

---

**XIII Congreso Argentino de Acústica**  
**VII Jornadas de Acústica, Electroacústica y Áreas Vinculadas**  
**Buenos Aires, 29 y 30 de octubre de 2015**

AdAA2015-A001

**Relevamiento, diagnóstico y diseño acústico de las Estaciones Culturales de Exhibición de la Red Federal de Cultura Digital: Conclusiones de la primera etapa de trabajo**

Gustavo Jorge Basso<sup>(a)</sup>,  
María Andrea Farina<sup>(a, b)</sup>,  
Luis Federico Jaureguiberry<sup>(a)</sup>.

(a) Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Bellas Artes, Cátedra de Acústica Musical.  
(b) Universidad Nacional de La Plata, Becaria de Investigación.

**Abstract**

This paper details the stages of diagnosis and acoustic design of the Cultural Exhibition Stations (digital cinema and multimedia spaces of the Federal Network of Digital Culture). The project, which aims to take throughout the country the cultural content developed by the National Plan of Equality Culture with the most modern audiovisual technology available, began in 2013 and is directed and funded by the Ministry of Federal Planning, Public Investment and Services and in which the Faculties of Architecture, Engineering and Fine Arts of the National University of La Plata participate. In all cases, design decisions were based on a careful study of local cultural customs and habits. Special attention was paid to the features of pre-existing art forms (theatre, music, arts combined, etc.) in order to avoid the technocratic imposition of centralized power centers.

**Resumen**

El presente trabajo detalla las etapas de relevamiento, diagnóstico y diseño acústico de las Estaciones Culturales de Exhibición (espacios destinados a proyecciones de cine digital y multimedia- de la Red Federal de Cultura Digital). El proyecto, cuyo objetivo es llevar a todo el país los contenidos culturales desarrollados por el Plan Nacional Igualdad Cultural con la más moderna tecnología audiovisual disponible, se inició en el año 2013 y está dirigido y financiado por el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios y participan las Facultades de Arquitectura, Ingeniería y Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata. En todos los casos, las decisiones de diseño partieron de un cuidadoso estudio de los hábitos y costumbres culturales locales. Se le prestó especial atención a las características de las formas artísticas preexistentes -teatro, música, artes combinadas, etc.- con el fin de evitar la imposición tecnocrática propia de los centros de poder centralizados.

## 1 Introducción

El presente trabajo describe las tareas realizadas para el diseño acústico de las Estaciones Culturales de Exhibición (ECE) de la Red Federal de Cultura Digital. El proyecto tiene por objeto el diseño y la construcción de espacios destinados a proyecciones de cine digital y multimedia con sonido 7.1 de primera calidad y consta de tres etapas en las que se contabilizarán casi un total de 60 ECE. Algunas ECE se crearon desde cero y otras fueron el resultado de una intervención sobre espacios preexistentes.

El equipo de trabajo cuenta con especialistas en restauración, estructura, climatización, electricidad y acústica. Los trabajos realizados darán la posibilidad de que distintas ciudades del país cuenten con excelentes salas en las que se podrán desarrollar una gran variedad de espectáculos que incluyen los que le corresponden a su tipología original y los que emplean la más moderna tecnología audiovisual. El programa es de gran valor estratégico pues permitirá distribuir a la totalidad de los habitantes del país los contenidos culturales y educativos que, hasta la fecha, están disponibles únicamente en el área metropolitana.

Durante la primera etapa se relevaron y diseñaron 17 salas para su uso como ECE, ubicadas en las provincias de Buenos Aires (Ezeiza, Moreno, Arrecifes, General Pinto, Laprida, Navarro, Verónica, Ameghino y González Chávez), Chaco (Las Breñas), Misiones (Apóstoles; ver figura 1), Neuquén (Centenario), Santa Cruz (El Calafate), Santa Fe (Granadero Baez y Las Rosas), Entre Ríos (Paraná) y Santiago del Estero (Parque Aguirre). En algunos casos se realizaron intervenciones en espacios existentes en los que se propuso conservar el patrimonio sonoro original, agregando la posibilidad de uso como ECE a partir de la incorporación de elementos removibles de acústica variable. En otros casos, las salas se diseñaron desde un comienzo para su uso exclusivo como ECE.

