

EDIFICIO SUSTENTABLE PARA LA ESCUELA DE MUSICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO –PLANTEO SUSTENTABLE

Gelardi D., Esteves A.
Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
DICYT - Universidad de Mendoza

Sampieri F., Barea G., Inchauspe F., Gómez Piovano J., Cugini E.
INESTUDIO Arquitectos Asociados

Gantuz P., Legarreta M.I. Asesores

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta el planteo ambiental otorgado al edificio destinado a albergar a la Escuela de Música de la Universidad Nacional de Cuyo (UNC), en Mendoza, Argentina. Para la construcción del mismo se ha proyectado un edificio con un planteo sustentable, es decir, con bajo costo de construcción, con aprovechamiento de la energía solar para calefaccionar e iluminar naturalmente los espacios. Se han previsto protecciones para las ventanas norte, este y oeste. Para hacer eficiente su utilización, se ha diseñado un muro de bloques relleno con arena, el que permite una atenuación suficiente como para no requerir ni revoques, ni tabiques insonoros en la mayoría de los casos. Se presenta en este trabajo el cálculo realizado para otorgar una acústica suficiente a las aulas, los resultados de las mediciones de la atenuación del muro que se construyó con este propósito en el Laboratorio de Acústica de la UTN-Reg. Mendoza. Los resultados indican un nivel de atenuación mayor a 48 dB. Del balance térmico se indica que el edificio consumiría 33.7 kWh/m².año de calefacción, requiriendo sólo aire acondicionado en las aulas de ensayo grupal y auditorium de música de cámara y auditorium de música sinfónica.

Palabras claves: arquitectura sustentable, acústica de espacios interiores, energía solar, calefacción, iluminación natural.

1- INTRODUCCION

El Desarrollo sostenible pide mantener la calidad de vida, asegurar el acceso continuado a los recursos naturales y controlar la persistencia de daños ambientales.

Existe un capital a transferir de generación en generación, que tiene 3 componentes:

Capital artificial: infraestructura, edificios, escuelas, fábricas, caminos, diques.

Capital humano: ciencia, conocimientos, técnicas, cultura.

Capital natural: tierra, aire puro, agua pura, diversidad biológica, etc.

Este principio nos indica que el desarrollo sustentable implica que cada generación debe vivir de los intereses generados por la herencia recibida y no del propio capital principal.

Existen varias escalas para lograr un desarrollo sustentable, desde la situación débil que implica un gasto del capital natural con incremento del capital artificial; a la situación fuerte que implica invertir el capital natural, aplicando conocimientos de acondicionamiento bioclimático conjuntamente con acondicionamiento acústico y control de ruidos e incrementar de este modo el capital humano, generando un capital artificial modelo de edificio para el futuro. (Referencia...Ecurbanismo.)

En el presente trabajo se presenta el planteo sustentable y su resolución otorgado al proyecto del edificio de la Escuela de Música de la Universidad Nacional de Cuyo. Se realizó un concurso nacional de anteproyectos y el equipo ganador del 1º premio, integrado por los Arq. Daniel Gelardi, Arq. Federico Sampieri, Arq. Gustavo Barea., Arq. Federico Inchauspe, Arq. Jimena Gómez Piovano, Arq. Emilio Cugini con los asesores Ing. Alfredo Esteves (relación de sustentabilidad energética y ambiental), Ing. Pablo Gantuz en el cálculo estructural y la Ing. María Isabel Legarreta en xerojardinería, llevaron adelante una propuesta de edificio sustentable, tratando de explotar al máximo el aprovechamiento de los recursos naturales del lugar y la conformación de un edificio cuyo impacto al ambiente sea mínimo. Para esto se ha conformado un edificio que trata de brindar respuesta a varios aspectos de la sustentabilidad: bajo impacto en la construcción, situación acústica, térmica y lumínica de las personas, uso de energía solar para calefaccionar e iluminar naturalmente los espacios, ventilación natural de aulas, conservación del agua para riego y paisajismo.

