

2nd Pan-American and Iberian Meeting on Acoustics

15 – 19 November 2010



160th ASA meeting
7^o Congress FIA
17^o Congress IMA



CANCUN – MEXICO

1pAA: The Dish on Drama Theatres: Acoustic Tips, Tricks and Trends

Gonzalo Fernández Breccia, El Viejo Pancho 2533
Montevideo-Uruguay

gf@consultoriaacustica.com.uy

DESCRIPCIÓN ACÚSTICA DE LA SALA A DEL AUDITORIO SODRE

INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

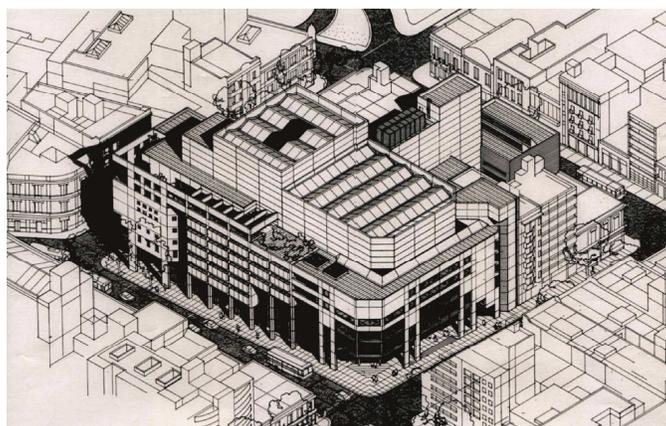
El SODRE, Servicio Oficial de Difusión Radiotelevisión y Espectáculos, es un servicio dependiente del Ministerio de Educación y Cultura. Uno de sus principales cometidos es fomentar y difundir las actividades artísticas nacionales. Durante el primer gobierno democrático posterior a la dictadura militar, surgió la necesidad de contar con un edificio que permita desarrollar tanto la actividad de los cuerpos estables del coro la orquesta y el ballet como las actividades artísticas de nivel internacional.

Es así que en setiembre de 1986, el SODRE designa como consultor técnico acústico al Ing. Conrado Silva para asesorar en la materia y elaborar los requisitos del futuro complejo artístico. Se realiza el llamado a concurso y el equipo ganador del mismo, integrado por los Arqs. Isidoro Singer, Carlos Vanini, Diego Magnone y Jorge Di Pólito cuenta con el asesoramiento del Ing. Federico Malvárez.

Desde mayo de 1987 hasta febrero de 1988 el equipo proyectista se encarga de elaborar los recaudos gráficos definitivos con los asesores acústicos antes mencionados.

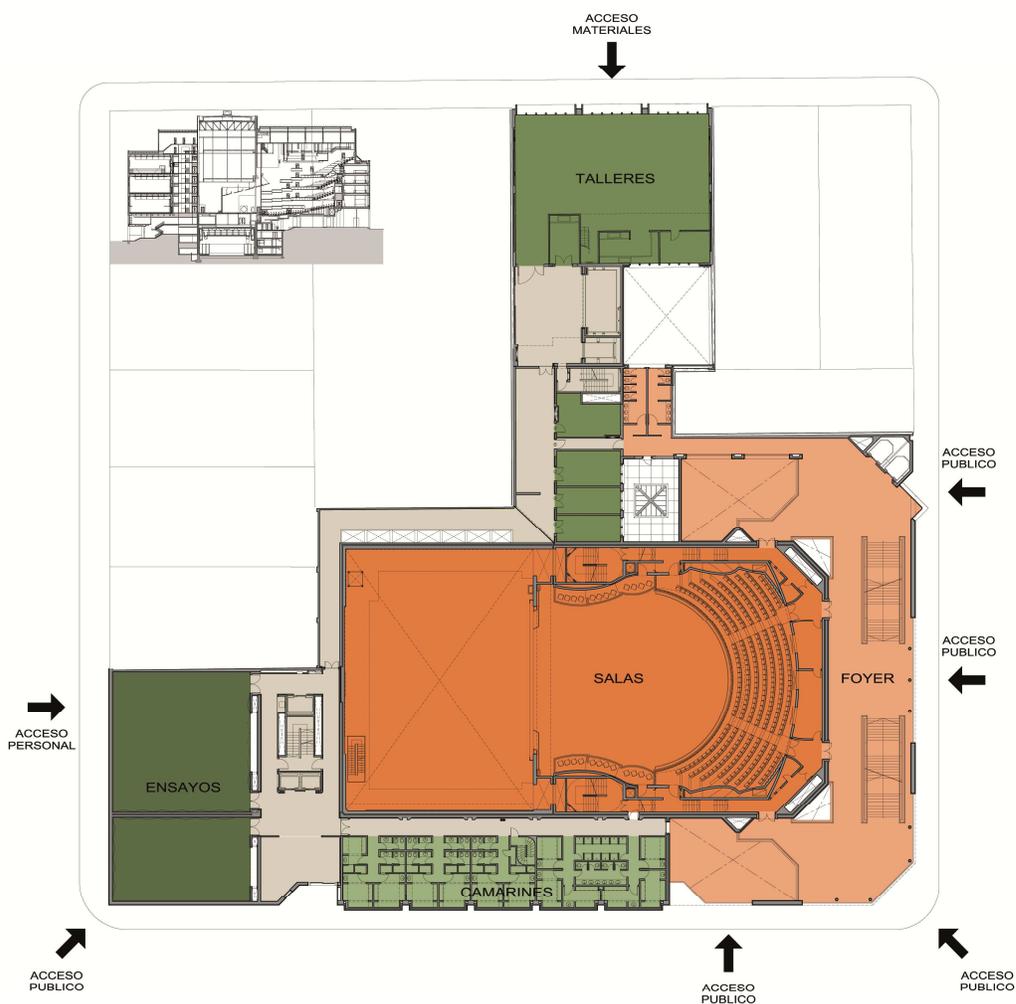
Las obras comenzaron en Noviembre de 1989 y en esa primera etapa sólo duraron un año. El avance significativo en los trabajos se produce cinco años después, entre 1995 y 1999, donde se finalizan las etapas de hormigón y mampostería rústica. Es durante ese lapso que se incorporan como asesores del equipo de proyecto la firma JHS, Jaffe, Holden & Scarbrough, quienes introducen modificaciones significativas en el diseño de la sala, las cuales serán desarrollados más adelante en el presente escrito.

