



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008  
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A227

## **Mejoras de las condiciones acústico-arquitectónicas en salas de música de la Universidad Nacional de Tucumán**

Guillermo Enrique Gonzalo<sup>(a)</sup>,  
Marta Susana Cisterna<sup>(b)</sup>.

(a) CEEMA – Director del Instituto de Acondicionamiento Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Tucumán. Av. Roca 1900. 4000 Tucumán. Argentina. Tel.: 54-381-4364093 interno 7914. E-mail: ggonzalo@arnet.com.ar – ceema@herrera.unt.edu.ar

(b) Docente-Investigadora del CEEMA-IAA-FAU-UNT. E-mail: mscisterna@hotmail.com

### **Abstract**

The work consists in the diagnosis on the conditions that present classrooms for essays of orchestras of the UNT and the proposal for its acoustic conditioning and the design for the adaptation of a sector of expositions of the Cultural Center of the National University of Tucumán, in order that it could be used eventually like acoustical room for musical presentations and essay, accomplished in the frame of a University Research Program Program. The presentation consists in the analysis of the constructive, use of the furniture and functional conditions of the rooms, the calculations and measurements of the incidence that they have in the acoustic behavior of the aforementioned rooms and the proposals for conditioning and adaptation of them for the correct development of the foreseen activities present. The complete work includes interviews accomplished to the users, photographic documents and the architectonic diagrams. The design of the furniture with the constructive specifications and techniques for his layout are include in the case of the Cultural Center room. In all cases studied we show photographic documents that accompany the analysis and diagnosis, like that way also specifications of materials, installations and maintenance of the proposed design.

### **Resumen**

El trabajo consiste en el diagnóstico sobre las condiciones que presentan dos salas de ensayo de orquestas de la UNT y la propuesta para su acondicionamiento acústico y el diseño para la adaptación de un sector de exposiciones del actual Centro Cultural UNT para que sea utilizado eventualmente como sala para presentaciones y ensayo de músicos, realizados en el marco de un Programa de Investigación de la Universidad. La presentación consiste en el análisis de las condiciones constructivas, de equipamiento y funcionales que presentan las salas, los cálculos y mediciones de la incidencia que tienen en el comportamiento acústico de dichas salas y las propuestas para el acondicionamiento y adaptación de las mismas para el correcto desarrollo de las actividades previstas. Se incluyen entrevistas realizadas a los usuarios, documentos fotográficos y planimétricos. En el caso de la sala del Centro Cultural se incluye el diseño del equipamiento con las especificaciones constructivas y técnicas para su armado. En todos los casos estudiados se presentan documentos fotográficos que acompañan al análisis y diagnóstico, como así también especificaciones de materiales, instalaciones y mantenimiento del diseño propuesto.

## 1 Introducción

La Universidad Nacional de Tucumán (UNT) posee numerosos edificios para realizar diversas actividades académicas, administrativas, de servicio, etc. Cuenta con instalaciones nuevas, recientemente construidas, con edificios antiguos y otros que históricamente han sido adaptados a diversos usos según las necesidades de la institución en el tiempo. En este trabajo presentamos el acondicionamiento de dos salas de ensayo musicales, una sala a crear en el Centro Cultural de la UNT y un aula multimedia del Instituto Superior de Música de la UNT, que han sido realizados como respuesta a pedidos de asesoramiento de la Universidad y de la Secretaría de Cultura de la Provincia de Tucumán, a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Los diagnósticos y propuestas realizadas se hicieron conforme a trabajos que ya se venían realizando dentro de las actividades de extensión de los proyectos de investigación, dentro del CEEMA, Instituto de Acondicionamiento Ambiental que con apoyo de la propia Universidad a través de su Consejo de Investigaciones; de la Nación con organismos como la ANPCyT y CONICET y otros organismos internacionales. Recientemente se publicó un libro con algunas de las propuestas de los últimos años. (Gonzalo Guillermo E. et al., 2007)

Además de los aspectos acústicos que se trataron como temas centrales, ya que eran los motivos de las consultas, como en la mayoría de los estudios y asesoramientos que el grupo de investigación realiza, se incluyeron otros aspectos que hacen a las condiciones de habitabilidad de las salas, tales como: aspectos térmicos, lumínicos, ventilación natural y artificial. (Gonzalo Guillermo E. y Nota Viviana M., 2003)