El trabajo de acondicionamiento acústico en las salas ya construidas incluyó dos etapas. En la primera se realizó un diagnóstico de la condición acústica existente a partir de mediciones de niveles de ruido, de campo acústico interior y de un relevamiento auditivo. En esta etapa, además se analizaron los antecedentes de la obra de arquitectura, se evaluaron los espacios que conforman el edificio y su estado general. En la segunda etapa se diseñó, en coordinación con los especialistas del resto de las disciplinas involucradas, el nuevo campo acústico. En las nuevas salas, destinadas casi con exclusividad a representaciones multimedia, las etapas incluyeron un diagnóstico de la condición acústica en la zona del emplazamiento y en el entorno inmediato y el diseño acústico completo de la obra.



**Figura 1.** Equipo de trabajo en la ECE de Apóstoles, Misiones (a cargo del Arq. Gustavo Raiberti)

Las salas del proyecto se clasifican en las 5 categorías que se pueden ver en la Tabla 1 y los datos específicos de entrada para el diseño acústico son los que se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 1.** Características generales de las salas de acuerdo a las categorías tal como estaban detalladas en el Pliego (Licitación Pública Nacional N° 13/2012).

<b>Características de las salas por tipo y categoría</b>				
Salas	Tipo Cines		Tipo Alternativa	
	Ancho de pantalla	Butacas	Ancho de pantalla	Butacas
<b>A</b>	más de 11 mts	más de 550 butacas	más de 11 mts	más de 550 butacas
<b>B</b>	entre 7 y 11 mts	entre 250 y 550 butacas	entre 7 y 11 mts	entre 250 y 550 butacas
<b>C</b>	hasta 7 mts	menos de 250 butacas	entre 4 y 7 mts	entre 80 y 250 butacas
<b>D</b>			hasta 4 mts	menos de 80 butacas
<b>Mín.</b>			4mts (fondo)	menos de 30 personas

**Tabla 2.** Consideraciones acústicas de las salas de acuerdo a las categorías tal como se indicaban en el Pliego (Licitación Pública Nacional N° 13/2012).

<b>Acustica de las salas A y B</b>	
<b>Ruido intrusivo</b>	menor a NC-35
<b>Reverberación máxima</b>	1seg

<b>Acustica de las salas C</b>	
<b>Ruido intrusivo</b>	menor a NC-35
<b>Reverberación máxima</b>	preferentemente 1seg

## 2 Metodología

El trabajo se inicia con la recopilación de toda la información histórica, arquitectónica y acústica posible, tarea que incluye la búsqueda del material gráfico -planos y otros documentos-. Además se realizan entrevistas, encuestas de opinión, el relevamiento completo de la obra y la medición de niveles de ruido y de campo acústico.

En cada caso se analiza el ambiente acústico de la construcción, es decir, cómo se inserta la sala en el entorno urbano y cómo resuelve la distribución de los espacios a fin de alcanzar los niveles de ruido interior adecuados a sus funciones. Los valores obtenidos de las mediciones de niveles de ruido máximo y equivalente se comparan con los valores dados por las curvas NC (Noise Criteria) recomendadas.

Parte central del análisis es la realización de mediciones acústicas completas del campo acústico interior de cada sala. En el proyecto se emplea la metodología prescripta por la norma ISO 3382. Según esta norma, se miden en condiciones estandarizadas varios parámetros acústicos: Tiempo de Reverberación ( $T_{30}$ ), Tiempo de Decaimiento Temprano ( $EDT$ ), Claridad ( $C_{50}$  y  $C_{80}$ ) y Definición ( $D_{50}$ ). En el marco de este proyecto prestamos especial atención al  $T_{30}$ ; sin embargo, los registros almacenados permiten el análisis futuro de otros parámetros definidos en la norma.

De acuerdo a las características de cada sala, se emplean globos o petardos como fuentes de señal impulsivas. Las señales, registradas en diferentes ubicaciones de la sala por dispositivos calibrados de referencia (grabadores digitales y medidores de nivel sonoro), se almacenan en un formato digital para su posterior análisis.

