

PALABRAS CLAVE

Arquitectura,
Música,
Pintura,
Acústica,
Sala de concierto,
Sala filarmónica

KEYWORDS

Architecture,
Music,
Painting,
Acoustics,
Concert hall,
Philharmonic hall

RECIBIDO

30 DE SETIEMBRE DE 2018

ACEPTADO

1 DE ABRIL DE 2019



EL CONTENIDO DE ESTE ARTÍCULO
ESTÁ BAJO LICENCIA DE ACCESO
ABIERTO CC BY-NC-ND 2.5 AR

ARQUITECTURA DE LA MÚSICA. LA INFLUENCIA DE LA MÚSICA EN LOS ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS

*ARCHITECTURE OF MUSIC. THE INFLUENCE OF
MUSIC ON ARCHITECTURAL SPACES*

> JUAN MANUEL CAÑONERO

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Docente Cátedra Pedemonte

> CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO (NORMAS APA):

Cañonero, J. M. (2019). Arquitectura de la música. La influencia de la música en los espacios arquitectónicos. *AREA*, 25(1), pp. 1-20.
https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2501/2501_canonero.pdf

RESUMEN

El texto abarca referencias a lo largo del siglo XX tanto en las experiencias de músicos en el uso de la arquitectura, como en la de arquitectos en relación con la música, tomando como vínculo las relaciones con la pintura. El repaso de conceptos básicos de acústica en arquitectura permite la mejor comprensión de algunos ejemplos a tratar a modo de comprensión concreta de posibles relaciones entre las artes. El análisis se enfoca en las salas de música y sus formas típicas, como así también en el vínculo con diferentes usos y las variaciones geográficas y en el tiempo.

ABSTRACT

The text covers references throughout the twentieth century both in the experiences of musicians in the use of architecture, and in that of architects in relation to music, taking relations with painting as a link. The review of basic concepts of acoustics in architecture allows a better understanding of some examples to be treated as a concrete understanding of possible relationships between the arts. The analysis focuses on music room and their typical shapes, as well as the link with different uses and geographical variations and over time.

> ACERCA DEL AUTOR

JUAN MANUEL CAÑONERO. Arquitecto con honores por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FADU) de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y maestrando en Diseño Arquitectónico Avanzado (FADU-UBA). Docente de Arquitectura IV, cátedra Pedemonte (FADU-UBA). Socio fundador del estudio *0.7 Arquitectura* en Buenos Aires, desarrollando su experiencia profesional en el diseño y la construcción. Paralelamente realiza estudios particulares en diferentes instrumentos musicales desde el año 2002.

✉ <jmcanonero@gmail.com>

Introducción

El que quiera llamarse Arquitecto [...] sabrá la música, para entender las leyes del sonido y matemáticas

(VITRUVIO POLION, 1787)

La arquitectura y la música se articulan siguiendo un preciso orden compositivo, que recurre a la matemática para su aplicación práctica (representación sensible de la belleza absoluta) bajo la apariencia de la armonía o de la proporción canónica. Es por ello que arquitectos y músicos han tenido contacto a lo largo de la historia para retroalimentar sus procesos creativos y dotar a sus respectivas artes de nuevos elementos compositivos.

Existen ciertas analogías fácilmente reconocibles entre las dos artes. Una pieza musical se compone de cimientos que sustentan la armonía (generalmente los bajos), posee estructura que la divide en partes (frases musicales, cadencias) y concluye con las terminaciones (arreglos). En arquitectura las obras comienzan con un boceto que confluye en un plano, regido por medidas y cálculos, para concluir con los detalles. El músico enfrenta un camino similar en su composición, pasando del croquis a la partitura, donde organiza y estructura su obra, para luego armonizar y arreglar el conjunto resultante. Los instrumentos para ejecutar una pieza musical

llevan entonces una directa relación con los materiales a usar en la arquitectura. Cuando uno comienza a investigar el tema es posible encontrarse con arquitectos hablando de música, o músicos hablando de arquitectura. Al mismo tiempo grandes pintores han teorizado sobre la música creando así un eslabón visual muy útil para la arquitectura. En lo que respecta a este texto se establecerá el foco en la producción arquitectónica y su relación con la música, trasportando algunas interacciones con la pintura y la composición artística. Así, se podrá comprender que la música también se construye y la arquitectura también se compone.

El juego tensión-relajación de la música o la arquitectura se libera de las ataduras cuando el ritmo y la melodía se entienden como una composición en el espacio tiempo que después se va a immortalizar casi en una partitura o una edificación cada vez que sea oída o recorrida (del Valle, 2008, p. 108).

Marco teórico

Música y pintura

Si bien las primeras relaciones entre los colores y los sonidos comienzan a estudiarse en la Antigua Grecia, es recién a principios del siglo XX cuando dicha analogía deja de fundamentarse en la emisión cuantificable y se traslada al ámbito más misterioso de las cualidades del timbre instrumental. Los artistas de esa época comenzaron a plasmar en su obra lo oculto del alma humana y los secretos del más allá. Esto impresionó profundamente a los artistas de la Bauhaus y a los orfistas, entre ellos a František Kupka en particular. Kupka fue uno de los primeros en pintar obras completamente abstractas basadas en la fuga musical. Un ejemplo claro es *Fuga en Dos Colores* (1912)

Fotografía 1

František Kupka, *Fuga en dos colores* (1912).

Fuente: © Jean-Pierre Dalbéra CC BY 2.0

(2018). *La rétrospective František Kupka au Grand Palais* (París).

Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/dalbera/40352927495>

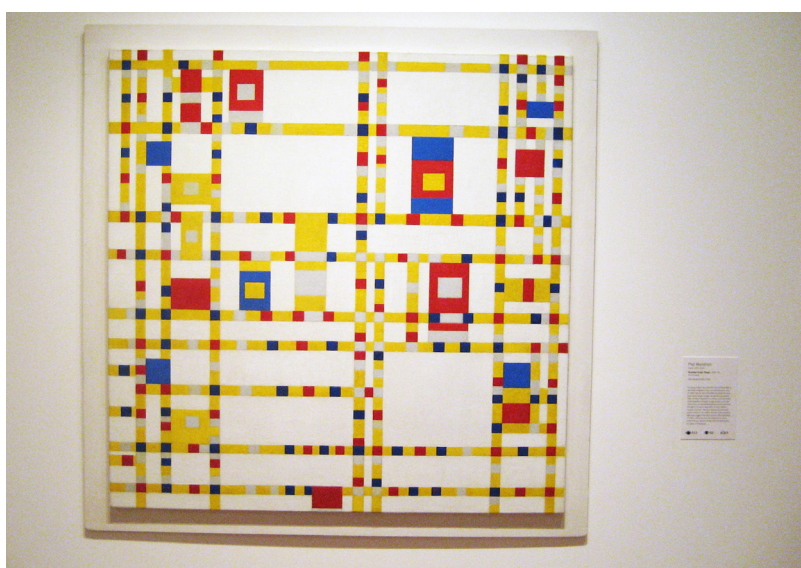
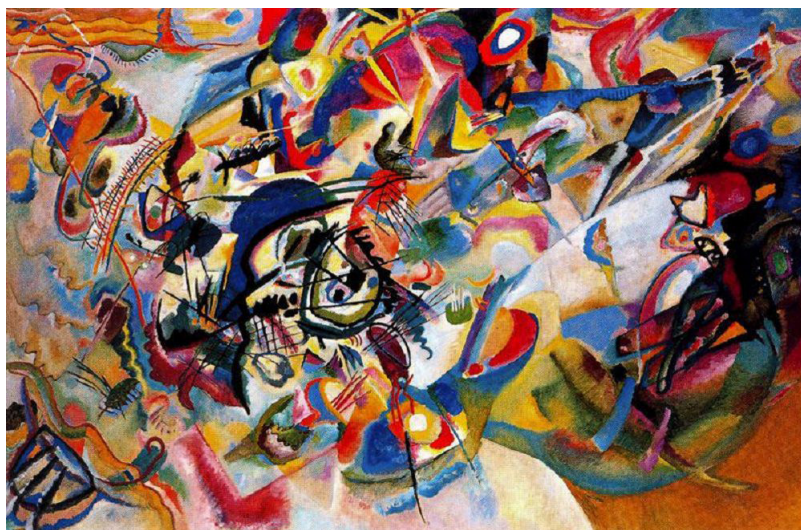


donde condensa el movimiento musical en una configuración visual grandilocuente y simbólica. Utilizando dos voces, una roja y una azul, introdujo el movimiento musical visual al mundo abstracto.

Desde la forma y el color, los pintores buscaron lo más puro del sentimiento y esto implicó un distanciamiento de lo figurativo y un acercamiento a realidades intangibles. Músicos y pintores veían que la música era la expresión más eficaz para experimentar una manifestación genuina del estado anímico. De esta manera la pintura comienza a regirse simplemente en puros ritmos formales, en acordes cromáticos, llegando a abandonar también la adhesión a su medio expresivo utilizando el color como sonido.

En este marco se inscribe Vasili Kandinsky quien teoriza sobre la relación sensorial de los colores en sintonía con los sonidos (1996). Atribuye a cada instrumento un color, a cada intensidad sonora un matiz cromático; sus obras (bien nombradas composiciones) se transforman en piezas musicales visuales. No es casualidad que Kandinsky entable una profunda amistad con el revolucionario músico Arnold Schönberg, creador del dodecafonismo con el cual buscaba llevar a la música a un lugar más abstracto. “Con el dodecafonismo se alcanza la abstracción total. La música no evoca ni representa nada, es música pura” (Blas Gómez, 2010, p. 71).

Durante la Primera Guerra Mundial llega a Europa el jazz, un estilo musical novedoso que interesa profundamente a las vanguardias artísticas, entre ellas el grupo *De Stijl*. Piet Mondrian se encarga de plasmar ese interés en su ensayo *Jazz y Neoplasticismo* (1927) y en varias obras en donde la composición toma del ritmo, casi desprovisto de forma, que exponía el jazz. Para Mondrian el aspecto unificador del arte y la vida era el ritmo,



tanto en la música como en las artes plásticas. En 1940 se traslada a Nueva York donde reinaba el *boogie-woogie*, un estilo pianístico rápido y bailable cuyos altibajos proporcionan un carácter musical muy brillante y fragmentario, al cual Mondrian interpretó abandonando sus líneas negras entre los colores. Sin embargo, esta interrelación artística no será unidireccional, sino que también se desarrollará a la inversa. En la segunda mitad del siglo XX, algunos artistas como György Ligeti indagan en las posibilidades sonoras de la música trasgrediendo las escalas musicales convencionales y la forma tradicional de la escritura musical. La incorporación del carácter visual se traslada a lo sonoro otorgándole nuevas sensaciones y ampliando los límites compositivos.