Recientemente, a fines del año 2008, el gobierno uruguayo decidió retomar los trabajos con el objetivo inaugurar la sala principal, halles y foyer a fines del año 2009. El autor de este trabajo desempeñó tareas de asesoramiento acústico en esta etapa, definiendo a nivel de proyecto los cerramientos y revestimientos finales de la sala y los espacios adyacentes así como también realizando las mediciones de tiempo de reverberación y aislamiento necesarias.



DESCRIPCIÓN GENERAL

El complejo de espectáculos se ubica en la esquina de las calles Andes y Mercedes, llegando hasta la calle Florida, en pleno centro de la ciudad, y en un enclave particularmente singular: el entronque de la ciudad vieja y la ciudad moderna.



En el edificio se desarrollan un conjunto de actividades en las que el espectáculo es el objetivo final de las mismas: el escenario y la sala de espectadores emerge del centro de la manzana como una caja cerrada, alrededor de la cual se articulan todos los sectores del edificio.

SALA "A" EDUARDO FABINI

El protagonista principal del complejo es la sala "A". Se ha proyectado un espacio de carácter íntimo, compacto, procurando generar la sensación de estar en una sala bastante más pequeña de lo que realmente es, organizada en platea y tres balcones, que con su circularidad, rodean el espacio central, generando verdaderas paredes de gente, en contraposición al concepto de frontalidad.

Las capacidades de los diferentes sectores son: platea 873 localidades; tertulia 335; localidades; galería baja 317 localidades y galería alta 445 localidades.

Un cielorraso de material perforado transparente acústicamente cubre el espacio, lo que posibilita que el volumen de reverberación sea bastante más grande que el espacio percibido. Sobre éste cielorraso se disponen cortinados automatizados, que permiten realizar la regulación acústica. La sala está revestida de madera y sus balcones y cielorrasos en yeso.

Los cuatro niveles de foyer que dan acceso a las diferentes ubicaciones están vinculados espacialmente mediante 2 balcones, y todos participan de las visuales a la ciudad. El piso alfombrado y los cielorrasos aportan la absorción sonora necesaria para reducir el ruido generado hacia la sala.

LA SALA "C" HUGO BALZO

Se trata básicamente de un espacio neutro, de 20m x 20m y 7m de altura libre, definido como Sala "polivalente".

Es un contenedor de paredes de ladrillo visto con rieles perimetrales para regular la acústica según la actividad.

El equipamiento móvil consiste en módulos de gradas telescópicas y retráctiles. Gracias a esta movilidad las organizaciones del espacio pueden ser múltiples: frontal, bifrontal, semicircular, arena, y en cada caso siempre se cuenta con varias alternativas de entrada de artistas y cómodas dimensiones del área escénica.

SALA DE ENSAYOS "A"

La sala de Ensayos - localizada a nivel del escenario - es de dimensiones algo mayores que el área escénica, y posibilita la realización de puestas en condiciones similares a las del escenario. La acústica es regulable, y la aislación de ruidos externos está asegurada por ventanas dobles específicamente diseñadas.

SALA DE ENSAYO DE MÚSICA

En el nivel escenario y en el nivel superior están localizadas las Salas de ensayo de música. Se tratan de 2 Salas de aproximadamente 50m² para pequeños grupos y 3 salas de aproximadamente 18m² para estudio y ensayo de solistas.

SALAS DE ENSAYO DE BALLE

El cuerpo de Baile contará con dos Salas de ensayos: la mayor- de 15m x 15m - es, como la Sala de ensayos "A", de dimensiones algo mayores que el área escénica. La sala menor es de 15m x 9m.

SALAS DE ENSAYO DE COROS

Ocupando los dos niveles superiores del Sector se ubican las salas de ensayos de coros. Se trata de dos salas con características similares al resto del conjunto, en lo que respecta a dimensiones, aspectos técnicos, acústicos y acondicionamiento ambiental. Como las demás Salas de ensayos, también son de doble altura, y en coincidencia con ellas se localizan los dos niveles de camarines de los coristas.

LOS CAMARINES

Los 58 camarines del complejo tienen capacidad para atender las necesidades de aproximadamente 250 artistas.

LOS TALLERES

Desarrollados en tres niveles de doble altura, los talleres se ubican alejados de las Salas de espectáculos y de Ensayos por razones de aislación acústica y de seguridad.

DESCRIPCIÓN DE LA SALA "A" EDUARDO FABINI

INTRODUCCIÓN

Corresponde aclarar que el presente trabajo se limita al acondicionamiento acústico interior de la sala. No se desarrollan o describen las medidas de control de ruido y vibraciones que se tomaron para lograr los objetivos acústicos que corresponden para este tipo de sala, inserta en la zona céntrica de la ciudad.

Partiendo de un volumen de diseño de 8 m^3 por espectador, valor recomendable para concierto sinfónico, la sala cuenta con 16.000 m^3 y capacidad para 2000 personas.

