



paper ID: A141 /p.1

AISLAMIENTO ENTRE SALA DE EQUIPOS Y SALA LÍRICA DEL TEATRO SOLÍS. MONTEVIDEO URUGUAY

G. Fernández

Director de Departamento Asesor en Acondicionamiento Acústico. Universidad de la República Oriental del Uruguay

Consultor en Acústica, Control de Ruidos y Vibraciones.

Docente de Acústica en ORT Montevideo Uruguay,

El Viejo Pancho 2533 Montevideo - Uruguay CP 11300 00 598 2 7077774

www.consultoriaacustica.com.uy

RESUMEN: Las tareas de restauración realizadas en el teatro Solís durante los años 2002 y 2004 constituyen un hito sin precedentes en el Uruguay en cuanto a la aplicación práctica de la acústica.

El presente trabajo ejemplifica la metodología aplicada y los tratamientos desarrollados durante el proceso de obra, tomando como muestra una situación particularmente compleja provocada por la cercanía entre un local altamente emisor de ruido y vibraciones: el local de equipos de aire acondicionado y el local más exigente en cuanto a tolerancia al mismo: la sala lírica.

A los efectos de su mejor comprensión, se describen separadamente los aspectos vinculados con la transmisión por vía aérea y por vía sólida, indicando en cada caso las previsiones analíticas, las tareas desarrolladas y las mediciones de verificación realizadas.

KEYWORDS: ACÚSTICA, SOLIS, FERNÁNDEZ

1. Introducción

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.

Compatibilizar estas instalaciones con las altas exigencias desde el punto de vista acústico en el marco de una obra de restauración patrimonial constituyó uno de los principales desafíos.

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 suscribe.

2. Reseña histórica

En 1840 un proyecto del arquitecto italiano Carlo Zucchi fue rechazado por su elevado costo para luego comenzar la construcción del proyecto del arquitecto español Francisco Javier De Garmendia. Las obras se interrumpieron por la Guerra Grande, para finalmente inaugurarse en 1856. Los cuerpos laterales se levantaron entre 1869 y 1874 con proyecto del arquitecto francés Víctor Rabú. La sala tiene forma de herradura, típica del teatro a la italiana.

Desde su reapertura, el 25 de agosto de 2004 Montevideo cuenta con un Complejo Cultural contemporáneo, capaz de recibir obras de características dispares, con una tecnología escénica actual, un excelente nivel de confort y seguridad para los espectadores y prestaciones acústicas a la altura de las grandes salas de América, preservando los elementos y características del edificio de altísimo valor patrimonial para los uruguayos.

3. Descripción y Alcance

Por diversas razones de proyecto, el local principal de equipos de acondicionamiento térmico debió ubicarse debajo de la sala con los consiguientes problemas que implica ubicar linderos un local altamente emisor de ruido y uno con baja tolerancia al mismo.

Fue decisión del autor profundizar el aspecto descriptivo y la metodología aplicada en desmedro de los procedimientos de cálculo dados los conocimientos de los destinatarios del presente trabajo y de la amplia bibliografía al respecto.



FOTO 1: LOCAL FUENTE: EQUIPOS DE ACOND TÉRMICO



FOTO 2: LOCAL RECEPTOR: SALA LIRICA

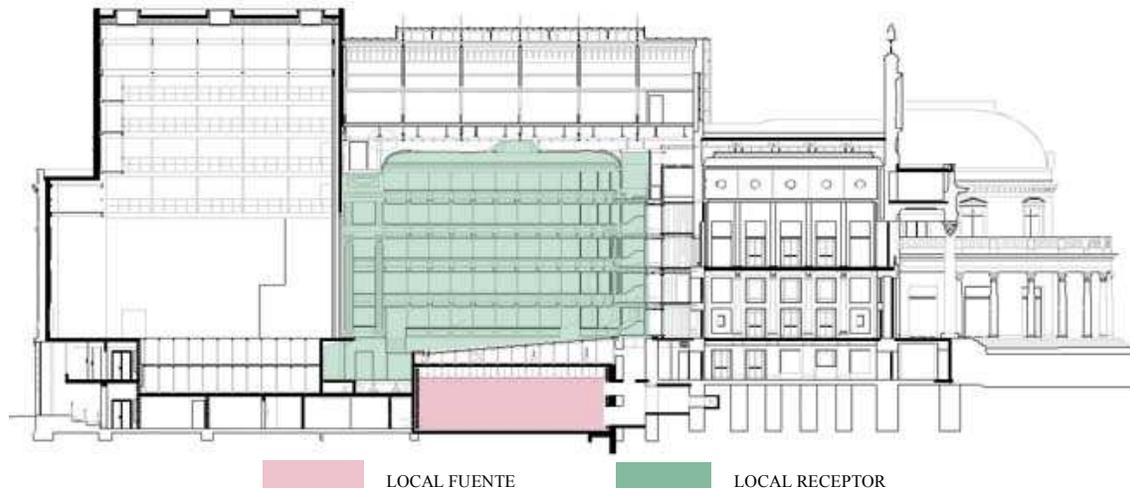


Figura 1: Corte longitudinal. LOCAL FUENTE DEBAJO DE LOCAL RECEPTOR.