## 3 Análisis de los datos obtenidos

Una vez realizadas las mediciones y adquiridas las respuestas al impulso, se las analiza con software dedicado y se calculan los valores de  $T_{30}$ . Se los compara luego con los valores descriptos en la literatura especializada y con los que figuran en el pliego del proyecto y se determina la intervención necesaria en la sala de acuerdo a sus funciones. Si la sala posee otros usos por parte de la comunidad, además del de cine, se diseñan dispositivos de acústica variable para adecuar el espacio a usos diferentes que requieran condiciones acústicas particu-

lares. También se evalúa la homogeneidad espacial de cada sala -si todas las ubicaciones tienen una respuesta acústica similar-, y la sensibilidad del campo acústico frente al cambio de posición de las fuentes en el escenario.

A través de los registros de audio realizados también se evalúa la posible existencia de focalizaciones, ecos y coloraciones.

El análisis perceptual se realiza a partir de un minucioso relevamiento auditivo de la obra (se buscan ecos repetitivos, coloraciones espectrales, inteligibilidad, brillo, reverberación perceptual, características temporales y espectrales del ruido de fondo y otros rasgos particulares de la sala). Los datos obtenidos se cotejan con los resultados de mediciones físicas, lo que permite correlacionar estos valores con la opinión de los oyentes con relación a la calidad acústica de cada espacio.

Sobre la información obtenida se sientan las bases de cada proyecto. Cada diseño intenta integrar las características propias de una ECE, que se pueden apreciar en las tablas 1 y 2, con las requeridas según los usos que tiene cada espacio en la actualidad.

A modo de ejemplo, se muestran los resultados de las mediciones en tres de las salas analizadas: la Sala del Bicentenario en Ezeiza, la Sala Kadima en Santa Fe y el Teatro y Salón de Usos Múltiples del Municipio de Navarro; en este último caso, luego de un análisis exhaustivo de los usos y características acústicas del espacio, se decidió proyectar en el predio Municipal una nueva sala para su uso exclusivo como ECE.

### 3.1 Sala del Bicentenario - Ezeiza - Buenos Aires

El Centro Cultural que alberga la Sala del Bicentenario está situado en el área de servicios principales del municipio y se ubica en la zona de intercambio ferro-automotor de la ciudad. El edificio contiene además las oficinas de las Direcciones municipales y la biblioteca pública. Sus funciones sociales y culturales incluyen la realización de espectáculos con música amplificadas de diversos géneros, representaciones teatrales, congresos y dictado de cursos y reuniones, actividades y exposiciones de las distintas Direcciones municipales. El estado del edificio es muy bueno siendo una obra recientemente inaugurada que tiene un uso intensivo por parte de la comunidad (ver figura 2).



**Figura 2.** Sala del Bicentenario. Ezeiza, Buenos Aires.

Capacidad: 500 personas (pero tiene la posibilidad de albergar 600 personas integrando el foyer).

Categoría: B

Consideraciones de diseño acústico para la sala: Ruido intrusivo menor a NC-35 - Reverberación máxima de 1 s.

### 3.1.1 Mediciones de niveles de ruido

Los valores obtenidos de las mediciones fueron los que se observan en la figura 3.

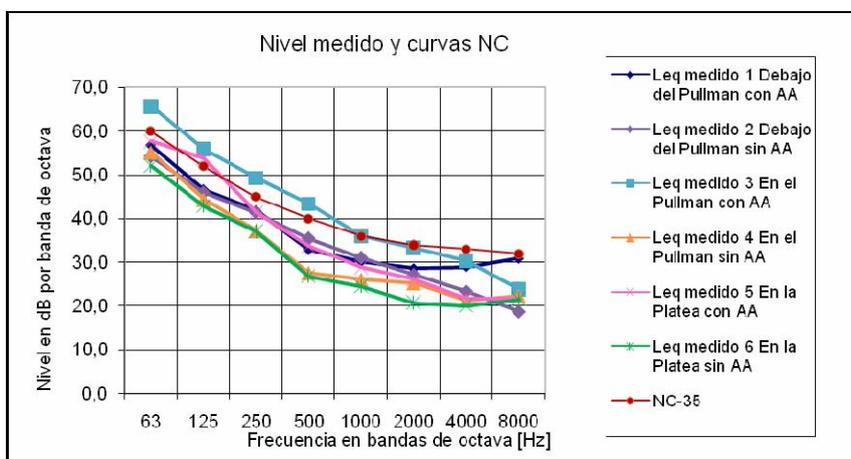


Figura 3. Niveles de ruido medidos

### 3.1.2 Medición de campo acústico interior

Se midieron la mayoría de los parámetros monoaurales definidos en la norma ISO 3382. A modo de ejemplo, los valores obtenidos de Tiempo de Reverberación (TR) fueron los que se observan en la Figura 4:

