía)	
CALIDEZ (s)	BRILLO (s)
1,08(llena)/1,02(vacía)	0,82(llena)/0,79(vacía)

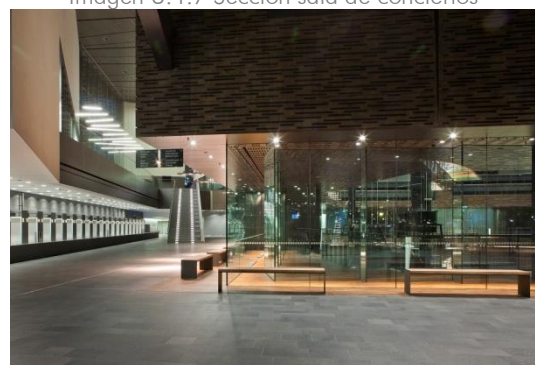


Imagen 3.4.8 Vista de la sala desde el vestíbulo

Ficha 3.4.2 Ficha acústica del Helsinki Music Centre

### 3.5 | THE SEAT OF THE NATIONAL POLISH RADIO SYMPHONY ORCHESTRA



FICHA ARQUITECTÓNICA		
EDIFICIO	SITUACIÓN	 <p>Imagen 3.5.1 Vista exterior de la NOSPR</p>
The Seat of the National Polish Radio Symphony Orchestra (NOSPR)	Katowice, Polonia	
FASE DE PROYECTO	FASE DE CONSTRUCCIÓN	
2009-2012	2012-2014	
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA	
Konior Studio	Nagata Acoustics Inc.	
EMPLAZAMIENTO		
<p>El objetivo del lanzamiento del concurso es el de revitalizar Polonia con esta aportación cultural. Su ubicación es la de una antigua mina de carbón, rodeado de edificios históricos y formando parte de un eje cultural previsto en la ordenación de la ciudad. La fachada, compuesta por columnas de ladrillo de distintos anchos cuyos lados están pintados de rojo, es el reflejo de la decoración en exterior de los edificios en el distrito minero de Nikiszowiec, insertando el edificio en la cultura silesiana.</p>		 <p>Imagen 3.5.2 Emplazamiento de la NOSPR</p>
IDEACIÓN		
<p>Se pretende la creación de un edificio compacto para dejar el resto de la parcela libre para proyectar un espacio público. La idea se basa en una sucesión de capas, que se materializan a través de la estructura, texturas, distintos materiales y sensaciones de luz y sonido. Todas ellas engloban un espacio de relación entre los músicos y los amantes de la música.</p>		 <p>Imagen 3.5.3 Boceto idea de la NOSPR</p>
PROGRAMA		
<p>Mediante una primera capa de columnas de ladrillo se envuelve el programa funcional. El anillo exterior está destinado para el uso de los músicos, el patio o terraza es para uso de los asistentes y amantes de la música, y por último, en el interior, la sala de conciertos es el espacio donde se unen estos dos grupos. En definitiva, se aprecian tres zonas diferenciadas pero interconectadas</p>		 <p>Imagen 3.5.4 Programa de la NOSPR</p>

Ficha 3.5.1 Ficha arquitectónica de la NOSPR

FICHA ACÚSTICA

DESCRIPCIÓN DE LA SALA

El planteamiento de la sala se ha iniciado a partir de la tipología *shoebox* tradicional, ensanchándola para poder disponer audiencia rodeando el escenario y de esta forma, reducir la distancia entre el público, aumentar la sensación de intimidad y ofrecer distintas perspectivas visuales y acústicas.

La sala conforma el centro del proyecto, mostrándose exteriormente como un bloque de hormigón, e interiormente con formas suaves en las paredes, balcones y techo, en contraposición con la solidez del hormigón y el contrachapado de madera de abedul.

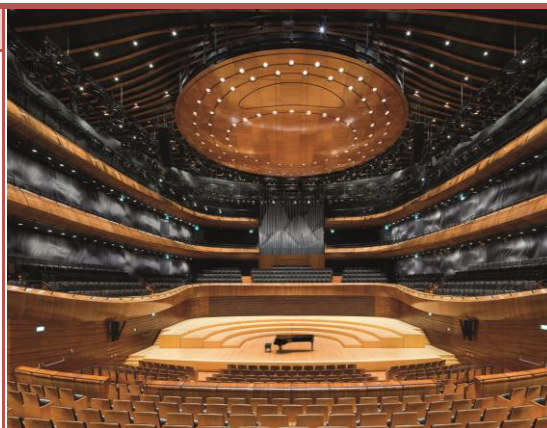


Imagen 3.5.5 Vista interior sala NOSPR

USO	TIPOLOGÍA
Sala de conciertos/Sinfónica	Shoebox adaptada
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
22000	1800
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
12,22	

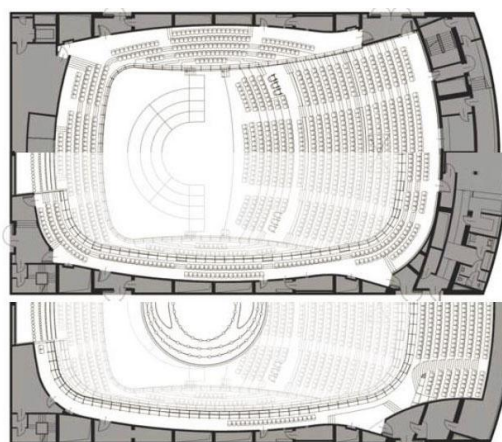


Imagen 3.5.6 Planta sala NOSPR

MATERIALIDAD	
Techo:	Hormigón y madera contrachapada
Paredes:	Hormigón pintado
Balcones:	Contrachapado de Abedul
Suelo auditorio:	Suelo de madera sobre hormigón
Suelo escena:	Madera de cedro amarillo de Alaska
Concha:	Contrachapado de Abedul
Butacas:	Tapizadas, con la parte posterior del respaldo de madera

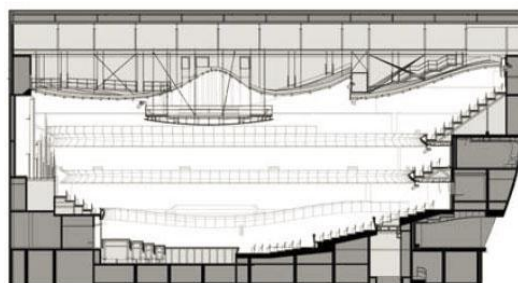


Imagen 3.5.7 Sección sala NOSPR

GRÁFICA T<sub>R</sub>

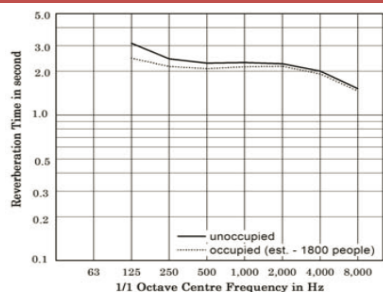


Imagen 3.5.9 Gráfica T<sub>R</sub> sala NOSPR

T<sub>R</sub> mid (s)

2,15(llena)/2,4(vacía)

CALIDEZ (s)	BRILLO (s)
1,09(llena)/1,17(vacía)	0,98(llena)/0,9(vacía)

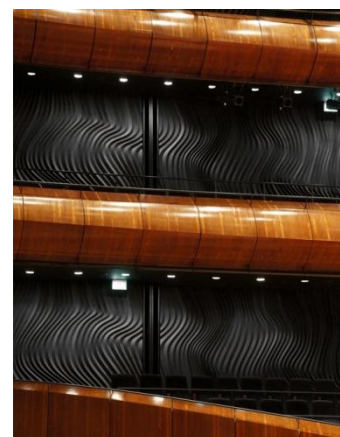


Imagen 3.5.8 Detalle materialidad paramento

Ficha 3.5.2 Ficha acústica de la NOSPR

## 3.6 | LOTTE CONCERT HALL

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
<b>Lotte Concert Hall</b>	Seúl, Corea del Sur
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
2011	2015
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
Designcamp Moonpark	Nagata Acoustics Inc.
EMPLAZAMIENTO	
<p>La sala de conciertos se encuentra junto a la Lotte World Tower, en la cubierta del centro comercial Lotte World Mall. El proyecto de intervención que supone este centro tiene el objetivo de crear una gran zona de ocio y de actividad en la ciudad, caracterizada por la fluidez entre los espacios y diseñando una serie de espacios urbanos que envuelven el proyecto, pensados para la realización de actividades al aire libre. Dos zonas verdes hundidas se conectan con un lago, la estación de metro y los edificios vecinos.</p>	
IDEACIÓN	
<p>En cuanto al volumen que guarda en su interior la sala de conciertos, llama la atención el uso del sistema "Box-in-a-box" para el correcto aislamiento acústico de la sala. Esta técnica consiste en independizar completamente la estructura envolvente de la sala con la estructura del volumen externo, con lo que se evita cualquier puente acústico entre ambas.</p>	
PROGRAMA	
<p>El complejo Lotte World está formado por un parque temático, unos grandes almacenes y un hotel, a los cuales se les añade, en la manzana adyacente, el centro comercial, que cuenta con tiendas, restaurantes, unos grandes cines, un acuario y la sala de conciertos. También se construye la torre Lotte World Tower, la cual comprende plantas de oficinas, tiendas, hotel y un mirador en la parte superior.</p>	



Imagen 3.6.1 Vista exterior Lotte concert Hall

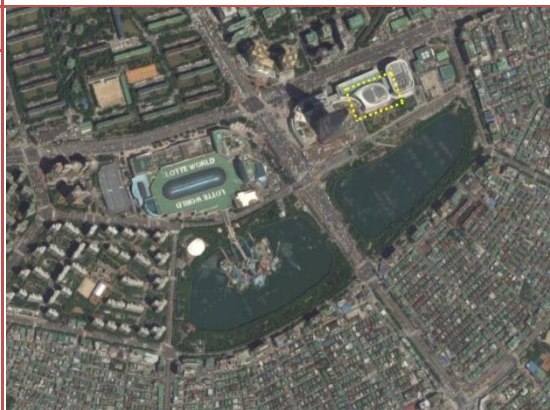


Imagen 3.6.2 Emplazamiento Lotte Concert Hall

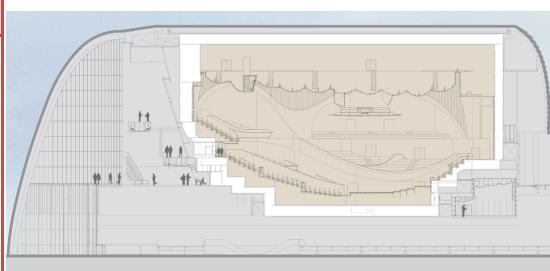


Imagen 3.6.3 Sección idea Lotte Concert Hall



Imagen 3.6.4 Programa Lotte Concert Hall

Ficha 3.6.1 Ficha arquitectónica del Lotte Concert Hall

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

Tal como se ha comentado, una doble estructura de hormigón con bandas elásticas evita el paso de vibraciones y ruido exterior al interior de la sala. Principalmente, la sala se destina para la interpretación de música clásica, pero dispone de sistemas que le permiten adaptarse a otros tipos de música, pudiéndose reducir el tiempo de reverberación. El público se dispone en terrazas que rodean el escenario y, además, los arcos de las paredes de la sala quedan delimitados por estos grupos de asientos.



Imagen 3.6.5 Vista interior Lotte Concert Hall

<b>USO</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas más frontales y anfiteatros
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nº ESPECTADORES</b>
32600	2036
<b>VOLUMEN/ESPECTADOR (m<sup>3</sup>/espectador)</b>	
16,01	

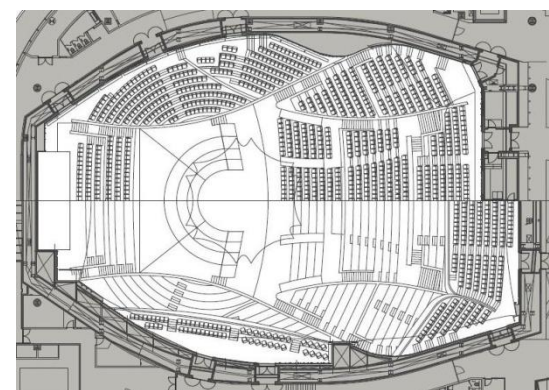


Imagen 3.6.6 Planta sala Lotte Concert Hall

<b>MATERIALIDAD</b>	
Techo y concha:	Yeso
Paredes:	Costillas de madera con aplacado de madera
Suelo escena:	Madera de cedro amarillo de Alaska
Suelo auditorio:	Parquet de madera
Butacas:	Tapizadas, con la parte posterior del respaldo de madera

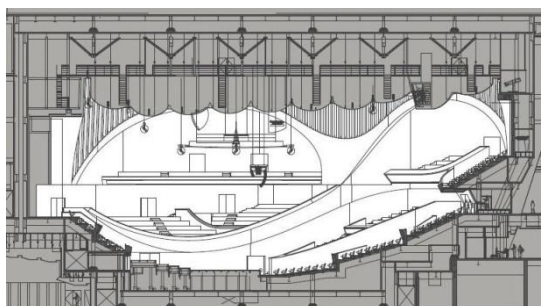


Imagen 3.6.7 Sección sala Lotte Concert Hall

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

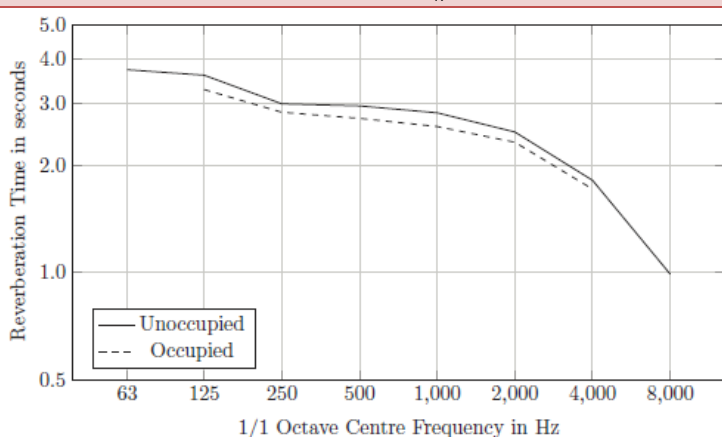


Imagen 3.6.9 Gráfica T<sub>R</sub> sala Lotte Concert Hall

<b>T<sub>R</sub> mid (s)</b>	
2,725(llena)/2,95(vacía)	
<b>CALIDEZ (s)</b>	<b>BRILLO (s)</b>
1,15(llena)/1,13(vacía)	0,76(llena)/0,73(vacía)

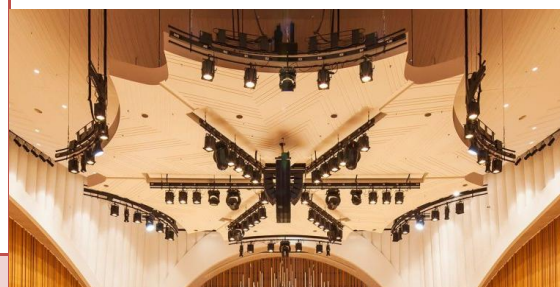


Imagen 3.6.8 Detalle Reflector

Ficha 3.6.2 Ficha acústica del Lotte Concert Hall

### 3.7| GRAND AUDITORIUM DE LA MAISON DE LA RADIO

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
<b>Grand Auditorium de la Maison de la Radio</b>	París, Francia
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
2005	2014
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
AS. Architecture-Studio	Nagata Acoustics Inc.
EMPLAZAMIENTO	
<p>El proyecto trata de la rehabilitación de la Maison de la Radio, la cual, en 2003 cumplió 40 años. Los arquitectos respetan la singularidad del edificio, reelaborando el entorno de forma paisajística, con zonas verdes para controlar la contaminación acústica del lugar, además, debajo de estos jardines se ubica un aparcamiento de 700 plazas.</p> <p>Con esta respetuosa intervención, se consigue que la Maison de la Radio continúe siendo un hito en la ciudad, mostrándose con su característica forma circular a través del río Sena.</p>	
IDEACIÓN	
<p>Este concepto de edificio circular surge de la simbología de las ondas y de la radio. Los arquitectos intentan dar una mayor unidad al conjunto, reordenando las circulaciones pero manteniendo la imagen del edificio. En esta intervención se inserta la sala de conciertos, cuya ejecución encaja de forma acorde con el planeamiento, en el cruce entre dos espacios públicos, aprovechando el vestíbulo acristalado que permite observar ampliamente el Sena.</p>	
PROGRAMA	
<p>La actuación trata de enlazar el núcleo con el perímetro del proyecto. Para eso, se coloca un ágora en el núcleo del edificio como elemento común de encuentro. Este espacio contiene un área de exposiciones temporales, un estudio abierto de radio y una cafetería. Esta zona central se comunica con el anillo exterior mediante cuatro pasarelas de vidrio en la quinta planta de 32 metros de largo.</p>	



Imagen 3.7.1 Vista exterior Maison de la Radio

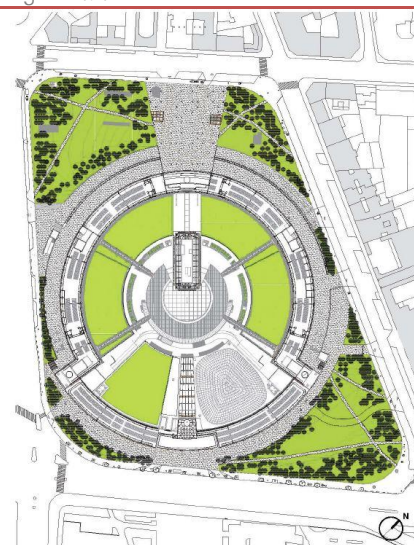


Imagen 3.7.2 Emplazamiento Maison de la Radio



Imagen 3.7.3 Imagen idea Maison de la Radio



Imagen 3.7.4 Programa Maison de la Radio

Ficha 3.7.1 Ficha arquitectónica de la Maison de la Radio

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

Debido al espacio limitado a causa de la edificación existente, la sala se compone de un escenario central rodeado de terrazas donde se sienta el público y, además, se desarrolla verticalmente mediante dos niveles de balcones. Debido a la configuración de este espacio encorsetado por una preexistencia, se consigue una gran proximidad entre el público y los músicos, además de una elevada sensación de intimidad.



