

Arq. GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

CONSULTOR EN ACÚSTICA CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

TEATRO SOLÍS MONTEVIDEO - URUGUAY



RESTAURACIÓN ACÚSTICA



ARQ GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

El Teatro Solís fue equipado con instalaciones de última generación en lo referente a la mecánica escénica, seguridad y acondicionamiento térmico. Asimismo la sala fue restaurada mejorando sus condiciones de confort, recuperando su valor artístico y patrimonial.

Desde la etapa de proyecto, pasando por la ejecución de las obras y hasta la verificación de los desempeños previstos, las exigencias acústicas ocuparon un lugar preponderante.

El proyecto de remodelación acústica original fue elaborado por una firma francesa y fue tomado como marco inicial de trabajo, debiendo hacerse numerosas modificaciones, y agregados.

Como asesor acústico de la empresa constructora Teyma Uruguay S.A. actuó el Ing. Alberto Haedo, mientras que asesoraron a la Intendencia de Montevideo el Ing. Conrado Silva, y quién les habla.

Si bien el acondicionamiento acústico debe concebirse integralmente, sólo a los efectos de clarificar esta exposición clasificaremos los trabajos realizados en cuatro categorías

- 1 - Aislación de ruidos transmitidos por vía aérea
- 2 - Aislación de ruidos transmitidos por vía sólida y vibraciones
- 3 - Acondicionamiento de Sala y Escenario
- 4 - Tratamiento interior de locales generadores de ruido

1 - Aislación de ruidos transmitidos por vía aérea



Considerando la transmisión de ruido aéreo entre locales, desde el exterior, hacia el exterior (cabe destacar que fue considerado el teatro como fuente de ruido hacia el entorno urbano), se diseñaron los cerramientos con el objetivo de reducir el nivel sonoro transmitido de acuerdo a la función de cada local.



En el diseño de los cerramientos opacos se obtuvieron los grados de aislamiento necesarios por un lado con la incorporación de masa (hormigón estructural por ejemplo en el diseño de las pantallas laterales que conforman la caja escénica o muros de bloque rellenos de hormigón revocados como en el cerramiento de la sala de máquinas de aire acondicionado).

En la mayoría de los sectores en los que se intervino sobre lo existente, fue necesario lograr altas aislaciones sin incorporar peso sobre la estructura. Por lo que los cerramientos entre la sala y el ambulatorio fueron construidos con tabiquería de doble placa de roca de yeso, con estructura independiente y relleno de lana mineral.



Este sistema constructivo fue empleado también en la ejecución de cielorrasos aislantes en locales emisores de ruido. En la imagen se aprecia la estructura de tirantes de madera y planchuelas existente además de la estructura del futuro cielorraso

La misma imagen con el relleno de lana mineral y las instalaciones incorporadas previo al doble emplacado, sellado y con juntas desfasadas como se aprecia en la siguiente imagen.



Arq. GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

CONSULTOR EN ACÚSTICA CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

El cerramiento horizontal separativo entre el local de equipos merece un comentario particular. El mismo está constituido por una losa maciza de hormigón + un cielorraso montado sobre resortes de triple placa de roca de yeso, con material visco-elástico entre ellas. Vemos el proceso de construcción:



Coherente con lo anterior este tipo de cielorraso no tiene calados o atravesamientos. Como se observa en la imagen las instalaciones se fijan en las paredes.

Los pases de las instalaciones se ejecutaron con el objetivo de mantener el aislamiento del cerramiento atravesado, esto es sellados y sin vinculación rígida, controlando así también la transmisión de vibraciones. La imagen muestra un pase acústico y cortafuego en una pantalla de hormigón.

Vemos la misma ejecución en los tabiques de obra seca.



En todos los tipos de aberturas con exigencias aislantes que existen en el teatro se controló su hermeticidad con marcos de doble contacto, herrajes reforzados y burletes de alta calidad. Para el caso de los umbrales se incorporaron cierres retractiles, activados con el cierre de la hoja.

En la primer imagen, se puede ver la parte inferior de la puerta con el zócalo arriba



Y en la segunda foto, con el zócalo abajo al hacer presión contra su marco; en este caso para tomar la foto, se lo ha hecho descender con la puerta abierta.

Para la comunicación entre locales con baja tolerancia de ruido como la sala y el escenario con locales emisores como el hall, y las circulaciones se dispuso una doble barrera de puertas (dos puertas aislantes separadas 1 m.)

Las puertas de aluminio y metal utilizadas contaban con ensayos de los fabricantes y en el caso de las aberturas de madera, de fabricación nacional, se construyeron prototipos los cuales se ensayaron en el laboratorio de La Plata, previo a su diseño final y ejecución.