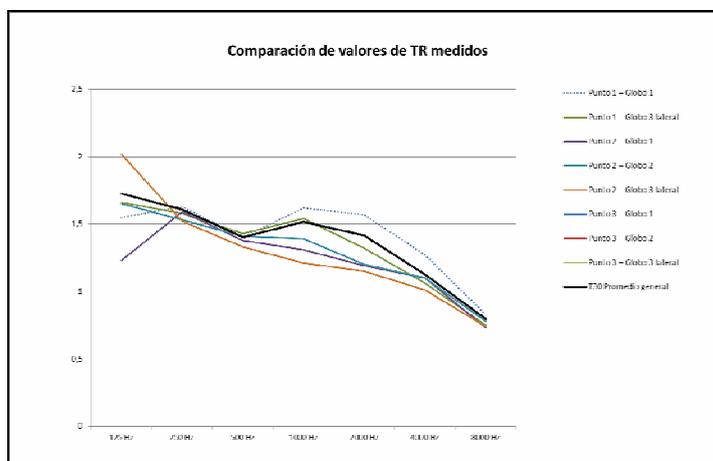


Figura 4. Tiempos de reverberación medidos

### 3.1.3 Diagnóstico

El ruido de fondo superaba, en ciertas circunstancias, el nivel establecido para Salas Categoría B (de acuerdo al Pliego de las ECE, debe ser “menor a NC-35”). Se percibían las fuentes acústicas exteriores (tren diesel, voces, etc.) con niveles superiores a los admitidos, en especial a través de los vidrios y las carpinterías laterales. Se oían claramente los sonidos provenientes del foyer. Las puertas no presentaban el aislamiento acústico requerido. También se percibían vibraciones generadas por el tráfico automotor y por el tren.

En el nivel del Pullman se oía el ruido de baja frecuencia producido en los equipos de aire acondicionado (AA) ubicados en la azotea. Con el sistema de AA encendido, el nivel de ruido en el Pullman llegaba a los niveles indicados en el criterio NC-42, por encima del nivel establecido.

El Tiempo de Reverberación superaba el valor establecido para Salas Categoría B: TR máximo de 1 s, pero era compatible con los usos previos del espacio.

Se detectó la existencia de ecos repetitivos de gran intensidad. La situación más desfavorable se observaba en el sector de platea bajo el Pullman.

### 3.1.4 Propuesta

La sala funciona en la actualidad como espacio multifunción. En consecuencia, se decidió que el diseño del campo interior priorizara la corrección de los defectos de carácter acústico llevando el Tiempo de Reverberación a valores del orden de los 1,3 s (por encima del que se sugiere como diseño). Se prescribe la colocación de materiales absorbentes de media y alta frecuencia sobre las paredes de la sala. Los dispositivos propuestos para el oscurecimiento - cortinados deslizables sobre la pared lateral- permitirán variar los valores de Tiempo de Reverberación y adecuar la sala a otros usos.

## 3.2 Teatro Kadima - Moisés Ville - Santa Fe

La piedra fundamental del Teatro Kadima se colocó en 1925 y la sala fue inaugurada 4 años después. Ha sido declarada como edificio histórico en 2002. Está situado frente a la Plaza San Martín. El estado del edificio es muy bueno y es una sala de gran valor para la comunidad que en la actualidad se la utiliza principalmente para el dictado de conferencias, coloquios de grado, reuniones, etc. Dadas las características patrimoniales del espacio las tareas de intervención son de gran cuidado en este caso (ver figura 5).



**Figura 5.** Teatro Kadima. Moisés Ville, Santa Fe.

Capacidad: 350 personas  
 Categoría: B  
 Consideraciones de diseño acústico para la sala: Ruido intrusivo menor a NC-35, Re-  
 verberación máxima 1 s.

### 3.2.1 Mediciones de niveles de ruido

Los valores obtenidos de las mediciones fueron los que se observan en la figura 6.