Imagen 3.7.5 Vista interior sala Maison de la Radio

<b>USO</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas-anfiteatros
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nº ESPECTADORES</b>
14500	1461
<b>VOLUMEN/ESPECTADOR (m<sup>3</sup>/espectador)</b>	
9,92	

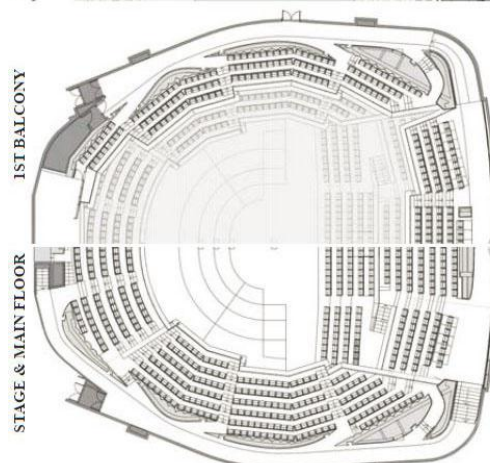
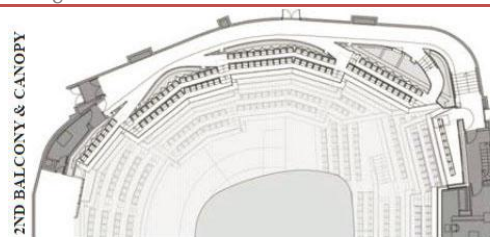


Imagen 3.7.6 Planta sala Maison de la Radio

**MATERIALIDAD**

Techo y concha: Hojas de acero y tableros de fibra de madera de densidad media

Paredes: Tableros de fibra de madera de densidad media

Suelo escena: Madera de cedro

Suelo auditorio: Suelo de madera sobre hormigón

Butacas: Tapizadas, con la parte posterior del respaldo de madera

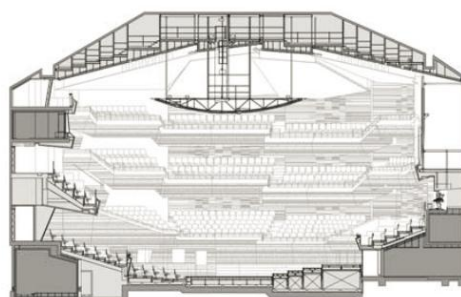


Imagen 3.7.7 Sección sala Maison de la Radio

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

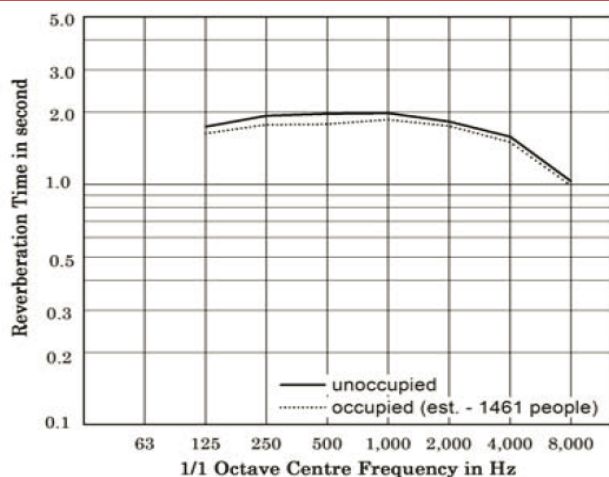


Imagen 3.7.9 Gráfica T<sub>R</sub> sala Maison de la Radio

<b>T<sub>R</sub> mid (s)</b>	
1,84(llena)/2,00(vacía)	
<b>CALIDEZ (s)</b>	<b>BRILLO (s)</b>
0,94(llena)/0,93(vacía)	0,89(llena)/0,87(vacía)

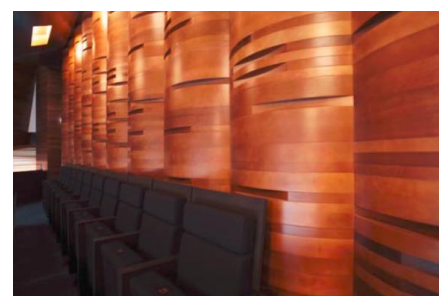


Imagen 3.7.8 Detalle superficie paredes

Ficha 3.7.2 Ficha acústica de la Maison de la Radio



### 3.8 | HELZBERG HALL

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
Helzberg Hall (Kauffman Center for the Performing Arts)	Kansas City, USA
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
2000	2011
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
Safdie Architects	Nagata Acoustics Inc.
EMPLAZAMIENTO	
<p>El proyecto está situado en una zona privilegiada de la ciudad, coronando por una parte un distrito industrial y, por otra, un nuevo barrio destinado al ocio. Esta posición elevada permite tener una vista completa del entorno. Debido a la importancia para el arquitecto de las vistas hacia el sur, las salas de audición se ubican con esta orientación, con un amplio porche común acristalado. Además se incluye en el proyecto una carretera que conduce a un aparcamiento subterráneo en el lado sur.</p>	
IDEACIÓN	
<p>Cada sala conforma un volumen diferente, cuya envolvente tiene la intención de representar un instrumento musical. Se permite la visibilidad del interior a partir del frente acristalado, cuya estructura refleja una tienda de campaña. Esta permeabilidad permite bañar de luz completamente el vestíbulo de acceso, con distintos matices según la hora del día y, además, por la noche, todo el dinamismo que se produce en el interior deja ser visto a través de su piel transparente.</p>	
PROGRAMA	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>Entrada norte</li> <li>Sala conciertos</li> <li>Servicios</li> <li>Sala teatro</li> <li>Entrada sur</li> <li>Vestíbulo</li> <li>Parque (aparcamiento subterráneo)</li> </ul>	



Imagen 3.8.1 Vista exterior Kauffman Center

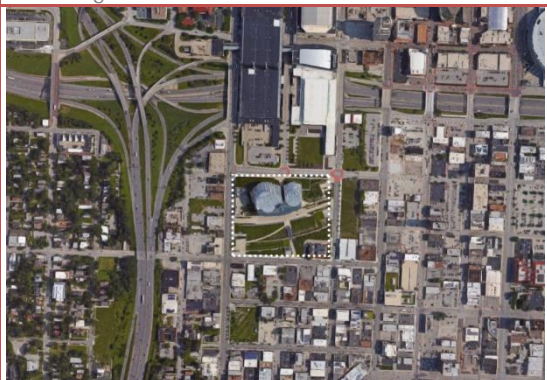


Imagen 3.8.2 Situación Kauffman Center



Imagen 3.8.3 Boceto idea Kauffman Center

Imagen 3.8.4 Programa Kauffman Center

Ficha 3.8.1 Ficha arquitectónica del Helzberg Hall

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

Esta sala es un ejemplo más de tipología *vineyard*, en la que el público se organiza alrededor del escenario en forma de terrazas. Un aspecto a destacar de este espacio concreto es la altura, ya que el punto más alto es de aproximadamente 30 metros; por esta razón, se precisa de un reflector sobre el escenario para dirigir el sonido hacia los músicos y mejorar el acondicionamiento acústico de la sala. Esta gran altura se localiza en la pared curva posterior al escenario (revestida de una malla metálica acústicamente transparente), desde donde, a través de una claraboya escondida, entra luz natural indirecta.

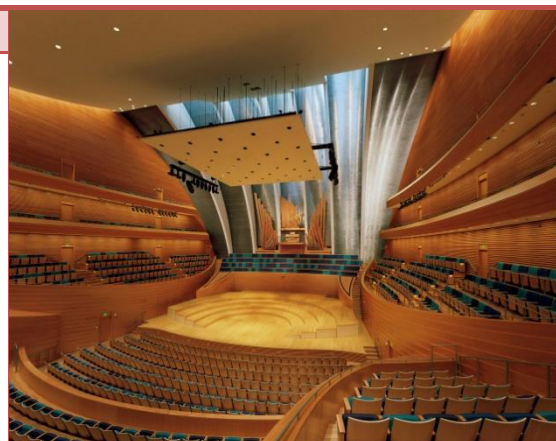


Imagen 3.8.5 Vista interior Helzberg Hall

<b>USO</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas-anfiteatros
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nº ESPECTADORES</b>
19000	1600
<b>VOLUMEN/ESPECTADOR (m<sup>3</sup>/espectador)</b>	
11,88	

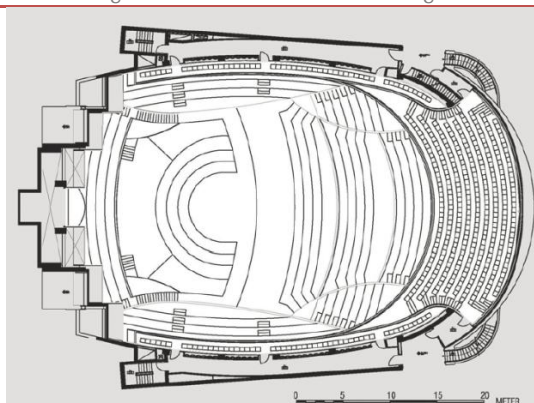


Imagen 3.8.6 Planta Helzberg Hall

<b>MATERIALIDAD</b>	
Techo:	Yeso con acabado de chorro de arena.
Paredes:	Yeso.
Pared curva:	Malla metálica acústicamente transparente
Suelo auditorio:	Moqueta sobre hormigón
Suelo escenario:	Madera de cedro amarillo de Alaska
Butacas:	Tapizadas, con la parte posterior del respaldo de madera

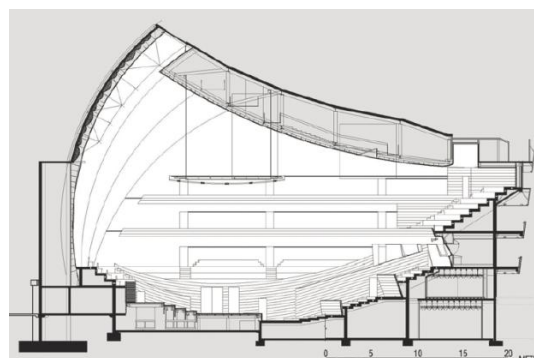


Imagen 3.8.7 Sección Helzberg Hall

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

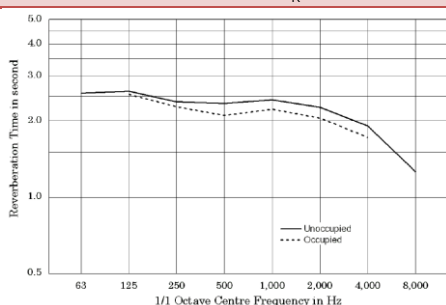


Imagen 3.8.9 Gráfica T<sub>R</sub> Helzberg Hall

**T<sub>R</sub> mid (s)**

2,20(llena)/2,43(vacía)

<b>CALIDEZ (s)</b>	<b>BRILLO (s)</b>
1,10(llena)/1,05(vacía)	0,88(llena)/0,85(vacía)

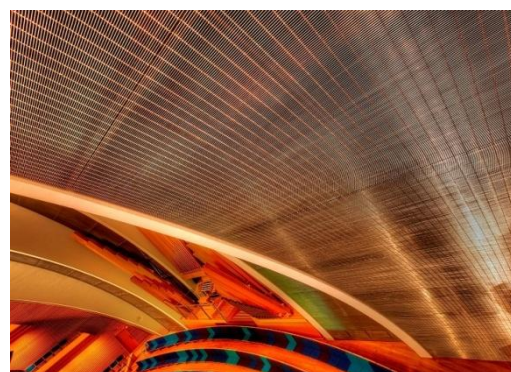


Imagen 3.8.8 Detalle malla metálica

Ficha 3.8.2 Ficha acústica del Helzberg Hall

### 3.9 | SHENZHEN CONCERT HALL

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
<b>Shenzhen Concert Hall</b>	Shenzhen, China
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
1997	2007
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
Arata Isozaki Atelier	Nagata Acoustics Inc.
EMPLAZAMIENTO	
<p>La sala de conciertos es parte del proyecto del Shenzhen Cultural Centre. Este centro se sitúa en la ciudad de Shenzhen, en la frontera con Hong Kong y a los pies del monte Lianhuashan. El edificio consta de dos volúmenes unidos por una pasarela, por debajo de la cual pasa una amplia vía de tráfico rodado.</p>	
IDEACIÓN	
<p>La pasarela que une los dos volúmenes se concibe como la escena, mientras que las superficies de vidrio alabeadas que constituyen la fachada Este de los dos volúmenes representan el telón que queda a los lados del escenario. Además, los dos bloques se encuentran enfrentados con una misma estructura de modulación triangular que constituyen los vestíbulos de entrada. Los pilares de esta estructura representan un bosque de árboles donde, en el caso de la sala de conciertos son dorados, y en el vestíbulo de la biblioteca son plateados.</p>	
PROGRAMA	
<p>El programa del proyecto se encuentra claramente diferenciado por los dos volúmenes casi simétricos, siendo el edificio Norte el que funciona como sala de conciertos, donde realmente existe esta gran sala, una sala para 400-500 espectadores y otros espacios de ensayo. El edificio Sur es el que engloba la función de biblioteca. Como se ha comentado, además, estos dos servicios se distinguen visualmente con el color de acabado de la estructura de los vestíbulos de acceso.</p>	



Imagen 3.9.1 Vista exterior Shenzhen Cultural Centre



Imagen 3.9.2 Situación Shenzhen Cultural Centre

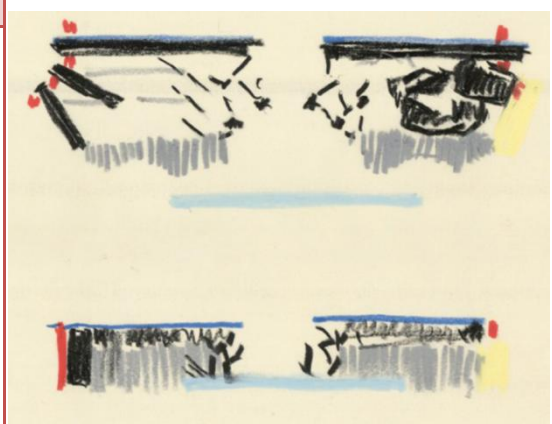


Imagen 3.9.3 Boceto Idea Shenzhen Cultural Centre



Imagen 3.9.4 Exterior Shenzhen Cultural Centre

Ficha 3.9.1 Ficha arquitectónica del Shenzhen Concert Hall

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

En el diseño de la sala de conciertos, distintos niveles de bloques de terrazas rodean el escenario. Un aspecto a destacar es la inclinación de los balcones de las terrazas hacia el escenario, de forma que estas superficies dirigen las reflexiones del sonido hacia el público que queda por delante de los balcones. El techo, de 50 mm de espesor de hormigón, genera reflexiones a bajas frecuencias, aunque, a escala microscópica, la configuración de esta superficie permite la dispersión del sonido a altas frecuencias. Además, las paredes de fondo de la sala no son reflectantes, ya que en el modelo a escala 1:10 se observó que generaban unos largos ecos.

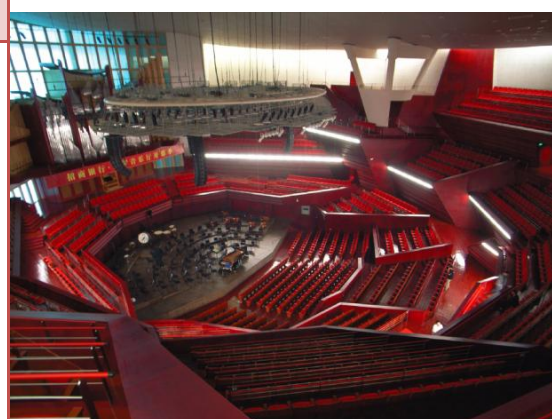


Imagen 3.9.5 Vista interior Shenzhen Concert Hall

<b>USO</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas
<b>VOLUMEN (m³)</b>	<b>Nº ESPECTADORES</b>
25000	1576
<b>VOLUMEN/ESPECTADOR (m³/espectador)</b>	
15,86	

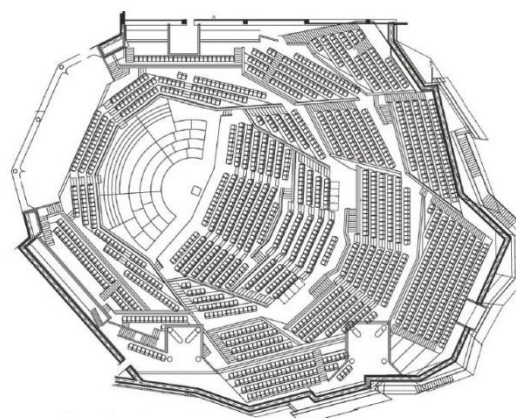


Imagen 3.9.6 Planta Shenzhen Concert Hall

<b>MATERIALIDAD</b>	
Techo:	Hormigón de 50 mm e espesor
Paredes:	Paneles de madera sobre subestructura de madera.
Balcones:	Hormigón ligero con piezas de madera
Suelo auditorio:	Parquet de madera sobre hormigón
Suelo escenario:	Madera de Hinoki (ciprés Japonés) de 45 mm sobre subestructura de madera
Butacas:	Tapizadas, con la parte posterior del respaldo de madera

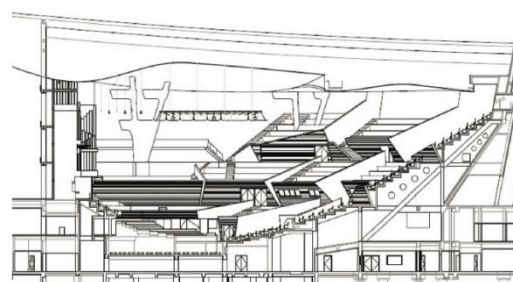


Imagen 3.9.7 Sección Shenzhen Concert Hall

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

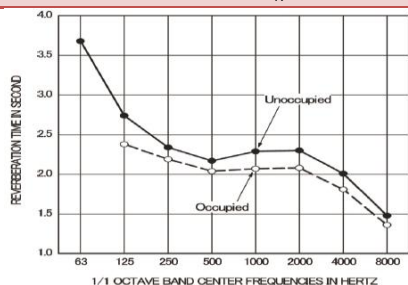


Imagen 3.9.9 Gráfica T<sub>R</sub> Shenzhen Concert Hall

	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
EDT [s]	2.2	2.0	2.0	2.1	1.9
C80 [dB]	-0.2	1.0	1.4	0.7	0.7
D50 [%]	39	46	47	43	42
G [dB]	4.2	3.2	3.2	4.1	4.5

Imagen 3.9.8 Otros datos acústicos

<b>T<sub>R</sub> mid (s)</b>	
2,08(llena)/2,25(vacía)	
<b>CALIDEZ (s)</b>	<b>BRILLO (s)</b>
1,12(llena)/1,14(vacía)	0,94(llena)/0,96(vacía)

Ficha 3.9.2 Ficha acústica del Shenzhen Concert Hall

### 3.10 | SHANGHAI SYMPHONY HALL

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
Shanghai Symphony Hall	Shanghai, China
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
2008	2014
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
Isozaki + HuQian Partners	Nagata Acoustics Inc.
EMPLAZAMIENTO	
<p>El edificio se encuentra en el distrito Xuhui de la ciudad de Shanghai, un barrio que pretende conservar su carácter histórico y cultural y cuyas calles están repletas de edificios y árboles históricos. En este lugar, se debe contar con el problema que implica la proximidad de las líneas de metro al edificio, por lo que éste se apoya sobre unos amortiguadores que evitan la transmisión de las vibraciones y, además se adopta el sistema <i>box-in-box</i> para evitar la transmisión de cualquier ruido y vibración exterior a las salas.</p>	
IDEACIÓN	
<p>A parte de la función musical, este centro pretende ser un hito cultural en cuanto a todo tipo de arte, ofreciendo una gran serie de actividades para acercar la música y el arte a todos los ciudadanos.</p> <p>Su objetivo es la fusión entre la cultura oriental y occidental y, junto al Conservatorio de Música de Shanghai, conformarán un núcleo cultural en la ciudad que concederá a la Orquesta Sinfónica de Shanghai un incremento en su reconocimiento internacional.</p>	
PROGRAMA	
<p>El proyecto está integrado por dos salas principales: una sala de conciertos de 1200 espectadores y una sala de cámara de 400. Además, el programa cuenta también con un museo, un área de educación musical, cafetería, librería y un espacio musical interactivo. Una buena parte del programa se encuentra en el subsuelo, por esta razón son necesarios los sistemas estructurales anteriormente mencionados, convirtiendo el edificio en uno de los primeros "edificios-flotantes" de China. En la imagen se puede observar la proximidad entre el edificio y la línea 10 de metro.</p>	



Imagen 3.10.1 Vista exterior Shanghai Symphony Hall

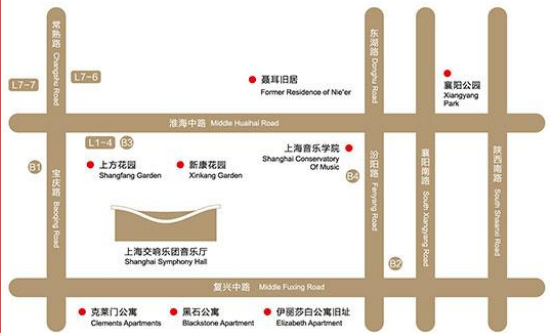


Imagen 3.10.2 Situación Shanghai Symphony Hall



Imagen 3.10.3 Render Shanghai Symphony Hall

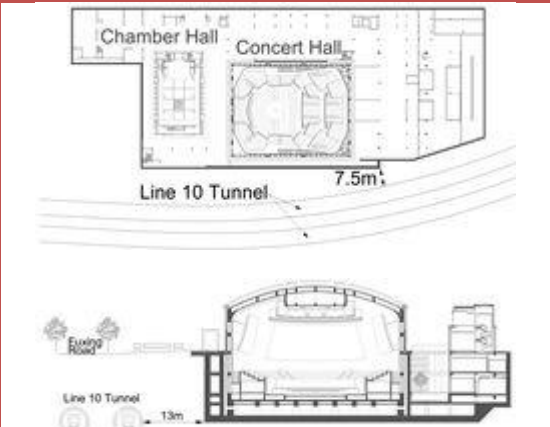


Imagen 3.10.4 Planta y Sección Shanghai Symphony Hall

Ficha 3.10.1 Ficha arquitectónica del Shanghai Symphony Hall



**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

En esta sala, no hay un sitio privilegiado, ya que el diseño aterrazado del auditorio ofrece una gran calidad acústica y visual en cada uno de los asientos. Los paneles que se pueden observar colgados en los laterales y en el techo son de madera, con un acabado en forma de malla que ofrece la difusión del sonido necesaria. Además, el suelo y la parte posterior de las terrazas también son superficies reflectantes.