Figura 1

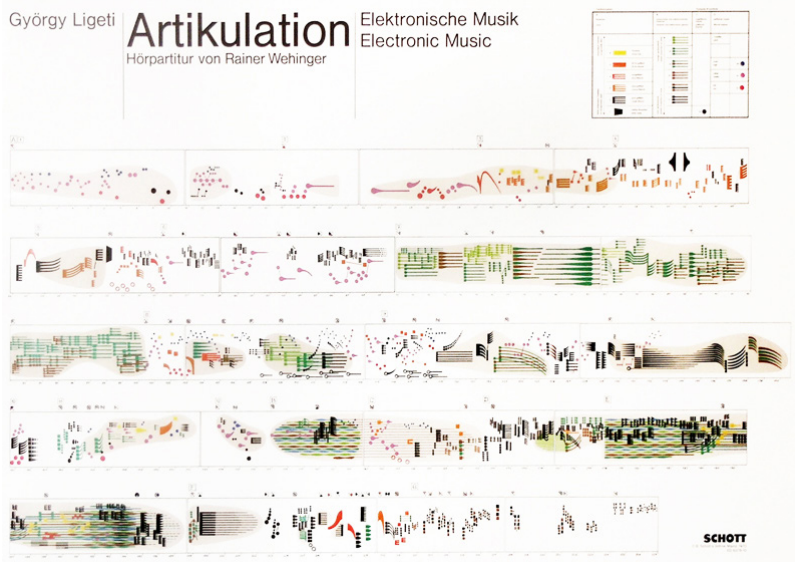
Wassily Kandinsky,
Composición VII (1913).

Fuente: reproducción
fotográfica bajo
dominio público en
Wikimedia Commons.
Recuperado de [https://
commons.wikimedia.
org/wiki/File:Vassily_
Kandinsky,_1913_-_
Composition_7.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vassily_Kandinsky,_1913_-_Composition_7.jpg)

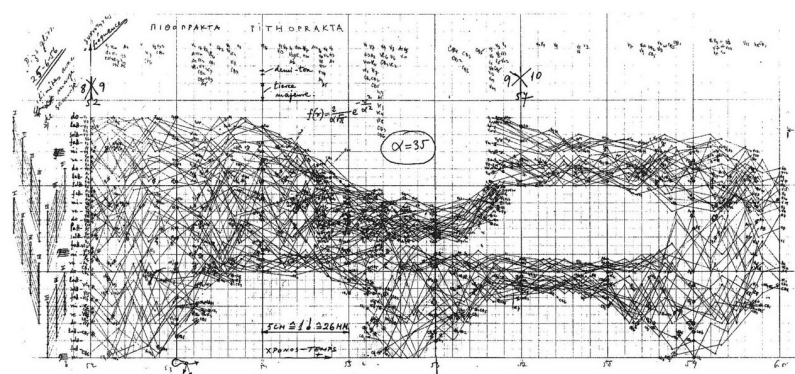
Fotografía 2

Piet Mondrian, *Broadway
Boogie Woogie* (1943).

Fuente: © Wally Gobetz CC
BY-NC-ND 2.0 (2007). NYC
- MoMA: Piet Mondrian's
Broadway Boogie Woogie.
Recuperado de [https://
www.flickr.com/photos/
wallyg/562979024](https://www.flickr.com/photos/wallyg/562979024)



necesidad de ordenar los proyectos en medidas armónicas, algo muy similar a lo que ocurre en la naturaleza, o bien, en la composición musical. También afirma que la arquitectura no es un fenómeno sincrónico sino sucesivo, hecho de espectáculos que se suceden unos a otros en el tiempo y el espacio. Le Corbusier (1953) afirma “la música es tiempo y espacio, como la arquitectura. La música y la arquitectura dependen de la medida” (p. 27). El espacio de la música es por excelencia el auditorio y para entender estas posibles relaciones es importante hacer foco en estos espacios. Para ello también es necesario refrescar y clarificar algunos aspectos básicos de la acústica arquitectónica que permitan el posterior reconocimiento de las diferentes operaciones realizadas en cada obra.



Acústica arquitectónica

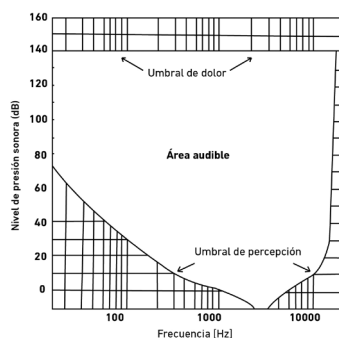
En todas las épocas se han construido salas con mejor o peor acústica, y lo cierto es que, en la mayoría de los casos, solo aquellas consideradas como excelentes acústicamente han resistido el transcurso de los años. Gracias a esa excelencia y en función del prestigio y calidad de los artistas que en ella intervienen, las salas aumentan con el tiempo su reputación. Antoni Carrión Isbert (1998) afirma que los primeros compositores escribían su música pensando en el recinto donde había de ser interpretada, e incluso la adecuaban para que el resultado final fuese óptimo. Es el caso, por ejemplo, de la *Pasión según San Mateo* (1729), de J. S. Bach, escrita especialmente para la iglesia *Thomaskirche*, de Leipzig, donde él había sido cantor. De igual manera, cabe preguntarse hasta qué punto también los arquitectos diseñaban conscientemente sus edificios de acuerdo con las necesidades específicas del estilo de música reinante. Hasta finales del siglo XIX la acústica navegaba en un mar de gran desconocimiento, producto de la falta de equipamiento electrónico para realizar mediciones objetivas. En efecto, el único sistema del que se disponía era el oído humano. Wallace Clement Sabine (1993) fue el primero en desarrollar los estudios sobre la acústica luego de descubrir que la reverberación de un recinto era inversamente proporcional a la cantidad de absorción del mismo (ecuación de reverberación de Sabine). Estos principios fueron revisados y modificados a lo largo

Figura 2
Grafismo de Rainer Wehinger sobre fragmento de partitura de *Artikulation* (1958) de György Ligeti.
Fuente: Ligeti y Wehinger (1970).

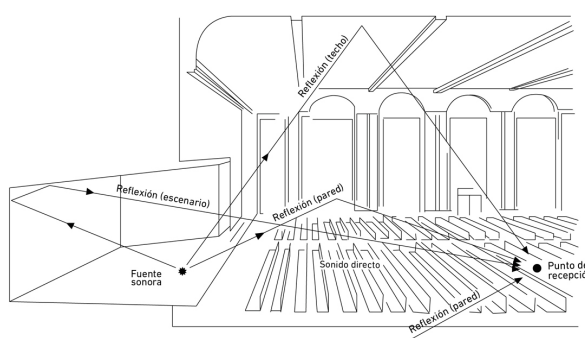
Figura 3
Iannis Xenakis, *Pithoprakta* (1956).
Fuente: Xenakis (2009).

En este contexto aparece Iannis Xenakis, uno de los ingenieros del estudio de Le Corbusier quien comienza a dedicarse a la música durante su carrera profesional. Influenciado por *El Modulor*, Xenakis teoriza sobre las proporciones en la música y su analogía con la composición arquitectónica. Su música se apoya en la atonalidad (para ese entonces ya desarrollada completamente por Schönberg) pero nutriéndose de todos los componentes del sonido por medio del uso del *glissando*¹. Mediante la teoría, el cálculo de probabilidades y la introducción de funciones matemáticas, Xenakis rechaza el azar y genera así una música más completa, llamada *estocástica*. El rol de Xenakis será entonces de gran importancia debido a que con su obra establece un puente entre la música y la arquitectura, un nexo ligado a la matemática, el espacio y tiempo. En 1953 Le Corbusier publica *El Modulor* donde hace hincapié en la

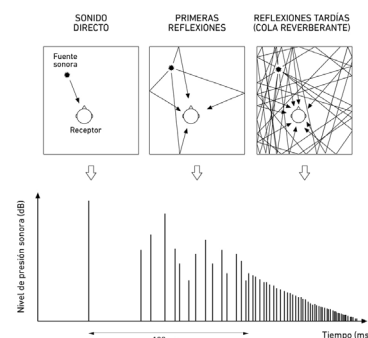
1. Sucesión rápida y continua de una nota hacia otra.



4



5



6

de los años, culminando con los trabajos de Leo Baranek (1996).

En la acústica arquitectónica intervienen dos grandes términos: *acondicionamiento* y *aislamiento*. El acondicionamiento acústico es el estudio de las formas y revestimientos de las superficies interiores de un espacio con el objetivo de conseguir las condiciones más adecuadas para el tipo de actividad a la que se haya previsto destinarlo. El aislamiento acústico refiere al conjunto de acciones destinadas a la obtención de una correcta atenuación en la transmisión de ruido y vibraciones entre los diferentes espacios que integran un recinto y el espacio exterior.

Acondicionamiento acústico

El sonido es una onda que se propaga en un medio elástico, ya sea el aire, una pared o algún otro material. Esta perturbación provoca variaciones de presión generando lo que se denomina *presión sonora*. Las partículas al vibrar producen un movimiento armónico simple, asociado a una gráfica sinusoidal. A los sonidos de frecuencias bajas y grandes longitudes de onda se los llama *graves*. En cambio, a los sonidos de altas frecuencias y de pequeñas longitudes de onda se los llama *agudos*. La sensibilidad del oído no es la misma a todos los sonidos: es más elevada para las frecuencias medias y altas y mucho menor para las bajas.

La presión sonora se mide en decibeles (dB), cuya escala se formula en relación al oído humano, considerando un sonido de 0 dB como aquel que se deja de escuchar (no ausencia real de sonido) y a 120 dB como el umbral aproximado de dolor. Las curvas de umbral de percepción y umbral de dolor encierran el campo o área auditiva; dentro de él están comprendidos todos los valores de frecuencia e intensidad que el oído humano puede percibir.

En arquitectura los decibeles sirven para acondicionar los ambientes según sus usos. Como puede verse en la Tabla 1, para salas y espacios de espectáculo el sonido de ambiente debe ser muy bajo y, para lograrlo, no solo hace falta aislarlo bien del exterior si no también evitar que en el interior se produzcan demasiadas reflexiones de los sonidos emitidos.

Un oyente ubicado en un punto cualquiera recibe dos tipos de sonido: el denominado *sonido directo*, es decir, aquél que le llega directamente desde la fuente sin ningún tipo de interferencia, y el *sonido indirecto* o reflejado originado como consecuencia de las diferentes reflexiones que sufre la onda sonora al incidir sobre las superficies límite del recinto. Las primeras reflexiones se llaman *reflexiones tempranas* (*early reflections*), y están seguidas de reflexiones tardías que constituyen la denominada *cola reverberante* (ver Figuras 5 y 6). La proporción entre la señal directa y sus reflexiones es lo que permite al oído humano ubicar la fuente sonora. Todas aquellas reflexiones que llegan a un oyente dentro de los primeros 50 milisegundos desde la llegada del sonido directo son integradas por el oído humano y, en consecuencia, su percepción no es diferenciada respecto al sonido directo. Reflexiones aisladas con un retardo de más de 50 milisegundos dan la sensación de *ecos*.