No obstante en la sala pueden desarrollarse espectáculos de cualquier característica, desde prosa y ópera hasta conciertos con coros. Este amplio rango de actividades determinó la necesidad de modificar las características acústicas de la sala de acuerdo al uso, como se describe más adelante.

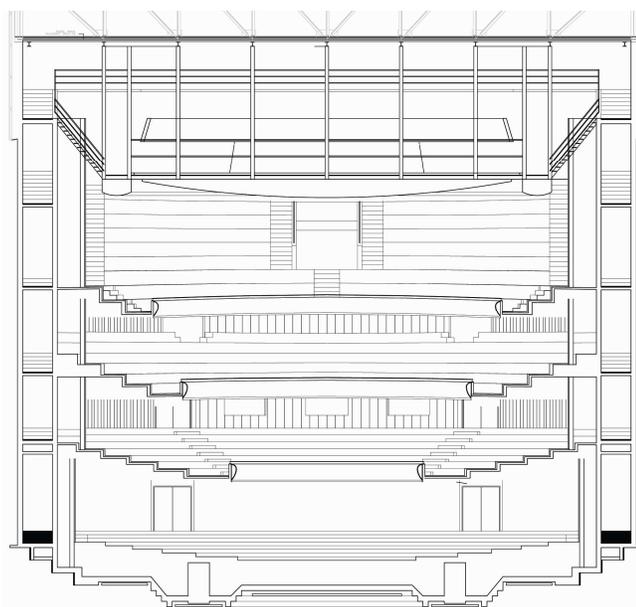
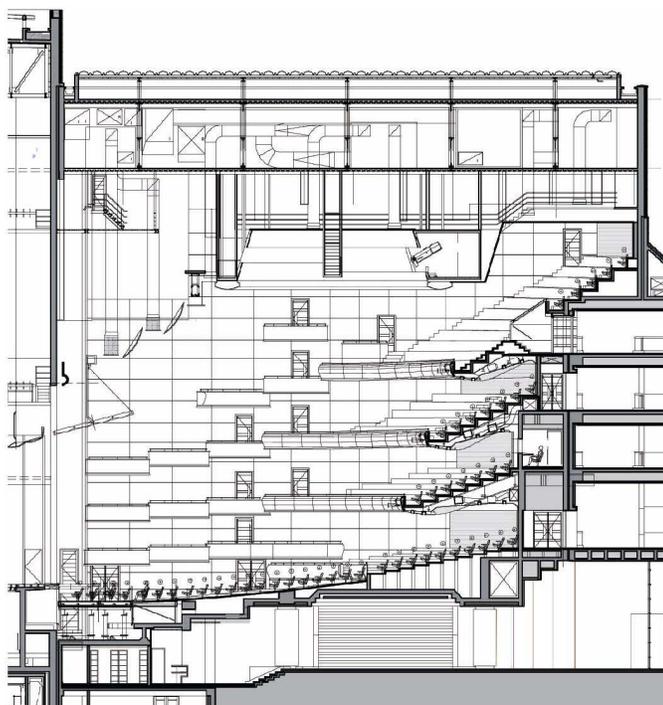
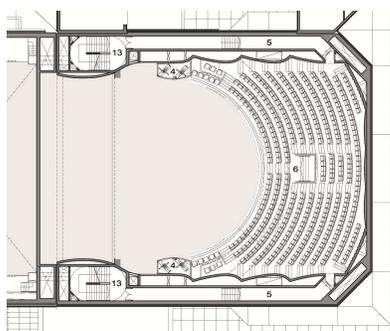
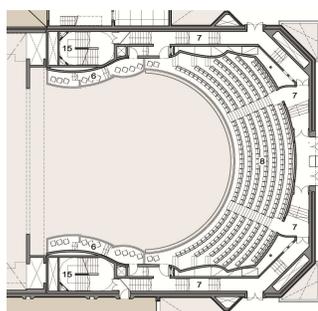
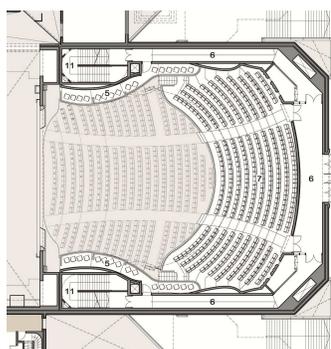
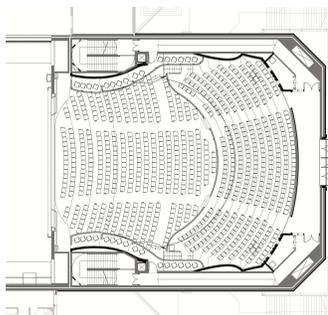
La totalidad de las localidades cuenta con una visibilidad total del escenario, asegurando también una escasa interferencia sonora de parte de los espectadores.

Las bandejas cumplen con la relación fijada por Barron, es decir que la profundidad de la zona situada debajo del balcón D no supera dos veces y media la altura de la abertura.

La llamada señal útil, es decir la suma de la energía aportada por el sonido directo y el conjunto de las primeras reflexiones se logra por el aporte de las paredes laterales, totalmente reflejantes así como la caja acústica del escenario y el módulo de techo en el proscenio.

Un alto grado de difusión se obtiene por las superficies convexas, con variedad de radios de curvatura localizadas en las paredes laterales, fondo y frentes de palcos y bandejas.