Los casos diagnosticados y donde se realizaron propuestas de proyectos, conforme a las metodologías planteadas en los trabajos citados anteriormente, y que en algunos casos ya se han concretado y pudieron verificarse, son: la Sala de ensayo de la Orquesta Juvenil de la UNT; la Sala de ensayo de la Banda Sinfónica de la Provincia de Tucumán; la sala semicircular del Centro Cultural de la UNT y aulas del Instituto Superior de Música de la UNT, especialmente una nueva sala multimedia que está siendo construida. En todos los casos se dieron respuestas y propuestas para mejorar a las necesidades acústicas y también se asesoró sobre el acondicionamiento ambiental integral de los locales, tratando de que las soluciones fueran diversas, para que se puedan adecuar a distintas situaciones económicas.

La sala de ensayo de la Orquesta Juvenil se encuentra en un edificio de reconocido valor histórico, patrimonio arquitectónico y cultural de la provincia, el teatro Juan Bautista Alberdi y esta situación demandó que el acondicionamiento planteado no modifique las características originales del edificio.

La sala de ensayo de la Orquesta Sinfónica de la provincia se encuentra en una casa muy antigua, adaptada para ser utilizada como sala de ensayo, que presenta diversos problemas, algunos críticos, por falta de mantenimiento. Los estudios realizados consideran, además del acondicionamiento acústico, las mejoras necesarias desde el punto de vista constructivo, como prioridad para el funcionamiento de la misma.

El tercer caso presenta el acondicionamiento y refuncionalización de una sala de exposiciones del Centro Cultural de la UNT, Eugenio Flavio Virla. Se trata de uno de los edificios mas importantes de la institución para la realización de eventos académicos, actos, exposiciones, conferencias, muestras de trabajos, conciertos, presentación de obras de teatro, y muchas otras actividades culturales que en repetidas oportunidades se llevan a cabo en forma simultánea. Es por esto que la propuesta consistió en el diseño de un equipamiento móvil para el acondicionamiento eventual de la sala de exposiciones que permite adaptar su funcionamiento como sala para presentaciones de músicos en grupo o solistas, y que no se

alterara la posibilidad de uso de la misma para exposiciones y en forma simultánea con otras actividades.

Los casos presentados incluyen asesoramiento sobre el acondicionamiento térmico del local, calculo de cargas térmicas a través de la envolvente y propuesta de equipos para el acondicionamiento del aire interior en relación con las necesidades acústicas de las salas. En este trabajo sólo se hará referencia a dicho estudio térmico sin mayores detalles.

## 2 Casos estudiados

### 2.1 Sala de ensayo de la Orquesta Juvenil de la UNT

La Orquesta Juvenil de la UNT está integrada actualmente por 45 músicos que realizan ensayos semanales en una sala de m por m, ubicada en el teatro Juan B. Alberdi, edificio situado en pleno centro de la ciudad de San Miguel de Tucumán. La sala se encuentra en el primer piso del teatro, sobre en una esquina donde confluyen dos calles muy transitadas por vehículos particulares y varias líneas de colectivos; a dichas calles abren dos puertas balcones de la sala. Su envolvente la constituyen paredes de ladrillo macizo de 0.30m de espesor, con revoque fino a la cal, cielorraso aplicado de yeso y piso cerámico, el equipamiento está formado por sillas de madera y algunos atriles de metal, las ventanas y puertas balcones, de hierro fundido y vidrio, cuentan con cortinas de pana, las puertas de acceso son tablero de madera. El diagnóstico de situación del local, además del relevamiento, incluyó entrevistas a los músicos que nos permitieron constatar los serios problemas de interferencia en la sala debido a los niveles de ruido que llegan desde las calles adyacentes con fluido transito vehicular. El equipo de investigación realizó mediciones de los niveles de ruido que llegan a la sala desde la calle, en diferentes horarios y en la situación de tener las ventanas cerradas; se midieron niveles en rangos de 50 a 90 dB (frenadas de vehículos, bocinas, caños de escape de motos) situación que concuerda con lo señalado reiteradas veces por los usuarios como principal interferencia para sus actividades.