Imagen 3.10.5 Vista interior sala de conciertos SSH

USO	TIPOLOGÍA
Sala de conciertos/Sinfónica	Terrazas-anfiteatros
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
20000	1200
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
16,67	

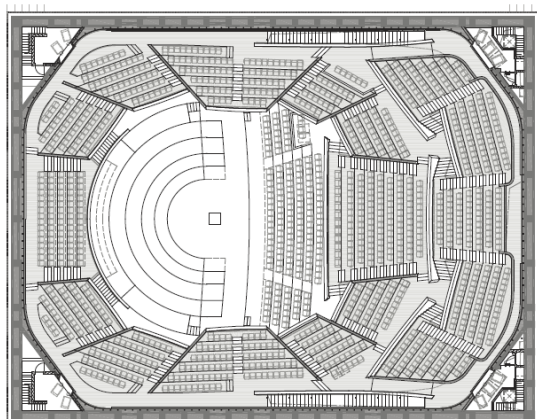


Imagen 3.10.6 Planta sala de conciertos SSH

MATERIALIDAD	
Techo:	Madera sobre hormigón
Paredes:	Yeso sobre hormigón reforzado con fibra de vidrio
Paneles de paredes:	Paneles de madera con acabado en forma de malla
Suelo auditorio:	Parquet de madera sobre hormigón
Suelo escenario:	Madera de Hinoki (ciprés Japonés) de 45 mm sobre subestructura de madera
Butacas:	Tapizadas, con la parte posterior del respaldo de madera

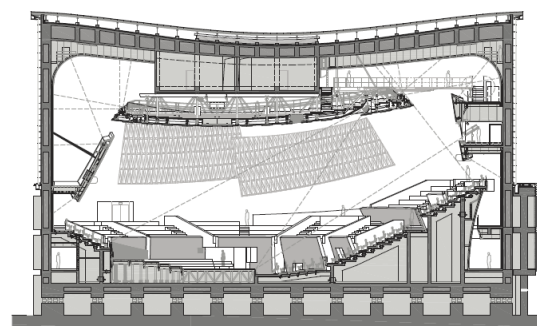


Imagen 3.10.7 Sección sala de conciertos SSH

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

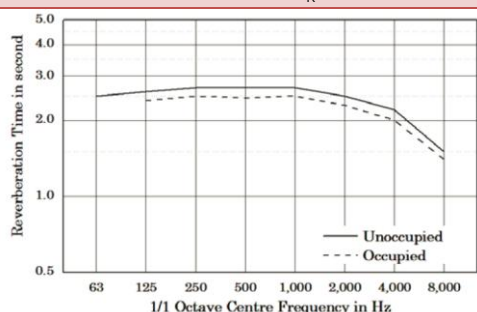


Imagen 3.10.9 Gráfica T<sub>R</sub> sala de conciertos SSH

**T<sub>R</sub> mid (s)**

2,53(llena)/2,75(vacía)

CALIDEZ (s)	BRILLO (s)
0,97(llena)/0,96(vacía)	0,85(llena)/0,86(vacía)

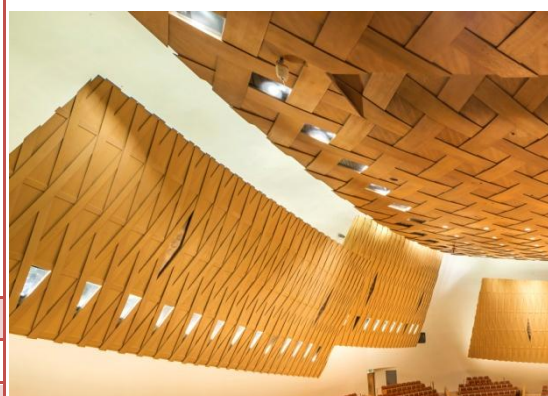


Imagen 3.10.8 Detalle superficie paneles en paredes

Ficha 3.10.2 Ficha acústica del Shanghai Symphony Hall

## **4 | FICHAS DESCRIPTIVAS DE SALAS DE ÓPERA Y TEATRO**

## 4.1 | GUANGZHOU OPERA HOUSE

FICHA ARQUITECTÓNICA		
EDIFICIO	SITUACIÓN	 <p>Imagen 4.1.1 Vista exterior Guangzhou Opera</p>
Guangzhou Opera House	Szczecin, Polonia	
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO	
2003	2010	
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA	
Zaha Hadid Architects	Marshall Day Acoustics	
EMPLAZAMIENTO		
<p>El edificio se sitúa en un barrio financiero de la ciudad de Guangzhou, rodeado de torres de oficinas y, a su vez, de otros equipamientos culturales que dan servicio a su población. Se trata de un emplazamiento decisivo para la unión de estas dos actividades que se desarrollan en la zona, ubicándose, con su potente diseño, muy cerca del río Zhujiang.</p>		 <p>Imagen 4.1.2 Emplazamiento Guangzhou Opera</p>
IDEACIÓN		
<p>Debido a su cercanía con el río, el proyecto pretende relacionarse con su entorno a partir de la concepción de dos rocas erosionadas que se encuentran en la orilla del mismo. A partir de esta idea se justifican las aristas y vértices curvos que dominan tanto el exterior de la roca como el mundo interior de la misma. En definitiva, la vocación del proyecto es la de aproximar la arquitectura a las formas de la naturaleza, con una secuencia suave y sinuosa entre espacios que alude a un paisaje natural.</p>		 <p>Imagen 4.1.3 Interior Guangzhou Opera</p>
PROGRAMA		
 <p>GUANGZHOU OPERA HOUSE PLAN LEVEL 0.00M</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. UNDER-PLAZA SPACE</li> <li>2. ENTRANCE LOBBY</li> <li>3. VIP LOUNGE</li> <li>4. AUDITORIUM</li> <li>5. STAGE</li> <li>6. SCENERY ASSEMBLY</li> <li>7. STAFF ENTRANCE</li> <li>8. STAGE STORAGE</li> <li>9. KITCHEN</li> <li>10. DINING AREA</li> <li>11. CAFETERIA</li> <li>12. TICKET OFFICE</li> <li>13. GIFT SHOP</li> <li>14. RESEARCH CENTER</li> <li>15. PRESS CONFERENCE ROOM</li> <li>16. UNDERGROUND ACCESS</li> </ol> <p>GUANGZHOU OPERA HOUSE PLAN LEVEL 5.00M</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PLAZA</li> <li>2. FOYER</li> <li>3. CLOAK ROOM</li> <li>4. AUDITORIUM</li> <li>7. MULTI-FUNCTIONAL HALL</li> </ol>		

Ficha 4.1.1 Ficha arquitectónica de la Guangzhou Opera House

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

La de Guangzhou, es una de las óperas más grandes de China. Como es característico en los proyectos de Zaha Hadid, el interior de la sala se materializa con formas curvilíneas, donde cada una de ellas cumple con una función acústica, dando continuidad y unidad al espacio. El diseño parte de la concepción de un auditorio hexagonal que adquiere una forma asimétrica, donde el patio de butacas se divide en dos niveles, colocando un balcón asimétrico entre ellos para potenciar las reflexiones tempranas. Encima de la platea se ubican dos niveles de palcos, cuyos balcones (como el de la platea superior) son concebidos como brazos que abrazan la escena.

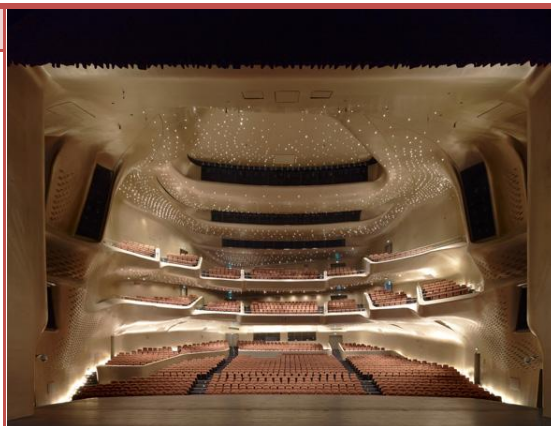


Imagen 4.1.5 Vista interior Guangzhou Opera

USO	TIPOLOGÍA
Ópera	Hexagonal
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
15369	1804
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
8,52	
MATERIALIDAD	

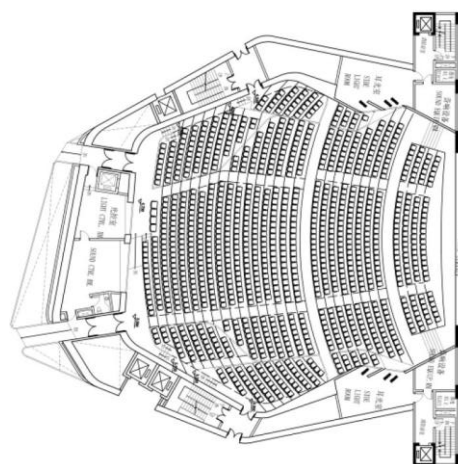


Imagen 4.1.6 Planta sala Guangzhou Opera

Paredes y techo: Yeso reforzado con fibra de vidrio de 40-50 mm sobre subestructura de acero.

Butacas: Tapizadas.

Se realizan unas perforaciones en paramentos interiores que actúan como difusores. En su diseño, se ha optado por seguir el motivo triangular de la carpintería de acero y vidrio que envuelve el edificio, además de ejecutar una profundidad variable en cada perforación.



Imagen 4.1.7 Sección Guangzhou Opera

T <sub>R</sub> mid (s)	
1,5(llena)/2,0(vacía)	
CALIDEZ (s)	BRILLO (s)
1,17(llena)/0,97(vacía)	0,93(llena)/1(vacía)



Imagen 4.1.8 Detalle superficie

Ficha 4.1.2 Ficha acústica de la Guangzhou Opera House

## 4.2 | NORWEGIAN NATIONAL OPERA & BALLET

FICHA ARQUITECTÓNICA																										
EDIFICIO	SITUACIÓN	 <p>Imagen 4.2.1 Vista exterior Ópera Oslo</p>																								
Norwegian National Opera & Ballet	Oslo, Noruega																									
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO																									
2000	2008																									
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA																									
Snøhetta	Arup Acoustics y Brekke & Strand Akustikk																									
EMPLAZAMIENTO																										
<p>La Ópera de Oslo se encuentra en el puerto de la ciudad, en una zona de un desarrollo industrial muy importante y que es el símbolo de la relación entre Noruega y el resto del mundo. El edificio tiene un papel importante en cuanto al espacio público, ya que su composición por planos inclinados crea un recorrido peatonal a través de sus cubiertas, hasta llegar a una plaza elevada que funciona como mirador.</p>		 <p>Imagen 4.2.2 Emplazamiento Ópera Oslo</p>																								
IDEACIÓN																										
<p>El proyecto se ha concebido a partir de tres conceptos fundamentales. Primeramente, se ha pretendido que su monumentalidad dé servicio como bien público a la ciudad. Seguidamente, el edificio se entiende como un gran espacio de producción artística que comprende todos los servicios necesarios para llevarse a cabo esta actividad. Finalmente, la ópera representa el límite entre la ciudad y el mar, entre la cotidianidad y la creatividad, lo cual se concreta en un paramento curvo que envuelve las salas de audición.</p>		 <p>Imagen 4.2.3 Boceto idea Ópera Oslo</p>																								
PROGRAMA																										
<table border="0"> <tr> <td>1 Main entrance</td> <td>5 Box office</td> <td>9 Stage</td> <td>13 "Opera street"</td> <td>17 Costume studio</td> <td>21 Upper circle</td> </tr> <tr> <td>2 Cloakrooms</td> <td>6 Reading room</td> <td>10 Small auditorium</td> <td>14 Rehearsal space</td> <td>18 Deliveries</td> <td>22 Mechanical services</td> </tr> <tr> <td>3 Foyer</td> <td>7 Large auditorium</td> <td>11 Assembly shop</td> <td>15 Dressing rooms</td> <td>19 Scenery workshop</td> <td>23 Administration</td> </tr> <tr> <td>4 Restaurant</td> <td>8 Bistro</td> <td>12 Void</td> <td>16 Courtyard</td> <td>20 Gallery</td> <td>24 Ballet rehearsals</td> </tr> </table>			1 Main entrance	5 Box office	9 Stage	13 "Opera street"	17 Costume studio	21 Upper circle	2 Cloakrooms	6 Reading room	10 Small auditorium	14 Rehearsal space	18 Deliveries	22 Mechanical services	3 Foyer	7 Large auditorium	11 Assembly shop	15 Dressing rooms	19 Scenery workshop	23 Administration	4 Restaurant	8 Bistro	12 Void	16 Courtyard	20 Gallery	24 Ballet rehearsals
1 Main entrance	5 Box office	9 Stage	13 "Opera street"	17 Costume studio	21 Upper circle																					
2 Cloakrooms	6 Reading room	10 Small auditorium	14 Rehearsal space	18 Deliveries	22 Mechanical services																					
3 Foyer	7 Large auditorium	11 Assembly shop	15 Dressing rooms	19 Scenery workshop	23 Administration																					
4 Restaurant	8 Bistro	12 Void	16 Courtyard	20 Gallery	24 Ballet rehearsals																					
 <p>Imagen 4.2.4 Programa Ópera Oslo</p>																										

Ficha 4.2.1 Ficha arquitectónica de la Norwegian National Opera & Ballet

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

La sala principal adopta una tipología bastante común en las salas para ópera, la de herradura. Se pretende crear un sonido difuso mediante la gran cantidad de reflexiones que ofrecen las superficies convexas de los balcones y un elevado tiempo de reverberación, que no ofrece tanta claridad a la voz cantada pero otorga importancia a la orquesta.

El diseño del edificio no permitía una altura suficiente de la sala de ópera para que tuviese un volumen adecuado. Por esta razón, la solución fue ensanchar la sala por encima del primer nivel de público.



Imagen 4.2.5 Vista interior Ópera Oslo

USO	TIPOLOGÍA
Ópera	Herradura
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
11962,5	1375
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
8,7	

**MATERIALIDAD**

Suelo: Roble macizo de 22 mm sobre contrachapado de 24 mm, todo ello sobre rastreles de madera de 48 x 98 mm formando cámara de aire.

Techo: Roble macizo de 21 mm sobre paneles ignífugos de 15 mm, todo ello sobre rastreles de madera de 48 x 98 mm formando cámara de aire.

Superficie balcones: Paneles prefabricados de roble macizo (de gran espesor).

Butacas: Madera, con tapizado en la cara interior.

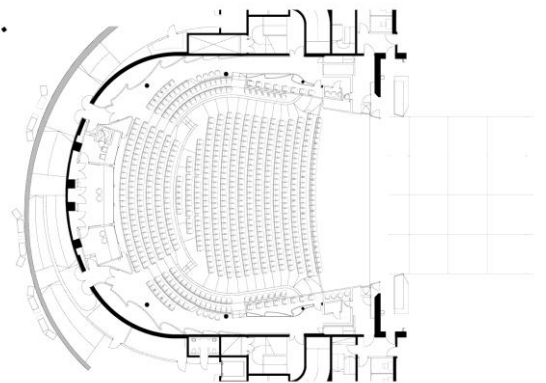


Imagen 4.2.6 Planta sala Ópera Oslo

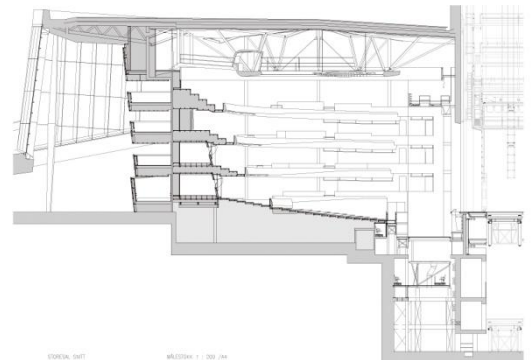


Imagen 4.2.7 Sección Ópera Oslo

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

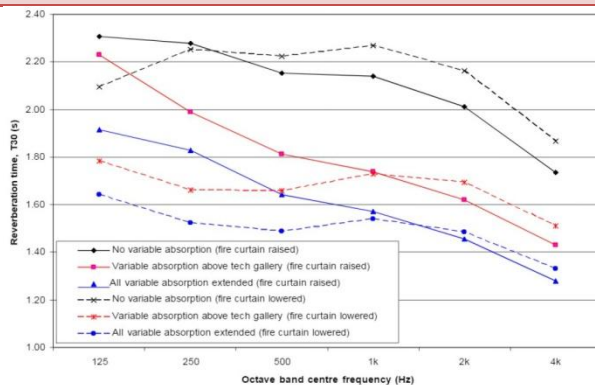


Imagen 4.2.9 Gráfica TR Ópera Oslo

**T<sub>R</sub> mid (s)**

2,13(cortafuego elevado)/2,25(cortafuego bajado)

CALIDEZ (s)	BRILLO (s)
1,07(cf elev.)/0,97(cf baj.)	0,87(cf elevado)/0,9(cf baj.)



Imagen 4.2.8 Detalle difusor de sonido

Ficha 4.2.2 Ficha acústica de la Norwegian National Opera & Ballet



## 4.3 | BEIJING NATIONAL GRAND THEATRE OF CHINA

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
Beijing National Grand Theatre	Pekín, China
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
1999	2008
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
Paul Andreu	M. Vian (CSTB)
EMPLAZAMIENTO	
<p>El edificio se encuentra en el centro de Pekín, concretamente en la Avenida Ching An, cerca de la Ciudad Prohibida y la plaza de Tiananmen. El edificio emerge de entre una lámina de agua. Para dejar intacta esta imagen del edificio, el acceso se produce por debajo del lago, donde el ciudadano se encuentra con un gran espacio público interior que pretende acercar el mundo del teatro a la ciudad. La elección de esta situación es debida a la importancia de la cultura en relación con la historia y la sociedad.</p>	
IDEACIÓN	
<p>El proyecto surge a partir de la creación de una isla sobre un lago, materializada con una cáscara de titanio elipsoidal. Se concibe como una sucesión de pasajes, cruces, transparencia y luz; desde las calles y plazas que se crean por debajo de la lámina de agua hasta la parte superior del edificio, que ofrece una vista completa de la ciudad.</p>	
PROGRAMA	
 <p>The diagram illustrates the program of the Beijing National Grand Theatre. The top part is a longitudinal section showing the building's profile above and below ground level. Labels include 'Acceso' (Access), 'Zona pública' (Public zone), 'Foyer', 'Sala ópera' (Opera hall), 'Área servicios/administrativa' (Services/administrative area), and another 'Zona pública' and 'Acceso'. The bottom part is a top-down view of the two main auditoriums: 'Sala de conciertos' (Concert hall) on the left and 'Ópera' (Opera) and 'Teatro' (Theatre) on the right.</p>	



Imagen 4.3.1 Vista exterior Beijing National Theatre



Imagen 4.3.2 Situación Beijing National Theatre

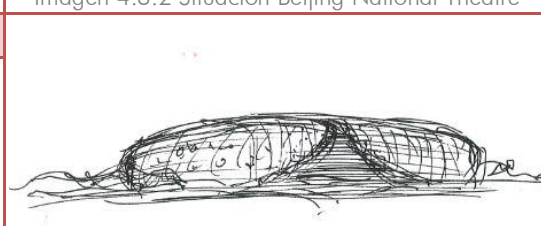


Imagen 4.3.3 Boceto idea Beijing National Theatre

Ficha 4.3.1 Ficha arquitectónica del Beijing National Grand Theatre of China

FICHA ACÚSTICA

DESCRIPCIÓN DE LA SALA

El diseño de la sala está basado en la tradicional tipología en herradura, pero excluyendo los inconvenientes acústicos y visuales que presentan las cajas tradicionales.

La platea se encuentra dividida en dos niveles, con un balcón intermedio que potencia las reflexiones en la platea inferior. Encima de este nivel existen dos balcones alineados: el primero de ellos cuenta con dos filas de asientos, mientras que el superior, más profundo.

El techo es horizontal, aunque permite que el balcón superior tenga su propio techo creando una superficie convexa.



Imagen 4.3.5 Vista interior ópera

USO	TIPOLOGÍA
Ópera	Herradura adaptada
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
18900	2416
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
7,8	
MATERIALIDAD	

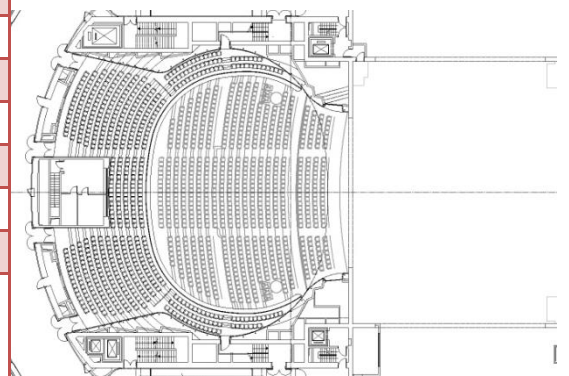


Imagen 4.3.6 Planta ópera

En cuanto a la materialidad, se ha separado la función visual y la función acústica de los paramentos, lo cual permite mayor autonomía en el diseño de la sala. Para conseguir esto, se emplea una malla metálica para crear la piel visual del espacio, pero que es transparente acústicamente. La función acústica la realizan los paramentos de mampostería que se esconden detrás.

Se optó finalmente por una malla de aluminio y acero inoxidable de tono dorado, con una perforación del 40%.

Las butacas están tapizadas, con la parte trasera del respaldo de madera.