Metodología: Los dispositivos constructivos con exigencias acústicas (aislantes, absorbentes, difusivos, resilientes etc.) fueron analizados previo a su ejecución. En todos los casos se exigió a los proveedores la información acústica correspondiente y, cuando ésta no existía, se realizaron ensayos normalizados de aislamiento y absorción.

Las situaciones consideradas comprometidas fueron verificadas analíticamente siguiendo los procedimientos de cálculo utilizados en la disciplina.

Durante el proceso de obra se realizaron mediciones provisionales con un sonómetro integrador LARSSON DAVIS Modelo 712 con el que podían verificarse algunos de los valores considerados analíticamente. Este procedimiento permitió realizar correcciones al proyecto dentro de los plazos previstos.

Finalmente, previo a la recepción de los trabajos, se verificaron las prestaciones acústicas previstas con mediciones definitivas realizadas por el laboratorio del LAL – CIC. de La Plata según las normas aplicables, con un sonómetro LARSSON DAVIS Modelo 2900B.

4. Transmisión por vía aérea

4.1 Previsiones.

Se verificó analíticamente que:

- 1) El nivel de ruido generado por los equipos transmitido por la instalación de aire acondicionado, no superaba el máximo admisible en la sala lírica.
- 2) El nivel de ruido generado por los equipos de aire transmitido por los cerramientos, no superaba el máximo admisible en la sala lírica.

Tabla 1: Fuentes de ruido aéreo en local emisor: Nivel Sonoro de Potencia, equipos de aire acondicionado. Valores suministrados por el fabricante.

Equipo	Lw (dBA)	Lw (dB)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	94	92	94	92	93	89	84	76	68
2	96	94	96	94	95	91	86	78	70
3	94	92	94	92	93	89	84	76	68

Tabla 2: Exigencias acústicas en local receptor:

Lp admisible CURVA NR 25 (dB)								
31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
70.1	58.0	43.7	35.2	29.2	25	21.9	19.5	18

Nivel Sonoro medio **calculado** = 75 dBA, global ponderado a los efectos de compararse con los valores de la medición provisoria.

4.2 Tratamientos desarrollados

Aislamiento del cerramiento vertical: Se obtuvo el aislamiento necesario con una doble pared, con una lámina de hormigón armado estructural y otra de bloque relleno de hormigón revocado. La cámara de aire se relleno con mantos de lana de roca de 10 cm. de espesor y 48 k/m³ de densidad. La pared de bloque se construyó sin vínculos rígidos a la pared de hormigón y los cerramientos horizontales (techo y piso), apoyada en poliuretano microcelular (SYLOMER)



FOTO 3: PARED DE BLOQUE



FOTO 4: REMATE DE PARED DE BLOQUE



FOTO 5: VÍNCULO SUPERIOR RESILIENTE

Pases: Los atravesamientos debidos a las instalaciones se ejecutaron de modo de no debilitar significativamente el aislamiento del cerramiento, esto es sellados y sin vinculación rígida, controlando así también la transmisión de vibraciones.



FOTO 6: PASE AÚN SIN SELLAR



FOTO 7: PASE CON LANA DE ROCA



FOTO 8: PASE SELLADO

Aberturas: Se accede al local mediante dos puertas separadas 1 m., metálicas, cortafuego y herrajes de seguridad MARCA DIERRE. Cada puerta tiene un $R_w = 43$ dB. Las mismas están hermetizadas por un doble contacto burleteado, y un burlete con accionamiento mecánico en el umbral.



FOTO 9: PUERTA AISLANTE.



FOTO 10: BULETES



FOTO 11: BURLETE INFERIOR

Aislamiento del cerramiento horizontal: Está constituido por una losa maciza de hormigón armado de 20 cm. de espesor reforzada por un cielorraso montado sobre resortes y triple placa de roca de yeso de 12,5 mm, con una lámina sintética con base polimérica de alta densidad sin asfalto (TECSOUND) entre ellas. En la cámara de aire se colocó lana de roca. Este cerramiento no tiene calados, atravesamientos o fijaciones, las instalaciones se fijan a una estructura independiente montada sobre el contrapiso.