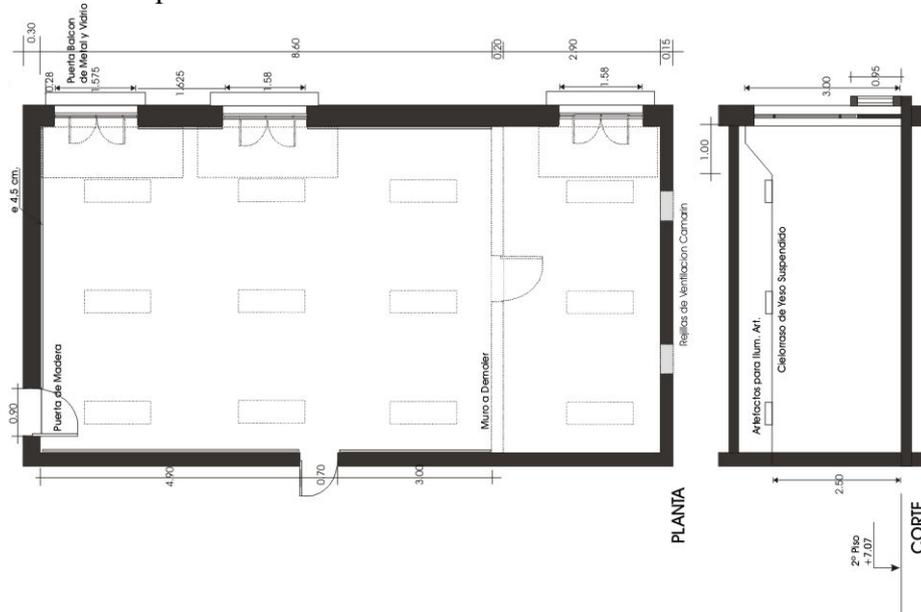


Figura 1. Planta y Corte de la sala de ensayo de la Orquesta Juvenil de la UNT.

Se constató también que la sala no cuenta con el acondicionamiento acústico necesario en cuanto a materiales que regulen la reverberación en la misma. El tiempo de reverberación promedio se ubicaba en 1,89 s, debiendo utilizarse materiales adecuados para disminuir este valor a la cuarta parte.

No se detectaron otros problemas de interferencia por fuentes de ruido externas, sin embargo se planteó la necesidad de integrar el acondicionamiento térmico y acústico del local; esto se debe a las características de nuestro clima –cálido húmedo la mayor parte del año-, los músicos se ven obligados a usar ventiladores y abrir las ventanas del local, ambas situaciones implican sufrir molestias por ruidos.

En base a la información recogida, se planteó el acondicionamiento de la sala, que fue realizado por los dos autores de este trabajo y que consistió en lo siguiente:

- a) Mejora del cierre de carpinterías que abren a las calles perimetrales.
- b) Revestimiento de superficie de los muros interiores.
- c) Instalación de aire acondicionado tipo Split.

## **2.2 Sala de ensayo de la Orquesta Sinfónica de la provincia**

La orquesta sinfónica de la provincia cuenta con una sala de ensayo en una vivienda individual ubicada en un barrio de la zona norte de la ciudad. El edificio, de una planta, entre medianeras, presenta locales de oficinas al frente y en el fondo del lote se ubica la sala, alejada de la calle vecinal. La figura 1 muestra el local, de 10m por 12,20m, sus tres muros medianeros de ladrillo macizo común de 0,35 m de espesor asentados con barro, con la cara interior revocada y un muro al Norte de ladrillo macizo común de 0,15 m de espesor donde se ubica la puerta de acceso, de metal y vidrio, con apertura hacia el interior, de una sola hoja de 0,80 m de ancho. La cubierta de la sala es de chapa de fibrocemento, carece de cielorraso y de aislante térmico. En el interior del local está a la vista la estructura de soporte de la cubierta que consiste en una viga cabriada central de 12 metros de luz, sobre la cual apoyan tirantes de madera separados 0,90m. En toda la sala se observa deterioro del revoque interior pero en general el estado de los muros es bueno.