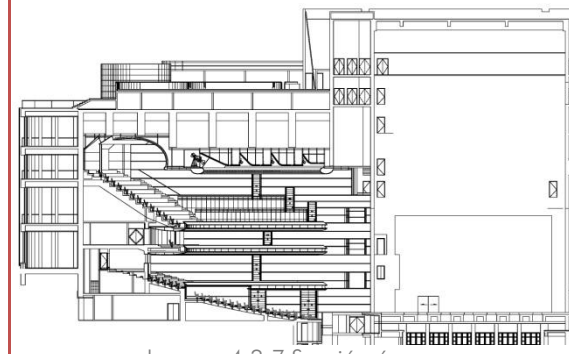


Imagen 4.3.7 Sección ópera



Imagen 4.3.9 Detalle malla metálica

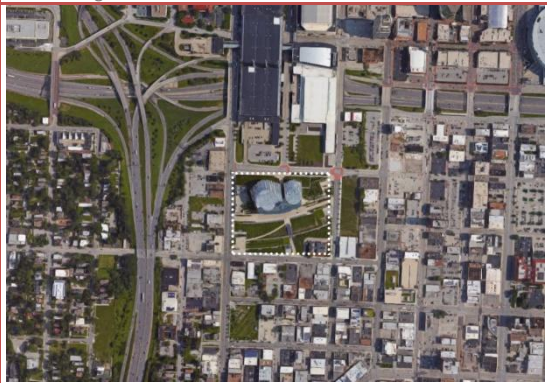
T <sub>R</sub> mid (s)	CLARIDAD C80 (dB)
1,6	3,77
CALIDEZ (s)	BRILLO (s)
1,25	0,84



Imagen 4.3.8 Vista de la malla montada en el interior de la ópera

Ficha 4.3.2 Ficha acústica del Beijing National Grand Theatre of China

## 4.4 | MURIEL KAUFFMAN THEATRE

FICHA ARQUITECTÓNICA		
EDIFICIO	SITUACIÓN	 <p>Imagen 4.4.1 Vista exterior Kauffman Center</p>
Muriel Kauffman Theatre (Kauffman Center for the Performing Arts)	Kansas City, USA	
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO	
2000	2011	
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA	 <p>Imagen 4.4.2 Situación Kauffman Center</p>
Safdie Architects	Nagata Acoustics Inc.	
EMPLAZAMIENTO		
<p>El proyecto está situado en una zona privilegiada de la ciudad, coronando por una parte un distrito industrial y, por otra, un nuevo barrio destinado al ocio. Esta posición elevada permite tener una vista completa del entorno. Debido a la importancia para el arquitecto de las vistas hacia el sur, las salas de audición se ubican con esta orientación, con un amplio porche común acristalado. Además se incluye en el proyecto una carretera que conduce a un aparcamiento subterráneo en el lado sur.</p>		 <p>Imagen 4.4.3 Boceto idea Kauffman Center</p>
IDEACIÓN		
<p>Cada sala conforma un volumen diferente, cuya envolvente tiene la intención de representar un instrumento musical. Se permite la visibilidad del interior a partir del frente acristalado, cuya estructura refleja una tienda de campaña. Esta permeabilidad permite bañar de luz completamente el vestíbulo de acceso, con distintos matices según la hora del día y, además, por la noche, todo el dinamismo que se produce en el interior deja ser visto a través de su piel transparente.</p>		
PROGRAMA		
 <p>Imagen 4.4.4 Programa Kauffman Center</p>		

Ficha 4.4.1 Ficha arquitectónica del Muriel Kauffman Theatre

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

En el planteamiento de esta sala, se ha pretendido que sea visualmente atractiva. Su tipología sigue la clásica configuración en herradura, aunque se pretende acercar más el espectador a la escena. Se ubican tres balcones sobre la patea, los cuales se van escalonando hacia la escena para conseguir dividirlos en palcos laterales más íntimos y centrados en la escena.

Otra característica importante del auditorio es la adaptabilidad, ya que permite la disposición o no del foso de orquesta y la variación de la apertura de escenario.



Imagen 4.4.5 Vista interior teatro

<b>USO</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>
Teatro/Ópera	Herradura
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nº ESPECTADORES</b>
9700	1800
<b>VOLUMEN/ESPECTADOR (m<sup>3</sup>/espectador)</b>	
5,4	

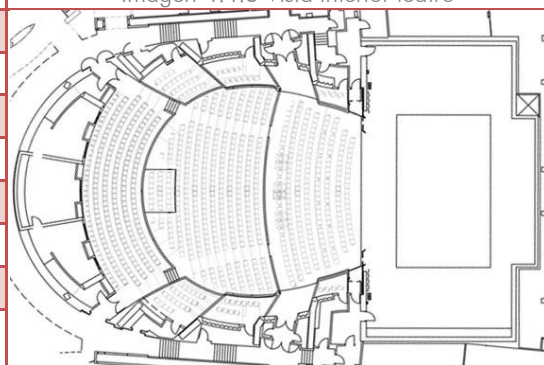


Imagen 4.4.6 Planta teatro

<b>MATERIALIDAD</b>	
Techo:	Yeso con acabado de chorro de arena.
Paredes:	Yeso
Suelo auditorio:	Moqueta sobre hormigón
Suelo foso orquesta:	Madera de cedro amarillo de Alaska
Butacas:	Madera, tapizadas en sus caras interiores.

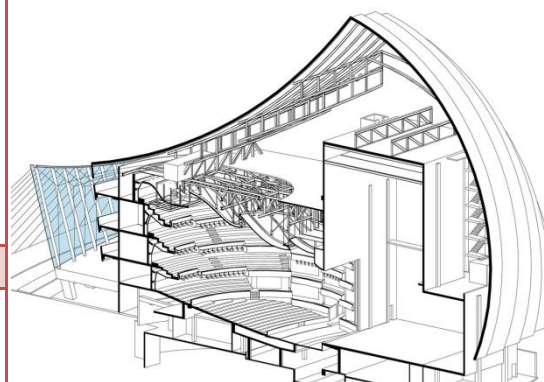


Imagen 4.4.7 Sección teatro

**GRÁFICA T<sub>R</sub>**

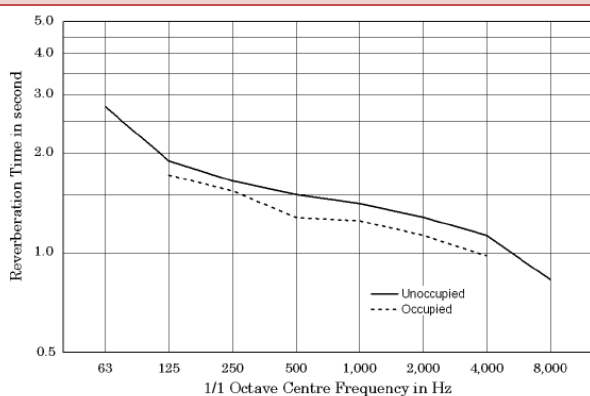


Imagen 4.4.9 Gráfica T<sub>R</sub> teatro

**T<sub>R</sub> mid (s)**

1,29(llena)/1,47(vacía)

<b>CALIDEZ (s)</b>	<b>BRILLO (s)</b>
1,27(llena)/1,22(vacía)	0,85(llena)/0,88(vacía)



Imagen 4.4.8 Iluminación balcones y paredes

Ficha 4.4.2 Ficha acústica del Muriel Kauffman Theatre

## 4.5 | WUXI GRAND THEATRE

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
<b>Wuxi Grand Theatre</b>	Wuxi, China
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
2008	2011
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
PES Architects	Kahle Acoustics
EMPLAZAMIENTO	
<p>Este teatro se sitúa al sur del centro de la ciudad de Wuxi, en la península artificial del lago Wu-Li. Debido a su implantación en el lugar y su imagen, se ha convertido en un hito en la ciudad.</p> <p>Para sacar provecho de su ubicación privilegiada, el espacio público que rodea el edificio y la entrada se levantan sobre un zócalo de piedra, ofreciendo excelentes vistas del lago.</p>	
IDEACIÓN	
<p>La idea del proyecto parte de la concepción de ocho hojas o alas que, además de dar la sensación de que el edificio es una mariposa que desciende sobre la explanada de piedra, tiene una función bioclimática: proteger el edificio del calor solar.</p> <p>Estas alas de acero tienen en su interior luces LED que pueden variar de color, dejándose ver en la parte inferior gracias a los paneles de aluminio perforados. Además, llama la atención el "bosque" de pilares de luz que se extiende desde el vestíbulo principal hasta el interior del lago.</p>	
PROGRAMA	



Imagen 4.5.1 Vista exterior Wuxi Grand Theatre



Imagen 4.5.2 Situación Wuxi Grand Theatre

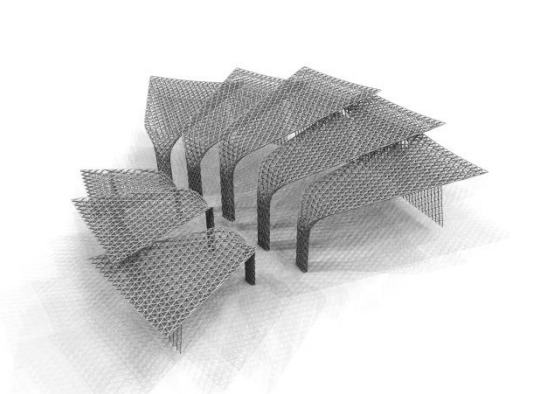


Imagen 4.5.3 Idea Wuxi Grand Theatre

Imagen 4.5.4 Programa Wuxi Grand Theatre

Ficha 4.5.1 Ficha arquitectónica del Wuxi Grand Theatre



**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

La sala, diseñada para la representación de ópera y ballet, está recubierta por 15000 piezas de madera de bambú: un material tradicional pero que, gracias a nuevas técnicas de producción, es posible su uso como un material moderno que permite la configuración de unas curvas sinuosas, cuyas formas se adaptan a las necesidades acústicas de la sala. Destaca también el gran reflector situado en el techo de la sala, con la iluminación integrada en el mismo.

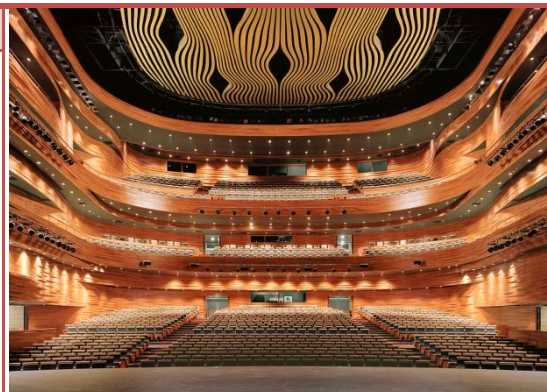


Imagen 4.5.5 Vista interior Wuxi Grand Theatre

USO	TIPOLOGÍA
Teatro/Ópera	Herradura
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
15799	1700
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
9,3	
MATERIALIDAD	

Techo: Techo acústico con gran reflector dorado

Paredes: Madera de bambú sólida.

Suelo auditorio: Madera de bambú sólida

Butacas: Madera, tapizadas en sus caras interiores (zona de contacto con el espectador).

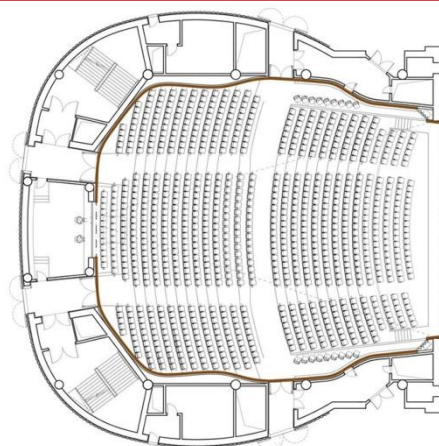
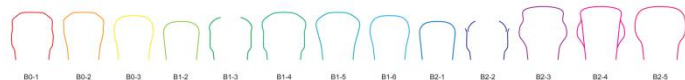
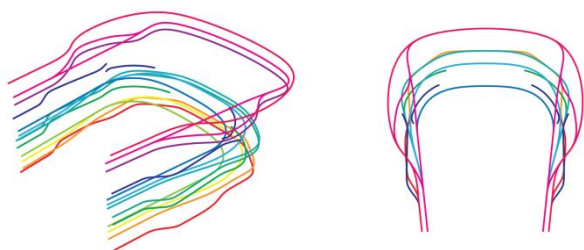


Imagen 4.5.6 Planta Wuxi Grand Theatre



Main Auditorium Bamboo Wall curves illustration

Imagen 4.5.9 Diseño de curvas de bambú

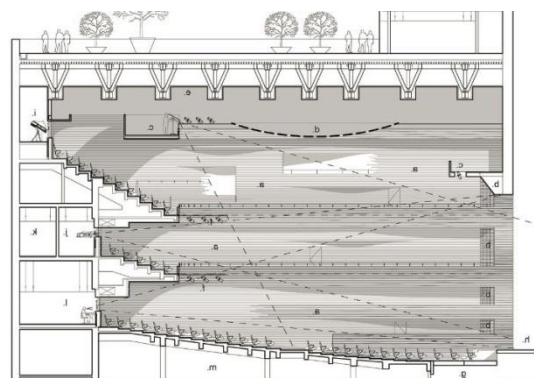


Imagen 4.5.7 Sección Wuxi Grand Theatre

T <sub>R</sub> mid (s)	
0,95	
CALIDEZ (s)	BRILLO (s)
1,36	0,82

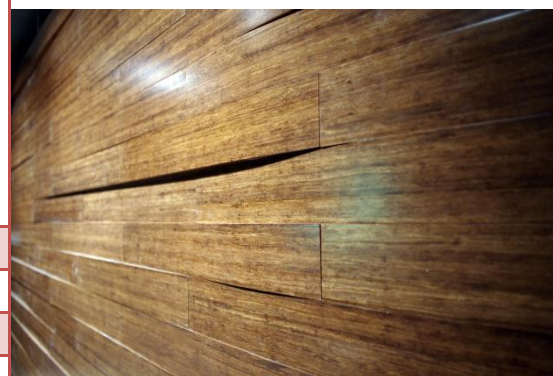


Imagen 4.5.8 Detalle textura pared de bambú

Ficha 4.5.2 Ficha acústica de la Royal Danish Playhouse

## 4.6 | BORD GÁIS ENERGY THEATRE

FICHA ARQUITECTÓNICA	
EDIFICIO	SITUACIÓN
<b>Bord Gáis Energy Theatre</b>	Dublín, Irlanda
INICIO PROYECTO	FINALIZACIÓN PROYECTO
2003	2010
ESTUDIO ARQUITECTURA	ESTUDIO ACÚSTICA
Studio Daniel Libeskind y Arts Team	ARUP Acoustics
EMPLAZAMIENTO	
<p>El teatro se localiza en el paseo marítimo de Dublín, junto a una plaza pública diseñada por Martha Schwartz, desde la que se contempla la imponente fachada de vidrio que deja ver el interior del edificio. La plaza se entiende como un gran vestíbulo de entrada al teatro, donde el teatro constituye el telón de fondo. Además, existe un complejo comercial, también diseñado por Libeskind, alrededor de este proyecto, cuyo propósito es el de crear una zona activa en la ciudad, en un entorno sostenible.</p>	
IDEACIÓN	
<p>El proyecto se basa en el concepto de “escenario”, donde, a parte del teatro, fuera, en el exterior, el espacio público se concibe como otro escenario, donde, por la noche, cuando el edificio y la plaza se iluminan, se puede sentir el dramatismo del teatro. Cabe destacar el uso de las diagonales en la composición del edificio: una cubierta inclinada, una fachada de vidrio que sobre sale hacia el espacio público o unos perfiles tubulares torcidos son ejemplo de ello.</p>	
PROGRAMA	
	



Imagen 4.6.1 Vista exterior Bord Gáis Energy Theatre



Imagen 4.6.2 Situación Bord Gáis Energy Theatre



Imagen 4.6.3 Boceto Bord Gáis Energy Theatre

Imagen 4.6.4 Programa Bord Gáis Energy Theatre

Ficha 4.6.1 Ficha arquitectónica del Bord Gáis Energy Theatre

**FICHA ACÚSTICA**

**DESCRIPCIÓN DE LA SALA**

La sala está pensada para obras de ópera y ballet, por lo que en su diseño se busca un tiempo de reverberación largo. Además también está pensada para la representación de grandes musicales y otros espectáculos amplificados. Para conseguir el tiempo de reverberación deseado se requiere de un gran volumen, por lo que se utilizan mallas metálicas acústicamente transparentes. Se cuelgan paneles reflectantes del techo y además, el acabado de las paredes permite simultáneamente la dispersión y la reflexión del sonido. Todo ello, conlleva a una acústica controlada en la que no es necesario un sistema de absorción variable.



Imagen 4.6.5 Vista interior teatro

USO	TIPOLOGÍA
Teatro/Ópera	Abanico
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	Nº ESPECTADORES
11930	2169
VOLUMEN/ESPECTADOR (m <sup>3</sup> /espectador)	
5,5	

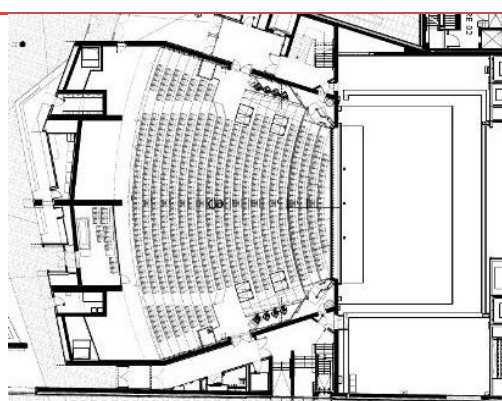


Imagen 4.6.6 Planta teatro

**MATERIALIDAD**

- Techo: Paneles suspendidos metálicos reflectantes
- Paredes: Panelado rojo en las paredes del fondo. Aparecen unas bandas formadas por mallas de material metálico que parecen esconder instalaciones de sonido y acondicionamiento higrotérmico.
- Balcones: Malla de bronce con luz en el interior
- Suelo auditorio: Moqueta de color rojo
- Butacas: Madera, tapizadas en sus caras interiores (zona de contacto con el espectador).

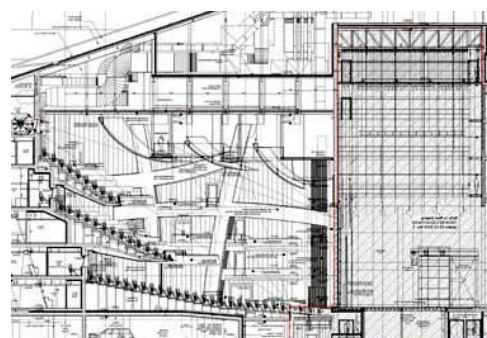


Imagen 4.6.7 Sección teatro

**T<sub>R</sub> mid (s)**

1,3 (llena)/1,5 (vacía)

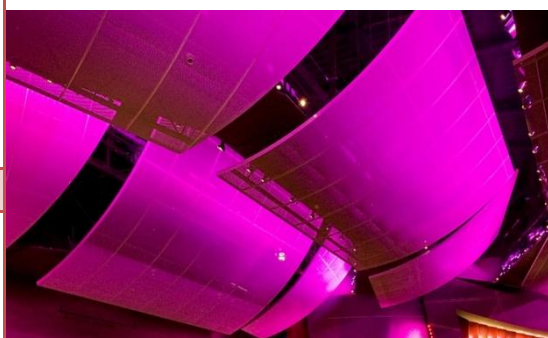


Imagen 4.6.8 Paneles metálicos suspendidos

Ficha 4.6.2 Ficha acústica del Bord Gáis Energy Theatre

## **5 | ANÁLISIS ACÚSTICO DE LAS SALAS**

Una vez recopilada toda la información y sintetizada en las fichas arquitectónicas y acústicas, se seleccionan los datos más relevantes, aquellos mediante los cuales se puedan comparar las salas entre ellas y permitan la elaboración de una serie de conclusiones generales.

Para realizar un estudio conjunto sobre el diseño acústico de las salas, se comparan factores previos al diseño, como el volumen por espectador y la tipología en planta y sección, otros factores de materialización, como los materiales empleados en las superficies y el diseño de las butacas, y finalmente, factores acústicos como el tiempo de reverberación, la calidez y el brillo.

### VOLUMEN/ESPECTADOR ( $m^3$ /espectador)

Este es un dato que se debe manejar en el inicio de los primeros bocetos para fijar la volumetría de la sala en función de los requerimientos acústicos. Resulta conveniente estudiar este factor, ya que a mayor volumen de la sala, mayor tiempo de reverberación. Si el volumen es excesivamente bajo, no se puede alcanzar el tiempo de reverberación adecuado; sin embargo, si existe demasiado volumen para el tiempo de reverberación deseado, se puede corregir con la adición de más absorción en la sala, con los consiguientes problemas de coloración ya que la absorción suele ser un filtro de frecuencias.