La regulación de esas reflexiones constituye uno de los valores más importantes a la hora de diseñar una sala: el *tiempo de reverberación* (RT). Este se define como el tiempo que debe transcurrir para que un nivel de presión sonora establecido dentro de una sala decrezca en 60 dB, pero a fines prácticos, refiere al tiempo de resonancia que tiene un sonido dentro de ese espacio. Esta variable se encuentra

Figura 4

Campo auditivo.

Fuente: Mendez, Stornini, Salazar, Giuliano, Velis y Amarilla (1994).

Figuras 5 y 6

Ecograma asociado a un receptor con indicación del sonido directo, las primeras reflexiones y la cola reverberante.

Fuente: Carrión Isbert (1998).

Tabla 1

Márgenes de valores recomendados de RT en función del tipo de sala (recintos ocupados)

TIPO DE SALA	RT _{mid} SALA OCUPADA (en segundos)
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

Fuente: Carrión Isbert (1998).

directamente relacionada con el volumen de aire que encierra la sala. A mayor volumen, mayor RT. Cuando se trata de salas destinadas a la palabra, es conveniente que los valores de RT sean bajos, con objeto de conseguir una buena inteligibilidad, mientras que en el caso de salas de conciertos son recomendables unos valores apreciablemente más elevados a fin de que la audición musical resulte óptima (ver Tabla 1). En ese sentido, Carrión Isbert (1998) menciona la evolución de la arquitectura de las iglesias protestantes en relación con el volumen de la sala: a medida que el sermón se convirtió en un elemento primordial del servicio, el volumen tendió a disminuir para lograr así una mejor comprensión de la palabra (disminución de la reverberación). Además de la forma y del volumen, se puede calibrar la acústica de las salas

mediante el uso de distintas superficies de absorción, que impidan la concentración acústica y adapten el tiempo de reverberación a los valores necesarios. Una alternancia adecuada entre superficies reflectantes y absorbentes tiene un efecto sobre la reflexión similar al que se consigue dando a las paredes una forma especial. Las superficies que pueden producir eco tienen que reflejar difusamente el sonido incidente, es decir, dispersarlo. Las reflexiones difusas, gracias a la distribución uniforme del sonido, conducen a curvas de reverberación planas y uniformes. Existen así variantes formales típicas que permiten establecer modelos de salas y prever comportamientos acústicos básicos al momento de su definición o estudio.

a) Salas de planta rectangular (*shoe-box halls*)

Son salas relativamente estrechas con balcones estrechos. Poseen gran número de primeras reflexiones laterales debido a la proximidad del público a las paredes. Esto genera una intimidad acústica elevada y una buena impresión espacial. La sonoridad resultante es elevada aunque posee visuales deficientes en algunas localidades, especialmente en las situadas en la zona posterior de platea y en los balcones. Tres de las cinco salas reconocidas como de mejor acústica en el mundo son de esta forma básica (*Viena Musikvereinssaal*, *Boston Symphony Hall* y *Amsterdam Concertgebouw*) (Beranek, 1996, p. 496).

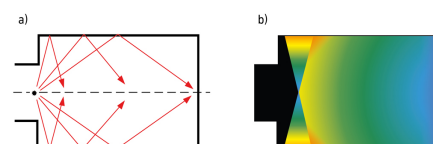


Figura 7

Sala de planta rectangular: a) generación de reflexiones laterales; b) mapa de niveles de presión sonora correspondientes al sonido reflejado por las paredes laterales. Fuente: Carrión Isbert (1998).

b) Salas en forma de abanico
(fan-shaped halls)

A medida que se van abriendo los laterales la sala se vuelve acústicamente más desfavorable, provocando ausencia de primeras reflexiones laterales en la parte central de la sala. La impresión espacial e intimidad acústica son limitadas, especialmente en la parte central de la sala. Sin embargo, esta forma brinda la posibilidad de un gran aforo.

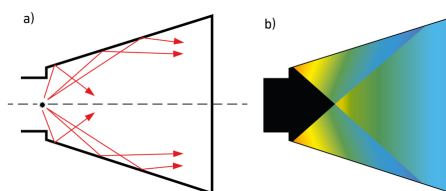


Figura 8

Sala en forma de abanico: a) generación de reflexiones laterales; b) mapa de niveles de presión sonora.

Fuente: Carrión Isbert (1998).

c) Salas en forma de abanico invertido
(reverse-splay halls)

Esta configuración genera una gran cantidad de primeras reflexiones laterales, provocando al mismo tiempo una impresión espacial elevada. Una buena parte de sus localidades pierde visibilidad.

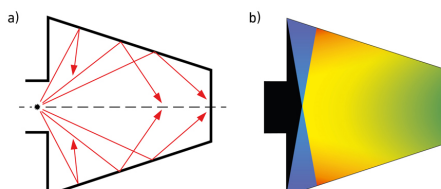


Figura 9

Sala en forma de abanico invertido: a) generación de reflexiones laterales; b) mapa de niveles de presión sonora.

Fuente: Carrión Isbert (1998).

d) Salas en forma de hexágono alargado
(elongated hexagon halls)

Es el resultado obtenido como combinación de los perfiles en forma de abanico y de abanico invertido. Presentan así las ventajas visuales y de aforo de las salas en forma de abanico y las ventajas acústicas del perfil en forma de abanico invertido.

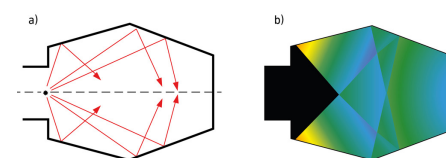


Figura 10

Sala en forma de hexágono alargado: a) generación de reflexiones laterales; b) mapa de niveles de presión sonora.

Fuente: Carrión Isbert (1998).

e) Salas en forma de herradura
(horseshoe halls)

Es el perfil ampliamente utilizado en teatros y en teatros de ópera. Posee una baja energía asociada a las primeras reflexiones laterales. La concavidad de la pared posterior puede provocar algunas focalizaciones. Brinda también la posibilidad de un gran aforo.

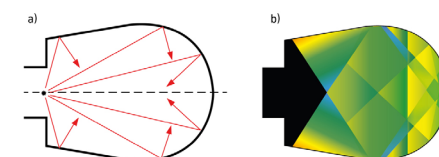


Figura 11

Sala en forma de herradura: a) generación de reflexiones laterales; b) mapa de niveles de presión sonora.

Fuente: Carrión Isbert (1998).

f) Salas con formas hexagonales superpuestas

Son salas basadas en el modelo de las elipses superpuestas de retardo constante y en las de forma de hexágono alargado. La distribución del público se da en zonas, a diferente nivel. El retardo de las reflexiones en ambas zonas de la sala es aproximadamente el mismo. Poseen una elevada intimidad acústica en ambos niveles, incluso en recintos de gran anchura. El rendimiento de las visuales es superior al de las de forma rectangular.

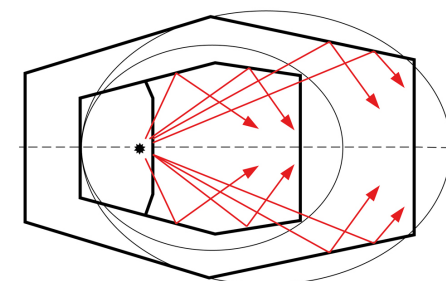


Figura 12

Sala con formas hexagonales superpuestas: generación de reflexiones laterales. Fuente: Carrión Isbert (1998).

g) Salas con terrazas trapezoidales (trapezium terraced halls)

El público aquí es distribuido en diferentes niveles o terrazas siguiendo el modelo de las elipses superpuestas de retardo constante. Esto favorece a un complejo diseño de superficies reflectantes alrededor de las terrazas. Cada nivel recibe primeras reflexiones producidas por una superficie en forma de abanico invertido debidamente inclinada y situada en el nivel inmediato superior. El resultado es una buena impresión espacial e intimidad acústica, con visuales excelentes y diferenciadas desde cada nivel, con posibilidad de un gran aforo. La falta de comunicación entre los músicos obliga a colocar reflectores adicionales sobre la orquesta.

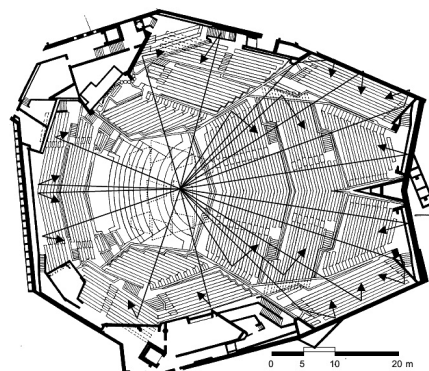


Figura 13

Sala con terrazas trapezoidales: generación de reflexiones laterales (Berlin Philharmonie, Alemania). Fuente: Carrión Isbert (1998).

Aislamiento acústico

Para optimizar la calidad de los sonidos dentro de un recinto, es necesario aislarlo de fuentes sonoras provenientes del exterior o de otros ambientes.

El comportamiento de un cerramiento frente al aislamiento acústico se mide a través de su masa por unidad de superficie (*Ley de la masa*), que predice un aumento en el aislamiento de 6 dB cada vez que se duplica la masa del material con que está construido. Al mismo tiempo, dicho comportamiento dependerá de la frecuencia, donde el aislamiento sube 6 dB cada vez que se duplica la frecuencia de la onda sonora incidente. Esto permite hablar también de una *Ley de la frecuencia*.

El comportamiento de una pared frente al aislamiento acústico puede dividirse en 4 zonas:

1. Zona controlada por rigidez: ocurre en muy bajas frecuencias y en ella el aislamiento depende principalmente de la rigidez de la pared. Cuanto mayor es la rigidez, peor es el aislamiento.
2. Zona controlada por resonancia: dependen de las dimensiones, de la rigidez y de la masa por unidad de superficie de la pared.
3. Zona controlada por masa: ocurre a frecuencias mayores que el doble de la primera resonancia y, en ella, la pared cumple con las leyes de la masa y de la frecuencia.

4. Zona controlada por coincidencia: finalmente, a partir de una frecuencia llamada crítica, se produce una pérdida importante en el aislamiento debido a un fenómeno de coincidencia. Al igual que en la zona de resonancia, este efecto puede disminuirse aumentando las pérdidas internas (amortiguamiento) de la pared.

Visuales

Uno de los objetivos prioritarios en un teatro o en una sala de conciertos es que el sonido directo que llega a cada espectador no sea obstruido por los espectadores situados delante de él. Este requerimiento se cumple si existe una buena visibilidad del escenario. El diseño de las visuales en una sala se basa en la siguiente consideración: los ojos se hallan, como promedio, 10 cm por debajo de la parte más elevada de la cabeza. Por lo tanto, la inclinación del suelo debe ser tal que permita el paso de la vista por encima de la cabeza del espectador situado en la fila inmediatamente anterior.