En este trabajo se presenta el acondicionamiento acústico y térmico dadas las escasez del espacio para presentar las otras propuestas.

Los edificios consumen el 60% de todos los recursos extraídos de la tierra, lo que implica, que necesitamos utilizar materiales y sistemas constructivos apropiados, tratando de conocer el costo del ciclo de vida del material desde su extracción hasta su eliminación. Se tiene en cuenta los costos internos (materias primas, energía, fabricación, transporte etc) como externos (contaminación, problemas de salud, destrucción del paisaje, etc.)

Las características solicitadas en las bases

En las bases se solicitaron los siguientes locales:

Sector de Acceso: Acceso Principal, mesa de entradas, depósito de Instrumentos.

Sector Gobierno Administración: Dirección, Secretaria, Sala de profesores, Apoyo docente, Biblioteca.

Sector Servicio: Maestranza, Cocina, Depósito, Sala de máquina, Baños personal, Buffet.

Sector de Aulas de teoría: cantidad 12 aulas de tamaño variado.

Sector de Aulas de Práctica musical: Piano (4 aulas), Cámara (4 aulas), Percusión (4 aulas), Cuerdas (8 aulas), Vientos (6 aulas).

Sector de Boxes para estudios: 55 boxes

Sector de Producción: Area Electrónica, Sala de Producción Musical, Laboratorio de piano complementario, Auditorio para música de cámara, SUM

Sector de Auditorio: Auditorio para música sinfónica, sala de grabación, depósitos, camarines, sanitarios.

El proyecto edilicio consta de 4800 m² cubiertos, La Figura 1 muestra una vista perspectivada del edificio tal como se ha proyectado. Como se puede observar, se ha trabajado prácticamente en una planta (3400 m²) y en planta alta el resto (1400 m²).

Sistema Constructivo y materiales

El sistema constructivo se basa en un sistema aporcado de hormigón armado en una retícula tridimensional de 7 m x 10 m superpuestos. Las direcciones Oeste Este, separadas cada 7m reciben a la trama de vigas en sentido Sur Norte apoyadas en la trama cada 10 m y con vigas intermedias cada 3.3 m. De esta forma reducimos las luces de las losas a apoyos de 3.3 m. Las losas son de hormigón armado macizas y se adaptan a las diferencias de nivel para dejar aberturas para entrada de energía solar y además generar plataformas donde se ubican canteros para plantas.

Etapas de Construcción

El proyecto se desarrolla en un solo nivel adaptándose a las pendientes del terreno. Mantiene un nivel general desde el Este hasta alcanzar la cota superior en el Oeste la cual deja la terraza de la música a nivel. La primera etapa abarca un porcentaje de terreno desde el oeste y completa la superficie de terreno en sentido longitudinal hasta la cota del camino peatonal del campus. La etapa de ampliación, se realiza sobre el costado Este del edificio existente. De este modo, la obra no interrumpe a la actividad realizada en la etapa 1.



Figura 1: perspectiva del edificio en el terreno

2- PREMISAS DEL PROYECTO SUSTENTABLE

Acondicionamiento acústico de los recintos y control de ruidos:

Acondicionamiento térmico

Incluye la orientación apropiada, conservación de energía, uso de energía solar para calefaccionar e iluminar naturalmente los espacios.

ventilación natural, dispositivos de sombreado y protección solar en verano.

Uso eficiente del agua para riego de jardines

Uso de jardines xerófilos para reemplazar el actual uso de césped por especies de bajo consumo de agua en la plaza de la música y en patios interiores.

2.1- ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO Y CONTROL DE RUIDOS

El edificio de la Escuela de Música para la Universidad Nacional de Cuyo, es un edificio en el cual se produce la enseñanza-aprendizaje de ejecución de los instrumentos musicales y el canto. Cada uno de los instrumentos musicales emite sonidos en frecuencias características que le dan un carácter diferente. La Tabla 1 muestra el rango de frecuencias para cada uno de ellos. El desafío es lograr una buena audición de la música en cada recinto y no afectar a las personas que se encuentren en el recinto o aula vecina.

