



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria d'Edificació

# Proyecto Final de Grado

Estudio acústico de algunas dependencias  
del Conservatorio Profesional de Música de  
Torrent



**Alumno:**

Ezequiel Martínez Hernández

**Tutor académico UPV:**

Vicente Gómez Lozano,  
Salvadora Reig García-San Pedro

Junio 2012



## Agradecimientos

*El presente estudio no habría sido posible sin Enric Llorens y Fani Blanc, director y subdirectora del Conservatorio a quienes me gustaría expresar mi agradecimiento por su apoyo e interés.*

*Agradecer a Miguel Ángel, Araceli y Alfonso su dedicación y servicio.*

*Agradecer la paciencia y el tiempo prestado por todos los alumnos, profesores y demás personal del centro que han colaborado.*



## Índice

<b>1. Introducción</b> .....	4
1.1. Antecedentes .....	4
1.2. Localización del edificio. ....	5
1.3. Fotografías exteriores. ....	6
1.4. Distribución del edificio .....	7
1.5. Tipología de aulas .....	11
<b>2. Justificación del proyecto y objetivos.</b> .....	13
<b>3. Estudio subjetivo</b> .....	14
3.1. Encuesta .....	14
<b>4. Estudio objetivo</b> .....	16
4.1. Zonificación .....	16
4.2. Instrumentos utilizados .....	21
4.3. Aislamiento ruido aéreo del salón de actos.....	22
4.4. Aislamiento ruido aéreo y de impacto de las aulas .....	29
4.5. Parámetros de calidad del salón de actos .....	49
4.5.1. Primer orden .....	50
4.5.2. Segundo orden para la Música .....	59
4.5.3. Segundo orden para la Palabra.....	64
4.6. Parámetros de calidad de las aulas .....	65
<b>5. Propuestas de mejora</b> .....	71
5.1. Aislamiento del salón de actos .....	71
5.2. Aislamiento de las aulas.....	72
5.3. Parámetros de calidad de la sala .....	73
5.4. Parámetros de calidad de las aulas.....	76
<b>6. Presupuesto</b> .....	79
<b>7. Conclusiones</b> .....	81
<b>8. Bibliografía</b> .....	82
<b>9. Anexos</b> .....	83

# CONSERVATORIO PROFESIONAL DE MÚSICA (TORRENT)

## 1. Introducción

### 1.1. Antecedentes

El Ayuntamiento de Torrent solicita a la Doncellería de Cultura, Educación y Ciencia de la Generalitat Valenciana, en julio de 1990, la construcción de un Edificio para el Conservatorio de Música, dado que el inmueble que ocupa resulta inadecuado e insuficiente, acordando ceder gratuitamente el solar adecuado.

El Conservatorio de Música de Torrent, cuenta con un gran número de alumnos que cursan y desean cursar los estudios de música en esta ciudad, esto justificó la decisión de su construcción.

Aunque un Conservatorio profesional de música incluya en su programa una serie de aulas que podrían asimilarse a las de otro tipo de enseñanzas (aulas no instrumentales), hay un elemento significativo y distintivo que repercute de forma decisiva a la hora de concebir un centro de estas características: el trabajo de profesores y alumnos solamente resultará eficaz si se produce en un ambiente con ausencia de interferencias procedentes tanto del exterior como del interior.

La repercusión del tratamiento acústico de los distintos espacios que en otro tipo de centro podría ser calificado como "de lujo", aquí es simplemente funcional. Lo simple en este caso es muy complicado de resolver y muy costoso desde el punto de vista económico, ya que exige que los espacios destinados a prácticas de distintos instrumentos estén acondicionados interiormente a sus características y, simultáneamente, evitar las interferencias entre un aula y otra. Eliminar posibles puentes acústicos es fundamental e influye en definitiva en todos los elementos constructivos que definen el edificio.

El conjunto del conservatorio se compone de tres edificios diferenciados por uso y tipología que se complementan para el logro del fin docente previsto.

**Tipo de centro:**

Docente - musical con 540 Puestos escolares

**Situación:**

Torrent (VALENCIA)

**Arquitecto:**

Camilo Grau García

**Arquitecto Técnico:**

Rafael Benedito Zamora

**Empresa Constructora:**

CONSTRUCCIONES SOLDEVILLA, S.A.

**Presupuesto:**

3.805.618.01 €



## 1.2. Localización del edificio.

El Conservatorio Profesional de Música de Torrent está en la calle Mestre Joan Roig Soler, nº 4 de Torrent. Está ubicado junto al Auditorio en una zona residencial de la ciudad.