Habitualmente, para los asientos de la platea se suele situar un punto de referencia a una altura entre 0,6 y 0,9 m del suelo correspondiente a la parte anterior del escenario, mientras que para las localidades del anfiteatro este se sitúa directamente sobre el suelo de dicha zona. Es también importante considerar la obstrucción visual que puedan llegar a generar las bandejas superiores sobre la platea baja.

[La] información [acústica] es combinada con la que proviene de otros sentidos (principalmente la vista), y de nuestro conocimiento previo del comportamiento de la fuente acústica. Nuestra percepción de la espacialidad del sonido es, entonces, holística (Basso, Di Liscia y Pampin, 2000, p. 23).

Estudio de casos

Introducción a los ejemplos

Los casos de estudio seleccionados muestran puntos de vistas singulares. Algunos mantienen una relación directa con la música o piezas musicales en particular. Otros permiten reflexionar sobre el rol de las salas en un conjunto y la manera de adaptarse a cada programa. Los ejemplos se desenvuelven en una secuencia temporal a partir de la segunda mitad del siglo XX para poder concebir no solo una serie evolutiva, sino también ejemplos de diferentes regiones del mundo (incluyendo uno reciente de Argentina) que permitan visualizar las distintas tecnologías utilizadas en cada contexto cultural. Cada estudio de las obras comienza en una instancia conceptual inicial para entender el porqué de cada idea hasta alcanzar en algunos casos un estudio del detalle que permita comprender cuestiones de acústica y técnica constructiva.

El Pabellón Phillips (1958)

El primer caso de estudio es el *Pabellón Phillips*, encargado al estudio de Le Corbusier en 1956 por la empresa Phillips para la Exposición Universal de Bruselas en 1958. El trabajo recae en Iannis Xenakis, ingeniero y músico, quien se encarga de desarrollar y profundizar algunas ideas planteadas por el maestro suizo. Le Corbusier imagina una composición espacial vinculada estrechamente con una pieza musical (*Concret P. H.*, realizada por Xenakis) y con un poema electrónico (espectáculo multimedia) de Edgar Varèse, un compositor y representante genuino de la vanguardia en la música contemporánea. La forma surge así de la composición de Xenakis y sus múltiples *glissandos*, como puede notarse en la Figura 15. El esquema funcional corresponde a una sala central con dos galerías estrechas, una a la entrada y otra a la salida. Xenakis incorpora las formas con superficies de radio de curvatura variable, a fin de evitar

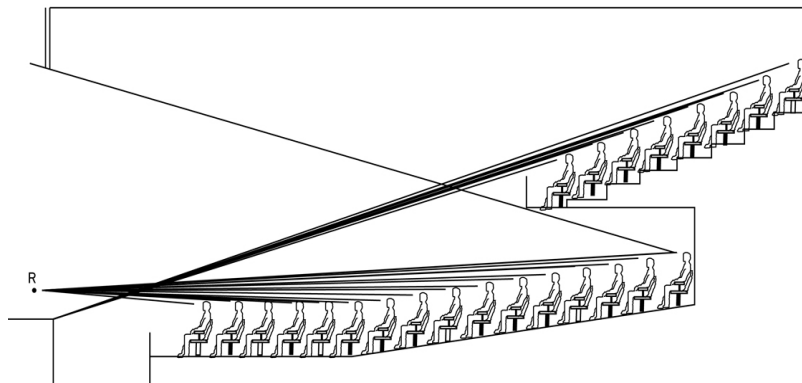
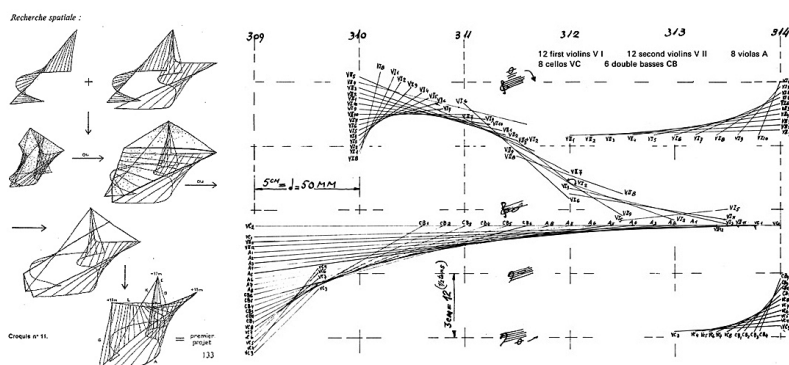


Figura 14

Diseño de visuales (R es el punto de referencia).

Fuente: Carrión Isbert (1998).



las de revolución y las planas que multiplican las reflexiones paralelas indeseadas para la calidad acústica. La conformación no tradicional del espacio obliga a Xenakis a trabajar en modelos teóricos de construcción y maquetas físicas que materializa con tablas de madera y cuerdas de piano. La construcción del pabellón se realizó finalmente en hormigón armado, por

Fotografía 3

Pabellón Phillips, Bruselas. Le Corbusier/Xenakis (1958). Fuente: Xenakis (2009).

Figura 15

Pabellón Phillips, estudios formales. Fuente: Xenakis (2009).

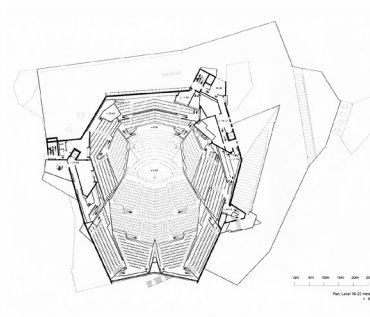
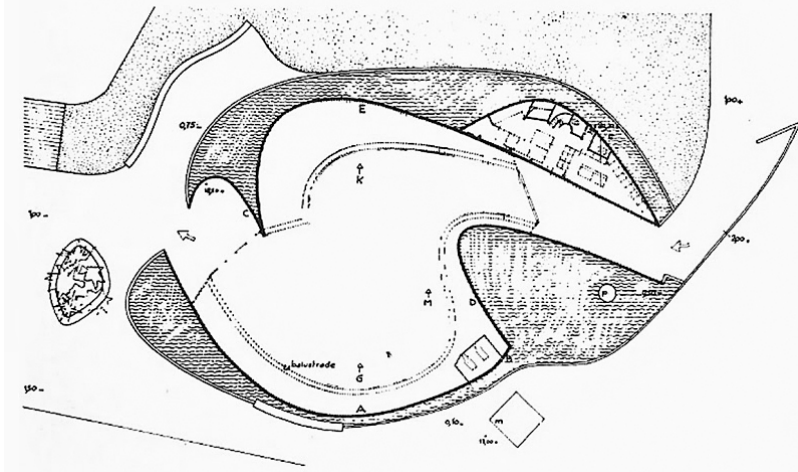


Figura 16
Pabellón Phillips, planta baja.
Fuente: Xenakis (2009).

Figura 17 y 18
Filarmónica de Berlín,
conceptos iniciales.
Fuente: Esche y Gericke
(2003).

Figura 19 y 20
Filarmónica de Berlín,
planta baja y sala.
Fuente: Esche y Gericke
(2003).

medio de piezas de un metro por lado que se moldearon sobre un lecho de arena y se colocaron, comprimidas, entre los cables de acero anclados en las aristas o en el anillo de cimentación del pabellón. Para sorpresa de Xenakis, su nombre no fue incluido en los créditos de la exposición, lo que motivó severas discusiones con Le Corbusier. Posteriormente abandonaría el estudio para dedicarse a la arquitectura de manera independiente.

En el *Pabellón Phillips* apliqué las mismas ideas básicas que en *Metastaseis*: como en la música, estaba interesado

en el problema de ir de un punto a otro sin interrumpir la continuidad. En *Metastaseis*, la solución me llevaba a los glissandos; en el *Pabellón* la respuesta me la dieron los paraboloides hiperbólicos (Xenakis, 2009, p. 145).

Hans Scharoun: el rol social de la música

Luego de que fuera destruida la sede de la *Filarmónica de Berlín* durante la Segunda Guerra Mundial, se plantea la reconstrucción de una nueva sala de conciertos en un sector vacante frente al Tiergarten. La ubicación, cerca de la frontera entre las dos Alemanias, pretendía lograr la comunión a través de la música de toda la sociedad alemana rompiendo las barreras políticas. El concurso se produjo en 1956 donde Hans Scharoun, arquitecto alemán, obtiene el diseño ganador.

La revolucionaria idea del arquitecto fue considerar a la música como el “corazón de las cosas” (Esche y Gericke, 2003, p. 60). Scharoun había observado que los músicos que interpretan una obra generan un círculo a su alrededor de forma espontánea. De esta manera, los músicos y el público se ubican en un mismo plano de jerarquías –igualitario– logrando una verdadera comunión social. Estos principios se correspondían con los del director de la orquesta en aquel entonces Herbert von Karajan, quien formó parte del desarrollo del proyecto.

El proyecto se organiza con una gran sala central rodeada de un basamento de servicios. En la planta baja se encuentra el *foyer* bajo la gran sala y los diferentes accesos desde la calle y hacia los espacios secundarios.

En el corte se observa la particularidad que puede encontrarse en varios de los ejemplos: la sala configurada como un espacio aislado inmerso en un contenedor exterior (una caja dentro de otra caja). La cubierta de la sala es de hormigón para generar una aislación importante, materializada con dos losas inclinadas de 8 y 12 cm de espesor. Por debajo, para manejar el acondicionamiento interior, se suspende un cielorraso acústico curvo. La estructura de la sala es perimetral de hormigón y busca, junto con el revestimiento exterior, generar una cámara de aire que permita una buena aislación acústica.

Scharoun concibe el auditorio como un recipiente multifacético, con formas angulares, planos ladeados y bandejas estratificadas de asientos que flotan a

distintos niveles. El resultado es una evocación a la música en términos espaciales, logrando además una acústica óptima. Al mismo tiempo, la innovadora resolución del escenario central establece la igualdad en los sectores del público, unificando la categoría de las butacas sin lugares privilegiados. Las ubicaciones sobre la parte posterior de la sala quedan relegadas en calidad de sonido, pero priorizan la visual y la oportunidad de ver al director de frente.