Para evitar ecos o focalizaciones del sonido se evitaron superficies planas reflectantes de grandes dimensiones, tanto en el techo como en las paredes y se orientaron las posibles superficies conflictivas hacia sectores sin oyentes

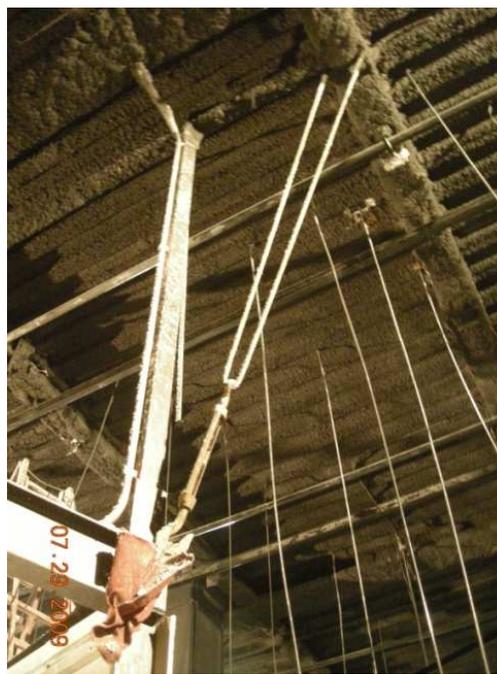


PLANTAS. DISTINTOS NIVELES

CORTES LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

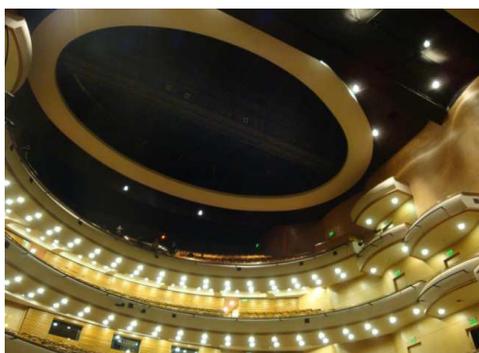
Cielorraso:

El límite físico superior de la sala es una losa de hormigón, sistema "steel deck", con pintura ignífuga como terminación.

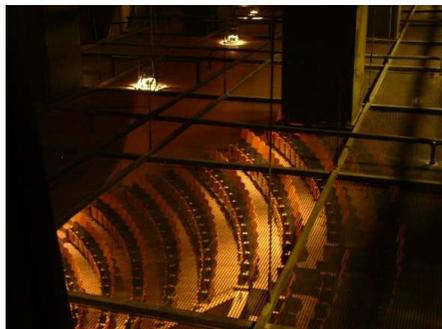


SUPERFICIE INFERIOR DE LA LOSA. A LA IZQUIERDA PREVIO A LA APLICACIÓN DE LA PINTURA IGNÍFUGA Y A LA DERECHA LUEGO DE APLICADA LA MISMA.

El límite visual de la sala es el cielorraso perforado "barrisol", el cual es transparente desde el punto de vista acústico permitiendo la incorporación de volumen a la sala sin tener la sensación de estar en un espacio excesivamente elevado.



PARA EL ESPECTADOR, LA SALA SE LIMITA SUPERIORMENTE AL NIVEL DEL PISO DE LA PARRILLA TÉCNICA.

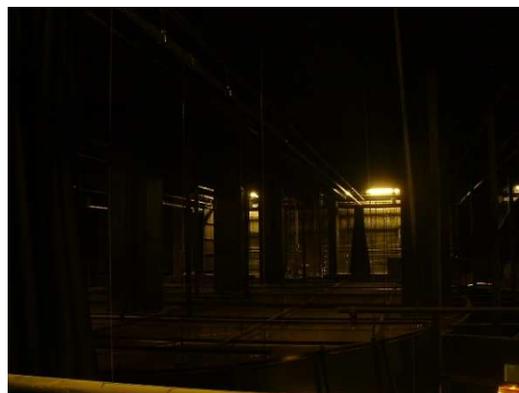
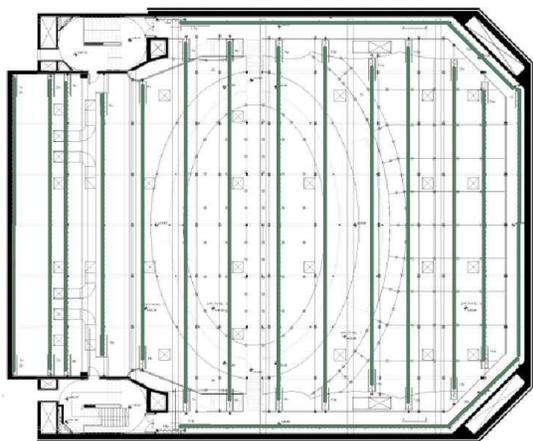
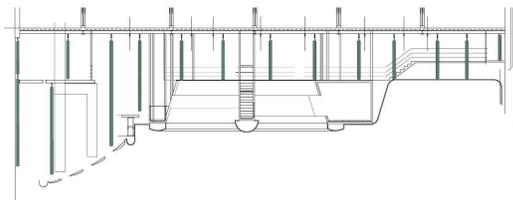


DESDE EL ESPACIO SOBRE EL CIELORRASO PERFORADO PUEDE APRECIARSE LA TRANSPARENCIA DEL MISMO



PROCESO DE COLOCACIÓN. SECTOR TERMINADO Y DETALLE DEL CIELORRASO PERFORADO

Entre el espacio definido por la losa de hormigón y el cielorraso perforado es donde se ubican las cortinas móviles. La apertura o el cierre de las mismas permite variar la reverberación de la sala según el uso.



Existen en la sala aproximadamente 1.000 m² de cortinas distribuidas según se indica en los dibujos:



PARA EL DESARROLLO DE ESPECTÁCULOS QUE REQUIEREN MAYOR REVERBERACIÓN, LAS CORTINAS SE UBICAN EN CAJAS (IZQUIERDA) CONFECCIONADAS CON ELEMENTOS REFLEJANTES.

CUANDO ES NECESARIO REDUCIR LA REVERBERACIÓN, POR EJEMPLO PARA UNA OPERA, LAS CORTINAS SE DESPLIEGAN.