Los valores recomendados de volumen por espectador según el uso de la sala son los siguientes:

Teatros:  $4 m^3$ /espectador –  $6 m^3$ /espectador (Carrión,1998)

Salas de Conciertos, según el  $T_r$  deseado:

$6-7 m^3$ /espectador	→	$t_R < 1,5$
$7-9 m^3$ /espectador	→	$1,5 < t_R < 2$
$9-11 m^3$ /espectador	→	$t_R > 2$

Imagen 5.1 Relación Volumen/Espectador con  $T_r$

SALAS DE CONCIERTOS	VOLUMEN/ESPECTADOR ( $m^3$ /espectador)	SALAS DE ÓPERA/TEATROS	VOLUMEN/ESPECTADOR ( $m^3$ /espectador)
Elbphilharmonie Hamburg	10,95	Guangzhou Opera House	8,52
Philharmonie París	15,71	Norwegian National Opera & Ballet	8,7
Danish Radio Concert House	15,56	Beijing National Grand Theatre	7,8
Helsinki Music Centre	14,08	Muriel Kauffman Theatre	5,4
The Seat of the NOSPR	12,22	Wuxi Grand Theatre	9,3
Lotte Concert Hall	16,01	Bord Gáis Energy Theatre	5,5
Grand Auditorium de la Maison de la Radio	9,92		
Helzberg Hall	11,88		
Shenzhen Concert Hall	15,86		
Shanghai Symphony Hall	16,67		

Entre las Salas de Conciertos, la mayoría suele sobrepasar el valor recomendado, siendo mayor que  $11 m^3$ /espectador, llegando hasta  $16,62 m^3$ /espectador, como es el caso del Shanghai Symphony Hall. La Elbphilharmonie, con  $10,95 m^3$ /espectador y el Grand Auditorium de la Maison de la Radio, con  $9,92 m^3$ /espectador son las que más se adaptan.

En cuanto a los Teatros y Salas de Ópera, también se supera el valor aconsejado, aunque la mitad de los ejemplos estudiados se adecúan a este: el Muriel Kauffman Theatre con  $5,4 \text{ m}^3/\text{espectador}$  y el Bord Gáis Energy Theatre con  $5,5 \text{ m}^3/\text{espectador}$ . El caso en el que existe una relación entre volumen y espectador más grande es el de la Norwegian National Opera & Ballet (Ópera de Oslo), llegando a  $8,7 \text{ m}^3/\text{espectador}$ .

## TIPOLOGÍA

### Planta

En el caso de Salas de Conciertos, la tipología en planta predominante es la *Vineyard* (terrazas) y terrazas-anfiteatros, en la que la orquesta se coloca en el centro de la sala, normalmente con un área de asientos mayor en su parte delantera. Alrededor del escenario se organizan, normalmente de forma asimétrica, una serie de terrazas donde se sitúa el público, lo cual permite una mayor cercanía entre los músicos y los oyentes y, por tanto, una mayor intimidad y calidad visual y acústica, ya que la existencia de estas áreas de público ubicadas en distintos niveles da origen a unos antepechos que refuerzan las reflexiones en las terrazas delanteras.

La diferencia que existe entre el tipo "terrazas" y "terrazas-anfiteatros" es el tamaño y la organización de las terrazas, donde en el primer caso existe un gran número de éstas en cada sala, fraccionando el espacio en estas áreas para generar un mayor número de superficies reflectoras (antepechos). En el segundo caso se observa algún ejemplo, como el de la Philharmonie de París, en el que se dispone un menor número de terrazas, con alguna de ellas de mayor tamaño, abarcando gran parte de la sala. También, en el Helzberg Hall se simplifican estas áreas, obteniendo grandes superficies de terrazas-anfiteatros con una distribución frontal hacia cada lado del escenario.

Existe una sala, The Seat of the National Polish Radio Symphony Orchestra (NOSPR), cuyo origen reside en la tipología *shoebox*, aunque se modifica ensanchando la sala, de forma que el público rodea completamente el escenario, como en la tipología de terrazas-anfiteatros, mediante una platea principal y balcones continuos en tres niveles que rodean la sala.



Respecto a los Teatros y Salas de Ópera, se observa una continuidad con la tradicional planta italiana en *Herradura*, constituida por un patio de butacas con esta forma y una serie de palcos o galerías a distintas alturas. Además, algunas siguen este tipo pero con alguna aportación diferente; por ejemplo, en el Beijing National Grand Theatre se prolonga la galería superior, teniendo ésta un techo independiente curvo. Además, una práctica habitual que se observa en todas las salas con esta forma es la división de la platea en dos niveles, interponiendo un antepecho que refuerza las reflexiones en la parte delantera del patio de butacas. Además, existe un par de excepciones a esta tipología, el Bord Gáis Energy Theatre, con su planta en *Abanico* y la Guangzhou Opera House, con una planta hexagonal.



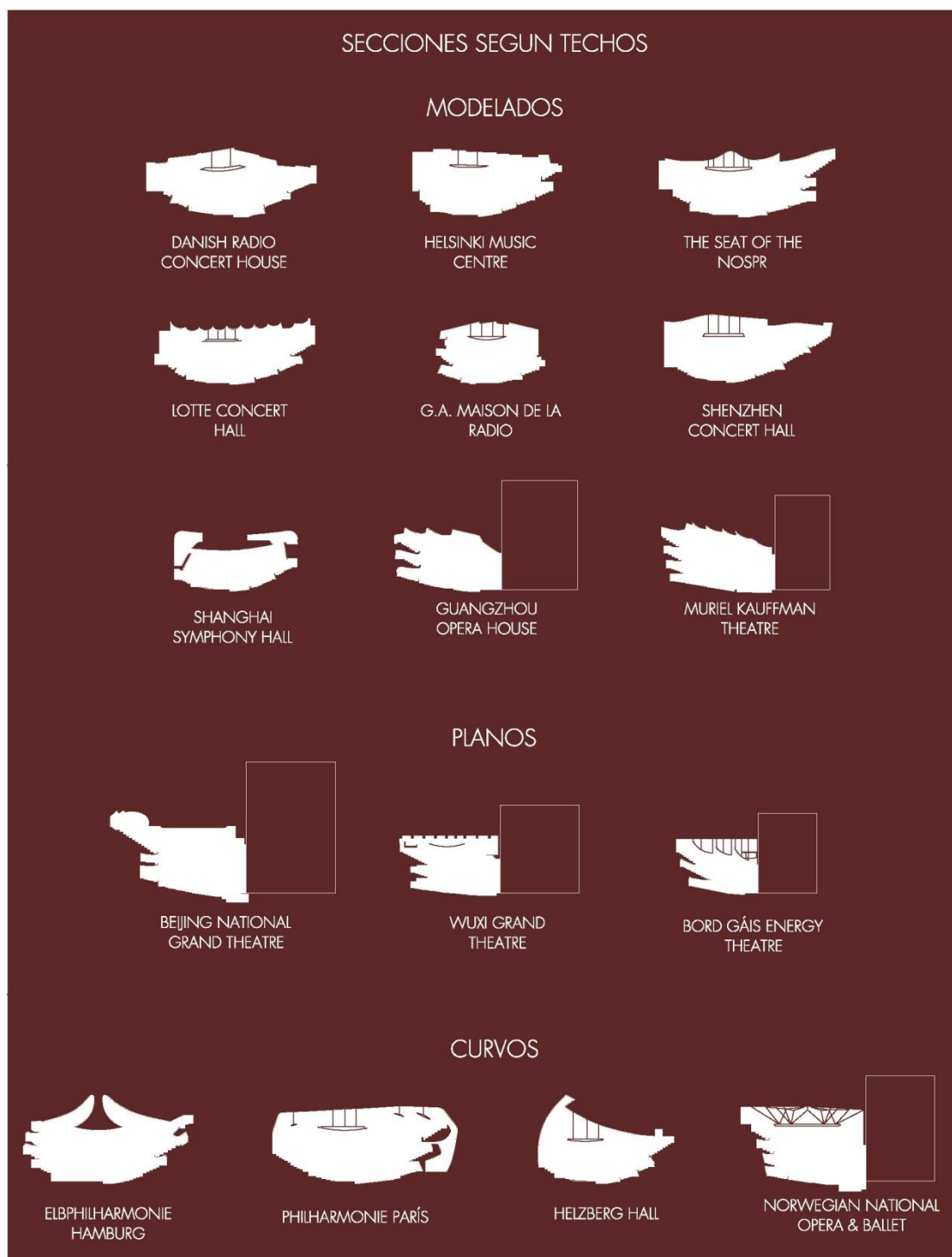
### Sección

Generalmente, es bastante común el uso de techos modelados o con elementos suspendidos que generan formas irregulares.

En cuanto a las Salas de Conciertos, destaca el uso de techos modelados y curvos, o, como en el caso concreto de la Philharmonie de París, el techo es plano pero la inserción de elementos colgados refuerza las reflexiones del sonido en ciertos puntos.

En el caso de los teatros y salas de ópera es bastante común el techo modelado y plano con elementos suspendidos. Un ejemplo algo particular es el del Beijing National Grand Theatre, con un techo más o menos plano, que termina en el fondo de la sala con una forma curva a modo de bóveda.





Por otra parte, según la configuración del suelo y los distintos niveles de palcos, se puede observar que, en las salas de conciertos de tipología “terrazas” se produce un escalonamiento del suelo entre las distintas áreas de público que, en general tiene un ascenso continuo. No obstante, en la Philharmonie de París, The Seat of the National Polish Radio Symphony Orchestra y el Grand Auditorium de la Maison de la Radio, de tipología “terrazas-anfiteatros”, se pueden distinguir dos niveles de terrazas elevadas; también en el Lotte Concert Hall se aprecia un nivel superior de terrazas independiente al escalonamiento. Respecto a los Teatros y Salas de Ópera predomina el uso de un suelo inclinado y dos o tres niveles superiores de áreas de público que se extienden por todo el perímetro de la sala.

## MATERIALIDAD

En estas salas se continúa utilizando, en cualquier superficie, el material por excelencia de las salas de audición, la madera. También es bastante común el empleo del yeso en paredes y techos, ya que permite una gran variedad de formas con un acabado continuo, como es el caso de la Guangzhou Opera House de Zaha Hadid, donde se consigue constituir una unidad de la envolvente de formas orgánicas mediante piezas de yeso de gran formato sobre una subestructura metálica. Además, en la Elbphilharmonie de Herzog & de Meuron, las placas de yeso que cubren los paramentos se componen de yeso natural y papel reciclado, con unas hendiduras que responden a un algoritmo matemático (difusores cuadráticos), de manera que según la ubicación de la pieza las perforaciones tienen una forma y profundidad determinada.

En algunas salas se pueden observar materiales metálicos. Generalmente se trata de mallas metálicas transparentes acústicamente, por lo que no afectan directamente a la acústica de la sala, pero permiten incluir un volumen de aire mayor en el interior, necesario para conseguir el tiempo de reverberación deseado y un aspecto visual más íntimo.

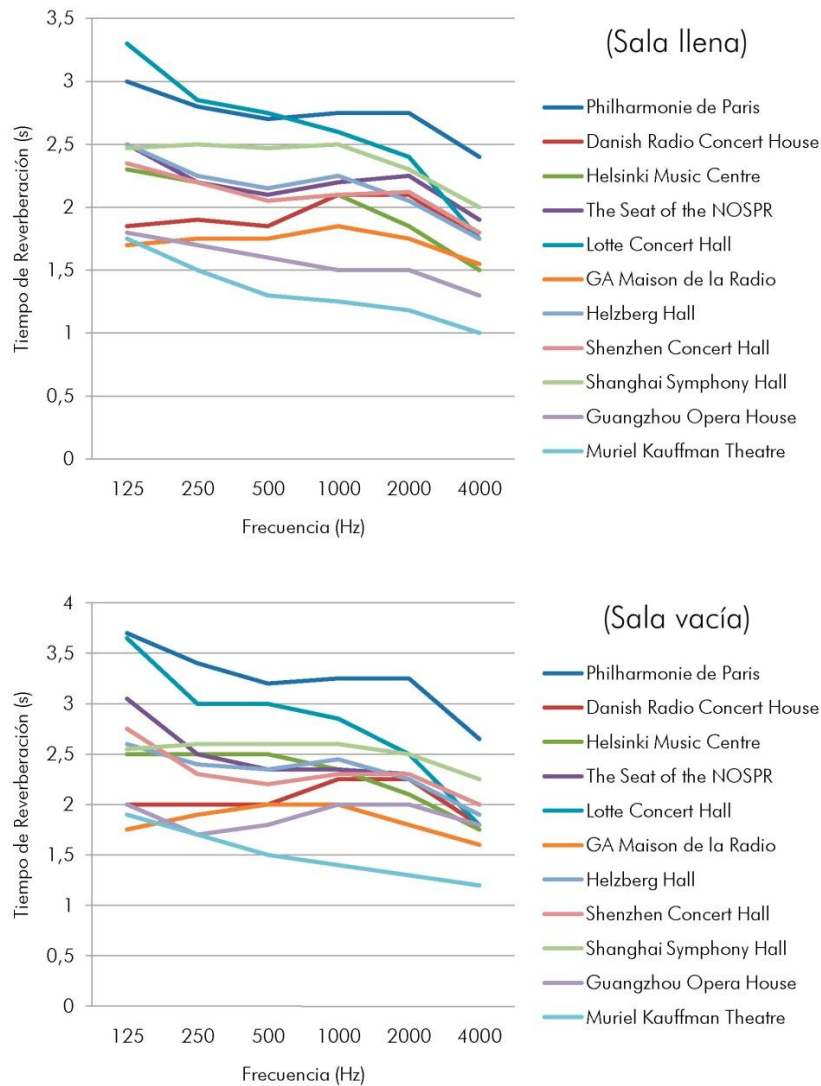
En “The Seat of the National Polish Radio Symphony Orchestra” destaca el uso del hormigón en numerosas superficies: en el techo, combinándolo con madera, y en los paramentos, donde aparece pintado de negro y con una textura sinuosa de curvas.

En cuanto al diseño de las butacas, es bastante común el empleo de butacas tapizadas más o menos ligeras, con la parte posterior del respaldo y los elementos de separación entre ellas de madera, tapizando únicamente las superficies de contacto con la persona. Por otra parte, en la Philharmonie de París, el diseño es diferente, se opta por butacas totalmente tapizadas y con un acolchado bastante grueso, lo que las hace ser más absorbentes.

## REVERBERACIÓN, $T_{r\text{MID}}$

El tiempo de reverberación es aquél que transcurre desde que la fuente deja de emitir sonido hasta que el nivel de presión sonora desciende 60 dB respecto a su valor estacionario. Su valor es una aproximación a la velocidad del proceso de extinción del sonido en una sala. Tiene gran importancia en la calidad de audición ya que esa prolongación del sonido o reverberación hace que los sonidos individuales se entremezclen dando plenitud de tono a la música y restando claridad a los mensajes hablados (Llinares et al). Además, el tiempo de reverberación varía según la frecuencia.

Las curvas tonales de las salas estudiadas se representan a continuación, donde se observa que el tiempo de reverberación, por lo general, crece a bajas frecuencias. Además, en sala llena existen tres salas que tienen unos valores más elevados que el resto en todas las frecuencias; se trata de la Philharmonie de París, el Lotte Concert Hall y el Shanghai Symphony Hall. El resto de salas de conciertos se mantienen en una franja intermedia (1,5-2,5 segundos), mientras que las salas de ópera o teatro de las que se tienen estos datos (Guangzhou Opera House y Muriel Kauffman Theatre) tienen los valores más bajos de tiempo de reverberación, en busca de una mayor claridad del sonido.



Para fijar un valor recomendado de tiempo de reverberación para una sala, normalmente se toma como referencia la “media aritmética de los valores correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1 kHz” (Carrión, 1998, 63), que es el denominado tiempo de reverberación medio ( $T_R$  mid).

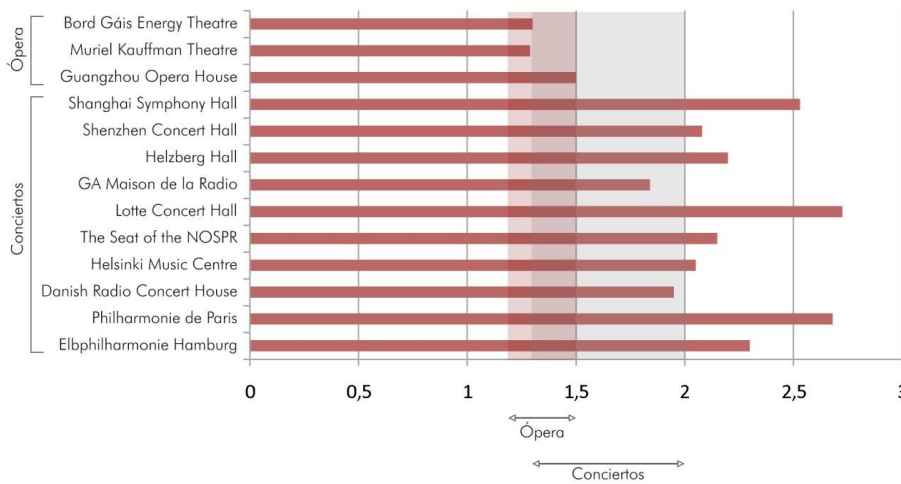
A continuación se pueden ver los diferentes  $T_R$  mid recomendados según el uso de la sala, ya que para recintos destinados al habla se requiere un tiempo de reverberación inferior (para alcanzar una adecuada inteligibilidad) que para las salas destinadas a la música, donde unos tiempos de reverberación mayores permiten una mayor calidad del sonido.

TIPO DE SALA	$RT_{mid}$ , SALA OCUPADA (EN S)
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de ópera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Imagen 5.2 Valores recomendados de  $T_R$  mid en función del uso de la sala

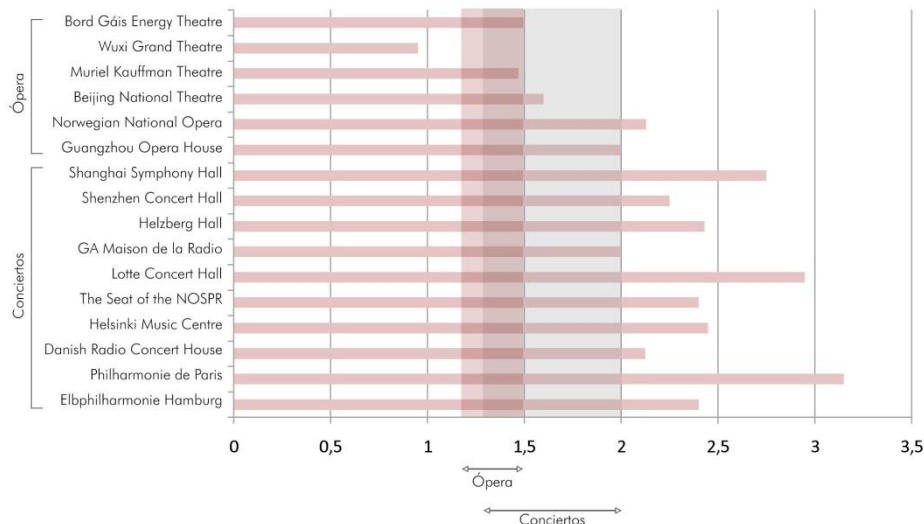
El tiempo de reverberación medio se va a analizar suponiendo que la sala está ocupada, ya que los valores recomendados así lo especifican. Se observa que los  $T_R$  mid de salas para ópera se encuentran dentro del rango de valores recomendados. Por otra parte, los tiempos medios en salas de conciertos exceden en general los valores recomendados, lo que indica que estas salas son bastante reverberantes. Sin embargo, el Grand Auditorium de la Maison de la Radio y el Danish Radio Concert House sí que tienen unos valores de  $T_R$  mid adecuados; teniendo, en la primera de estas dos salas una relación de  $9,92 \text{ m}^3/\text{espectador}$ , cumpliendo con los valores óptimos, pero en el segundo caso, este valor es de  $15,56 \text{ m}^3/\text{espectador}$ , por lo que se requiere de la adición de material absorbente para ajustar el tiempo de reverberación.

**Tr mid (sala llena)**



Seguidamente, se exponen los tiempos de reverberación medios en sala vacía, ya que respecto a este dato se han podido analizar más ejemplos de salas. En este caso, se puede decir que en general se exceden aún más los valores recomendados de  $T_R$  mid, a excepción del Wuxi Grand Theatre, cuyo valor se halla muy por debajo del límite inferior recomendado, lo que la convierte en una sala demasiado apagada para la música. Además, existen algunos ejemplos que aún en sala vacía poseen unos valores adecuados: el Bord Gáis Energy Theatre, el Muriel Kauffman Theatre y el Gran Auditorium de la Maison de la Radio.