A través del relevamiento y de entrevistas realizadas a los usuarios pudimos constatar que los principales problemas que presenta la sala desde el punto de vista acústico son los problemas de reverberación y de las reflexiones que se producen debidas a las características de los materiales que conforman la envolvente, todo esto se magnifica si consideramos que generalmente ensayan allí 52 músicos. Los estudios sobre el comportamiento térmico del local y las opiniones expresadas por los usuarios coincidieron en señalar los serios problemas de infort térmico debidos principalmente a falta de tratamiento de la cubierta.

En base a la información recogida, se planteó el acondicionamiento de la sala, realizado por los autores del presente trabajo y que consistió en lo siguiente:

a) Revestimiento de superficie de los muros interiores: a una altura desde el piso de 1,50 m hasta 3,06 m (altura a la que se propone instalar un cielorraso) se propone revestir los muros con planchas de chapadur perforado con tapajuntas de madera o plástico, la estructura de soporte para la instalación consiste en alfajías de madera atornilladas a la pared dejando una cámara de aire de 2,5 cm donde se colocó lana de vidrio del mismo espesor.

b) Construcción de un cielorraso suspendido: se plantea utilizar un material tipo poliestireno expandido, yeso perforado, lana de vidrio con revestimiento vinílico, o similar cuyo coeficiente de reducción de ruido sea superior a 0,6 NRC; el montaje del mismo se propone con perfiles de acero inoxidable o aluminio (según tipo de cielorraso que se elija) colgada de la estructura de la cubierta existente y apoyada en la cabriada de metal. También se prevé la instalación, en la parte superior del cielorraso, de material aislante térmico. Con el

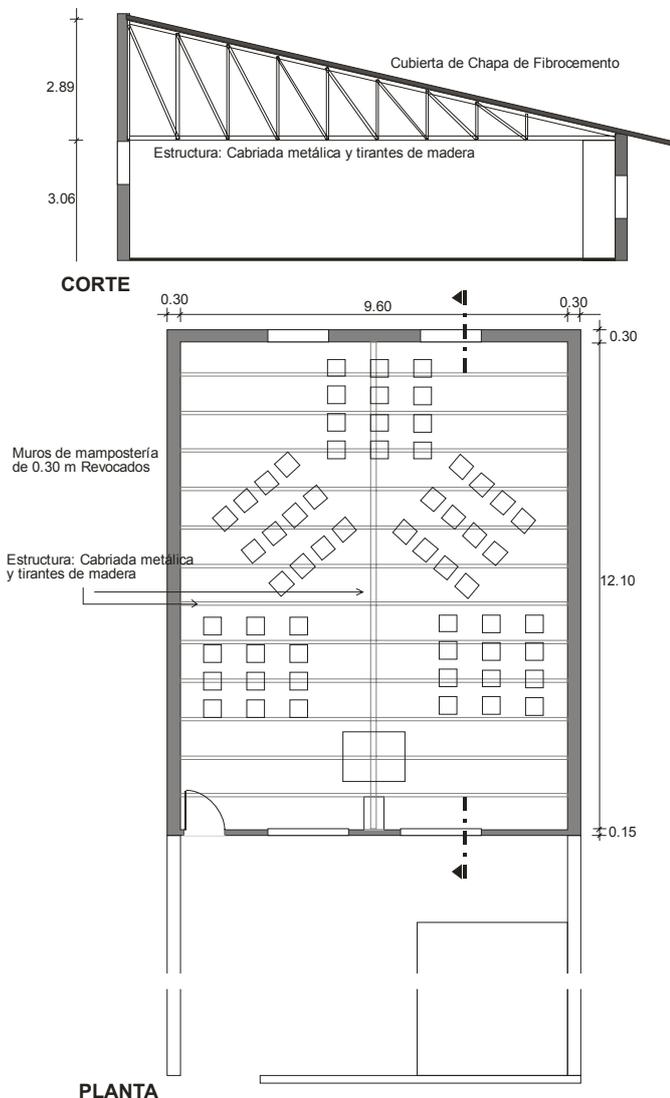
fin de aumentar el volumen interno de la sala y su altura para mejorar las proporciones interiores, se propone realizar en el cielorraso cuatro bateas invertidas, con una diferencia de 1m de altura entre la base y su parte superior.