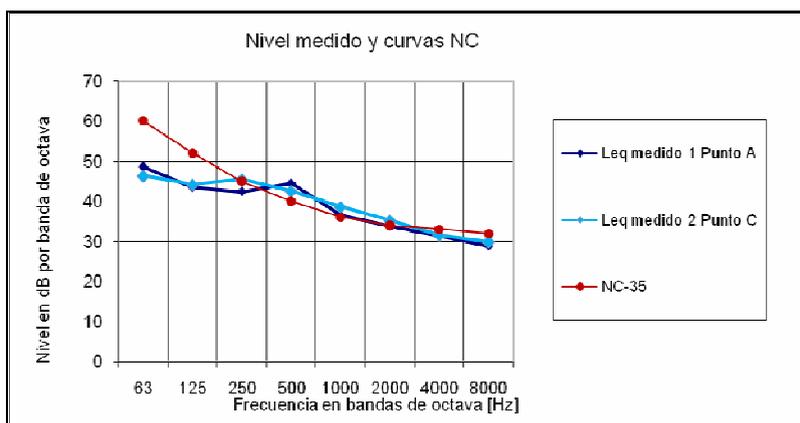


Figura 6. Niveles de ruido medidos

### 3.2.2 Medición de campo acústico interior

Se midieron la mayoría de los parámetros monoaurales definidos en la norma ISO 3382. A modo de ejemplo, los valores obtenidos de Tiempo de Reverberación (TR) fueron los que se observan en la figura 7

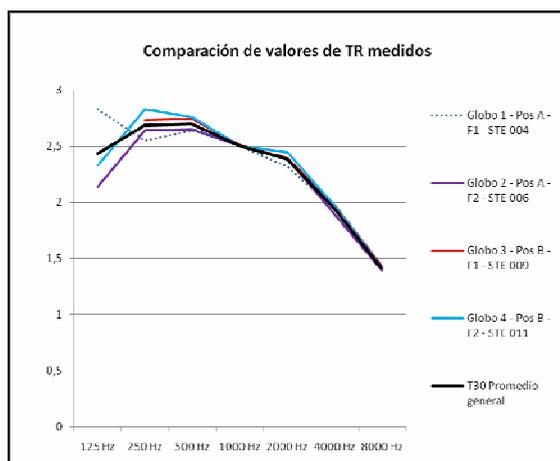


Figura 7. Tiempos de reverberación medidos

### 3.2.3 Diagnóstico

El ruido de fondo superaba el nivel establecido para Salas Categoría B. Se percibían claramente en la sala el ruido proveniente del exterior del edificio y de espacios interiores.

De acuerdo a las mediciones realizadas, el Tiempo de Reverberación superaba el valor establecido para Salas Categoría B en algunas bandas de octava y era desparejo espectralmente. Se detectó la existencia de ecos repetitivos de gran intensidad.