EL MECANISMO PERMITE CONFIGURACIONES INTERMEDIAS DE REVERBERACIÓN, DESDE LA TOTALIDAD DE LAS CORTINAS DENTRO DE LAS CAJAS HASTA LA TOTALIDAD DE LAS MISMAS DESPLEGADAS. (VER GRÁFICO PÁGINA 18)

Paredes laterales:

Estas superficies son totalmente reflejantes, se trata de paneles de madera lustrada tornillados directamente sobre la pared convexa previamente revocada. La concavidad de estas paredes contribuye a difundir el sonido en la sala.



SE APRECIAN LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN, A LA IZQUIERDA LA SUPERFICIE REVOQCADA, LUEGO LAS SUCESIVAS LÁMINAS DE MADERA.



Paredes posteriores:

Un sector de las paredes posteriores está conformado por listones de madera horizontales sobre pared de mampostería revocada, de superficie convexa.

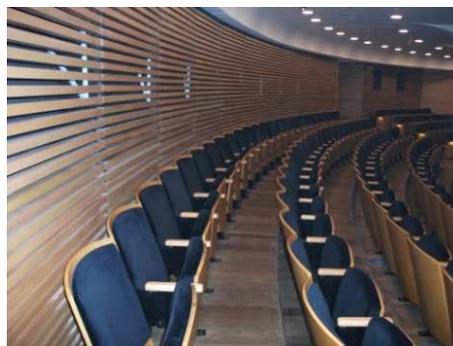
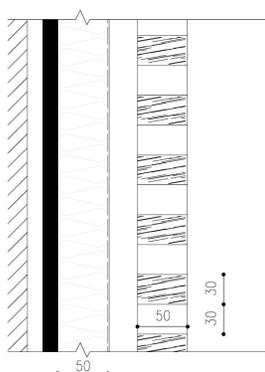
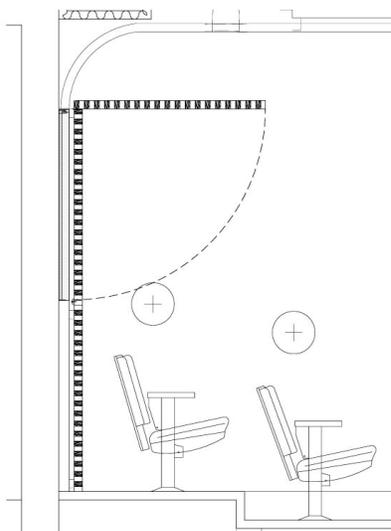


Los radios de curvatura varían en diferentes sectores contribuyendo así a difundir el sonido en una amplia gama de frecuencias.

Asimismo además de los dispositivos anteriormente descritos, en todos los niveles de las paredes posteriores, se construyó un revestimiento de listones de madera horizontales con el mismo aspecto de los dispositivos descritos anteriormente.

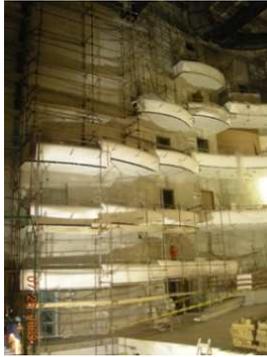


Detrás de estos listones se ubican paneles móviles con una cara absorbente y otra reflejante lo que, sumado a las cortinas del cielorraso, posibilita variar las características reverberantes de la sala.



Frente bandejas y de palcos laterales:

En estas superficies el revestimiento de yeso elaborado en sitio sobre encofrado de madera, conformando superficies convexas de geometría variable denominadas “pecho de paloma” aumenta el grado de difusión sonora.



Cielorrasos de bandejas:

En estos sectores se desarrolló un sistema constructivo similar a los frentes, es decir yeso elaborado en sitio sobre encofrado de madera, conformando superficies de geometría y concavidad variable.



Butacas:

La sala cuenta con butacas con un porcentaje medio de superficie tapizada seleccionadas según su cuyo coeficiente de absorción acústico medido en cámara reverberante.

**Piso:**

El piso debajo de las mismas es de lapacho lustrado sobre planchas de compensado de madera y listones.



En las circulaciones se colocaron alfombra de alto tránsito, 6 mm. de espesor tanto para aportar absorción como para atenuar el impacto de las pisadas

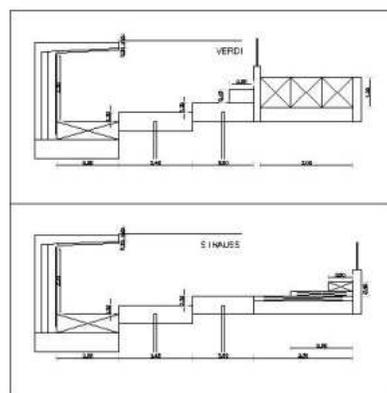
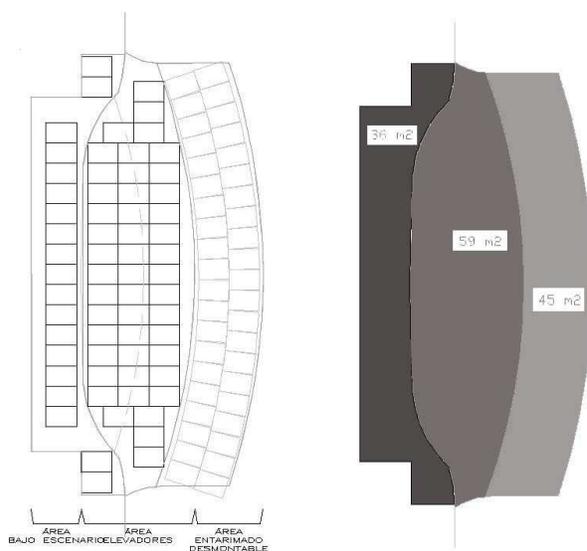


FOSO DE ORQUESTA

Consta de tres sectores: un sector fijo, debajo del escenario con una superficie de 36 m²; un sector móvil automático de 59 m² y un sector fijo, con posibilidad de desarmado manual de 45 m².