Sonidos característicos

Al practicar un instrumento, se generan sonidos de frecuencias características que es necesario conocer para determinar luego, el tipo de aislamiento sonoro y el grado de reverberación (reflexión) de ese sonido en los elementos sólidos que rodean al ejecutante. La Tabla 1 muestra el conjunto de frecuencias características del conjunto de instrumentos que se propone utilizar. Estas frecuencias serán las que se consideran para determinar el diseño de cada espacio dentro del edificio. Como se puede observar, hay instrumentos cuyo rango de frecuencias características es de tono más agudo (frecuencias altas), y otros que tienen frecuencias más bajas (tonos más graves) y otros como el piano que cubre un amplio rango. Para cada uno se determina el acondicionamiento acústico técnica y económicamente más apropiado.

Tabla 1: rango de frecuencias características para los distintos instrumentos [Isbert, 2001]

frecuencia [Hz]	20	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Voz											
Soprano					xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx				
Contralto				xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx							
Tenor				xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx							
Bajo			xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx								
Viento-madera											
Flautín						xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx					
Flauta					xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Oboe					xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Clarinete			xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx								
Viento-Metal											
Trompeta					xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Trombón				xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx							
Tuba			xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx								
Cuerda											
Violín					xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Viola					xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Violoncelo				xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx							
Contrabajo			xxxxxxxxxxxxxx								
Guitarra				xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx							
Teclado											
Piano		xx									
Organo		xx									
Percusión											
Celeste						xx					
Xilofón/marimba							xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx				
Timbal (aproximado)				xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx							

Acondicionamiento acústico de aulas

El acondicionamiento acústico de aulas, se realiza tomando en consideración en primer lugar las proporciones de la misma y posteriormente los materiales utilizados para lograr un Tiempo de Reverberación (TR) óptimo o cercano a él.

Relación de proporciones en aulas de menor superficie

La relación de proporciones, es necesaria para evitar reflexiones que producen “color” en la música (efecto de modos propios) y cuanto más pequeña es la sala, mayor es el efecto. La relación de proporciones en las aulas resulta de la siguiente manera, tomando en cuenta lo indicado en Goulding et al, 1994, para recintos donde se ejecute música.

Tabla 2: proporción entre medidas de las aulas más pequeñas

	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	f _{max}
Aulas de 37.5 m²	2.5 a 3.2	4.75	6.75	125 Hz
Aulas de 17.5 m²	2.5	4.75	3.3	180 Hz

En la Tabla 2 se indican las proporciones a respetar para evitar los modos propios que aparecerían a frecuencias por debajo de f_{max}. Pero respetando estas proporciones desaparece. En el caso de las aulas más pequeñas, de 7.5 m² de superficie, al no poder contar con una proporción adecuada a causa de las circulaciones, se ha preferido trabajar con las proporciones dadas y agregar paneles absorbentes.

Acondicionamiento acústico de interiores de aulas

En los interiores de las aulas, se debe realizar un acondicionamiento acústico para evitar excesiva reverberación de los sonidos en las superficies interiores. La reverberación se mide a través del tiempo de reverberación (TR) que es directamente proporcional al volumen del recinto. En el caso de aulas, en función del volumen, los valores de TR, deberían ser los indicados en la Tabla 3 (Reynolds, 1992). Como la presencia de las personas modifica la acústica, se indican los valores resultantes al considerar 4 personas o la capacidad máxima de ocupantes.