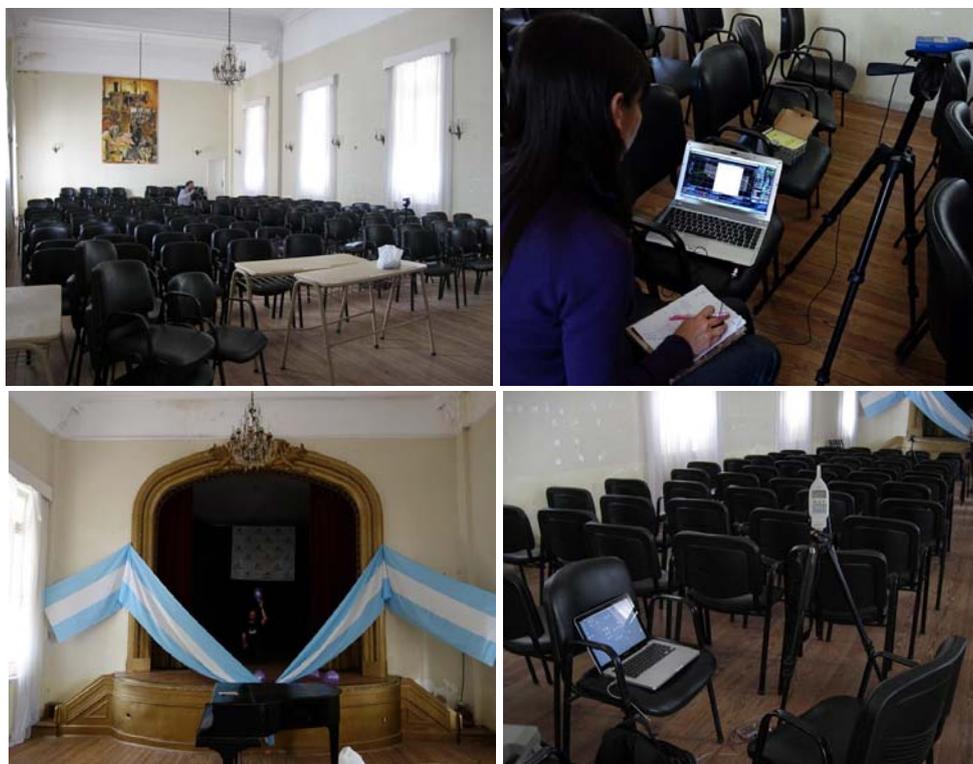
### 3.2.4 Propuesta

La intervención acústica en el teatro de Moises Ville propone, por un lado, conservar su patrimonio sonoro original, que lo habilita para representaciones de teatro de prosa, música de cámara y sinfónica, recitales de solistas vocales con acompañamiento de piano, conciertos corales y recitales de música popular en todos sus géneros.

Para no alterar su uso original ni el valor patrimonial del teatro, esta adaptación se realizará con elementos removibles de acústica variable, como cortinados despleables. Con dicha configuración la sala también mejorará considerablemente cuando se representen espectáculos con sistemas de refuerzo electroacústico, situación característica dentro del repertorio popular (rock, folklore, tango, etc.).

### 3.3 Teatro y Salón de Usos Múltiples del Municipio - Navarro - Buenos Aires

El Centro Cultural Municipal es parte del edificio del Palacio Municipal (figura 8) que se ubica en la zona céntrica de la ciudad. En la propuesta inicial la ECE se ubicaba en el Salón de Actos. Este espacio se utiliza actualmente para diferentes actividades culturales y sociales: representaciones de teatro, conciertos de música instrumental, encuentros corales, conferencias, actos académicos, actividades institucionales de la Municipalidad, etc. La sala posee un valor arquitectónico patrimonial que es preciso preservar. En la reunión con autoridades municipales se arribó a la conclusión de que dicho espacio no podría ser adaptado para el uso como ECE y en su reemplazo se propuso el diseño de una sala exclusiva para el uso como ECE.



**Figura 8.** Teatro y Salón de usos múltiples del Municipio de Navarro, Buenos Aires

Capacidad: 130 personas  
 Categoría: B  
 Consideraciones de diseño acústico para la sala: Ruido intrusivo menor a NC-35, Re-  
 verberación máxima 1 s.

### 3.3.1 Mediciones de niveles de ruido

Los valores obtenidos de las mediciones fueron los que se observan en la figura 9.

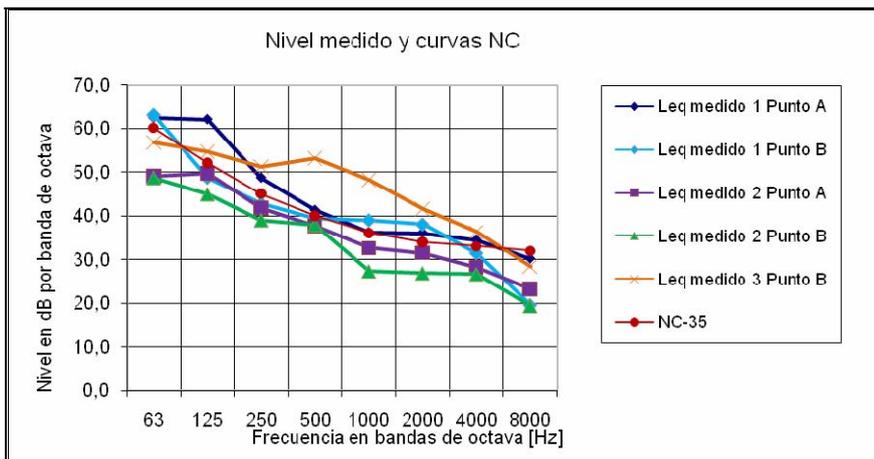


Figura 9. Niveles de ruido medidos

### 3.3.2 Medición de campo acústico interior

Se midieron la mayoría de los parámetros monoaurales definidos en la norma ISO 3382. A modo de ejemplo, los valores obtenidos de Tiempo de Reverberación (TR) fueron los que se observan en la figura 10.