Con estas posibilidades puede configurarse automáticamente un foso de 95 m², capaz de alojar hasta 80 músicos y manualmente el foso puede llegar a 140 m² permitiendo albergar una orquesta de 120 músicos.

Asimismo el sector automatizado puede elevarse hasta el nivel del escenario, prolongando así la superficie del mismo hacia la sala.



Cielorraso y paredes:

Superficie tipo "diente de sierra", con paneles de contrachapado de 6 mm. de espesor terminación: melamínico o pintura, montados sobre parantes verticales (de madera o chapa galvanizada) de 70 mm y 35 mm de espesor (alternados), generando una cámara de aire variable con un ancho promedio de 52,5 mm. Los parantes estarán separados 60 cm. entre sí. La cámara se rellenará parcialmente con mantos de lana de roca de 48 k/m^3 y 25 mm. de espesor.

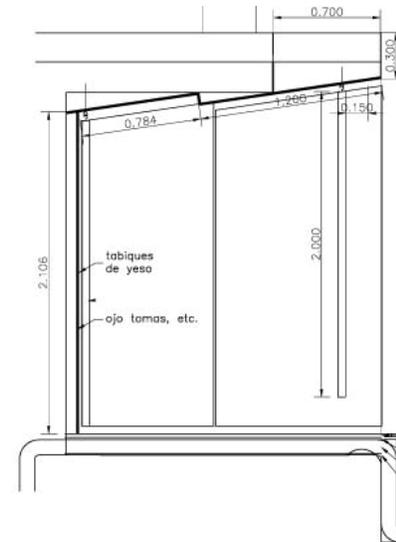
Las paredes cortas estarán compuestas por paneles rígido de lana de roca con densidad de 48 k/m^3 y espesor 50 mm cubierta con tela transparente acústicamente.

Existen paneles absorbentes móviles desmontables para regular la reverberación según los integrantes de la orquesta.

Piso

El piso estará conformado por dos capas de madera de 20 mm de espesor con una capa de fieltro entre ambas. La terminación será alfombra de alto tránsito, 6 mm. de espesor mínimo.

Absorbentes móviles, desmontables



ESCENARIO

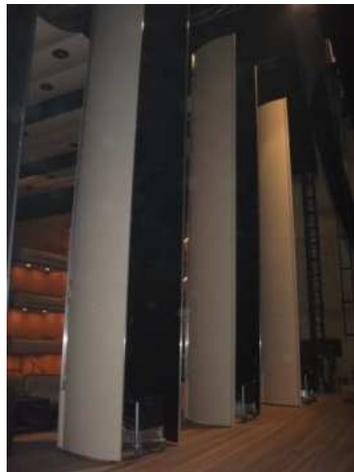
Caja acústica:

Estarán compuestas por tres torres y tres "techos", divididos en tres módulos de directriz circular, convexos de 1,20 m de longitud de arco y un radio generatriz de 1,50 m.



Cada módulo está basado en una estructura de perfilaría metálica autoportante con rodamientos que permiten su transporte, montaje y almacenamiento.

Las superficies interiores están revestidas con paneles de madera dura, densidad 20 kg/m³ y espesor 25 mm, montados sobre superficies rígidas.



Piso:

Dos capas de contrachapado de madera, la inferior de 20 mm y la superior de 30 mm. con fieltro intercalado.

EJECUCIÓN DE OBRA

Al inicio de esta última etapa de trabajos los límites físicos estaban contruidos por lo que el volumen definitivo de la sala estaba conformado. De este modo, la sucesiva incorporación de los revestimientos y el equipamiento irían progresivamente modificando las características acústicas de la sala hasta lograr lo proyectado.

Asimismo, de todos los revestimientos proyectados puede predecirse su comportamiento acústico, pero para algunos el margen de error puede ser significativo. En el proceso de concreción de un proyecto debe tomarse la decisión de que material o procedimiento constructivo incorporar a la obra, considerando por supuesto las exigencias acústicas, pero también las exigencias económicas, temporales y estéticas. Para cada tipo de revestimiento proyectado, la situación fue diferente:

En las paredes laterales no existirían mayores diferencias entre lo proyectado y lo ejecutado ya que se trata de superficies totalmente reflejantes.