Tabla 3: valor de TR (ponderado en 500/1000 Hz) aconsejado y resultante con 4 personas o capacidad máxima

Tipo de Aulas	TR medio	TR resultante	
		C/4 pers.	C/max.pers.
Aulas de 17.5 m ²	0.40 s	0.44	0.32
Aulas de 37.5 m ²	0.45 s	0.49	0.44
Aulas de 75 m ²	0.60 s	0.64	0.34
Aulas de 100 m ²	0.66 s	0.65	0.33

Estos valores de tiempo de reverberación se logran tomando en consideración lo siguiente:

Las superficies absorbentes de sonido son superficies porosas y por lo general, son frágiles, a las cuales es necesario proteger. La superficie del bloque crudo, es una superficie apta para la absorción de sonido por ser bastante porosa. Sin embargo, en aulas de instrumento y/o en las de estudio, no alcanza y se agrega un tabique conformado por lana de vidrio con velo negro (Tipo Acustiver R). Este último la mantiene intacta, sin eliminar los pelos y se vende apta para ser colocada en recintos para mejorar su acústica. Como protección se ha pensado en una superficie metálica perforada tipo MEVACO RT 6-8/AA 51.2%, es decir, con perforaciones de 6 mm y 8 mm de distancia entre centros de las mismas, colocadas a tres bolillo y con un área de apertura de 51.2 %. Esta chapa es la que brinda la mejor performance y el tamaño de la perforación no permite que se introduzca por él un lápiz o birone que dañarían la lana de vidrio y a la vez, mantiene una buena relación de área de apertura /área total, razón fundamental para alcanzar una buena acústica.

En las aulas de práctica de percusión, piano, órgano y violonchelo, se ha adicionado al cerramiento indicado previamente otro tabique ligeramente distinto, en el que se ha incorporado una cámara de aire entre la lana de vidrio y el muro de bloques, es decir, la lana de vidrio tiene por detrás una cámara de aire. Este tabique produce absorción acústica de las frecuencias más bajas, permitiendo un mayor control sobre las mismas y mantiene la reverberación más controlada en las frecuencias menores, que son típicas de este tipo de instrumento.

Como se puede observar en la Fig. 2, el TR es más alto para frecuencias bajas, esto no genera problemas dado que a esas frecuencias la sensibilidad del oído disminuye y podemos tener una mayor reverberación. Además es necesario cierto grado de reflexión sonora para que el recinto no sea demasiado seco y se de lugar a la aparición de las armónicas.

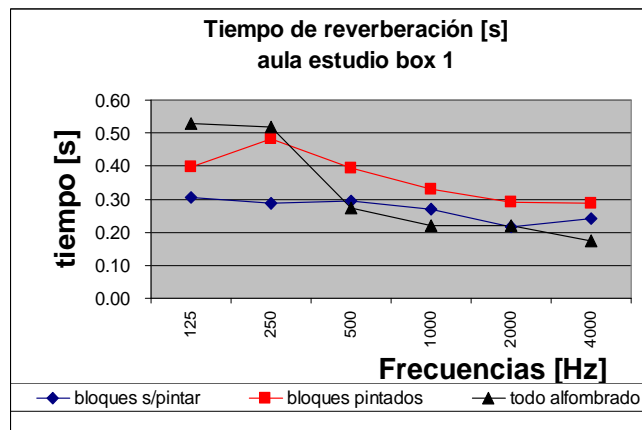


Figura 2: TR para acabados distintos en el box 1.

Control de ruidos entre aulas

El control de ruidos entre aulas es fundamental teniendo en cuenta que el que ejecuta un instrumento, debe escuchar la propia melodía y no la del que se encuentra en el aula contigua. Por razones de espacio no es posible colocar las aulas en forma aislada, para que no se invada el sonido. Por lo tanto, deben compartir muros colindantes y es necesario que este muro tenga características suficientes de aislación sonora.

Aquí también es necesario tener en cuenta la intensidad del sonido para cada una de las frecuencias y esto dependerá de cada uno de los instrumentos. Por eso se han estudiado distintos tipos de cerramientos posibles y de ellos se ha elegido el que resulta más apropiado tomando en cuenta también las características de facilidad de construcción, flexibilidad para hacer modificaciones, costo, durabilidad.