**Figura 2.** Vista interior hacia el frente del local.

Para los cálculos se utilizó la publicación: Gonzalo, G.E. (2005). "Acústica de salas. Criterios acústicos para el diseño de edificios escolares", Instituto Superior de Música de la UNT, Agosto de 2005, Inédito. (Biblioteca del ISM-UNT).

El tiempo de reverberación obtenido fue de 3,8 s, lo cual demuestra la total falta de adecuación de la sala para las actividades que debe cumplir. Con los cambios sugeridos este tiempo de reverberación se redujo a 0,57 s.



**Figura 3.** Planta y Corte según relevamiento de la sala de ensayo.

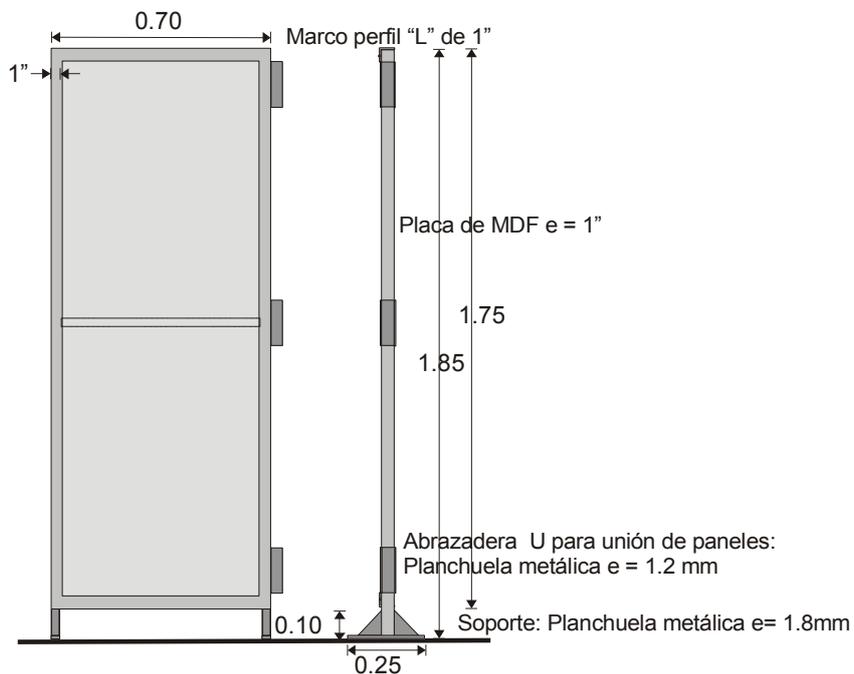
### 2.3 Sala del Centro Cultural Eugenio Flavio Virla de la UNT.

La Universidad Nacional de Tucumán cuenta, entre sus instalaciones, con importantes edificios para actividades culturales, tal es el caso del centro cultural Virla donde se nos solicitó el acondicionamiento acústico de una sala para la realización de música. El local elegido es una sala de exposiciones de forma semicircular, ubicada en la planta baja del edificio e integrada visual y físicamente con otras dos salas para exposición, en la figura 4 se presenta el relevamiento de la misma.

Debido a las condiciones de uso del edificio, los autores de este trabajo que realizaron los estudios y propuestas en forma conjunta, plantearon la necesidad de que el tipo de



lisa. Por su estructura celular evita la reflexión de los sonidos y atenúa el nivel sonoro general. Sus características técnicas se muestran en la tabla 1.