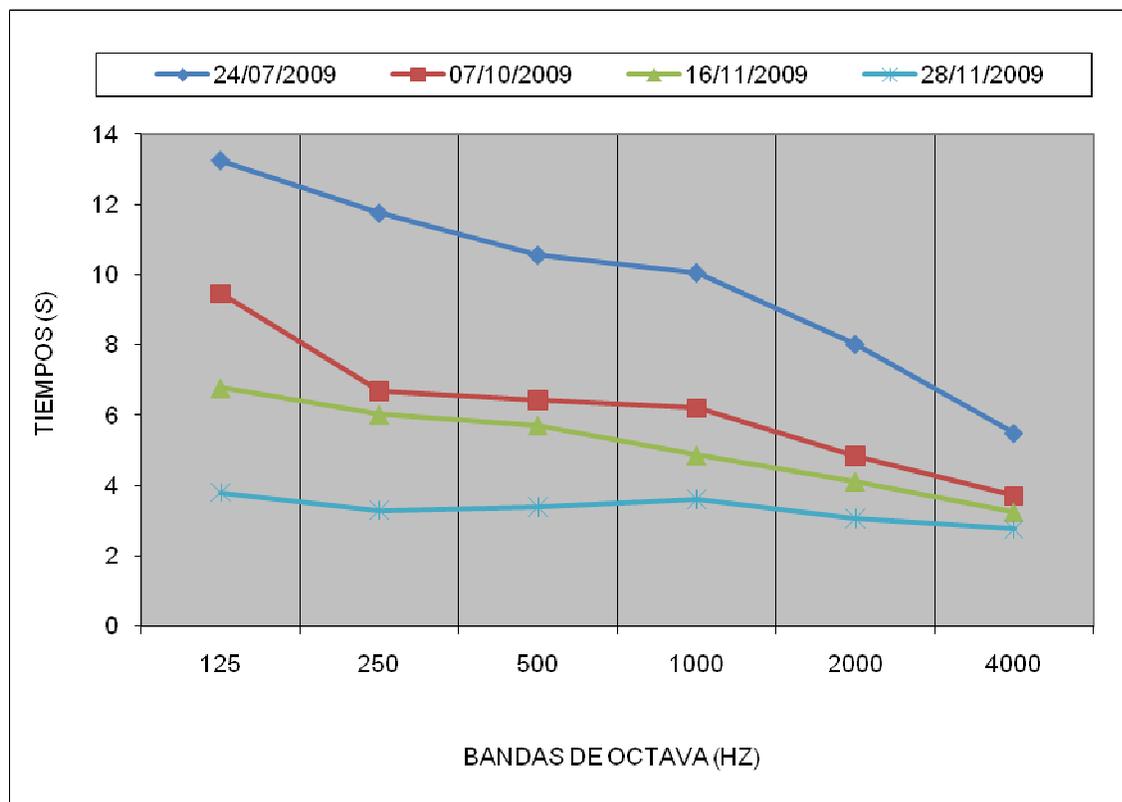
El material absorbente ubicado en las paredes posteriores (lana de vidrio) es un material ampliamente documentado.

Las butacas y las cortinas son las que presentan un mayor abanico de opciones, las cuales, afortunadamente, están suficientemente documentadas.

Tanto respecto a la pintura ignífuga proyectada sobre el cielorraso de la sala como los frentes y cielorrasos de palcos y bandejas ejecutados en yeso, existía un margen de incertidumbre importante ya que no se contó con información de ensayo normalizado.

En base a esa situación de partida se decidió analizar la evolución de la acústica interior de la sala a medida que se incorporarán los distintos revestimientos de la misma. Para esto se programaron una serie de mediciones, en momentos que permitieran evaluar el comportamiento acústico de cada revestimiento y de la sala.

Se presentan a continuación los resultados de las mediciones en distintos momentos durante las obras:

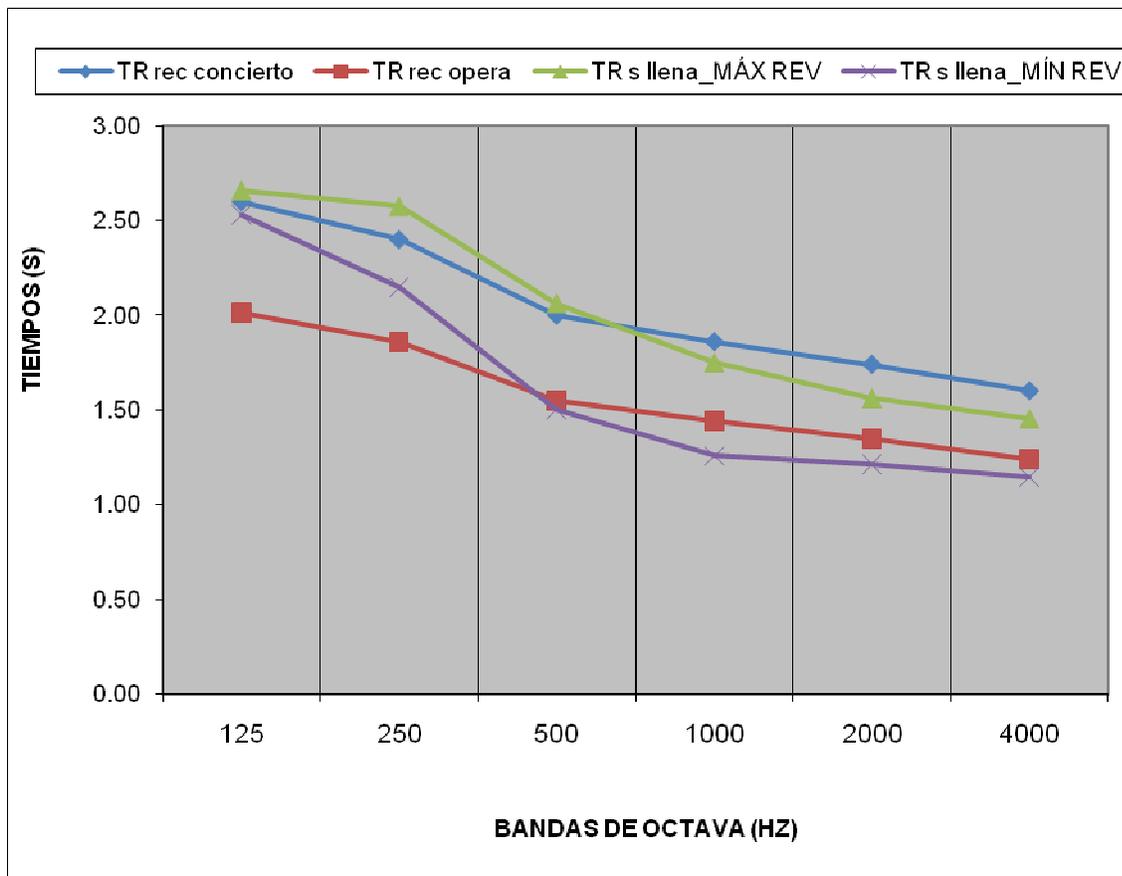


RESULTADO DE MEDICIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS SEGÚN SE IBAN INCORPORANDO REVESTIMIENTOS.