**Tr mid (sala vacía)**



## CALIDEZ Y BRILLO

Un recinto tiene calidez acústica si tiene un buen comportamiento a bajas frecuencias; entonces, esto significa que existe una buena calidad de los graves y una delicadeza y suavidad de la música. Para determinar la calidez se utiliza el parámetro BR (Bass Ratio) que se obtiene como el cociente entre la suma de los tiempos de reverberación a frecuencias bajas (125 y 250 Hz) y la suma de los tiempos de reverberación a medias frecuencias (500 y 1000 Hz) (Beranek 2004/1996). Los valores recomendados de BR para una sala totalmente ocupada son:

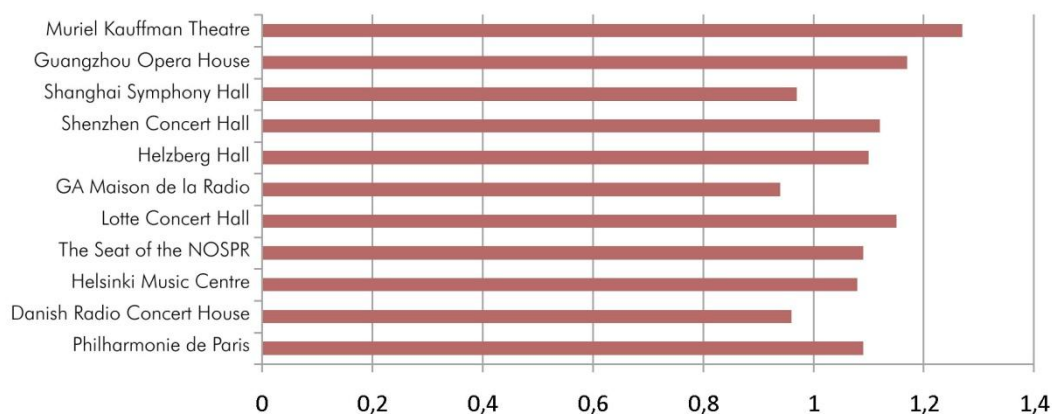
$$1,10 \leq BR \leq 1,25 \text{ (si } T_{R \text{ mid}} = 2,2\text{s)}$$

$$1,10 \leq BR \leq 1,45 \text{ (si } T_{R \text{ mid}} = 1,8\text{s)}$$

Para salas con otros valores de  $T_{R \text{ mid}}$ , el valor máximo recomendado de BR se determina por interpolación.

En las salas analizadas se puede ver que en la mayoría de los casos los valores se encuentran entre 1,10 y 1,25, pero en el Shanghai Symphony Hall, el Grand Auditorium de la Maison de la Radio y la Danish Radio Concert House el valor de BR es inferior a 1,10, por lo que no se consigue una adecuada calidez del sonido.

### Calidez (sala llena)

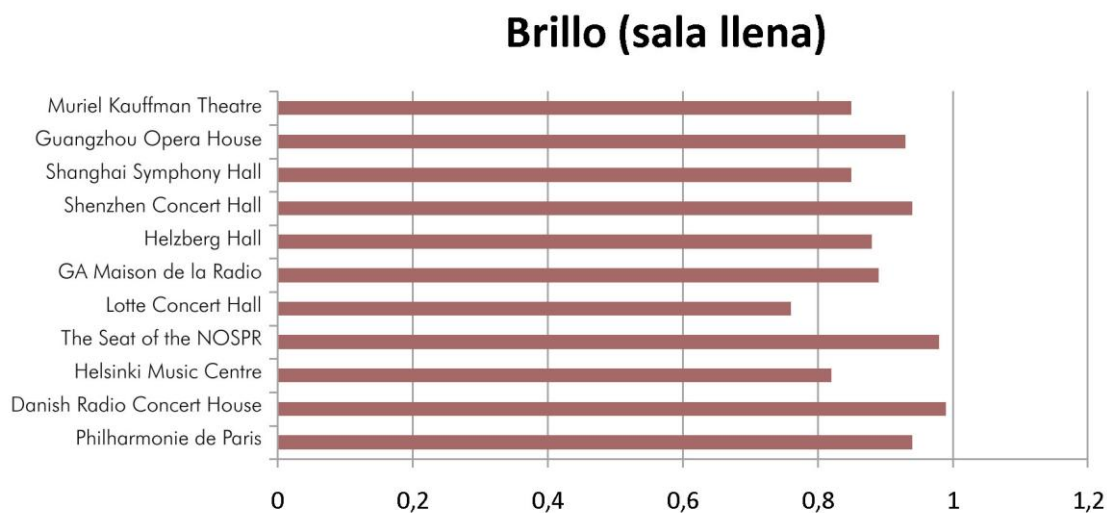


El término brillante indica que “el sonido en la sala es claro y rico en armónicos” (Carrión, 1998, 226). El brillo (Br) se obtiene como el cociente entre la suma de los tiempos de reverberación a altas frecuencias (2000 y 4000 Hz) y la suma de los tiempos de reverberación a frecuencias medias (500 y 1000 Hz). Según Beranek (2004/1996), el valor recomendado de Br para una sala totalmente ocupada es:

$$0,87 \leq Br$$

Se debe tener en cuenta que el valor de Br, en general, no resultará mayor que 1, debido a la gran absorción del aire en altas frecuencias para volúmenes grandes.

En general, en los ejemplos estudiados, el valor del brillo es superior al valor mínimo de 0,87 o se encuentra próximo con valores de 0,85 o 0,82. Sin embargo, el Lotte Concert Hall no se ajusta al brillo deseado, ya que tiene un valor de Br de 0,76.



BERANEK, L.L. (2004). *Concert halls and opera houses: music, acoustics an architecture*. New York, NY: Springer,cop. (2ª Ed.)

CARRIÓN, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona, España: Edicions UPC.

LLINARES GALIANA, J., LLOPIS REYNA, A. y SANCHO VERDRELL, F.J. (1996). *Acústica arquitectónica y urbanística* (2ª Ed.). Valencia: Univesitat Politècnica de València.

## **6 | CONCLUSIONES**

Actualmente, las capitales de Europa tienen especial interés en protagonizar el panorama musical, lo que se materializa con la creación de grandes auditorios. En cuanto a la tipología, la mayoría de las salas de conciertos se basan en la Philharmonie de Scharoun, donde el público se organiza en terrazas que rodean el escenario, consiguiendo una mayor intimidad y calidad visual y acústica gracias al refuerzo de las reflexiones debido a los antepechos de cada terraza, creando un sonido envolvente. Además, esta tipología de auditorio no aparece solo en Europa, sino que su influencia se esparce por todo occidente y los países orientales. En el caso de las salas de ópera, se continúa con la tradicional planta en herradura de la ópera italiana, con el patio de butacas sobre un suelo inclinado, dos o tres niveles superiores de palcos y, en algunos casos, con la adición de alguna particularidad. Cabe añadir que los techos de las salas en general, son modelados o con elementos suspendidos que generan formas irregulares, favoreciendo el fenómeno de la difusión.

Respecto a la relación volumen/espectador, la mayoría de las salas tienen un valor mayor que el recomendado; por esta razón, los tiempos de reverberación medios en gran parte de ellas exceden los valores óptimos, dando lugar a salas bastante reverberantes. En cuanto a las salas de ópera, la mitad de los ejemplos de estudio sí que poseen unos valores de volumen/espectador adecuados, por lo que el tiempo de reverberación se adecúa a los valores recomendados. También, en el análisis del brillo y la calidez, la mayoría de las salas tienen unos valores adecuados.

Como último factor analizado, la materialidad en las salas de audición de esta última década se caracteriza por la continuación en el uso de la madera. También es bastante común el uso del yeso en paredes y techos, en algunos casos, con configuraciones de formas orgánicas que confieren unidad a la envolvente. Además, destaca el uso de materiales metálicos en forma de mallas metálicas acústicamente transparentes.

Se puede decir que Yasuhisa Toyota, presidente de la empresa Nagata Acoustics en Estados Unidos, es el responsable del diseño acústico de las salas de audición más relevantes de estos últimos años, como la Danish Radio Concert Hall en Copenhague (2009), la Philharmonie de París (2015), ambos proyectos del arquitecto Jean Nouvel, o la Elbphilharmonie de Hamburgo (2017) de Herzog & de Meuron.

Para terminar, cabe señalar que dada la muy reciente inauguración de estos auditorios y por tanto su corta vida y programación no se conoce en profundidad su calidad acústica. Esta se irá decantando cierto tiempo después en función de medidas acústicas completas que aún no hay en la actualidad y sobre todo de la opinión fundamentada de directores de orquesta, directores de teatro, músicos y actores, que con sus críticas irán configurando su mayor o menor interés por cada una de ellas.



## **7 | BIBLIOGRAFÍA**

- BERANEK, L.L. (2004). *Concert halls and opera houses: music, acoustics an architecture*. New York, NY: Springer, cop. (2º Ed.)
- CANAC, F. (1967). *L'acoustique des theatres antiques*. París: Centre National de la Recherche Scientifique.
- CARRIÓN, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona, España: Edicions UPC.
- GARCÍA PEDROSA, I. (2017). "Trazas acústicas. Construir para la música" en *Arquitectura Viva*, Nº 193, p. 15-19.
- HELMHOLTZ, H. (1954). *On the Sensations of Tone*. New York, NY: Dover Publications, Inc.
- IZENOUR, G. C. (1977). *Theater Design*. New York, NY: McGraw-Hill. The George C. Izenour Archive at Penn State University.
- LLINARES GALIANA, J., LLOPIS REYNA, A. y SANCHO VERDRELL, F.J. (1996). *Acústica arquitectónica y urbanística* (2º Ed.). Valencia: Univesitat Politècnica de València.
- LONG, M. (2006). *Architectural acoustics*. Oxford: Academic Press

## **8 | ÍNDICE DE IMÁGENES Y FICHAS**

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2.1 Vista teatro de Epidauro

AULA DE HISTORIA. *Teatro de Epidauro. Comentario.*

<<http://www.auladehistoria.org/2016/03/teatro-de-epidauro-comentario.html>>

[Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.2 Planta teatro de Epidauro

AULA DE HISTORIA. *Teatro de Epidauro. Comentario.*

<<http://www.auladehistoria.org/2016/03/teatro-de-epidauro-comentario.html>>

[Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.3 Sección teatro de Epidauro

LA CALLE TRUJILLO (2012) “APUNTES DESENTERRADOS” – una mirada escueta a los orígenes del teatro occidental – III parte” en *La Calle Trujillo*, 26 de abril.

<<http://lacalletrujillo.blogspot.com.es/2012/04/teatro-de-epidauro-el-teatro-de.html>>

[Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.4 Vista Odeón de Agripa

SLIDESHARE. *Teatro Romano 2016*

<<https://www.slideshare.net/ferro21/teatro-romano-2016-62164037>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.5 Planta Odeón de Agripa

IZENOUR, G. C. (1977). *Theater Design*. New York, NY: McGraw-Hill. The George C. Izenour Archive at Penn State University.

Imagen 2.6 Sección Odeón de Agripa

IZENOUR, G. C. (1977). *Theater Design*. New York, NY: McGraw-Hill. The George C. Izenour Archive at Penn State University.

Imagen 2.7 Vista Teatro en Aspendos

ARKHOS.COM.AR. *El Teatro Romano de Aspendos.*

<<http://www.arkhos.com.ar/el-teatro-romano-de-aspendos/>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.8 Planta Teatro en Aspendos

IZENOUR, G. C. (1977). *Theater Design*. New York, NY: McGraw-Hill. The George C. Izenour Archive at Penn State University.

Imagen 2.9 Sección Teatro en Aspendos

IZENOUR, G. C. (1977). *Theater Design*. New York, NY: McGraw-Hill. The George C. Izenour Archive at Penn State University.

Imagen 2.10 Interior Teatro Olímpico

EVOLUZIONE DELLO SPAZIO SCENICO. *Lo spazio teatrale.*

<<http://www.spazioscenico.altervista.org/>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.11 Planta Teatro Olímpico

EVOLUZIONE DELLO SPAZIO SCENICO. *Lo spazio teatrale*.

< <http://www.spazioscenico.altervista.org/> > [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.12 Sección Teatro Olímpico

ARKIKULTURA (2013) "Teatro Olímpico, Vicenza. Andrea Palladio" en *Arkikultura*, 13 de mayo.

< <http://arkikultura.com/teatro-olimpico-andrea-palladio/> > [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.13 Interior Teatro Sabbioneta

LOESCHER EDITORE TORINO. *Alla ricerca della città ideale: Sabbioneta e Mantova*.

< <http://artivisive.loescher.it/alla-ricerca-della-citta-ideale-sabbioneta-e-mantova.n2980> > [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.14 Planta Teatro Sabbioneta

BRETON, G. (1989). *Théâtres*. Paris: Editions du Moniteur.

Imagen 2.15 Sección Teatro Sabbioneta

BRETON, G. (1989). *Théâtres*. Paris: Editions du Moniteur.

Imagen 2.16 Interior Teatro Farnese

FIPAV PUGLIA MAGAZINE. *Teatro Farnese Parma*.

< [http://www.fipavpugliamagazine.it/images/Immagini\\_2013-2014/2014-02-08\\_TeatroFarnese\\_Parma.jpg](http://www.fipavpugliamagazine.it/images/Immagini_2013-2014/2014-02-08_TeatroFarnese_Parma.jpg) > [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.17 Planta Teatro Farnese

BRETON, G. (1989). *Théâtres*. Paris: Editions du Moniteur.

Imagen 2.18 Sección Teatro Farnese

BRETON, G. (1989). *Théâtres*. Paris: Editions du Moniteur.

Imagen 2.19 Interior Hanover S.R.

THE HECTOR BERLIOZ WEBSITE. *Berlioz in London. Hanover Square Rooms*.

< <http://www.hberlioz.com/London/BLHanoverSquare.html> > [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.20 Planta Hanover S.R.

FORSYTH, M. (1985). *Buildings for music*. Cambridge, MA: MIT Press.

Imagen 2.21 Sección Hanover S.R.

FORSYTH, M. (1985). *Buildings for music*. Cambridge, MA: MIT Press.

Imagen 2.22 Interior Teatro alla Scala

CAPONE, F. (2016) "La storia del Teatro alla Sacala" en *Focus*, 03 de agosto.

< <http://www.focus.it/cultura/storia/inaugurazione-teatro-alla-scala-storia> > [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.23 Planta Teatro alla Scala

BERANEK, L. L. (1979). *Music, Acoustics & Architecture*. (Original Edition 1962). Hunting, NY: R.E. Krieger Pub. Co.

Imagen 2.24 Sección Teatro alla Scala

BERANEK, L. L. (1979). *Music, Acoustics & Architecture*. (Original Edition 1962). Hunting, NY: R.E. Krieger Pub. Co.

Imagen 2.25 Interior Musikvereinssaal

MUSIKVEREIN. *Picture galleries*.

<<https://www.musikverein.at/en/picture-galleries>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.26 Planta Musikvereinssaal

BERANEK, L. L. (1979). *Music, Acoustics & Architecture*. (Original Edition 1962). Hunting, NY: R.E. Krieger Pub. Co.

Imagen 2.27 Sección Musikvereinssaal

BERANEK, L. L. (1979). *Music, Acoustics & Architecture*. (Original Edition 1962). Hunting, NY: R.E. Krieger Pub. Co.

Imagen 2.28 Interior Festspielhaus

THE OPERA 101. *Tha Bayreuth Festival*.

<<http://www.theopera101.com/operahouses/bayreuth/>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.29 Planta Festspielhaus

BERANEK, L. L. (1979). *Music, Acoustics & Architecture*. (Original Edition 1962). Hunting, NY: R.E. Krieger Pub. Co.

Imagen 2.30 Sección Festspielhaus

BERANEK, L. L. (1979). *Music, Acoustics & Architecture*. (Original Edition 1962). Hunting, NY: R.E. Krieger Pub. Co.

Imagen 2.31 Interior Boston Music Hall

BOSTON A-LIST – CITYVOTER. *Boston Symphony Hall*.

<<http://boston.cityvoter.com/boston-symphony-hall/biz/590358>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.32 Planta Boston Music Hall

BERANEK, L. L. (1979). *Music, Acoustics & Architecture*. (Original Edition 1962). Hunting, NY: R.E. Krieger Pub. Co.

Imagen 2.33 Sección Boston Music Hall

BERANEK, L. L. (1979). *Music, Acoustics & Architecture*. (Original Edition 1962). Hunting, NY: R.E. Krieger Pub. Co.

Imagen 2.34 Interior Royal Festival Hall

DESIGN MUSEUM. *Cheap things to do in London*.

<<http://www.designmuseum.me/design-museums-and-art-centers/cheap-things-to-do-in-london/>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.35 Planta Royal Festival Hall

OPEN BUILDINGS. *Royal festival hall. Southbank Centre*.

<<http://openbuildings.com/buildings/royal-festival-hall-southbank-centre-profile-3515>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.36 Sección Royal Festival Hall

OPEN BUILDINGS. *Royal festival hall. Southbank Centre*.

<<http://openbuildings.com/buildings/royal-festival-hall-southbank-centre-profile-3515>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.37 Interior Kresge Auditorium

MILLER, M. (2014) "AD Classics: Kresge Auditorium / Eero Saarinen and Associates" en *ArchDaily*, 03 de Abril.

<<http://www.archdaily.com/492176/ad-classics-kresge-auditorium-eero-saarinen-and-associates>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.38 Planta Kresge Auditorium

MILLER, M. (2014) "AD Classics: Kresge Auditorium / Eero Saarinen and Associates" en *ArchDaily*, 03 de Abril.

<<http://www.archdaily.com/492176/ad-classics-kresge-auditorium-eero-saarinen-and-associates>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.39 Sección Kresge Auditorium

MILLER, M. (2014) "AD Classics: Kresge Auditorium / Eero Saarinen and Associates" en *ArchDaily*, 03 de Abril.

<<http://www.archdaily.com/492176/ad-classics-kresge-auditorium-eero-saarinen-and-associates>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.40 Interior Kulttuuritalo

FIEDERER, L. (2016) "AD Classics: House of Culture / Alvar Aalto" en *ArchDaily*, 14 de marzo.

<<http://www.archdaily.com/783388/ad-classics-house-of-culture-alvar-aalto>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

Imagen 2.41 Planta Kulttuuritalo

FIEDERER, L. (2016) "AD Classics: House of Culture / Alvar Aalto" en *ArchDaily*, 14 de marzo.

<<http://www.archdaily.com/783388/ad-classics-house-of-culture-alvar-aalto>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

## Imagen 2.42 Sección Kulttuuritalo

NUK, N. (2011) "House of Culture – Alvar Aalto 1955-1958" en *Nuk goes to Helsinki*, Abril.  
<<http://helsinkitonuk.blogspot.com.es/2011/04/house-of-culture-alvar-aalto-1955-1958.html>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

## Imagen 2.43 Interior Philharmonie

BLANKENBEHLER, B. (2015) "Berlin Philharmonic Concert Hall, Berlin" en *Architecture Revived*, 08 de septiembre.  
<<http://www.architecturerevived.com/berlin-philharmonic-concert-hall-berlin/>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

## Imagen 2.44 Planta Philharmonie

YUEN, J. (2015) "Hans Scharoun" en *ARCH1101 2015 Jacky Yuen*, 01 de abril.  
<<http://arch1101-2015jy.blogspot.com.es/2015/04/hans-scharoun.html>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

## Imagen 2.45 Sección Philharmonie

YUEN, J. (2015) "Hans Scharoun" en *ARCH1101 2015 Jacky Yuen*, 01 de abril.  
<<http://arch1101-2015jy.blogspot.com.es/2015/04/hans-scharoun.html>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

## Imagen 2.46 Interior Ópera Sidney

AUSTRALIAN DESIGN REVIEW. *ARM Architecture to redesign Opera House Concert Hall*.  
<<https://www.australiandesignreview.com/architecture/arm-architecture-to-redesign-opera-house-concert-hall/>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

## Imagen 2.47 Planta Ópera Sidney

TAYLOR, L. y CLARINGBOLD, D. (2010). "Acoustics of the Sydney Opera House Concert Hall" en *20<sup>th</sup> International Congress on Acoustics*, ICA. (23-27 Agosto 2010, Sydney, Australia). Disponible en <[https://www.acoustics.asn.au/conference\\_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p887.pdf](https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p887.pdf)> [Consulta: 22 de junio de 2017]

## Imagen 2.48 Sección Ópera Sidney

TAYLOR, L. y CLARINGBOLD, D. (2010). "Acoustics of the Sydney Opera House Concert Hall" en *20<sup>th</sup> International Congress on Acoustics*, ICA. (23-27 Agosto 2010, Sydney, Australia). Disponible en <[https://www.acoustics.asn.au/conference\\_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p887.pdf](https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p887.pdf)> [Consulta: 22 de junio de 2017]

## Imagen 2.49 Interior W.D. Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.  
<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]



Imagen 2.50 Planta W.D. Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 2.51 Sección W.D. Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.1.1 Vista exterior de la Elbphilharmonie

STOCKINS, I. (2017). "Elbphilharmonie Hamburgo / Herzog & de Meuron" en *plataforma arquitectura*, 06 de Enero.

<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/802863/elbphilharmonie-hamburgo-herzog-and-de-meuron>> [Consulta: 15 de abril de 2017]

Imagen 3.1.2 Emplazamiento y Vistas desde la plaza elevada

AV: *Monografías. Herzog & de Meuron* (2013). Nº157-158. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 86

Imagen 3.1.3 Boceto de la idea

*El Croquis* (2010). Nº152-153. Madrid: El Croquis Editorial. pág 150

Imagen 3.1.4 Programa de la Elbphilharmonie

AV *Proyectos* (2011), Nº 47. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 71

Imagen 3.1.5 Vista interior sala de conciertos

STOCKINS, I. (2017). "Elbphilharmonie Hamburgo / Herzog & de Meuron" en *plataforma arquitectura*, 06 de Enero.