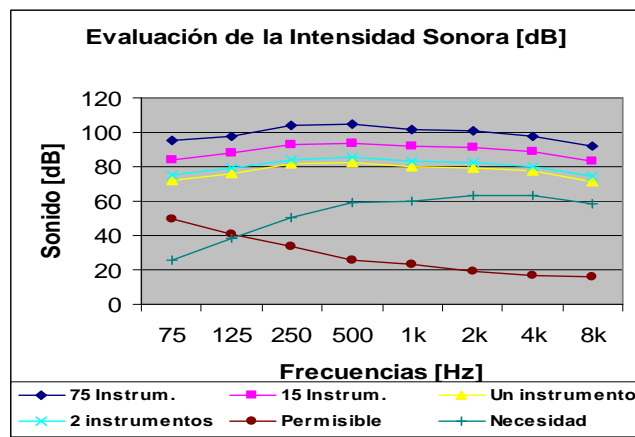


Figura 3: intensidad sonora para distintos casos y nivel necesario.

La Fig. 3 muestra la intensidad de sonido al ejecutar el instrumento con máxima intensidad sonora en una de las aulas en función de la frecuencia. También se indica el nivel de ruido “permisible” en el aula vecina, y también la “Necesidad”, que indica el grado de aislación sonora que debería tener el muro colindante (pérdida de transmisión, PT). También se incluyen los valores de intensidad sonora para el caso de contar con una orquesta sinfónica de 75 instrumentos y una orquesta de 15 instrumentos (música de cámara) con máximo volumen.

El cerramiento diseñado debe responder a las bajas frecuencias que es el caso de varios instrumentos, tales como clarinete, tuba, contrabajo, violonchelo, guitarra, órgano y piano, como a las altas frecuencias, propias del flautín, flauta y oboe, trompetas, violín, viola, guitarra, piano y órgano, celeste, xilofón y timbal.

Por razones constructivas conviene que el cerramiento sea único para todas las aulas y que responda tanto a las bajas como a las altas frecuencias. Entre las tecnologías disponibles se puede mencionar las placas que incluyen cámaras de aire. Estas son buenas para controlar las altas frecuencias pero no para las bajas frecuencias. La tecnología de muros macizos por el contrario es buena para las bajas frecuencias pero tienen problemas a altas intensidad de sonido si el espesor del orden de 20 cm o menos. Por otro lado si se incrementa el espesor, la superficie ocupada por los muros se incrementa, aumentando también la superficie cubierta. La solución se ha encontrado construyendo un muro de bloques de hormigón (20 x 20 x 40), de 20 cm de espesor, relleno con arena gruesa. El peso del bloque es de 12.5 kg cada uno, al relleno con arena, el peso se

incrementa a 27.6 kg. Se construyó un muro en el Laboratorio de Acústica UTN Regional Mendoza, que puede observarse en la Figura 4 y cuyos ensayos de atenuación sonora se indican en la Figura 6. Como puede observarse cumple lo requerido.



Figura 4: construcción del muro en el Laboratorio de Sonido UTN- Reg. Mendoza: cámara de sonido (1), pegado de los bloques (2), relleno con arena gruesa (3), cierre de la cámara (4) y bolseado de las juntas (5).

Es importante destacar que esta tecnología resulta durable, sencilla de construir y con materiales de costo moderado.

2.2 ACONDICIONAMIENTO NATURAL DE ESPACIOS

Acondicionamiento térmico

Para hacer el mejor uso de la energía, se ha proyectado el edificio con las siguientes premisas:

- orientación apropiada
- conservación de energía
- uso de energía solar para calefaccionar e iluminar naturalmente los espacios.
- ventilación natural.
- dispositivos de sombreado y protección solar en verano.

Para el acondicionamiento natural de los espacios se ha considerado aprovechar el calor solar, la ventilación natural y la iluminación natural. La estructura del techo se ha constituido en vigas en sentido E-O, en las que apoyan vigas en sentido N-S, dejando entre estas últimas la posibilidad de colocar aventanamientos por donde puede ingresar la energía solar y además producir ventilación de los espacios que se encuentran directamente debajo de ellos. La Figura 6 muestra el Diagrama Bioclimático de Givoni para Mendoza, Argentina.