ES IMPORTANTE ACLARAR QUE LOS ESPACIOS SALA Y ESCENARIO ESTABAN TOTALMENTE VINCULADOS AL MOMENTO DE LAS MEDICIONES DE LOS DÍAS 24/07/2009; 07/10/2009 Y 16/11/2009, LO QUE EXPLICA LOS VALORES ELEVADOS DE REVERBERACIÓN REGISTRADOS.

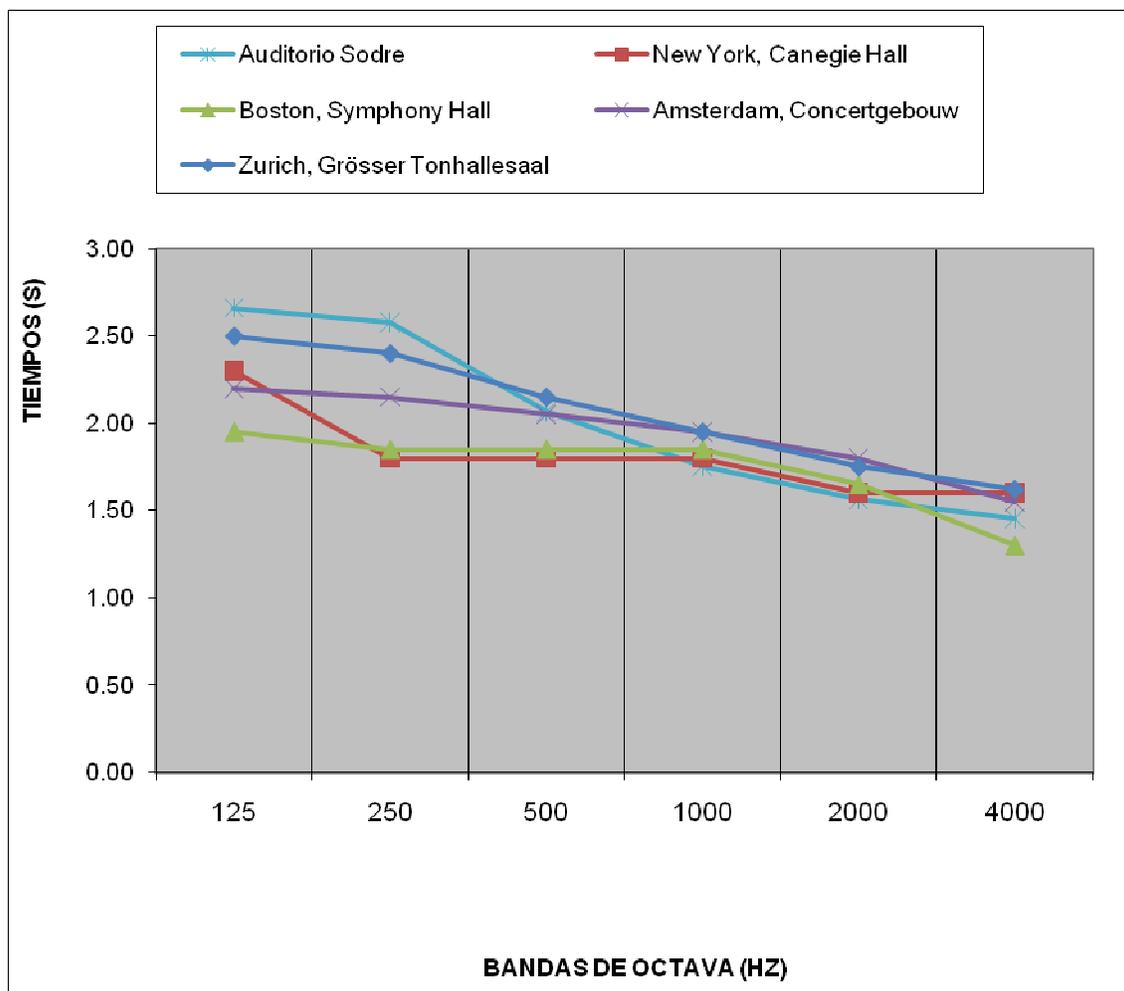
EN LA MEDICIÓN DEL 28/11/2009 SE MONTÓ LA CAJA ACÚSTICA, SEPARANDO ASÍ AMBOS ESPACIOS.

El siguiente gráfico compara los valores obtenidos con los valores a alcanzar de acuerdo a los usos de la sala:



VALORES DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN CON SALA OCUPADA CALCULADOS A PARTIR DE LA MEDICIÓN DEL 28/11/2009 EN SUS DOS CONFIGURACIONES EXTREMAS: MÁXIMA Y MÍNIMA REVERBERACIÓN Y VALORES TEÓRICOS RECOMENDADOS PARA CONCIERTO Y OPERA.

Se comparan en el gráfico, los tiempos de reverberación de la sala con valores de salas reconocidas por su excelente acústica:



VALORES DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN SUS DOS CONFIGURACIONES EXTREMAS: MÁXIMA Y MÍNIMA REVERBERACIÓN Y VALORES DE SALAS DE RECONOCIDO PRESTIGIO A NIVEL MUNDIAL.

REFERENCIAS

Carrión Isbert, A. "Diseño acústico de espacios arquitectónicos", Ediciones UPC (1998)

Beranek, L.L. "Concert and Opera Halls: How They Sound, Acoustical Society of America (1996)