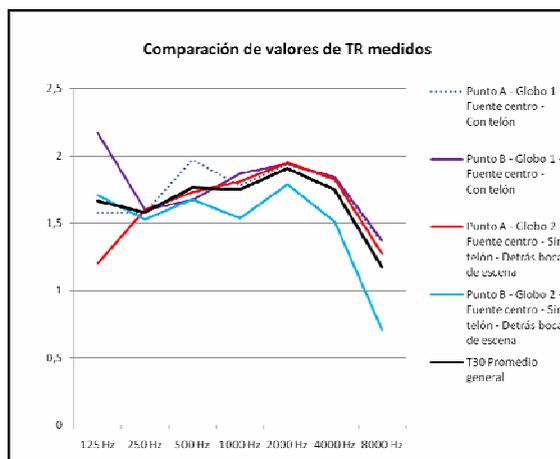


Figura 10. Tiempos de reverberación medidos

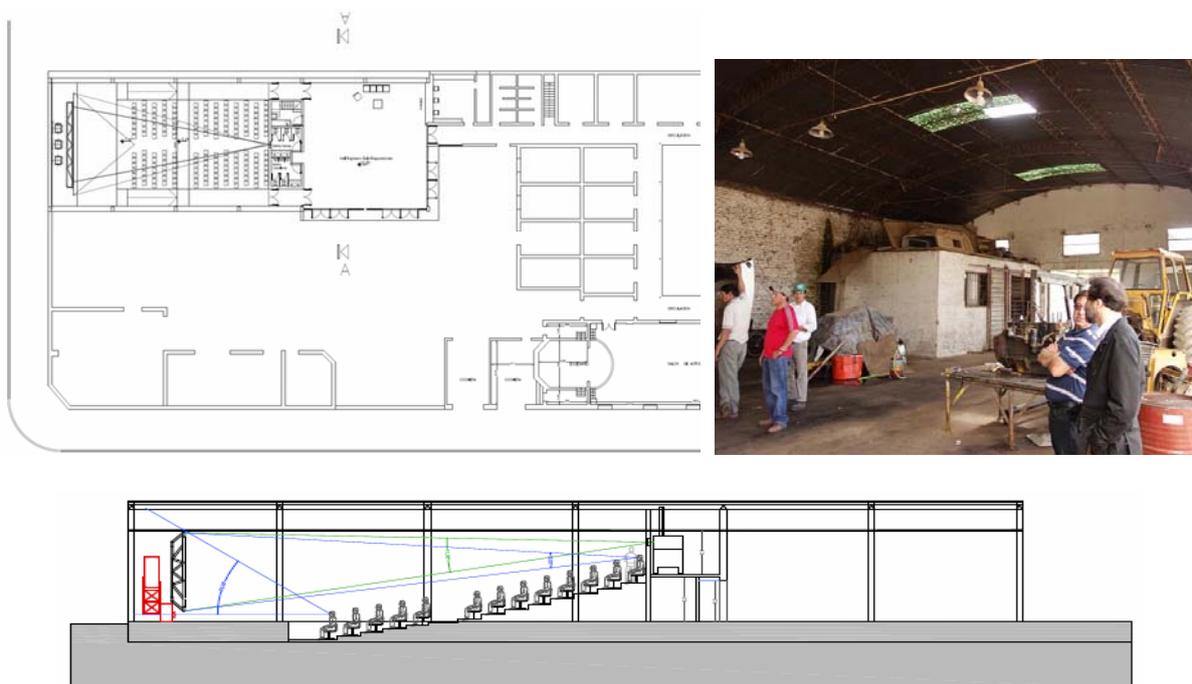
### 3.3.3 Diagnóstico

Esta sala presenta características únicas para la localidad de Navarro como mencionamos anteriormente. El ruido de fondo superaba, en la mayoría de las mediciones realizadas, el nivel establecido para Salas Categoría B. Los problemas principales observados eran relativos al ruido de inmisión. Es de destacar que en el caso de los eventos exteriores que generan ruidos (tránsito vehicular, voces, etc.), se superaba ampliamente la curva de criterio de ruido intrusivo establecido para este tipo de salas. Para solucionar este problema debería mejorarse significativamente el diseño del aislamiento acústico actual de la sala.