<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/802863/elbphilharmonie-hamburgo-herzog-and-de-meuron>> [Consulta: 15 de abril de 2017]

Imagen 3.1.6 Planta sala de conciertos Elbphilharmonie

AV: *Monografías. Herzog & de Meuron* (2013). Nº157-158. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 90

Imagen 3.1.7 Sección sala de conciertos Elbphilharmonie

AV: *Monografías. Herzog & de Meuron* (2013). Nº157-158. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 73

Imagen 3.1.8 Detalle superficie Elbphilharmonie

ARCHELLO. *THE ELBPHILHARMONIE: HAMBURG'S NEW CULTURAL LANDMARK*.

<<http://sp.archello.com/en/project/elbphilharmonic-hamburg/2803588>> [Consulta: 15 de abril de 2017]

## Imagen 3.2.1 Vista exterior de la Philharmonie

FREARSON, A. (2015). "New photos offer a closer look around Jean Nouvel's Philharmonie de Paris" en *dezeen*, 15 de Diciembre.

<<https://www.dezeen.com/2015/12/15/new-photographs-closer-look-around-jean-nouvel-philharmonie-de-paris-danica-o-kus/>> [Consulta: 15 de abril de 2017]

## Imagen 3.2.2 Emplazamiento de la Philharmonie

*Arquitectura Viva* (2017). Nº 193. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 32

## Imagen 3.2.3 Boceto de la idea de la Philharmonie

MANUEL AGUDO, P. (2007). "Nueva Filarmónica de París/Jean Nouvel" en *Urbanity.es*, 16 de Abril.

<<http://www.urbanity.es/2007/nueva-filarmonica-de-paris-jean-nouvel/>> [Consulta: 15 de abril de 2017]

## Imagen 3.2.4 Programa de la Philharmonie

PHILHARMONIE DE PARIS. *How to come*.

< <http://philharmoniedeparis.fr/en/practical-info-services/how-come> > [Consulta: 15 de abril de 2017]

## Imagen 3.2.5 Vista interior sala de conciertos

LALUETA, I. (2015). "Con debate, hoy se inaugura la Philharmonie de Paris, por Jean Nouvel" en *Metalocus*, 14 de Enero.

<<http://www.metalocus.es/es/noticias/con-debate-hoy-se-inaugura-la-philharmonie-de-paris-por-jean-nouvel> > [Consulta: 15 de abril de 2017]

## Imagen 3.2.6 Planta sala Philharmonie

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.2.7 Sección Philharmonie

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.2.8 Detalle superficie Philharmonie

TAYLOR-FOSTER, J. (2015). "Jean Nouvel boicotea apertura de Filarmónica de París, pues "no está terminada"" en *plataforma arquitectura*, 21 de Enero.

<<http://www.archdaily.mx/mx/760748/jean-nouvel-boicotea-apertura-de-filarmonica-de-paris-pues-no-esta-finalizada>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.2.9 Gráfica  $T_R$  Philharmonie

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.3.1 Vista exterior DRCH

BERJIUS HERMANSEN, B. (2009) "DR Concert Hall" en *arcspace.com*, 21 de Julio.

<<http://www.arcspace.com/features/ateliers-jean-nouvel-/dr-concert-hall/>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.3.2 Emplazamiento DRCH

ATELIERS JEAN NOUVEL. *Danish Radio Concert House*.

<<http://www.jeannouvel.com/en/desktop/home/#/en/desktop/projet/copenhagen-denmark-concert-house-danish-radio1>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.3.3 Axonometría idea DRCH

*El Croquis* (2016). Nº 183. Madrid: El Croquis Editorial (p. 102)

## Imagen 3.3.4 Programa DRCH

POOPONG, K. (2011) "Copenhagen Concert Hall: By Ateliers Jean Nouvel" en *HouseVariety*, 07 de marzo.

<<http://housevariety.blogspot.com.es/2011/03/copenhagen-concert-hall-by-ateliers.html#.WUkGnOvyipp>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.3.5 Vista interior sala de conciertos

FIGUERAS. *Concert House Danish Radio Byen*.

<[http://www.figueras.com/uk/projects/concert-halls-and-auditoriums/16\\_concert-house-danish-radio-byen.html](http://www.figueras.com/uk/projects/concert-halls-and-auditoriums/16_concert-house-danish-radio-byen.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.3.6 Planta sala DRCH

FIGUERAS. *Concert House Danish Radio Byen*.

<[http://www.figueras.com/uk/projects/concert-halls-and-auditoriums/16\\_concert-house-danish-radio-byen.html](http://www.figueras.com/uk/projects/concert-halls-and-auditoriums/16_concert-house-danish-radio-byen.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.3.7 Sección DRCH

*El Croquis* (2016). Nº 183. Madrid: El Croquis Editorial (p. 113)

## Imagen 3.3.8 Reflector

LINDNER GROUP. *Lindner Concert Halls, Theatres and Auditoria*.

<[https://www.lindner-group.com/fileadmin/user\\_upload/internet/downloads/en/sk\\_br\\_lindner\\_werblich--en.pdf](https://www.lindner-group.com/fileadmin/user_upload/internet/downloads/en/sk_br_lindner_werblich--en.pdf)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.3.9 Gráfica TR DRCH

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.4.1 Vista exterior Helsinki Music Centre

LPR-ARKKITEHDIT. *Helsinki Music Centre*.

<<http://www.ark-lpr.fi/reference/helsingin-musiikkitalo/>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.4.2 Emplazamiento Helsinki Music Centre

GOOGLE MAPS. *Helsinki Music Centre*.

<<https://www.google.es/maps/@60.1656247,24.9297576,1303a,35y,8.44h,35.09t/data=!3m1!1e3>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.4.3 Interior Helsinki Music Centre

LPR-ARKKITEHDIT. *Helsinki Music Centre*.

<<http://www.ark-lpr.fi/reference/helsingin-musiikkitalo/>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.4.4 Programa Helsinki Music Centre

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.4.5 Vista interior sala de conciertos

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.4.6 Planta sala de conciertos

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.4.7 Sección sala de conciertos

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.4.8 Vista de la sala desde el vestíbulo

LPR-ARKKITEHDIT. *Helsinki Music Centre*.

<<http://www.ark-lpr.fi/reference/helsingin-musiikkitalo/>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.4.9 Gráfica TR sala de conciertos

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.5.1 Vista exterior de la NOSPR

ARCHDAILY. *National Polish Radio Symphony Orchestra / Konior Studio*.

<<http://www.archdaily.com/577976/national-polish-radio-symphony-orchestra-konior-studio>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.5.2 Emplazamiento de la NOSPR

ARCHDAILY. *National Polish Radio Symphony Orchestra / Konior Studio*.

<<http://www.archdaily.com/577976/national-polish-radio-symphony-orchestra-konior-studio>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.5.3 Boceto idea de la NOSPR

ARCHDAILY. *National Polish Radio Symphony Orchestra / Konior Studio*.

<<http://www.archdaily.com/577976/national-polish-radio-symphony-orchestra-konior-studio>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.5.4 Programa de la NOSPR

ARCHDAILY. *National Polish Radio Symphony Orchestra / Konior Studio*.

<<http://www.archdaily.com/577976/national-polish-radio-symphony-orchestra-konior-studio>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.5.5 Vista interior sala NOSPR

ARCHDAILY. *National Polish Radio Symphony Orchestra / Konior Studio*.

<<http://www.archdaily.com/577976/national-polish-radio-symphony-orchestra-konior-studio>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.5.6 Planta sala NOSPR

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.5.7 Sección sala NOSPR

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.5.8 Detalle materialidad paramento

KONIOR STUDIO. *The Seat of the National Polish Radio Symphony Orchestra (NOSPR), Katowice*

<<http://en.koniorstudio.pl/projekty/siedziba-nospr-katowice/>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Imagen 3.5.9 Gráfica TR sala NOSPR

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.6.1 Vista exterior Lotte concert Hall

KPF. *Lotte concert Hall*.

<<https://www.kpf.com/projects/lotte-concert-hall>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.6.2 Emplazamiento Lotte Concert Hall

GOOGLE MAPS. *Lotte World Mall*.

<<https://www.google.es/maps/place/%EB%A1%AF%EB%8D%B0%EC%9B%94%EB%93%9C%EB%AA%B0+LOTTE+WORLD+MALL/@37.513689,127.1044541,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0xa58b77605ab63817!8m2!3d37.513689!4d127.1044541>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.6.3 Sección idea Lotte Concert Hall

LOTTE CONCERT HALL. *Acoustics*.

<<https://www.lotteconcerthall.com/eng/ConcertHall/ConcertHallIntro>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.6.4 Programa Lotte Concert Hall

HAE-YOUNG, O. (2015) "Lotte World Tower to become Seoul's answer to Dubai's Burj Khalifa" en Korea *IT Times*.

<<http://www.koreaitimes.com/story/55259/lotte-world-tower-become-seoul%E2%80%99s-answer-dubai%E2%80%99s-burj-khalifa>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.6.5 Vista interior Lotte Concert Hall

DMPPartners. *LOTTE Concert Hall*.

<<http://www.dmppartners.com/works/detail.html?id=87>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.6.6 Planta sala Lotte Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.6.7 Sección sala Lotte Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.6.8 Detalle Reflector

KPF. *Lotte concert Hall*.

<<https://www.kpf.com/projects/lotte-concert-hall>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.6.9 Gráfica TR sala Lotte Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.7.1 Vista exterior Maison de la Radio

ARCHITECTURE STUDIO. *THE GRAND AUDITORIUM OF THE MAISON DE LA RADIO*.

Press release. Paris, 2014.

<[http://www.architecture-studio.fr/data/communique/41/fichier\\_paprk2\\_dossierdepresse4en\\_light\\_36eae.pdf](http://www.architecture-studio.fr/data/communique/41/fichier_paprk2_dossierdepresse4en_light_36eae.pdf)>

[Consulta: 21 de junio de 2017]

Imagen 3.7.2 Emplazamiento Maison de la Radio

ARCHITECTURE STUDIO. *THE GRAND AUDITORIUM OF THE MAISON DE LA RADIO*.

Press release. Paris, 2014.

<[http://www.architecture-studio.fr/data/communique/41/fichier\\_paprk2\\_dossierdepresse4en\\_light\\_36eae.pdf](http://www.architecture-studio.fr/data/communique/41/fichier_paprk2_dossierdepresse4en_light_36eae.pdf)>

[Consulta: 21 de junio de 2017]

Imagen 3.7.3 Imagen idea Maison de la Radio

MAISON DE LA RADIO. *L'édifice. L'ouverture des plateaux*.

<<http://www.maisondelaradio.fr/la-maison>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.7.4 Programa Maison de la Radio

MAISON DE LA RADIO. *Les origines. Le Project d'Architecture Studio*.

<<http://www.maisondelaradio.fr/la-maison>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.7.5 Vista interior sala Maison de la Radio

ARCHITECTURE STUDIO. *LE GRAND AUDITORIUM DE LA MAISON DE LA RADIO*.

<[http://www.architecture-studio.fr/fr/projets/paprk2-auditorium/grand\\_auditorium\\_de\\_la\\_maison\\_de\\_la\\_radio.html](http://www.architecture-studio.fr/fr/projets/paprk2-auditorium/grand_auditorium_de_la_maison_de_la_radio.html)> [Consulta: 21 de junio de 2017]

Imagen 3.7.6 Planta sala Maison de la Radio

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.7.7 Sección sala Maison de la Radio

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.7.8 Detalle superficie paredes

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.7.9 Gráfica TR sala Maison de la Radio

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.8.1 Vista exterior Kauffman Center

SAFDIE ARCHITECTS. *Kauffman Center for the Performing Arts*.

<<http://www.msafdie.com/projects/kauffmancenterfortheperformingarts>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.8.2 Situación Kauffman Center

GOOGLE MAPS. *Kauffman Center for the Performing Arts*.

<<https://www.google.es/maps/@39.0942234,-94.5873063,1031m/data=!3m1!1e3>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.8.3 Boceto idea Kauffman Center

ARCHDAILY. TOP 100PROJECTS. *Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*".

<<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.8.4 Programa Kauffman Center

ARCHDAILY. TOP 100PROJECTS. *Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*".

<<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 3.8.5 Vista interior Helzberg Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.8.6 Planta Helzberg Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.8.7 Sección Helzberg Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.8.8 Detalle malla metálica

GKD METAL FABRICS. *Kauffman Center for the Performing Arts – Helzberg Hall*

<[http://www.gkdmetalfabrics.com/projects/kauffman\\_center\\_for\\_the\\_performing\\_arts.html](http://www.gkdmetalfabrics.com/projects/kauffman_center_for_the_performing_arts.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.8.9 Gráfica TR Helzberg Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]



## Imagen 3.9.1 Vista exterior Shenzhen Cultural Centre

CARNEGIE HALL. NYO-USA: *Visiting China's Finest Concert Halls*.

<<https://www.carnegiehall.org/BlogPost.aspx?id=4295013647>> [Consulta: 23 de junio de 2017]

## Imagen 3.9.2 Situación Shenzhen Cultural Centre

GOOGLE MAPS. *Shenzhen Cultural Centre*.

<<https://www.google.es/maps/@22.5487327,114.050294,3522a,35y,358.36h/data=!3m1!1e3>> [Consulta: 23 de junio de 2017]

## Imagen 3.9.3 Boceto Idea Shenzhen Cultural Centre

ISOZAKI + HUQIAN PARTNERS. *Shenzhen Cultural Center*.

<<http://www.isozaki-plus-huqian-partners.com/>> [Consulta: 23 de junio de 2017]

## Imagen 3.9.4 Exterior Shenzhen Cultural Centre

AU, B (2013). "Shenzhen Concert Hall" en *brianau.net*, 14 de agosto.

<<http://www.brianau.net/2013/08/14/shenzhen-concert-hall/>> [Consulta: 23 de junio de 2017]

## Imagen 3.9.5 Vista interior Shenzhen Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.9.6 Planta Shenzhen Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.9.7 Sección Shenzhen Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.9.8 Otros datos acústicos

OGUCHI, K. y TOYOTA, Y. (2008). "Acoustical Design of Shenzhen Concert Hall, Shenzhen China" en *Acoustics'08 Paris*.

<<http://webistem.com/acoustics2008/acoustics2008/cd1/data/articles/001488.pdf>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Imagen 3.9.9 Gráfica TR Shenzhen Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.10.1 Vista exterior Shanghai Symphony Hall

THEATRE PROJECTS. *Shanghai Symphony Hall*

<<http://theatreprojects.com/en/project/view/160/shanghai-symphony-hall>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 3.10.2 Situación Shanghai Symphony Hall

SHANGHAI SYMPHONY ORCHESTRA. *Contact us.*

<<http://www.shsymphony.com/page-index-id-3.html>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 3.10.3 Render Shanghai Symphony Hall

ISOZAKI + HuQian Partners. *Shanghai Symphony Hall.*

<<http://www.isozaqi-plus-huqian-partners.com/>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 3.10.4 Planta y Sección Shanghai Symphony Hall

OGUCHI, K. (2014). "Building Isolation: Eliminating Subway Train Structure-Borne Sound at Shanghai Symphony Hall" en *NAGATA ACOUSTICS*, 25 de Noviembre.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_news/news1411-e.html](http://www.nagata.co.jp/e_news/news1411-e.html)> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 3.10.5 Vista interior sala de conciertos SSH

SHANGHAI SYMPHONY ORCHESTRA. *SSH Homepage.*

<<http://shsymphony.com/hall-index-index.html>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 3.10.6 Planta sala de conciertos SSH

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls.*

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.10.7 Sección sala de conciertos SSH

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls.*

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 3.10.8 Detalle superficie paneles en paredes

SHANGHAI SYMPHONY ORCHESTRA. *SSH Homepage.*

<<http://shsymphony.com/hall-index-index.html>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 3.10.9 Gráfica TR sala de conciertos SSH

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls.*

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.1.1 Vista exterior Guangzhou Opera

ZAHA HADID ARCHITECTS. *Guangzhou Opera House.*

<<http://www.zaha-hadid.com/architecture/guangzhou-opera-house/>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.1.2 Emplazamiento Guangzhou Opera

PLATAFORMA ARQUITECTURA. *Ópera de Guangzhou / Zaha Hadid Architects.*

<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626383/pera-de-guangzhou-zaha-hadid-architects>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.1.3 Interior Guangzhou Opera

ZAHA HADID ARCHITECTS. *Guangzhou Opera House.*

<<http://www.zaha-hadid.com/architecture/guangzhou-opera-house/>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.1.4 Programa Guangzhou Opera

PLATAFORMA ARQUITECTURA. *Ópera de Guangzhou / Zaha Hadid Architects.*

<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626383/pera-de-guangzhou-zaha-hadid-architects>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.1.5 Vista interior Guangzhou Opera

DIARIO DESGIN. *La nueva Opera House en Guangzhou de Zaha Hadid: un paisaje interior a orillas del río.*

<<http://diariodesign.com/2011/03/la-nueva-opera-house-en-guangzhou-de-hada-zadid-un-paisaje-interior-a-orillas-del-rio/>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.1.6 Planta sala Guangzhou Opera

EXTON, P. (2011). "The room acoustic design of the Guangzhou Opera House" en *8th International Conference on Auditorium Acoustics 2011*. Dublin, Ireland: Institute of Acoustics (IOA). Pg 117-124

Imagen 4.1.7 Sección Guangzhou Opera

PLATAFORMA ARQUITECTURA. *Ópera de Guangzhou / Zaha Hadid Architects.*

<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626383/pera-de-guangzhou-zaha-hadid-architects>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.1.8 Detalle superficie

ZAHA HADID ARCHITECTS. *Guangzhou Opera House.*

<<http://www.zaha-hadid.com/architecture/guangzhou-opera-house/>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.2.1 Vista exterior Ópera Oslo

SNØHETTA. *Norwegian National Opera & Ballet.*

<<http://snohetta.com/projects/42-norwegian-national-opera-and-ballet>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.2.2 Emplazamiento Ópera Oslo

ARCHDAILY. *Oslo Opera House / Snohetta.*

<<http://www.archdaily.com/440/oslo-opera-house-snohetta/500ebd3e28ba0d0cc700011f-oslo-opera-house-snohetta-site-plan>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.2.3 Boceto idea Ópera Oslo

WORKS DIFFERENT. 'Opera Oslo- Snøhetta-9'.

<<https://worksdifferent.com/2013/10/01/arquitectura-agua/opera-oslo-snohetta-9/>>

[Consulta: 26 de junio de 2017]

Imagen 4.2.4 Programa Ópera Oslo

AV monografías (2015). Nº 177. Madrid: Arquitectura Viva SL

Imagen 4.2.5 Vista interior Ópera Oslo

ARQUITECTURA EN RED. Oslo Opera House.

<<http://www.arqred.mx/blog/wp-content/uploads/2010/09/Sala-principal.jpg>>

[Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.2.6 Planta sala Ópera Oslo

ARCHITECTURE WEEK. Oslo Opera.

<[http://www.architectureweek.com/cgi-bin/awimage?dir=2008/1112&article=design\\_3-3.html&image=14028\\_image\\_8.jpg](http://www.architectureweek.com/cgi-bin/awimage?dir=2008/1112&article=design_3-3.html&image=14028_image_8.jpg)> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.2.7 Sección Ópera Oslo

NTUST DEPARTMENT OF ARCHITECTURE. Oslo Opera House.

<<http://www.ad.ntust.edu.tw/grad/think/TEAM/2008student/B9413014/Oslo%20Opera%20House/Oslo%20Opera%20House%20Elevation&Section.htm>>

[Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.2.8 Detalle difusor de sonido

GO NORWAY. The Norwegian National Opera & Ballett.

<<http://www.gonorway.no/norway/articles/opera/1143/index.html>>

[Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.2.9 Gráfica TR Ópera Oslo

DNO&B (2014). "Konkurransgrunnlag Nytt høytalersystem Hovedscenen". Disponible en

<<https://kgv.doffin.no/app/docmgmt/downloadPublicDocument.asp?DVID=403927&FM T=1&AT=15&ID=119869>>

[Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.3.1 Vista exterior Beijing National Theatre

ARCHDAILY. National Grand Theatre of China / Paul Andreu.

<<http://www.archdaily.com/1218/national-grand-theater-of-china-paul-andreu>>

[Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.3.2 Situación Beijing National Theatre

GOOGLE MAPS. Beijing National Theatre.

<<https://www.google.es/maps/@39.905945,116.3853072,2514m/data=!3m1!1e3>>

[Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.3.3 Boceto idea Beijing National Theatre

NGT Birkaiser. "National Grand Theater of China" en *NGT Birkaiser*. Alemania: NGT Birkaiser

Imagen 4.3.4 Programa Beijing National Theatre

PAUL ANDREU. *Le Grand Théâtre national de Chine*.

< <http://www.paul-andreu.com/> > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.3.5 Vista interior ópera

ARCHITRAVEL. *National Grand Theatre*.

< <http://www.architravel.com/architravel/building/national-grand-theatre/> > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.3.6 Planta ópera

PAUL ANDREU. *Le Grand Théâtre national de Chine*.

< <http://www.paul-andreu.com/> > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.3.7 Sección ópera

PAUL ANDREU. *Le Grand Théâtre national de Chine*.

< <http://www.paul-andreu.com/> > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.3.8 Vista de la malla montada en el interior de la ópera

SCHMICH, I. et al (2008). "The Acoustics of the Beijing National Grand Theatre of China" en *CSTB*.