Como se puede observar el clima es templado-cálido y la ganancia de calor solar en invierno permite la reducción del consumo de energía. Por otro lado, las protecciones en los meses de verano deben ser importantes, aunque esto no resulta crítico dado que existe un receso de verano que abarca todo el mes de enero y parte del mes de febrero, cuando las temperaturas exteriores son más elevadas.

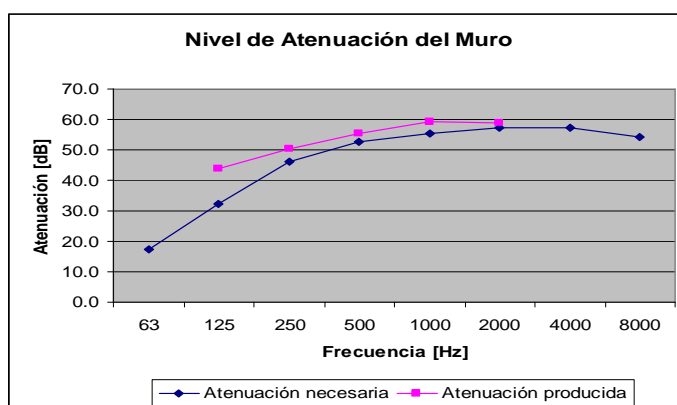


Figura 5: valores de atenuación necesaria (para 15 instrumentos) y nivel de atenuación producida con el muro de bloques.

Para el verano, esta ventana alta, permite ventilar naturalmente los locales, para los cuales, al contar con conservación de energía y masa térmica, se mejoran las condiciones de confort térmico. Cabe destacar que una persona que ejecuta un instrumento, dependiendo de qué instrumento se trate, emite una cantidad de calor mayor a una persona sentada en una oficina. Es decir 1.1 met (en caso de ejecutar el piano o instrumento de cuerda) a 1.37 met para instrumentos de percusión (1 met=58.2 W). Por lo tanto, contar con una ventilación eficiente es un factor importante. La Figura 6 muestra el diagrama

bioclimático según B. Givoni, 1992, con la temperatura y humedad relativa de confort para invierno y verano, variando el nivel de vestimenta y para una persona ejecutando un instrumento.

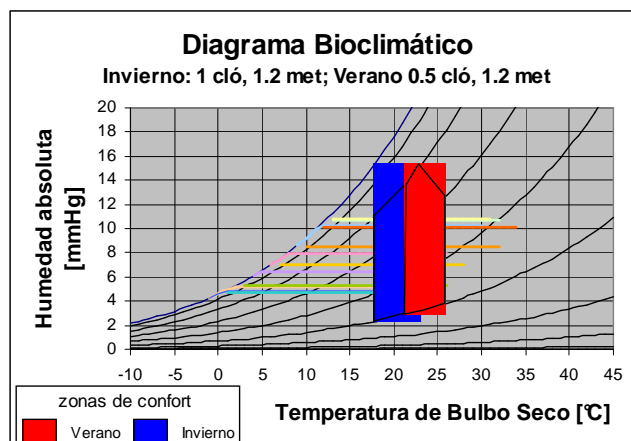


Figura 5: Diagrama Bioclimático para Mendoza, Argentina

En las aulas de teoría la mayor concurrencia implica ganancia de calor interna, que genera la necesidad de contar con buena ventilación, aún en los meses de invierno, por lo tanto, se han proyectado ventanas a distinta altura, produciendo ventilación por termosifón.

El material de las ventanas es aluminio, con doble contacto y burletes para controlar el intercambio de calor por infiltración. Además, si bien es un material caro energéticamente, la larga duración y el bajo mantenimiento, hace que se elija como material para el presente edificio.

La Tabla 4 muestra los valores resultantes del balance térmico del edificio. Como se puede observar, si bien la FAS es relativamente baja (26.7%), incrementarla implicaría aumentar la ganancia (mayores aventanamientos al norte) o mejorar la situación de conservación de energía incorporando otros aislantes térmicos en muros, cosa que incrementaría los costos y esta situación atenta con la construcción de la obra, ya que los presupuestos de la obra pública son limitados. Sin embargo, el consumo de calor auxiliar anual es 33.7 kWh/m².año, valor muy cercano a 25 kWh/m².año considerado por los países de la Comunidad Europea para considerar un edificio eficiente.