**Figura 5.** Panel para cerramiento propuesto

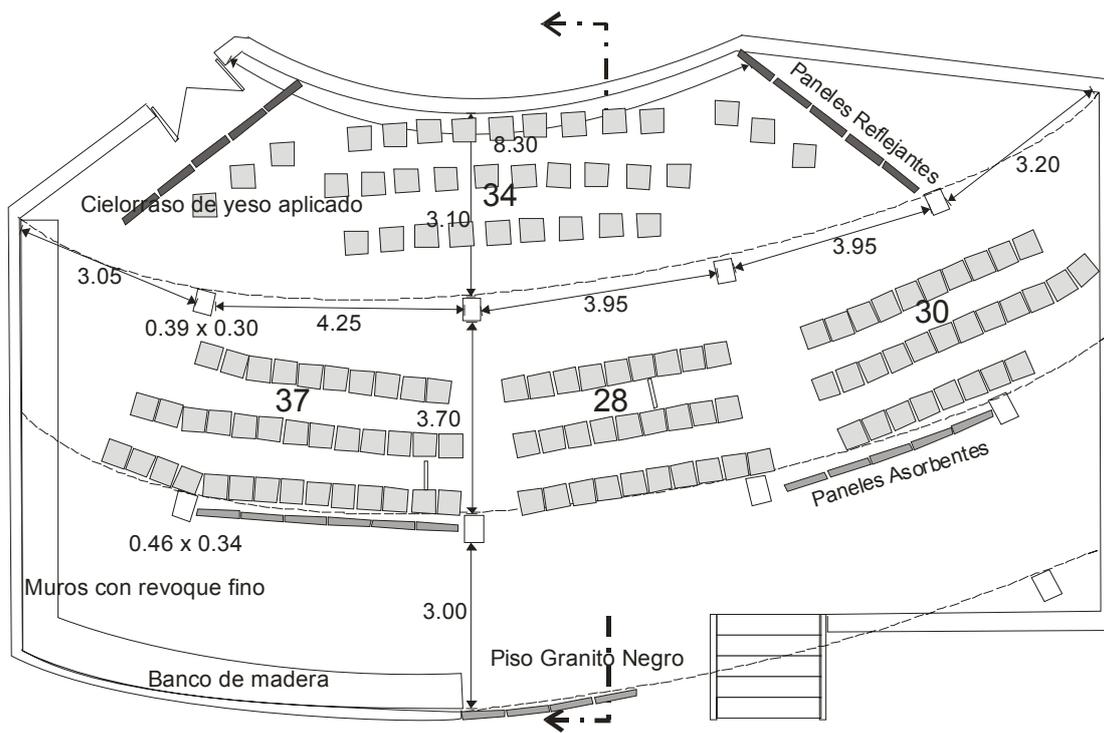
**Tabla 1.** Características técnicas del material propuesto

Dimensiones de placas (cm)	61x61
Densidad	28 kg/m <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	0,84 kg/cm <sup>3</sup>
Flamabilidad	Con retardante de llama (no autoextinguible)
Factor de conduct. Térmica	K= 0,038 W/m C°
Color Base	Granito / Travertino / Cemento
Dimensiones de placas (cm)	61x61
Banda de Frecuencias	Espesor (20mm)
125 Hz	Absorción Acústica
	0.05
250 Hz	0.15
500 Hz	0.35
1000 Hz	0.55
2000 Hz	0.65
NRC	0.42

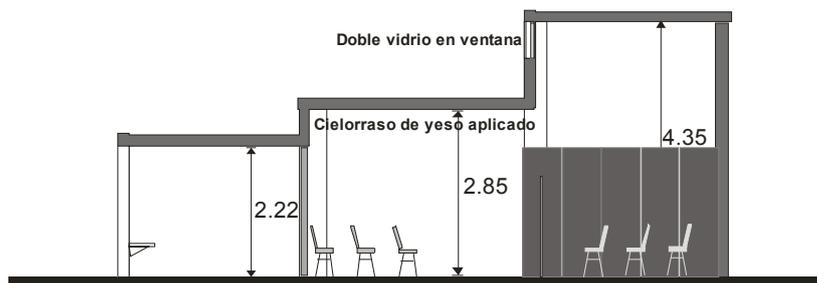
La disposición de dichos paneles en la sala permitirá la realización de presentaciones en forma simultánea, como se muestra en la figura 6, con la incorporación de actividades relacionadas con la música además de las muestras que se realizan actualmente.