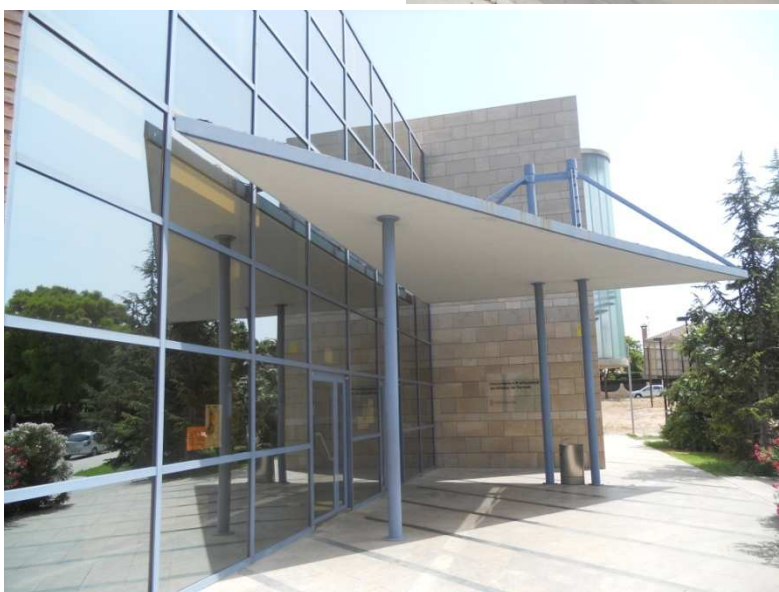


La proximidad del Auditorio y el nacimiento de la idea de "La ciudad de la Música" condicionan la estructuración formal del conjunto, de modo que se produzca una armonía entre los edificios que conforman dicha "ciudad".

### 1.3. Fotografías exteriores.



A la izquierda una foto de la fachada principal y abajo la fachada lateral izquierda.

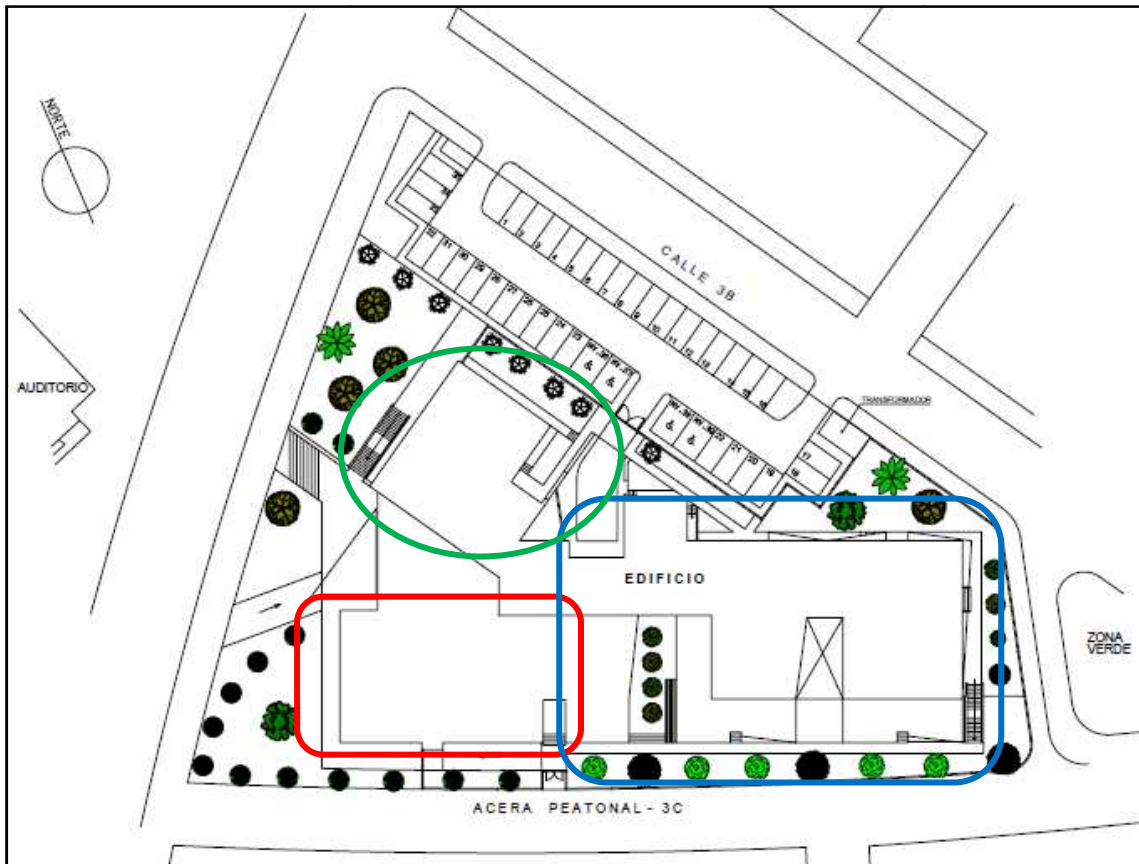


Fachada principal del edificio. Puerta de acceso.