< [http://www.cstb.fr/dae/fileadmin/user\\_upload/documents/congres/2008\\_Acoustics\\_SC\\_HMICH\\_CHERVIN\\_et\\_al\\_NGTC.pdf](http://www.cstb.fr/dae/fileadmin/user_upload/documents/congres/2008_Acoustics_SC_HMICH_CHERVIN_et_al_NGTC.pdf) > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.3.9 Detalle malla metálica

SCHMICH, I. et al (2008). "The Acoustics of the Beijing National Grand Theatre of China" en *CSTB*.

< [http://www.cstb.fr/dae/fileadmin/user\\_upload/documents/congres/2008\\_Acoustics\\_SC\\_HMICH\\_CHERVIN\\_et\\_al\\_NGTC.pdf](http://www.cstb.fr/dae/fileadmin/user_upload/documents/congres/2008_Acoustics_SC_HMICH_CHERVIN_et_al_NGTC.pdf) > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.1 Vista exterior Kauffman Center

SAFDIE ARCHITECTS. *Kauffman Center for the Performing Arts*.

< <http://www.msafdie.com/projects/kauffmancenterfortheperformingarts> > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.2 Situación Kauffman Center

GOOGLE MAPS. *Kauffman Center for the Performing Arts*.

< <https://www.google.es/maps/@39.0942234,-94.5873063,1031m/data=!3m1!1e3> > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.3 Boceto idea Kauffman Center

ARCHDAILY. *TOP 100PROJECTS. Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*".

< <http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie> > [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.4 Programa Kauffman Center

ARCHDAILY. *TOP 100PROJECTS. Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*.  
<<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.5 Vista interior teatro

ARCHDAILY. *TOP 100PROJECTS. Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*.  
<<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.6 Planta teatro

ARCHDAILY. *TOP 100PROJECTS. Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*.  
<<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.7 Sección teatro

ARCHDAILY. *TOP 100PROJECTS. Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*.  
<<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.8 Iluminación balcones y paredes

DEREK PORTER STUDIO. *Kauffman Center for the Performing Arts*  
<<http://derekporterstudio.com/kauffman-center-for-the-performing-arts/>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.4.9 Gráfica TR teatro

NAGATA ACOUSTICS. *Theatres*.  
<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/theaters.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/theaters.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.1 Vista exterior Wuxi Grand Theatre

ARCHDAILY. *Wuxi Grand Theatre / PES-Architects*.  
<<http://www.archdaily.com/266612/wuxi-grand-theatre-pes-architects>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.2 Situación Wuxi Grand Theatre

ARCHDAILY. *Wuxi Grand Theatre / PES-Architects*.  
<<http://www.archdaily.com/266612/wuxi-grand-theatre-pes-architects>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.3 Idea Wuxi Grand Theatre

ARCHDAILY. *Wuxi Grand Theatre / PES-Architects*.  
<<http://www.archdaily.com/266612/wuxi-grand-theatre-pes-architects>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.4 Programa Wuxi Grand Theatre

ARCHDAILY. *Wuxi Grand Theatre / PES-Architects*.

<<http://www.archdaily.com/266612/wuxi-grand-theatre-pes-architects>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.5 Vista interior Wuxi Grand Theatre

KTXD.VN. *Nhà hát ló'n Wuxi (Vo Tich) / thiet ke PES-Architects*.

<[http://ktxd.vn/print\\_congtrinh/nha-hat-lon-wuxi-vo-tich-thiet-ke-pesarchitects/312.html](http://ktxd.vn/print_congtrinh/nha-hat-lon-wuxi-vo-tich-thiet-ke-pesarchitects/312.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.6 Planta Wuxi Grand Theatre

KTXD.VN. *Nhà hát ló'n Wuxi (Vo Tich) / thiet ke PES-Architects*.

<[http://ktxd.vn/print\\_congtrinh/nha-hat-lon-wuxi-vo-tich-thiet-ke-pesarchitects/312.html](http://ktxd.vn/print_congtrinh/nha-hat-lon-wuxi-vo-tich-thiet-ke-pesarchitects/312.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.7 Sección Wuxi Grand Theatre

KTXD.VN. *Nhà hát ló'n Wuxi (Vo Tich) / thiet ke PES-Architects*.

<[http://ktxd.vn/print\\_congtrinh/nha-hat-lon-wuxi-vo-tich-thiet-ke-pesarchitects/312.html](http://ktxd.vn/print_congtrinh/nha-hat-lon-wuxi-vo-tich-thiet-ke-pesarchitects/312.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.8 Detalle textura pared de bambú

ARCHDAILY. *Wuxi Grand Theatre / PES-Architects*.

<<http://www.archdaily.com/266612/wuxi-grand-theatre-pes-architects>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.5.9 Diseño de curvas de bambú

ARCHDAILY. *Wuxi Grand Theatre / PES-Architects*.

<<http://www.archdaily.com/266612/wuxi-grand-theatre-pes-architects>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.6.1 Vista exterior Bord Gáis Energy Theatre

STUDIO LIBESKIND. *Bord Gáis Energy Theatre and Grand Canal Commercial Development*.

<<http://libeskind.com/work/bord-gais-energy-theatre-and-grand-canal-commercial-development/>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Imagen 4.6.2 Situación Bord Gáis Energy Theatre

BUILDIPEDIA. *Daniel Libeskind's Grand Canal Square Theatre*.

<<http://buildipedia.com/aec-pros/featured-architecture/daniel-libeskind-s-grand-canal-square-theatre>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.6.3 Boceto Bord Gáis Energy Theatre

ARCHDAILY. *Grand Canal Theatre / Daniel Libeskind*.

<<http://www.archdaily.com/52814/grand-canal-theatre-daniel-libeskind>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.6.4 Programa Bord Gáis Energy Theatre

ARCHDAILY. *Grand Canal Theatre / Daniel Libeskind*.

<<http://www.archdaily.com/52814/grand-canal-theatre-daniel-libeskind>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.6.5 Vista interior teatro

ARCHDAILY. *Grand Canal Theatre / Daniel Libeskind*.

<<http://www.archdaily.com/52814/grand-canal-theatre-daniel-libeskind>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.6.6 Planta teatro

BUILDIPEDIA. *Daniel Libeskind's Grand Canal Square Theatre*.

<<http://buildipedia.com/aec-pros/featured-architecture/daniel-libeskinds-grand-canal-square-theatre>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.6.7 Sección teatro

E-ARCHITECT. *Dublin Docklands Building: Grand Canal Square*.

<<https://www.e-architect.co.uk/dublin/grand-canal-square>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 4.6.8 Paneles metálicos suspendidos

BORD GÁIS ENERGY THEATRE. *Gift Vouchers*.

<[http://bordgaisenergytheatre.ie/bord\\_gais/new-page/gift-vouchers](http://bordgaisenergytheatre.ie/bord_gais/new-page/gift-vouchers)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Imagen 5.1 Relación Volumen/Espectador con  $T_r$

LLINARES GALIANA, J., LLOPIS REYNA, A. y SANCHO VERDRELL, F.J. (1996). *Acústica arquitectónica y urbanística* (2ª Ed.). Valencia: Univesitat Politècnica de València.

Imagen 5.2 Valores recomendados de  $T_r$  mid en función del uso de la sala

CARRIÓN, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona, España: Edicions UPC.



## ÍNDICE DE FICHAS

Ficha 3.1.1 Ficha arquitectónica de la Elbphilharmonie de Hamburg

AV: *Monografías. Herzog & de Meuron* (2013). Nº157-158. Madrid: Arquitectura Viva SL, pg 82-97.

AV *Proyectos* (2011), Nº 47. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 68-81.

*El Croquis* (2010). Nº152-153. Madrid: El Croquis Editorial. pág 148-175

Ficha 3.1.2 Ficha acústica de la Elbphilharmonie de Hamburg

AV: *Monografías. Herzog & de Meuron* (2013). Nº157-158. Madrid: Arquitectura Viva SL, pg 82-97.

AV *Proyectos* (2011), Nº 47. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 68-81.

*El Croquis* (2010). Nº152-153. Madrid: El Croquis Editorial. pág 148-175

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Ficha 3.2.1 Ficha arquitectónica de la Philharmonie de París

JEAN NOUVEL ATELIERS. *Philharmonie de Paris*

<<http://www.jeannouvel.com/en/desktop/home/#/en/desktop/projet/paris-philharmonie>  
<<http://philharmoniedeparis.fr/en/practical-info-services/how-come>> [Consulta: 15 de abril de 2017]

*Arquitectura Viva* (2017). Nº 193. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 32-37

AV *Proyectos* (2007), Nº 20. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 20-23

*El Croquis* (2016). Nº183. Madrid: El Croquis Editorial. pág 240-263

Ficha 3.2.2 Ficha acústica de la Philharmonie de París

*Arquitectura Viva* (2017). Nº 193. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 32-37

AV *Proyectos* (2007), Nº 20. Madrid: Arquitectura Viva SL, pág 20-23

*El Croquis* (2016). Nº183. Madrid: El Croquis Editorial. pág 240-263

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Ficha 3.3.1 Ficha arquitectónica de la Danish Radio Concert House

*El Croquis* (2016). Nº 183. Madrid: El Croquis Editorial (p. 100-115)

Ficha 3.3.2 Ficha acústica de la Danish Radio Concert House  
NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Ficha 3.4.1 Ficha arquitectónica del Helsinki Music Centre  
LPR-ARKKITEHDIT. *Helsinki Music Centre*.

<<http://www.ark-lpr.fi/reference/helsingin-musiikkitalo/>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

MUSIIKKITALO. *A mezza voce – architectural design of the Helsinki Music Centre*.

<<https://www.musiikkitalo.fi/en/article/mezza-voce-architectural-design-helsinki-music-centre>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Ficha 3.4.2 Ficha acústica del Helsinki Music Centre  
NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

MUSIIKKITALO. *A mezza voce – architectural design of the Helsinki Music Centre*.

<<https://www.musiikkitalo.fi/en/article/mezza-voce-architectural-design-helsinki-music-centre>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Ficha 3.5.1 Ficha arquitectónica de la NOSPR

LTT. OSWIETLENIE I TECHNIKA SCENICZNA. *New Building of NOSPR, Katowice*.

<<http://en.ltt.com.pl/portfolio/new-building-nospr-katowice>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

KONIOR STUDIO. *The Seat of the National Polish Radio Symphony Orchestra (NOSPR), Katowice*

<<http://en.koniorstudio.pl/projekty/siedziba-nospr-katowice/>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

Ficha 3.5.2 Ficha acústica de la NOSPR

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

KONIOR STUDIO. *The Seat of the National Polish Radio Symphony Orchestra (NOSPR), Katowice*

<<http://en.koniorstudio.pl/projekty/siedziba-nospr-katowice/>> [Consulta: 17 de abril de 2017]

## Ficha 3.6.1 Ficha arquitectónica del Lotte Concert Hall

KOMODA, M. (2016). "Concert Hall Opens Inside Lotte World Tower and Mall in Seoul, South Korea" en *Nagata Acoustics*, 25 de septiembre.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_news/news1609-e.html](http://www.nagata.co.jp/e_news/news1609-e.html)> [Consulta: 22 de junio de 2017]

KPF. *Lotte concert Hall*.

<<https://www.kpf.com/projects/lotte-concert-hall>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

LOTTE CONCERT HALL. *Acoustics*.

<<https://www.lotteconcerthall.com/eng/ConcertHall/ConcertHallIntro>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

## Ficha 3.6.2 Ficha acústica del Lotte Concert Hall

KOMODA, M. (2016). "Concert Hall Opens Inside Lotte World Tower and Mall in Seoul, South Korea" en *Nagata Acoustics*, 25 de septiembre.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_news/news1609-e.html](http://www.nagata.co.jp/e_news/news1609-e.html)> [Consulta: 22 de junio de 2017]

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Ficha 3.7.1 Ficha arquitectónica de la Maison de la Radio

ARCHITECTURE STUDIO. *THE GRAND AUDITORIUM OF THE MAISON DE LA RADIO*.

*Press release. Paris, 2014.*

<[http://www.architecture-studio.fr/data/communiqu/41/fichier\\_paprk2\\_dossierdepresse4en\\_light\\_36eae.pdf](http://www.architecture-studio.fr/data/communiqu/41/fichier_paprk2_dossierdepresse4en_light_36eae.pdf)> [Consulta: 21 de junio de 2017]

## Ficha 3.7.2 Ficha acústica de la Maison de la Radio

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Ficha 3.8.1 Ficha arquitectónica del Helzberg Hall

ARCHDAILY. *TOP 100PROJECTS. Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*".

<<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

SAFDIE ARCHITECTS. *Kauffman Center for the Performing Arts*.

<<http://www.msafdie.com/projects/kauffmancenterfortheperformingarts>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

## Ficha 3.8.2 Ficha acústica del Helzberg Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Ficha 3.9.1 Ficha arquitectónica del Shenzhen Concert Hall

CARNEGIE HALL. *NYO-USA: Visiting China's Finest Concert Halls*.

<<https://www.carnegiehall.org/BlogPost.aspx?id=4295013647>> [Consulta: 23 de junio de 2017]

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

SARTEA, A. (2010). *Arata Isozaki*. Barcelona: Salvat

## Ficha 3.9.2 Ficha acústica del Shenzhen Concert Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

OGUCHI, K. y TOYOTA, Y. (2008). "Acoustical Design of Shenzhen Concert Hall, Shenzhen China" en *Acoustics'08 Paris*.

<<http://webistem.com/acoustics2008/acoustics2008/cd1/data/articles/001488.pdf>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

## Ficha 3.10.1 Ficha arquitectónica del Shanghai Symphony Hall

OGUCHI, K. (2014). "Building Isolation: Eliminating Subway Train Structure-Borne Sound at Shanghai Symphony Hall" en *NAGATA ACOUSTICS*, 25 de Noviembre.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_news/news1411-e.html](http://www.nagata.co.jp/e_news/news1411-e.html)> [Consulta: 26 de junio de 2017]

SHANGHAI SYMPHONY ORCHESTRA. *SSH Homepage*.

<<http://shsymphony.com/hall-index-index.html>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

PELLEGRINI, N. (2011). "Shanghai Symphony Orchestra Hall" en *Time Out Shanghai*, 24 de Agosto.

<[http://www.timeoutshanghai.com/venue/Music-Live\\_Music\\_Venues-Theatres/3930/Shanghai-Symphony-Orchestra-Hall.html](http://www.timeoutshanghai.com/venue/Music-Live_Music_Venues-Theatres/3930/Shanghai-Symphony-Orchestra-Hall.html)> [Consulta: 26 de junio de 2017]

## Ficha 3.10.2 Ficha acústica del Shanghai Symphony Hall

NAGATA ACOUSTICS. *Concert Halls*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/concert\\_halls.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/concert_halls.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

SHANGHAI SYMPHONY ORCHESTRA. *SSH Homepage*.

<<http://shsymphony.com/hall-index-index.html>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Ficha 4.1.1 Ficha arquitectónica de la Guangzhou Opera House

PLATAFORMA ARQUITECTURA. *Ópera de Guangzhou / Zaha Hadid Architects*.

<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626383/pera-de-guangzhou-zaha-hadid-architects>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

ZAHA HADID ARCHITECTS. *Guangzhou Opera House*.

<<http://www.zaha-hadid.com/architecture/guangzhou-opera-house/>> [Consulta: 26 de junio de 2017]

Ficha 4.1.2 Ficha acústica de la Guangzhou Opera House

*Auditoria* (2010). Annual Review 2010. Surrey, UK: UKIP Media & Events Ltd.

EXTON, P. (2011). "The room acoustic design of the Guangzhou Opera House" en *8th International Conference on Auditorium Acoustics 2011*. Dublin, Ireland: Institute of Acoustics (IOA). Pg 117-124

Ficha 4.2.1 Ficha arquitectónica de la Norwegian National Opera & Ballet

HEVIA GARCÍA, G. (2012). "Plataforma en Viaje: Oslo Opera House Snøhetta" en *Plataforma arquitectura*, 26 de abril.

<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-154384/plataforma-en-viaje-oslo-opera-house-snohetta>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

*AV monografías* (2015). Nº 177. Madrid: Arquitectura Viva SL

Ficha 4.2.2 Ficha acústica de la Norwegian National Opera & Ballet

ARUP. *Nytt Operahus*.

<[http://www.arup.com/projects/oslo\\_opera\\_house/details](http://www.arup.com/projects/oslo_opera_house/details)> [Consulta: 22 de junio de 2017]

HARRIS, R. (2010). "Auditorium acoustic design: 30 years, 15 projects" en *International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010*. (29-31 Agosto 2010, Melbourne, Australia). Disponible en <[https://www.acoustics.asn.au/conference\\_proceedings/ICA2010/cdrom-ISRA2010/Papers/P3a.pdf](https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/ICA2010/cdrom-ISRA2010/Papers/P3a.pdf)> [Consulta: 22 de junio de 2017]

*Mondo dr* (2010). Septiembre/Octubre 2010. Stockport, UK: Mondiale Publishing Ltd.

STATSBYGG. *Operaen. Nytt operahus*.

<<http://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/Operahus-nytt/>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Ficha 4.3.1 Ficha arquitectónica del Beijing National Grand Theatre of China

PAUL ANDREU. *Le Grand Théâtre national de Chine*.

<<http://www.paul-andreu.com/>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Ficha 4.3.2 Ficha acústica del Beijing National Grand Theatre of China

PAUL ANDREU. *Le Grand Théâtre national de Chine*.

< <http://www.paul-andreu.com/> > [Consulta: 22 de junio de 2017]

SCHMICH, I. et al (2008). "The Acoustics of the Beijing National Grand Theatre of China" en CSTB.

<[http://www.cstb.fr/dae/fileadmin/user\\_upload/documents/congres/2008\\_Acoustics\\_SC\\_HMICH\\_CHERVIN\\_et\\_al\\_NGTC.pdf](http://www.cstb.fr/dae/fileadmin/user_upload/documents/congres/2008_Acoustics_SC_HMICH_CHERVIN_et_al_NGTC.pdf)> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Ficha 4.4.1 Ficha arquitectónica del Muriel Kauffman Theatre

ARCHDAILY. *TOP 100PROJECTS. Kauffman Center for the Performing Arts/Safdie Architects*".

<<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

SAFDIE ARCHITECTS. *Kauffman Center for the Performing Arts*.

<<http://www.msafdie.com/projects/kauffmancenterfortheperformingarts>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Ficha 4.4.2 Ficha acústica del Muriel Kauffman Theatre

NAGATA ACOUSTICS. *Theatres*.

<[http://www.nagata.co.jp/e\\_sakuhin/theaters.html](http://www.nagata.co.jp/e_sakuhin/theaters.html)> [Consulta: 20 de junio de 2017]  
<http://www.archdaily.com/151008/kauffman-center-for-the-performing-arts-moshe-safdie>  
<http://derekporterstudio.com/kauffman-center-for-the-performing-arts/>

Ficha 4.5.1 Ficha arquitectónica del Wuxi Grand Theatre

ARCHDAILY. *Wuxi Grand Theatre / PES-Architects*.

<<http://www.archdaily.com/266612/wuxi-grand-theatre-pes-architects>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

PES-ARCHITECTS. *Wuxi Grand Theatre*.

<<http://www.pesark.com/wuxigrandtheatre.html>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Ficha 4.5.2 Ficha acústica del Wuxi Grand Theatre

ARCHDAILY. *Wuxi Grand Theatre / PES-Architects*.

<<http://www.archdaily.com/266612/wuxi-grand-theatre-pes-architects>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

PES-ARCHITECTS. *Wuxi Grand Theatre*.

<<http://www.pesark.com/wuxigrandtheatre.html>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

RONG LIN, X. (2011). "Architectural Acoustics Design and Subjective and Objective. Acoustic evaluation of Wuxi Grand Theater" en *Hong Kong Institute of Acoustics*.

<[www.hkioa.org/upload/activities/130910175200973301.pdf](http://www.hkioa.org/upload/activities/130910175200973301.pdf)> [Consulta: 20 de junio de 2017]

Ficha 4.6.1 Ficha arquitectónica del Bord Gáis Energy Theatre

ARCHDAILY. *Grand Canal Theatre / Daniel Libeskind*.

<<http://www.archdaily.com/52814/grand-canal-theatre-daniel-libeskind>> [Consulta: 20 de junio de 2017]

STUDIO LIBESKIND. *Bord Gáis Energy Theatre and Grand Canal Commercial Development*.

<<http://libeskind.com/work/bord-gais-energy-theatre-and-grand-canal-commercial-development/>> [Consulta: 22 de junio de 2017]

Ficha 4.6.2 Ficha acústica del Bord Gáis Energy Theatre

HARRIS, R. (2010). "Auditorium acoustic design: 30 years, 15 projects" en *International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010*. (29-31 Agosto 2010, Melbourne, Australia).

Disponible en <[https://www.acoustics.asn.au/conference\\_proceedings/ICA2010/cdrom-ISRA2010/Papers/P3a.pdf](https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/ICA2010/cdrom-ISRA2010/Papers/P3a.pdf)> [Consulta: 22 de junio de 2017]