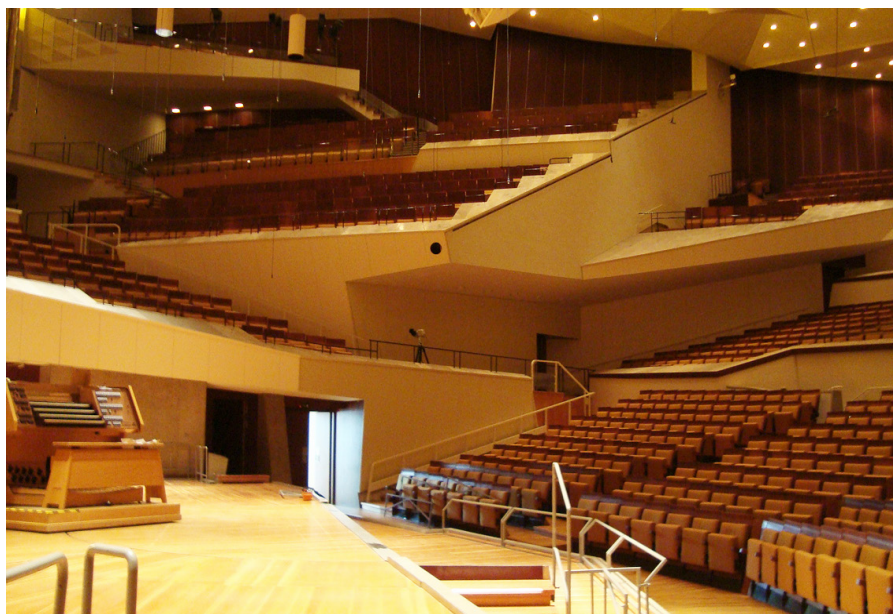
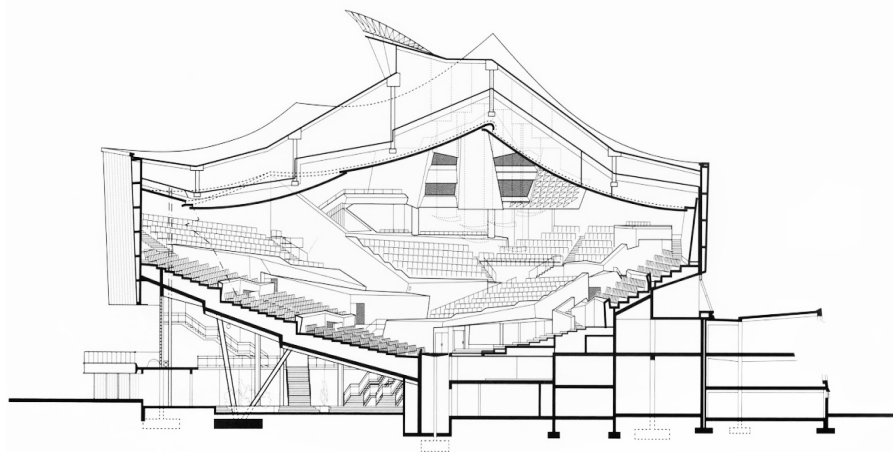
Luigi Nono: de la música al espacio

Los próximos dos ejemplos responden a un mismo tema: materializar un espacio para albergar una pieza musical. En este caso, *Prometeo* de Luigi Nono, un compositor de la vanguardia italiana.

Renzo Piano y el Arca de *Prometeo* (1984)

En 1984 Luigi Nono encarga al arquitecto Renzo Piano la creación de un espacio para la presentación de su obra *Prometeo*. El proyecto, conocido como el *arca*, se trataba de una instalación desmontable que se ubicó, en primera instancia, en la iglesia de San Lorenzo en Venecia. La experiencia iniciaba en las calles venecianas hasta que se penetraba en el interior de la iglesia y luego del arca.

Acorde a la trama de la pieza musical y el trabajo en conjunto con el compositor, Piano introduce el gran aporte de situar al público en una posición central y toda la escena musical en la periferia. Esta idea ya había sido registrada por Luigi Nono al ver una pintura de la iglesia veneciana donde transcurría un acto litúrgico: los músicos estaban situados en el perímetro y los fieles en el centro. De esta conjunción nace la configuración espacial y musical de la obra *Prometeo*. Nono pretende igualmente limitar los estímulos visuales para concentrar la atención en la música, manteniendo solo la arquitectura de Piano y evitando cualquier tipo de escenografía. Así, el arca ya no es una nave ni el paisaje sonoro de un archipiélago (idea conceptual de *Prometeo*) sino que es un instrumento dentro del cual el público se sumerge por completo en el concierto. El arca para la iglesia de San Lorenzo se levanta sobre una retícula cuadrada de soportes de acero de una altura de 3 metros. Las dimensiones totales del edificio son de 30 x 26 m, con una trama cuadrada de cuadernas de madera laminada repartidas en siete y ocho ejes. Piano evoca el mar de



Prometeo mediante la utilización de la tecnología de construcción naval. La fabricación del arca con grandes cuadernas no sólo se asemeja a la construcción de un barco sino también a la de un instrumento, como si fuese un acto de luthería. La puesta en escena musical se logra a través del uso de *live electronics* que captan los instrumentos acústicos en tiempo real, permitiendo su manipulación y control para luego ser emitidos nuevamente a la sala a través de altavoces. Se mezcla así el sonido original con el sonido electrónico multifocal. La dirección, la duración y el movimiento se convierten en partes integrantes de la composición, y el espacio en su totalidad es incluido en la música como función acústica definida.

La arquitectura responde concretamente a dos aspectos principales de la obra de Luigi Nono. Uno son las plataformas-islas, donde la distribución de fuentes sonoras es multifocal, ya sea por la

Figura 21

Filarmónica de Berlín, corte longitudinal.

Fuente: Esche y Gericke (2003).

Fotografía 4

Filarmónica de Berlín, interior sala.

Fuente: © Anapuig
CC BY-SA 3.0 (2003).
Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Filarmonica_de_berlin_interior.JPG

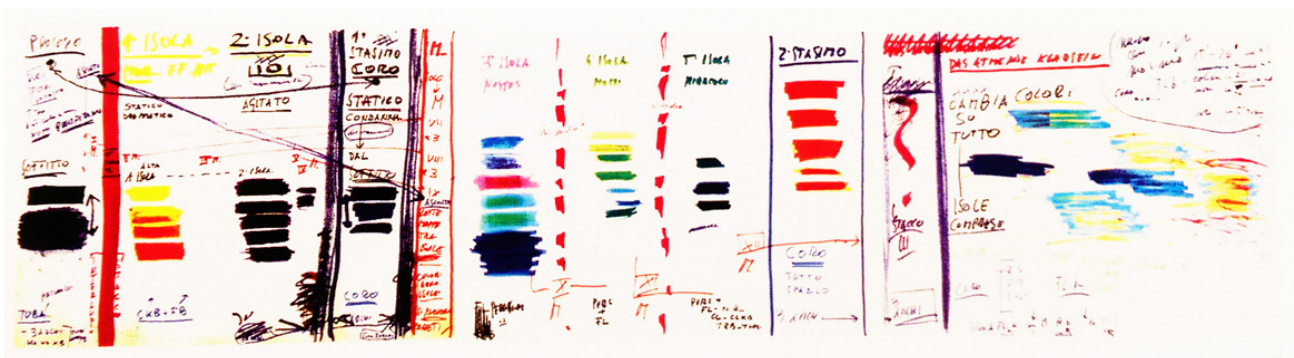


Figura 22

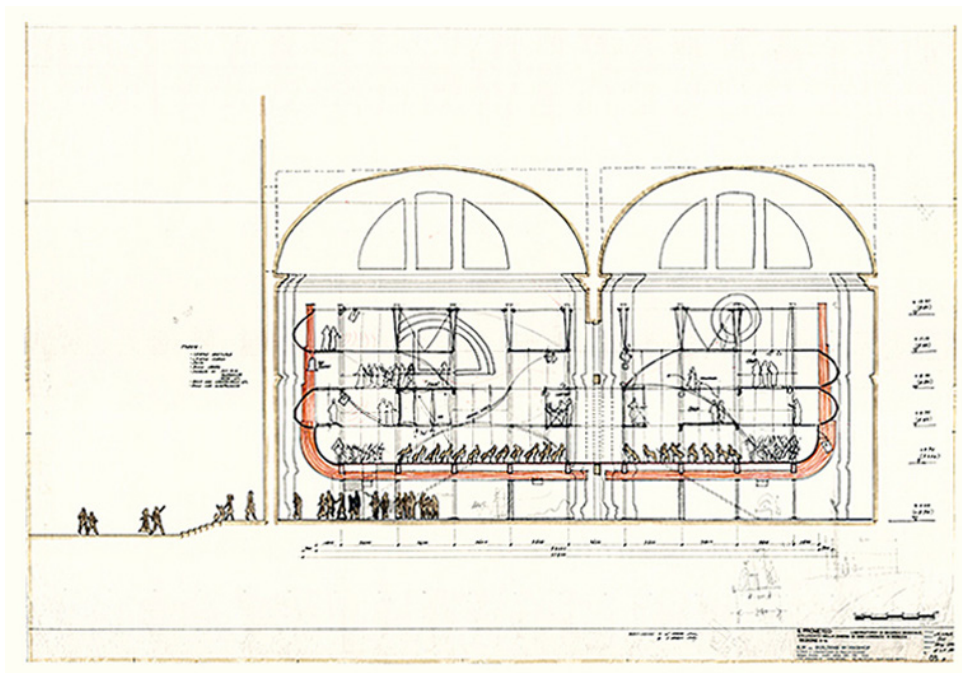
Partitura de *Prometeo*,
Luigi Nono (1984).

Fuente: Moreno Soriano
(2008).

Figura 23

Corte longitudinal de *Arca
de Prometeo*, Renzo Piano
(1984).

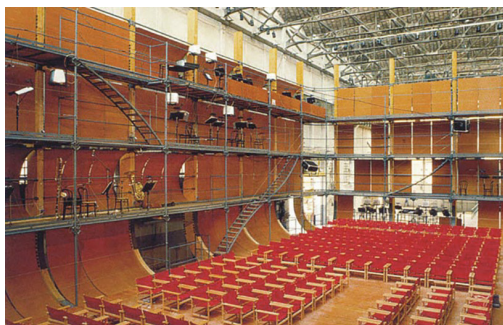
Fuente: © Fondazione
Renzo Piano. Recuperado
de [http://rpf.ice.spill.net/
project/82/prometeo-
musical-space/drawings/
enlarged/108/](http://rpf.ice.spill.net/project/82/prometeo-musical-space/drawings/enlarged/108/)



Fotografías 5 y 6

El *Arca de Prometeo*, Renzo
Piano (1984).

Fuente: Moreno Soriano
(2008).



distribución espacial de los intérpretes de los instrumentos tradicionales o mediante sonidos emitidos a través de altavoces suspendidos en el espacio. El otro, son las rutas de navegación, donde la música adquiere movimiento mediante la circulación de los instrumentistas y cantantes. El público queda envuelto en un baño de sonido desde todas las direcciones y percibe las vibraciones a través del suelo de la caja armónica (arca) que vibra por

efecto de altavoces situados debajo y por las vibraciones de los músicos sobre las pasarelas que se transmiten a través de la estructura. El arca no solo se transforma metafóricamente en una caja armónica sino que se concreta en un sistema vibrante que excita al plano de la platea provocando, por un lado, una absorción de la energía sonora y, por el otro, un efecto táctil de vibración en los pies de los oyentes.