Item	Valor
Coef. Neto de Pérdidas (CNP)	9230 W/C
Fracción de Ahorro Solar (FAS)	26.7 %
Calor Auxiliar Anual	183200 kWh/año
G (IRAM 11604)	0.638 W/m ³ .C
Potencia (kcal/hr)	169860 kcal/hr

La posibilidad de contar con los patios laterales, implica que las circulaciones tengan una buena iluminación natural, no haciendo falta la iluminación artificial ni en aulas, ni circulaciones durante la mayor parte del día, por lo que la carga de energía eléctrica baja a un mínimo. Por razones de espacio no se incluyen aquí los estudios realizados con respecto al acondicionamiento lumínico de los locales.

CONCLUSIONES

Se presenta los estudios realizados para determinar la sustentabilidad en la Escuela de Música de la Universidad Nacional de Cuyo. Los mismos indican una tecnología tanto para el acondicionamiento acústico como para el control de ruidos factible de realizar, económica y culturalmente apropiada. Como dijera el Arq. Marcelo Vila, jurado convocado por la UNC, en la entrega de premios respecto de la tecnología utilizada “ el edificio propuesto se lo puede construir un albañil con un tablón...” .

Térmicamente el muro construido con arena en el interior tiene una resistencia térmica más elevada que el muro de ladrillo del mismo espesor (0.20 m), 2.4 W/m².°C contra 0.99 que tiene aquél. Con lo cual, los valores tanto de CNP (9230 W/°C) como su resultado de consumo energético resultan menor tanto en la calefacción de espacios como en el enfriamiento del mismo.

El edificio de la Escuela de Música de la Universidad Nacional de Cuyo se ha licitado y se encuentra comenzando la construcción. Vale destacar que los montos de licitación han sido apenas un 3% superior a los montos indicados en el pliego de obra. Una vez construido el mismo será monitoreado tanto en los resultados de control de ruidos, acondicionamiento acústico como térmico y lumínico.

REFERENCIAS

- Givoni Baruch. 1992. Summer Thermal Comfort. Energy and Building.
- Goulding J. Lewis O., Steemers. T. O. (1994). "Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook". Ed. B.T. Bashford Limited. London.
- Isbert A.C. 2001. Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. Ed. Alfaomega.
- Stein B. and Reynolds J. (1992). "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings" 8ª Ed. John Wiley.
- Recuero Manuel. 1992. Acústica Arquitectónica (Soluciones Prácticas). Ed. Paraninfo. Madrid.
- Ruano Miguel. 2º Ed. 2002 . Ecourbanismo: Entornos Humanos Sostenibles: 60 proyectos. Ed. Gustavo Gili ISBN 84-252-1723-7.

ABSTRACT

In this paper the ambiental consideration of Music's School of National University of Cuyo, Mendoza Argentina has been presented. For the construction of the same one a building has projected with I raise sustainable, that is to say, with low cost of construction, advantage of the solar energy use for heating and daylighting interior spaces. North, East and West windows have been projected with several protections. In order to make use energy conservation, a stuffed wall of blocks with sand has been designed, the one that allows an sound attenuation sufficient to do not require neither insonoros stuccos, nor partitions in the majority of the cases. The made calculation appears in this work to grant a sufficient acoustics to the classrooms, the results of the measurements of the attenuation of the wall that was constructed with this intention in the Laboratory of Acoustics of the UTN-Reg. Mendoza. The results indicate a level of attenuation greater to 48 dB. Of the thermal balance it is indicated that the building would consume 33,7 kWh/m².año of heating, requiring only conditioned air in the classrooms of group test and auditorium of camera music and auditorium of symphonic music.

Keywords: sustainable architecture, acoustic interior spaces, solar energy, heating, daylighting.