### 2.4 Sala Multimedia del Instituto Superior de Música de la UNT

En el marco de múltiples tareas realizadas para esta institución de la Universidad, cuya función específica es la de preparar a los músicos en distintos niveles, llegando a formar profesores de reconocimiento internacional, se encuentra una sala que será destinada para albergar los equipos multimedia y de informática para el dictado de clases especiales relacionadas con la música, que se muestra en las conclusiones y que está en etapa de construcción a la fecha de este trabajo.



PLANTA Esc. 1:100



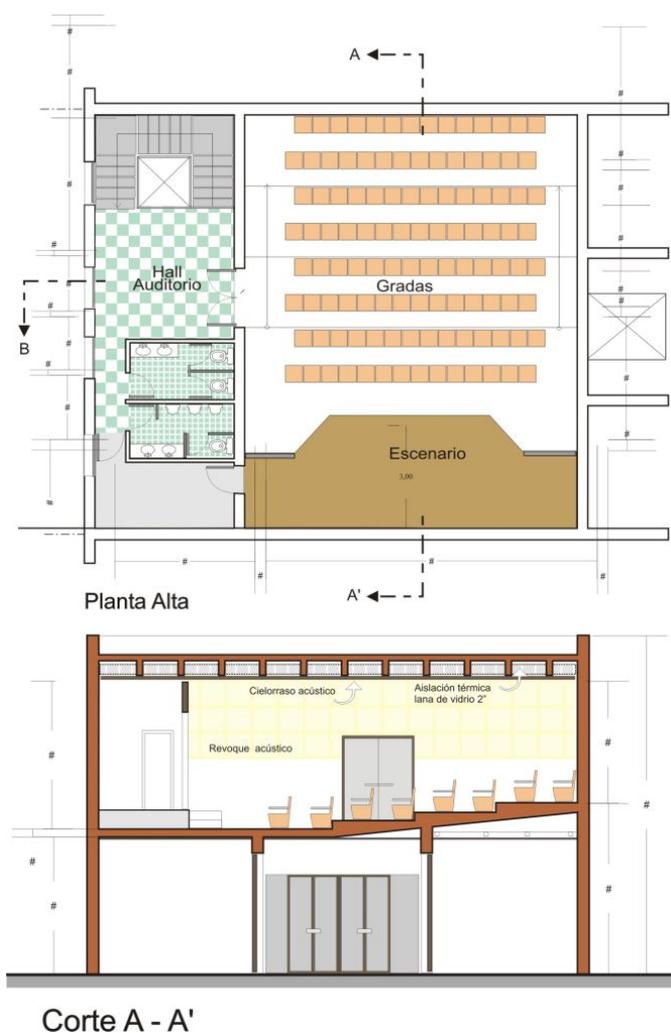
CORTE. Esc. 1:100

Figura 6. Disposición de los paneles y del equipamiento en la sala.

### 3 Conclusiones

De una gran cantidad de estudios de salas realizados con alumnos del Instituto Superior de Música de la UNT y de la FAU-UNT, dentro de un proyecto de investigación del Consejo de Investigaciones de la UNT que se desarrolló en este Instituto (Proyecto 26/R201-CIUNT, 2001-2005) y (Nieva de Bossi et al., 2003), se encontró que la gran mayoría de las salas donde se interpreta música en San Miguel de Tucumán, de tamaño mediano o bien de instituciones educativas, no son adecuadas para la función que deben cumplir. (Del Lungo Carlos et al., 2002).

Las condiciones acústicas de una sala dependen de una gran cantidad de factores, interiores y exteriores, de los cuales podemos seleccionar y estudiar algunos que dependen o pueden ser determinados o modificados por el diseñador. Otras variables provienen de aspectos de mucho más difícil manejo, ya que obedecen a situaciones propias del individuo, como ser razones psicológicas o fisiológicas particulares, preferencias, formación cultural, etc.; o bien de las condiciones del medio ambiente en donde se ubica el edificio o el local, entre ellas la relación con vías de transporte, con otros edificios según sean sus funciones, con los comportamientos sociales, con la o las funciones que debe cumplir el local, etc.