Arq. GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

CONSULTOR EN ACÚSTICA CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

A los efectos de atenuar el ruido transmitido por vía aérea por los ductos del sistema de acondicionamiento térmico (recordemos que prácticamente todo el teatro cuenta con aire acondicionado) fue necesario recurrir en primer lugar a aspectos de diseño, es decir al recorrido y la sección de las instalaciones. Esto sin duda representó un gran desafío ya que por diversas razones el lugar de ubicación del local principal de equipos que vemos en la imagen es debajo de la propia sala con los consiguientes problemas que implica ubicar linderos un local altamente emisor de ruido y uno con baja tolerancia al mismo.



Para solucionar este problema se interpusieron dos plenos de aire entre la sala de equipos y la platea: una “herradura” perimetral a la sala



Y el espacio bajo el piso de la platea ambos revestidos con material absorbente (lana de vidrio recubierta con velo de vidrio). De este modo no sólo se atenúa la energía sonora sino que también se reduce la velocidad del aire que sale por los difusores ubicados debajo de la butacas.

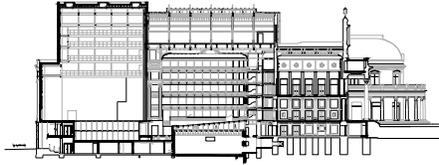
Arq. GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

CONSULTOR EN ACÚSTICA CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

Además de lo anterior se ubicaron dos atenuadores pasivos en los recorridos de inyección y retorno y la totalidad de los ductos se forró internamente con material absorbente (lana de vidrio con velo de vidrio como recubrimiento para evitar la volatilización de las fibras).



Para aislar acústicamente la sala hicieron las siguientes modificaciones:



Por arriba del plafón de la Sala, existía una Sala con piso de madera y cubierta de chapa, y grandes ventanales de vidrio, llamada Sala de pintura debido a que en ella se pintaban los decorados de las escenografías.

A través de esta Sala ingresaba la mayor parte del ruido proveniente del exterior.



Para aumentar la aislación se levantó el piso de madera de la Sala de Pintura, y en su reemplazo se construyó una losa de hormigón armado de 21 cm. de espesor; apoyada sobre grandes vigas de metal que se apoyan a su vez sobre las paredes portantes del Teatro.

Se construyeron ambulatorios en todos los niveles como vemos en imágenes, con lo que se agregó una barrera acústica adicional entre el exterior y la sala. Las puertas entre ambulatorios y Antepalcos, se la construyeron con una Aislación acústica de Rw 32 o de STC 31.



2 - Aislación de ruidos transmitidos por vía sólida

Los ruidos generados por vibraciones e impactos de diverso tipo (pisadas, funcionamiento de equipos, circulación de fluidos por las cañerías, etc.) además de generar un ruido aéreo en el lugar donde se originan, constituyen el origen de un ruido transmitido por vía sólida, el cual se propaga debido a la vinculación, en general rígida, de los dispositivos constructivos usuales como el hormigón o la mampostería. A lo largo de la propagación en los distintos ambientes esta vibración se transforma en un ruido aéreo factible de ser percibido aún en locales lejanos del lugar de generación.



El control de este tipo de ruido depende de la magnitud y el tipo de la vibración o impacto que lo genera.



Los equipos de aire acondicionado, equipos de bombeo, grupos generadores y transformadores se montaron sobre atenuadores de vibración específicamente diseñados según el peso, centro de gravedad, y frecuencia de vibración del equipo logrando en todos los casos atenuaciones superiores al 95 %.

Los recorridos de las instalaciones de circulación de fluidos es decir ductos de aire, como se aprecia en la foto. Así como abastecimiento y desagüe sanitario fueron fijadas con agarraderas con soportes resilientes.



En el caso de la circulación de agua para los equipos de acondicionamiento térmico se utilizaron resortes, fuelles y juntas elásticas.



Los impactos en ambulatorios (piso blando) se atenuaron con la incorporación de un bajo alfombra, mientras que debajo del mortero de toma de los pisos duros se colocó un dispositivo similar.

El piso de la platea se montó también sobre un material resiliente capaz de soportar el peso de la misma.



Arq. GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

CONSULTOR EN ACÚSTICA CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

En los pisos de los locales con equipos se construyó un contrapiso de hormigón con malla sobre un material resiliente (lana de vidrio de alta densidad de 4 cm.).



3 - Acondicionamiento de Sala y Escenario

La acústica de la sala presentaba antes de su remodelación, algunos problemas acústicos enumerados a continuación:

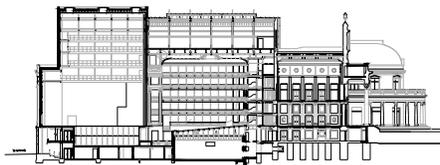


- 1) Bajo tiempo de reverberación: Muy bueno para prosa, pero bajo para Opera y Conciertos, entre otras causas debido al aumento realizado a través del tiempo, del número de espectadores, para aumentar el aforo.
- 2) Poca difusión del sonido lateral de los lados del proscenio debido a que el frente de los palcos era de superficies de madera planas.
- 3) Un escenario y foso de orquesta pequeño: para los usos y puestas en escenas que se realizan actualmente.