El análisis de los datos obtenidos mostró que la reverberación no se correspondía con el valor establecido para Salas Categoría B pero era compatible, con limitaciones, con los usos actuales del espacio. La sala era muy reverberante y cumplir con la meta de diseño que corresponde a las Salas B era muy difícil dadas las condiciones existentes. Además, adecuar la sala para su uso como cine iría en detrimento de las otras funciones que se le da actualmente al espacio.

### 3.3.4 Propuesta

Este análisis, sumado al del resto de las asesorías, llevó a la búsqueda de un espacio alternativo para la construcción del cine conservando el Salón para las actividades que actualmente se llevan a cabo. En el mismo predio había disponible un galpón semi-cubierto que se convirtió en el nuevo emplazamiento del proyecto luego de realizar una detallada prospección.



**Figura 13.** Fotografía de la prospección del galpón y documentación del nuevo proyecto realizada por el equipo de arquitectura (a cargo del Arq. Leandro Varela)

## 4 Conclusiones

La metodología de trabajo expuesta permite el análisis del comportamiento acústico de las salas seleccionadas dentro del proyecto y brinda los datos necesarios para el diseño de cada una de ellas como Estación Cultural de Exhibición.

Como valor adicional, en algunas salas los registros normalizados permiten resguardar a futuro el comportamiento acústico y preservar su valor patrimonial ante modificaciones programadas o siniestros.

En todos los casos, las decisiones de diseño parten de un cuidadoso estudio de los hábitos y costumbres culturales locales. Se le presta especial atención a las características de las formas artísticas que tienen lugar en cada espacio (teatro, música, artes combinadas, etc.) a fin de evitar imponer tecnocráticamente un uso determinado.

## Reconocimiento

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de Investigación “Salas para música en la Argentina. Uso musical del espacio” del Programa de Incentivos a los Docentes Investigadores.

## Referencias

- Ando, Y. (1998). *Architectural Acoustics. Blending Sound Sources, Sound Fields, and Listeners*, Springer, New York.
- Arau, H. (1999). *ABC de la Acústica Arquitectónica*, CEAC, Barcelona.
- Basso et al. (2009). “Estudio acústico del Teatro Municipal Coliseo Podestá de la ciudad de La Plata.”. Asociación de Profesores de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.
- Basso et al. (2010). “Estudio acústico del Teatro de Cámara de City Bell”. Actas de la 5ta. Jornada de Investigación en disciplinas Artísticas y Proyectuales La Plata, Argentina.
- Basso et al. (2011). “Parámetros acústicos en salas para música y prosa: Teatro Municipal 3 de Febrero de la ciudad de Paraná”. Memorias del Congreso Latinoamericano de Ingeniería de Audio de la AES 2011, Sociedad de Ingeniería de Audio, Montevideo, Uruguay.
- Beranek, Leo (1996). “Concert Halls and opera houses: How they sound”, Acoustical Society of America, New York.
- Bradley, John S. (2005). “Using ISO 3382 measures, and their extensions, to evaluate acoustical conditions in concert halls”. *Acoustical Science and Technology*, Vol. 26 No. 2 pp.170-178.
- Farina A., Ayalon R. (2003). “Recording Concert Hall acoustics for posterity”. 24th AES International Conference: Multichannel Audio, The New Reality, Banff, Alberta, Canada.
- ISO 3382:1997 Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.
- Kuttruff, H. (1991). “Room Acoustics”. Elsevier Applied Science, London.
- Licitación Pública Nacional N° 13/2012 Recomendaciones Acústica - Estaciones Culturales de Exhibición - Licitación Pública Nacional N° 13/2012 - Pliego de Bases y Condiciones Generales y Pliego de Especificaciones Técnicas -Empresa Argentina de Soluciones Satelitales S.A. (AR-SAT)
- Secretaría de Cultura, Presidencia de la Nación Sistema de Información Cultural de la Argentina. Mapa cultural de la Argentina.<http://sinca.cultura.gov.ar/sic/mapa/> (último acceso, junio de 2015).