FOTO 12: ESTRUCTURA Y RESORTES



FOTO 13: LÁMINA SINTÉTICA



FOTO 14: PLACA DE ROCA DE YES

Instalación de aire acondicionado: A los efectos de atenuar el ruido transmitido por vía aérea a través de los ductos del sistema de acondicionamiento térmico fue necesario recurrir en primer lugar a aspectos de diseño de la red, es decir al recorrido y la sección de las instalaciones (a mayor recorrido y sección mayor es la atenuación sonora y la menor velocidad del aire). Existen entonces 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 fonoabsorbente (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 las butacas.



FOTO 12: PLENO PERIMETRAL



FOTO 13: PLENO BAJO PLATEA

Asimismo se ubicaron dos atenuadores pasivos en los recorridos de inyección y retorno y los ductos se revistieron internamente con material fonoabsorbente: lana de vidrio con velo de vidrio como recubrimiento para evitar la volatilización de las fibras (DUCT LINER DE KNAUF9).



FOTO 14: ATENUADOR PASIVO



FOTO 15: DUCT LINER



FOTO 16: REVESTIMIENTO

Reducción del ruido en el local fuente: El interior del local fue revestido con material fonoabsorbente, aglomerado de fibras vegetales (FIBRACITEX), con cámara de aire rellena de lana de roca.

4.3 Verificación

Resultados de mediciones provisionarias en local fuente:

Nivel Sonoro medio medido = 76 dBA en la sala de equipos. La precisión del sonómetro no permitía medir el nivel en el local receptor. De todas maneras la diferencia con el nivel calculado en el local fuente (ítem 4.1) fue 1 dB, por lo que no fue necesario tomar medidas correctivas.

Tabla 3: Resultados de mediciones definitivas en local receptor:

Lp medido en platea con equipos funcionando (dB)								
31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
49.1	37.0	29.0	23.2	20.1	18.9	14.6	14.0	14.0

Lp ruido de fondo medido en platea sin equipos funcionando (dB)								
31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
39.2	36.2	23.6	20.4	19.2	18.9	14.6	14	14

Tabla 4: Exigencias acústicas en local receptor:

Lp admisible CURVA NR 25 (dB)								
31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
70.1	58.0	43.7	35.2	29.2	25	21.9	19.5	18

El nivel de ruido en la sala lírica está por debajo de los valores admisibles planteados por la norma (ítem 4.1).

5. Transmisión por vía sólida

5.1 Previsiones.

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.

Se exigió una atenuación mínima de la magnitud de la vibración del 95 %.

5.2 Tratamientos desarrollados

Atravesamientos de cerramientos opacos verticales: El material resiliente (ARMAFLEX) interpuesto entre la instalación y el cerramiento reduce las vibraciones transmitidas por esta vía.

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



FOTO 17: PASE ACÚSTICO Y CORTAFUEGO



FOTO 18: AMORTIGUADOR



FOTO 19: PISO AISLADO

Impactos de uso del local: En los pisos de los locales con equipos se construyó una losa de hormigón (piso aislado) con malla apoyada sobre paneles de lana de vidrio de alta densidad de 4 cm. (PANEL PF DE ISOVER).

Montaje de cañerías y ductos: Los recorridos de las instalaciones de circulación de fluidos y los ductos de aire fueron fijadas con agarraderas con soportes resilientes a una estructura no al cerramiento superior aislante.



FOTOS 20 - 21: ATENUADOR PASIVO VINCULADO A ESTRUCTURA DE FIJACIÓN



FOTO 22: ESTRUCTURA INDEPENDIENTE

Asimismo para el montaje de las instalaciones de circulación de agua para los equipos de acondicionamiento térmico se utilizaron resortes, fuelles y conectores de goma (FLEX HOSE).



FOTO 23: RESORTE



FOTO 24: FUELLE



FOTO 25: CONECTOR DE GOMA

5.3 Verificación

Los resultados cumplieron con las exigencias previstas (ítem 5.1).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Velis, Ariel G. & Balazar, Pedro A Laboratorio de Acústica y Luminotecnia (2004). Medición de niveles de ruido aéreo. Protocolo 62.187/04 págs 6 y 7 de 23.
- [2] ISO 1996/71 “Assesment of noise with respect to community response”
- [3] IRAM 4070/86: “Ruidos. Procedimiento paras su evaluación utilizando las curvas NR”