**Fig. 7.** Propuesta para la remodelación y ampliación de una sala auditorio, para el Instituto Superior de Música de la UNT. (CEEMA-IAA-FAU-UNT, 2000)

En general, la acústica arquitectónica, como ciencia y arte, trata de conseguir ambientes confortables para las condiciones promedio de escucha del ser humano, conforme a la función que deba cumplir el local, protegiendo al mismo de las agresiones del ruido exterior y de otros locales, instalaciones o equipamiento del mismo edificio, que puedan interferir con el sentimiento de agrado y comodidad del usuario, adecuando las condiciones interiores para las funciones a las que va a ser destinada la sala.

Esto es lo que se presentó en algunos de los muchos casos que nuestro grupo y especialmente los autores desarrollaron en los últimos años, demostrando el fundamental aporte que la Universidad y sus institutos especializados pueden hacer para mejorar la calidad de vida de los estudiantes y profesionales que eligieron la música como su campo de actuación.



**Fig. 8.** Detalle de una de las aulas (Multimedia) del Instituto Superior de Música, refuncionalizada para dividirse en dos sectores o funcionar como sala única, tratada acústicamente y térmicamente (en construcción). (Castellón, Pablo Daniel et al., 2008)

## Referencias

- Gonzalo Guillermo E.; Nota Viviana M.; Hernández Silvia P.; Martínez Cecilia F. y Ledesma Sara L. (2007). "Diseño bioclimático de oficinas: pautas para San Miguel de Tucumán". ISBN 987-43-9361-0, CDD 725.23, pp. 285. FAU-UNT, Tucumán. Argentina.
- Gonzalo Guillermo E. y Nota Viviana M. (2003). "Manual de Arquitectura Bioclimática". ISBN 950-43-9028-5, 2003 Librería Técnica CP67, Buenos Aires, Argentina.
- Proyecto 26/R201 del Consejo de Investigaciones de la UNT. (2001-2005). "Innovación pedagógica para la optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje de la música en S.M.Tucumán", Informe final y transferencia a la UNT. ISM-UNT. Tucumán. Argentina.
- Nieva de Bossi Josefina; Gonzalo Guillermo E. et al. (2003). "Avances en investigación e innovación en el Instituto Superior de Música de la UNT", 1º Congreso Nacional de Investigación e Innovación Educativa en Artes", UNT, Septiembre de 2003. pp. 45-52, Tucumán. Argentina.
- Del Lungo Carlos; Gonzalo Guillermo E., y Palazzo Ana M. (2002). "Estudios físicos y ambientales en instituciones de enseñanza musical", Revista ISMusicUNT, Año 1, N° 1, Instituto Superior de Música de la UNT, pp. 12-18, ISM-UNT, Tucumán, Argentina. Algunos trabajos de base del artículo anterior: Gonzalo G.E., Nieva de Bossi, M.J.; Guzmán, M.D.; De Chazal M.E., R.T. Robledo Barros y otros, "Informes de avances del proyecto CIUNT-26/R201", ISM-UNT, Julio 2001. Gonzalo G.E., S.Cisterna y S.L.Ledesma, "Evaluación acústica de salas en Fundación San Javier", Marzo de 2001, Tucumán. Gonzalo G.E., Dirección de los estudios y coordinación del trabajo: Abella M.S., y otros, "Evaluación y propuestas para mejorar la acústica de salas de música y para conferencias", Instituto Superior de Música de la UNT, 2000.

- CEEMA-IAA-FAU-UNT. (2000). Gonzalo Guillermo E.; Nota Viviana M.; Martínez Cecilia F. et al. (1999) “Propuesta de remodelación y ampliación de la Escuela Superior de Música de la Universidad Nacional de Tucumán”. Tarea de extensión del Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente (CEEMA) del Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la FAU-UNT, Planos y cálculos acústicos y de habitabilidad, por encargo de la Dirección de Construcciones Universitarias de la UNT.
- Castellón, Pablo Daniel, Dirección: Dr. Arq. Gonzalo, Guillermo E. (2008) “Acondicionamiento funcional, acústico y bioclimático en salas del Instituto Superior de Música de la U.N.T.” Seminario de iniciación en la docencia e investigación. Proyecto CIUNT. Tarea de extensión completada y en proceso de construcción.