Con la finalidad de **aumentar el tiempo** de reverberación de la Sala, se tomaron varias determinaciones:

Se disminuyó el número de espectadores, reduciéndolo de 1500 a 1200 sentados, aumentando la relación volumen por espectador mejorando la distribución y visuales de los mismos.

Se quitó la alfombra que cubría la totalidad del piso de la platea



Se aumentó el volumen de la Sala, incorporando el volumen que se creó entre el plafón del cielorraso y la losa de hormigón armado, construida como piso de la Sala de Pinturas. Este volumen quedó acoplado a la Sala a través de perforaciones que se encuentran sobre la araña y alrededor de esta, y por toda la parte superior de la pared trasera del nivel de Paraíso, donde se colocó una malla de alambre tejido. Esto permitió agregar un volumen de 914 m³, a los 4.800 m³ que tenía la Sala original.

Arq. GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

CONSULTOR EN ACÚSTICA CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

Para poder variar el tiempo de reverberación entre funciones de Teatro de Prosa y de Opera o Concierto, se colocaron cortinas pesadas que separan los antepalcos de los palcos. En funciones de prosa donde se busca un tiempo de reverberación menor, estas cortinas permanecen cerradas, es decir tapando el antepalco disminuyendo así el volumen de la Sala y aumentando la absorción acústica.



En funciones de Opera o de Concierto, estas cortinas están corridas, es decir dejan abierto el antepalco; con lo que aumenta el volumen de la Sala, y desaparece la absorción acústica producida por las cortinas; aumentando así el Tiempo de reverberación para este uso.

Para mejorar la difusión lateral del sonido, se colocaron en los palcos denominados avant-scene, de los costados del arco del proscenio, difusores acústicos pseudo-aleatorios o MLS (Maximun Length Sequence).



Estos ocupan el frente libre de los palcos del proscenio como se aprecia en la primer foto tomada desde el escenario y tienen bisagras que permiten variar su ángulo de abertura y abrirlos totalmente hacia adentro de los palcos, cuando estos últimos se los quiera utilizar para otra actividad; en los casos de funciones con amplificación electroacústica.

Arq. GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

CONSULTOR EN ACÚSTICA CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

El escenario fue revestido interiormente con material absorbente (aglomerado de fibras minerales montado con cámara la cual se rellenó con lana de roca) para que su tiempo de reverberación fuera similar al de la sala.



También se colocó este material en la parrilla técnica (en el nivel +20) para reducir el ruido que pudieran generar los equipos de izamiento mecánico (Vortek) o el personal durante las funciones.



Arq. GONZALO FERNÁNDEZ BRECCIA

CONSULTOR EN ACÚSTICA CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

El escenario cuenta con una caja acústica diseñada para reforzar las reflexiones hacia la audiencia
El foso de orquesta fue revestido para controlar su reverberación y se dispusieron superficies no paralelas tipo “diente de sierra” para mejorar la difusión y evitar resonancias.



El sistema de audio permanente compuesto por un sistema de un cluster central superior, dos emisores lineales ubicados a los laterales del escenario y un conjunto de emisión de graves en dos de los antiguos palcos secretos.

Este sistema posee una respuesta en frecuencia prácticamente lineal, cobertura total y uniforme de sonido (no existen diferencias mayores a 4 dB. en dos puntos cualquiera de la sala) y una capacidad de generación de hasta 110 dB. Sin perder fidelidad en las posiciones más lejanas lo que permite desarrollar cualquier tipo de espectáculo amplificado.



Todo el sistema es controlado desde la cabina de audio y luces ubicada en nivel de cazuela de la sala.

4 - Tratamiento interior de locales generadores de ruido

Finalmente diremos que se redujo al máximo el nivel de ruido en los locales emisores, por un lado con revestimientos absorbentes interiores como en el local del grupo generador y por otro con limitaciones aplicables al nivel de emisión de las fuentes. Por ejemplo el modelo ascensor utilizado (téngase presente que existe un ascensor en el escenario) fue seleccionado por su baja emisión sonora, al igual que los aparatos de descarga de los inodoros de los baños de sala.

Cálculo y Mediciones

A lo largo de la obra los dispositivos constructivos fueron verificados analíticamente. En todos los casos se exigió la información acústica de los distintos materiales y en algunos casos, como con las aberturas de madera y la alfombra, se ensayaron según normas internacionales en el laboratorio del LAL – CIC. de La Plata.



Este Laboratorio se encargó también de las mediciones “ in-situ “ finales; de Tiempos de reverberación, aislaciones acústicas entre distintos locales dentro del Teatro y hacia el exterior, aislaciones antivibratorias de los equipos electromecánicos y de los Niveles de ruido de los distintos locales como las Salas de Máquinas, Sala propiamente dicha y escenario.