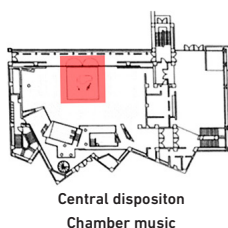
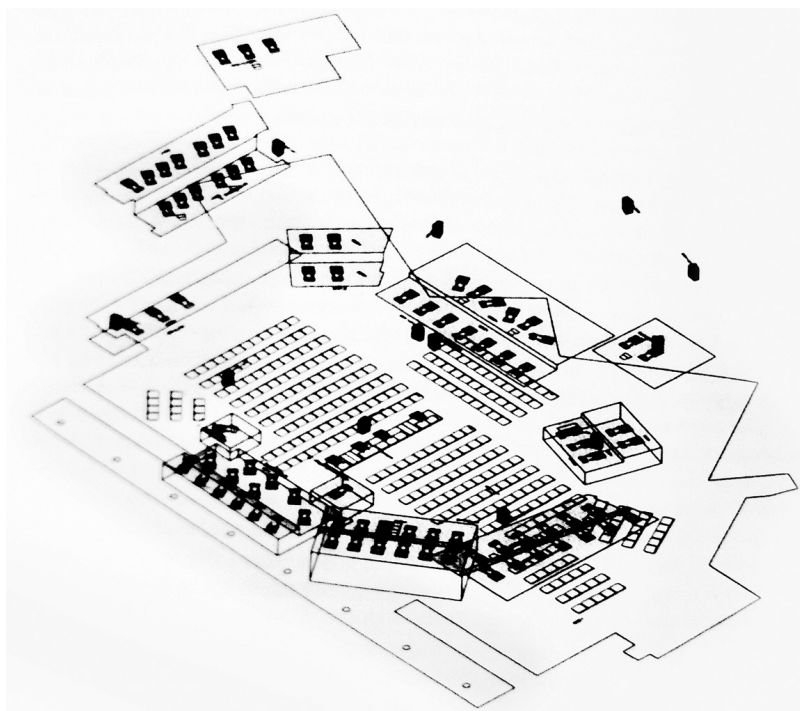
Akiyoshidai de Arata Isozaki (1998)

La evolución de la obra *Prometeo*, producto de la interpretación en distintos espacios, permite entender el paso de una arquitectura experimental y transitoria a una arquitectura con vocación de permanencia que quedará fijada para siempre. Es el caso de la sala del Centro de Artes de Akiyoshidai de Arata Isozaki, en Japón.

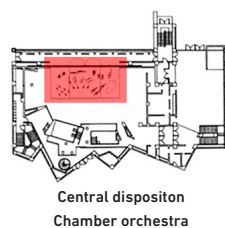
Aquí se optimiza la representación con un mayor espacio para los músicos, su visualización y el equipamiento. La visibilidad del público ya no es importante. Los grupos de músicos deben estar lo bastante distantes entre sí y de los altavoces para que sea posible el uso de micrófonos sin efectos de realimentación. En el centro de la sala se establece el panel de control y afuera, la sala técnica.

A diferencia del *Arca* de Renzo Piano, esta sala es permanente. Para ello está diseñada como un espacio multiuso capaz de transformarse, según cuatro alternativas de disposición, para la interpretación de la música contemporánea. Se trata de un espacio organizado con la regularidad estructural de un *shoebox*, combinado con una distribución interior libre y asimétrica con tribunas a varias alturas bajo la envolvente de un techo suspendido. La sala no presenta interiormente ninguna simetría. La compatibilidad con otras disposiciones permite transformar los puestos diseñados para los intérpretes en puestos para la audiencia, aunque limita un poco la transformación inversa, pues las necesidades de espacio y visibilidad son más exigentes para los intérpretes que para los espectadores. No obstante, la sala permite, además de la distribución de audiencia central de *Prometeo*, una configuración tanto para una escena central como frontal sin por ello perder calidad en la representación.

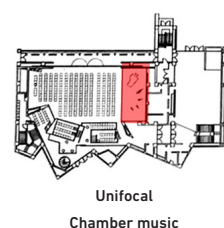
A diferencia de la obra de Scharoun donde quizás se privilegia más el ver que el escuchar, en la obra de Isozaki el escuchar es lo primordial y lo visual queda relegado. El oído percibe con la misma agudeza en todas direcciones, puede discriminar y procesar sonidos simultáneos que llegan desde distintos puntos del espacio, con lo que puede poner una imagen cerebral enormemente precisa de su espacio circundante. Así, a través de la música multifocal, el espacio cobra un nuevo protagonismo y permite una nueva precepción de la arquitectura.



Central disposition
Chamber music



Central disposition
Chamber orchestra



Unifocal
Chamber music

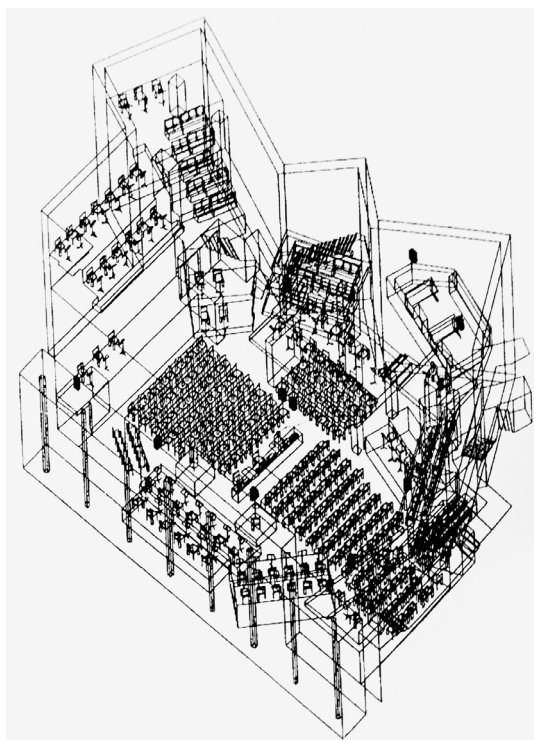


Figura 24

Akiyoshidai, estudios formales y relaciones entre músicos.

Fuente: Moreno Soriano (2008).

Figura 25

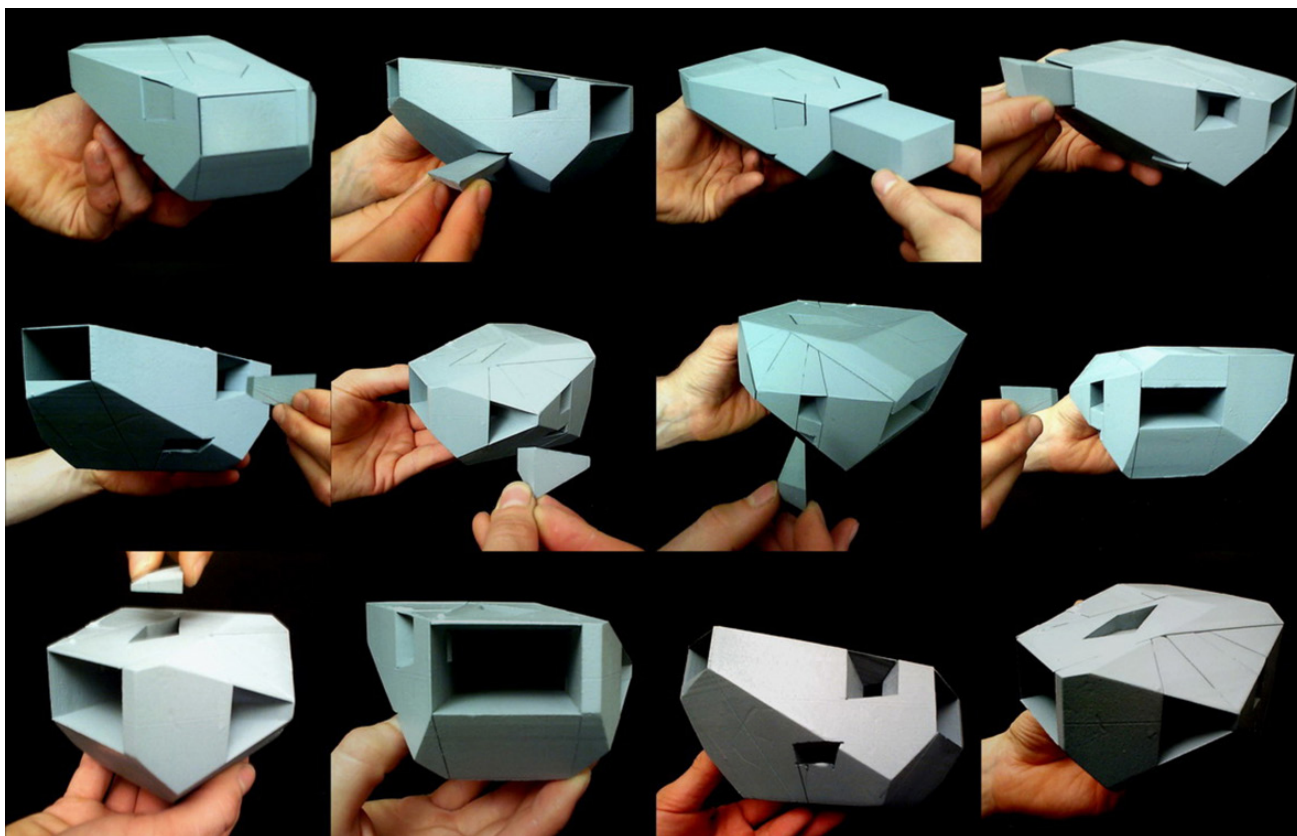
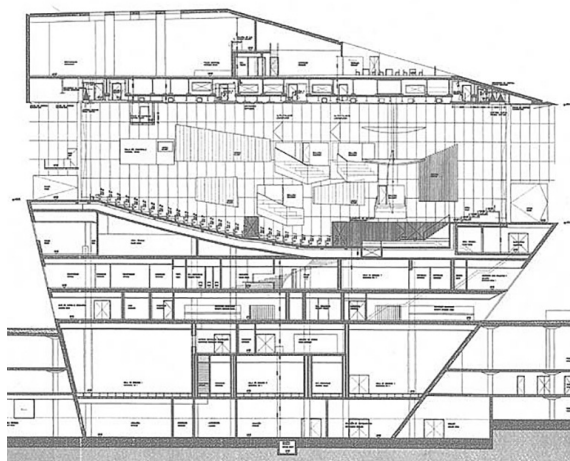
Akiyoshidai, tres posibles ubicaciones de escenario.

Fuente: Moreno Soriano (2008).

Figura 26

Akiyoshidai, axonometría sala.

Fuente: Moreno Soriano (2008).



Fotografía 7

Casa da Musica, Rem Koolhaas/OMA (1999).

Fuente: © Philippe Ruault.
Recuperado de <https://oma.eu/projects/casa-da-musica>

Figura 27

Casa da Musica, corte longitudinal sala.

Fuente: Cortés (2016).

Figura 28

Casa da Musica, estudios formales iniciales.

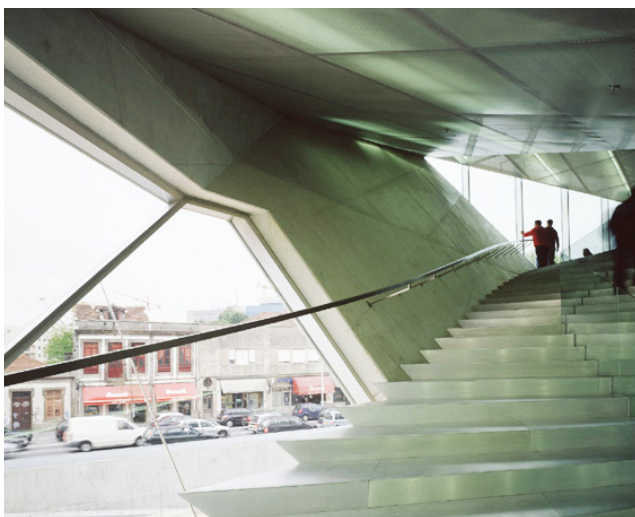
Fuente: © OMA. Recuperado de <https://oma.eu/projects/casa-da-musica>

Casa da música de Rem Koolhaas (1999)

El proyecto de Koolhaas para la *Casa da música*, en Porto, Portugal, nace de manera poco convencional. Originalmente se trataba de una idea para una vivienda concebida como una sucesión de espacios aislados para cada miembro de la familia y con un gran lugar central de encuentro. Este concepto se trasladó al concurso transformándose en la sala central. El edificio, de carácter icónico y unitario, refleja la idea de la comunión entre la ciudad nueva y la existente y entre los músicos y el público.

El edificio mantiene una forma compleja en el exterior, contrapuesta con las formas simples y puras del interior. El efecto con el entorno es provocativo y por

momentos casi irrespetuoso. La potente forma pura de la sala principal queda oculta desde el exterior. El volumen general facetado y autónomo determina un perímetro arbitrario donde se deberán desarrollar internamente las funciones con espacios condicionados a ella. Sin embargo, lo que es evidente es que tanto la sala mayor como la menor son los elementos que determinan la escala final del edificio, originalmente en escala doméstica. Se trata de formas pulsantes que configuran además los quiebres del perímetro, tanto en alzada como en planta. El *foyer* se va desarrollando en altura hasta alcanzar la sala. La gran sala central para 1.200 personas está concebida con la forma rectangular del *shoebox* por



cuestiones de acústica. Entre ellas y los espacios principales se estructuran las funciones, relegando espacios de servicio a sectores residuales. El aislamiento acústico de la sala se realiza separándola del resto de la estructura (caja dentro de una caja). En ella el suelo, las paredes y el techo del auditorio solo entran en contacto con la estructura del edificio por medio de soportes elásticos. El recorrido de todo el edificio es incierto y misterioso. Tanto los pasillos como las escaleras se desarrollan de manera poco previsible invitando a descubrir lo inesperado. En los niveles inferiores se encuentran los talleres de música y salas de ensayo solistas, con acceso independiente desde la calle. Estructuralmente es una gran cáscara de hormigón armado. La sala se monta en una estructura perimetral que desciende hasta las fundaciones. Luego se monta la caja interior de la sala aislándose del resto de la estructura.

Centro Cultural del Bicentenario (2015)

Más cerca en el tiempo y el espacio es la obra del *Centro Cultural del Bicentenario* (hoy *Centro Cultural Kirchner*) en la ciudad de Buenos Aires. Más allá de lo acertada o errada que pueda parecer la propuesta, es importante analizar y comprender las tecnologías y las posibilidades que brinda nuestro país en materia de construcción. En ese sentido, no parece distar mucho de las obras realizadas del primer mundo. La idea nace de la conformación de un gran vacío central (lo que por concurso se podía intervenir completo)

materializado por lo que los autores llamaron *la jaula*. Esta jaula es una estructura perimetral que permite vaciar el espacio para albergar la gran sala filarmónica (*ballena azul*) y al mismo tiempo colgar las salas menores y de exposiciones (*el candelabro*). Por debajo de la jaula se dispone la sala menor. En el corte se puede apreciar la gran escala de los tres elementos sin que por ello se generen interferencias especialmente acústicas. El corte muestra también cómo las salas tienen la configuración de “cajas dentro de cajas” y cómo los escenarios son abiertos, permitiendo controlar la inclinación para orquesta o para solistas. Algo interesante para remarcar es la multiplicidad de plazas interiores que se van generando en altura, desde la planta baja hasta la terraza. Sobre la planta de acceso se genera un gran espacio público que funciona tanto de *foyer* de la sala como de *hall* distribuidor.

La sala tiene capacidad para casi 2.000 personas y tiene una distribución parecida a una sala hexagonal o trapezoidal, aunque muy cercana a la rectangular. Toda la configuración curva exterior hacia adentro se faceta y quiebra con el fin de controlar mejor la acústica resultante. Por encima de la sala queda suspendida la gran lámpara con salas menores, de ensayo y de exposiciones. En las imágenes en construcción se puede apreciar la disposición de la jaula, con estructura de hormigón armado perimetral y un emparrillado metálico para cubrir no solo la gran luz entre apoyos sino también para sostener todo el “candelabro”.

Fotografías 8 y 9

Casa da Música, interior acceso y sala.

Fuente: © Philippe Ruault.

Recuperado de <https://oma.eu/projects/casa-da-musica>

Figura 29

Centro Cultural Kirchner,
ideas conceptuales concurso.

Fuente: Estudio Bares.

Recuperado de <http://www.estudiobares.com/es/proyectos/cultural-institucional/005/centro-cultural-del-bicentenario>

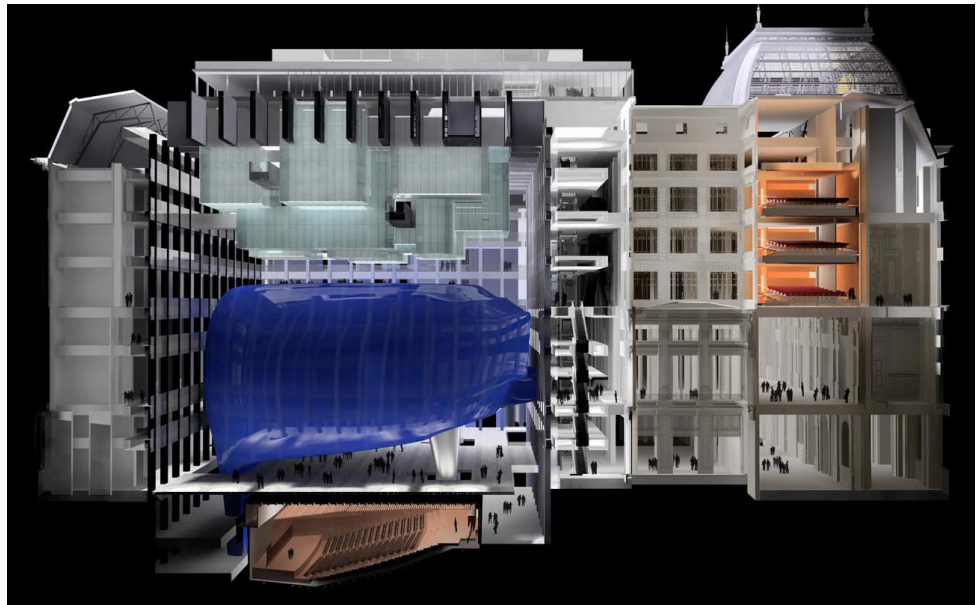
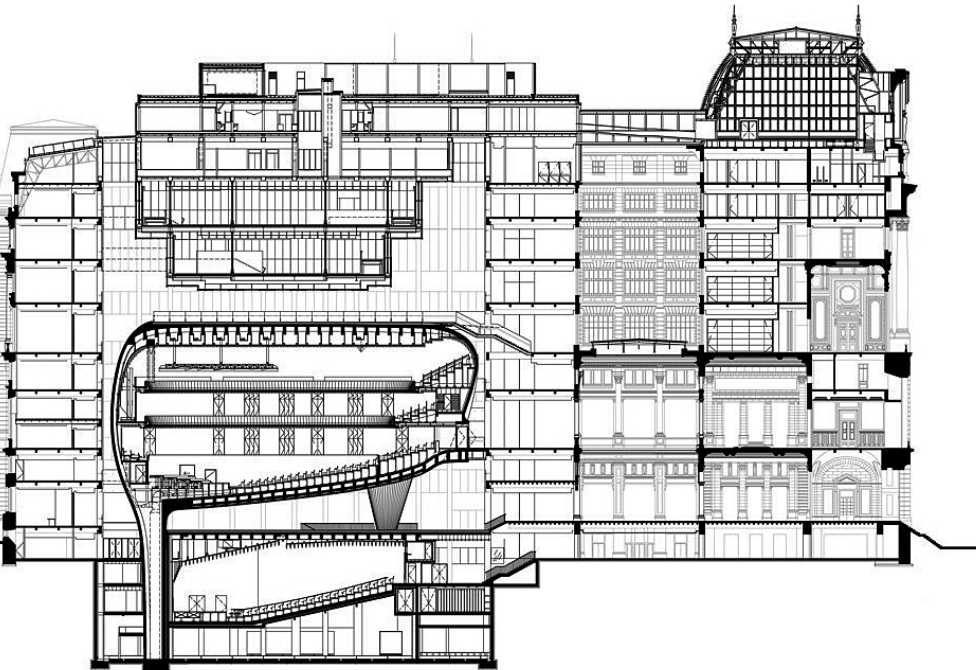


Figura 30

Centro Cultural Kirchner,
corte longitudinal.

Fuente: Estudio Bares.

Recuperado de <http://www.estudiobares.com/es/proyectos/cultural-institucional/005/centro-cultural-del-bicentenario/>



Fotografía 10

Centro Cultural Kirchner,
interior sala.

Fuente: Secretaría de

Cultura de la Nación (2016).

Recuperado de <https://www.cultura.gob.ar/agenda/la-orquesta-sinfonica-nacional-en-el-cck/>

Fotografías 11 y 12

Centro Cultural Kirchner en
construcción.

Fuente: Presidencia de la

Nación (2015). Fragmentos

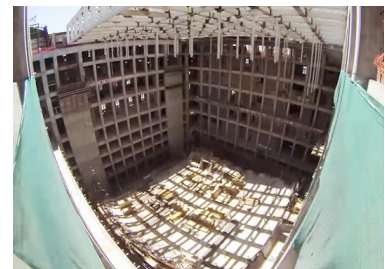
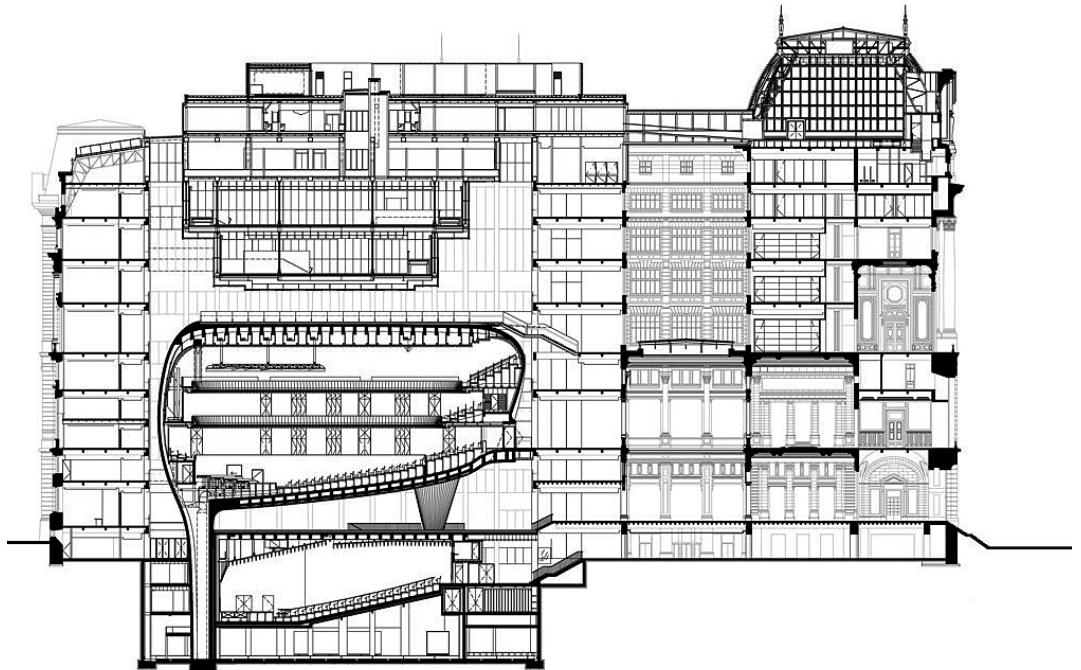
de *Centro Cultural Kirchner.*

Institucional [archivo de

video]. Recuperado de

<https://www.youtube.com/watch?v=1o6AAlo-t9k>

<https://www.youtube.com/watch?v=1o6AAlo-t9k>





Fotografía 13

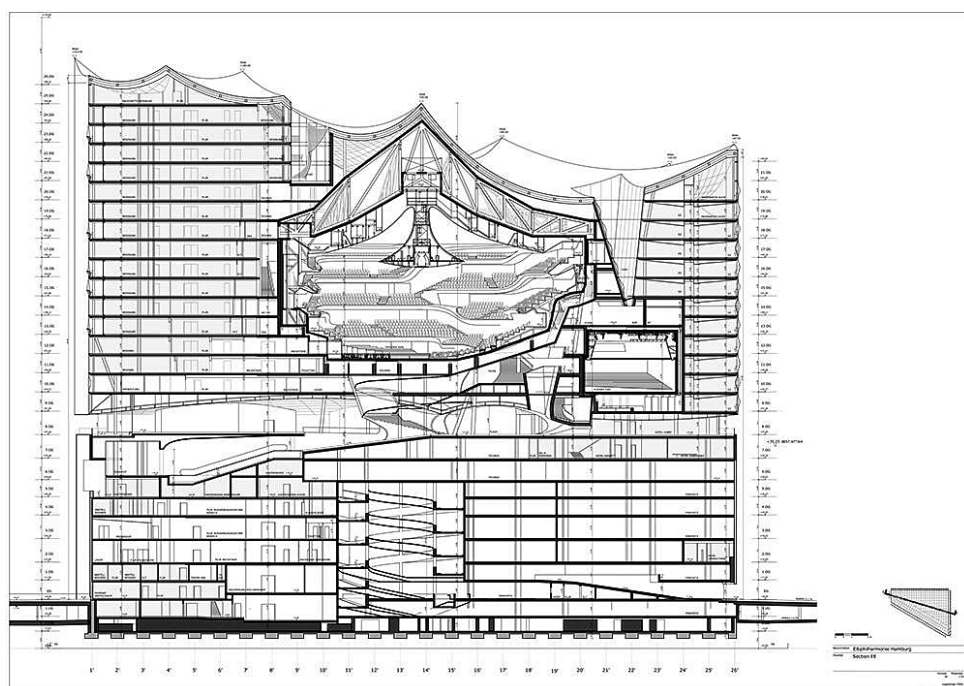
Filarmónica del Elba,
Herzog & De Meuron
(2017).

Fuente: Elbphilharmonie
& Laeiszhalle Hamburg.
Recuperado de [https://
www.elbphilharmonie.de/
en/elbphilharmonie](https://www.elbphilharmonie.de/en/elbphilharmonie)

Figura 31

Filarmónica del Elba, corte
longitudinal.

Fuente: Wikiarquitectura.
Recuperado de [https://
es.wikiarquitectura.com/
edificio/filarmonica-del-
elba/#filarmonicaelba-pb](https://es.wikiarquitectura.com/edificio/filarmonica-del-elba/#filarmonicaelba-pb)



Fotografía 14

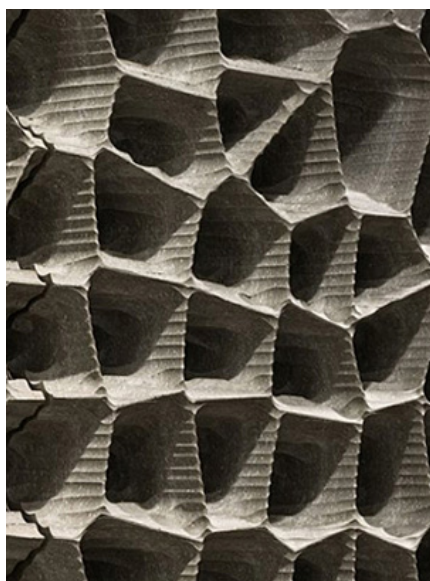
Filarmónica del Elba,
interior gran sala.

Fuente: pxhere.com.
Recuperado de [https://
pxhere.com/en/
photo/1372795](https://pxhere.com/en/photo/1372795)

Fotografía 15

Filarmónica del Elba, detalle
interior sala.

Fuente: Elbphilharmonie
& Laeiszhalle Hamburg.
Recuperado de [https://
www.elbphilharmonie.de/
en/elbphilharmonie](https://www.elbphilharmonie.de/en/elbphilharmonie)



Filarmónica del Elba (2017)

La *Filarmónica del Elba* de Herzog & De Meuron, en Hamburgo, Alemania, inaugurada en 2017, se posa sobre un viejo almacén portuario de Hamburgo. La idea original es conservar la forma prismática marcada y elevar todos los nuevos usos sobre el viejo edificio, generando una plaza pública de acceso en altura.

La obra contiene una gran sala filarmónica y una sala de música de cámara. Hacia el perímetro se configuran los servicios y otros usos, permitiendo un buen aislamiento acústico de las salas. Funcionalmente uno accede en la planta baja hasta la plaza en altura (8vo. nivel) donde surge el *foyer* compartido para las dos salas. El resto del programa se distribuye en viviendas, hotel y estacionamiento.

Tanto en el corte como en la planta se puede ver la intromisión de la gran sala en el conjunto. En este caso es a la inversa de la obra de Porto: aquí el continente es simple y la gran sala es compleja. Puede verificarse también la estructura interna separada de la externa. La gran complejidad de la sala no permite poner encima otra cosa que no sean los sectores de iluminación y apoyo. Más allá de la semejanza estética con la *Filarmónica de Berlín*, la sala de Hamburgo mantiene la misma configuración de escenario central. Por tal motivo es que aparece la gran lámpara reflectora que permitirá mejorar la acústica para los músicos. Tanto en esta obra como en la de Scharoun, la sala no es simétrica exactamente, aunque mantiene una gran similitud de ambos lados. La simetría muchas veces permite ordenar el sonido y no generar diferentes reflexiones entre uno u otro oído del espectador.

En el detalle de revestimientos o algunos cerramientos se mantiene la idea formal original incorporando una necesidad acústica de los difusores del sonido. El concepto inicial relacionado a lo marino se mantiene hasta las formas más pequeñas como un *leitmotiv* musical que se reelabora a lo largo de toda la obra.

Reflexión final

La arquitectura y la música han estado vinculadas desde los orígenes y se han retroalimentado para conformar creaciones artísticas del más alto vuelo. Surgen en el tiempo obras arquitectónicas basadas en piezas musicales y también composiciones musicales creadas específicamente para ser interpretadas en espacios particulares. La evolución de la arquitectura ha llevado de la mano la evolución de música.

La arquitectura para la música actual parece encontrarse en crisis. La mejora en la calidad y en la accesibilidad de las grabaciones musicales distancian cada día más a los oyentes de las salas de concierto. Esto lleva a preguntarse si la arquitectura de salas deberá adaptarse a los cambios y renovar los espacios en relación con las nuevas audiencias o si deberá aceptar con dignidad una derrota y conformarse con ser un espacio de contemplación de algunos pocos aficionados melómanos ■

> REFERENCIAS

Beranek, L. (1996). *Concerts Halls and Opera Houses: Music, Acoustics and Architecture*. Nueva York: Springer.

Basso, G., Di Liscia, O. y Pampin, J. (2009). *Música y espacio: ciencia, tecnología y estética*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.

Blas Gómez, F. (2010). *Música, color y arquitectura*. Buenos Aires: Nobuko

Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Cortés, J. A. (2016). Los tortuosos caminos de Rem Koolhaas. El proyecto de la Casa da Musica y la búsqueda de la forma arquitectónica. En A. Capitel, *Métodos e instrumentos de la arquitectura moderna*. Buenos Aires: Nobuko.

del Valle, R. A. (2008). *Música, tiempo y arquitectura*. Buenos Aires: Nobuko.

Esche, R. y Gericke, M. (2003). *Rückblick. Augenblick. Ausblick. 40 Jahre. Berliner Philharmonie*. (S. Spencer, Trad.). Berlín: ENKA-Druck

Kandinsky, W. (1996). *De lo espiritual en el arte*. Barcelona: Paidós.

Le Corbusier. (1953). *El Modulor*. Buenos Aires: Poseidón.

Ligeti, G. y Wehinger, R. (1970). *Aritikulation. Elektronische Musik. Eine Hörpartitur von Rainer Wehinger*. Maguncia: Schott.

Mendez, A., Stornini, A., Salazar, E., Giuliano, G., Velis, A., y Amarilla, B. (1994). *Acústica Arquitectónica*. Buenos Aires: Universidad del Museo Social Argentino.

Moreno Soriano, S. (2008). *Arquitectura y Música en el siglo XX*. Madrid: Fundación Caja de Arquitectos.

Sabine, W. C. (1993). *Collected Papers on Acoustics*. Newport: Peninsula Publishing.

Vitruvio Polion, M. (1787). *Los diez libros de Architectura*. Madrid: Imprenta Real.

Xenakis, I. (2009). *Música de la arquitectura*. Madrid: Akal.