## 1.4. Distribución del edificio

El conjunto del Conservatorio se compone de tres edificios diferenciados por uso y tipología que se complementan para el logro del fin docente previsto:

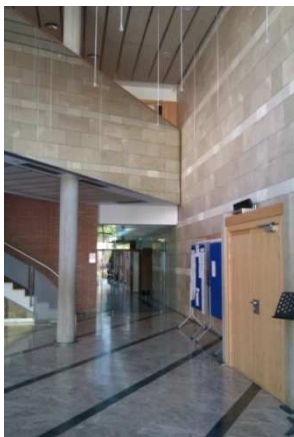
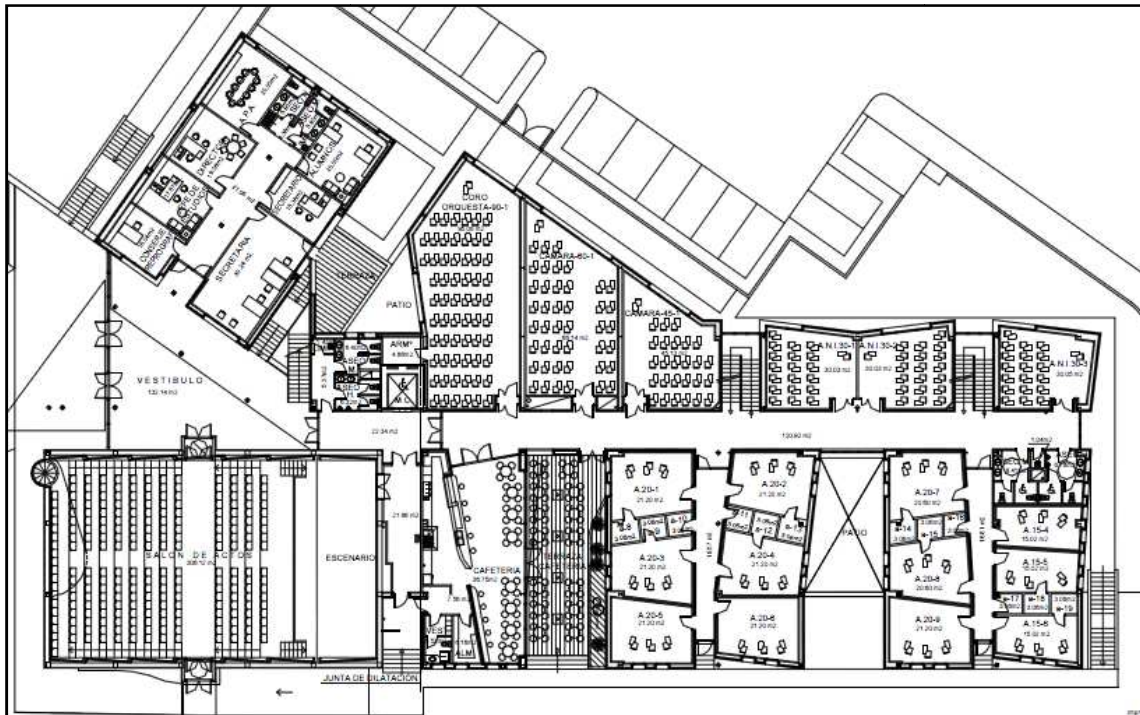
1. **Bloque Administrativo - Acceso**
2. **Salón de Usos Múltiples (salón de actos / auditorio).**
3. **Aulario - Instrumental y docente no instrumental**





## Planta Baja

La estructuración básica se organiza a partir del amplio espacio exterior y vestíbulo. El gran vestíbulo de entrada, en triple altura, reparte la circulación hacia el bloque administrativo, al Salón de Actos y al pasillo-distribuidor del bloque docente, que da servicio a los aseos, montacargas, cafetería y directamente a las Aulas instrumentales mayores, a las de enseñanza teórica no instrumental y escaleras interiores de comunicación vertical.



Vestíbulo

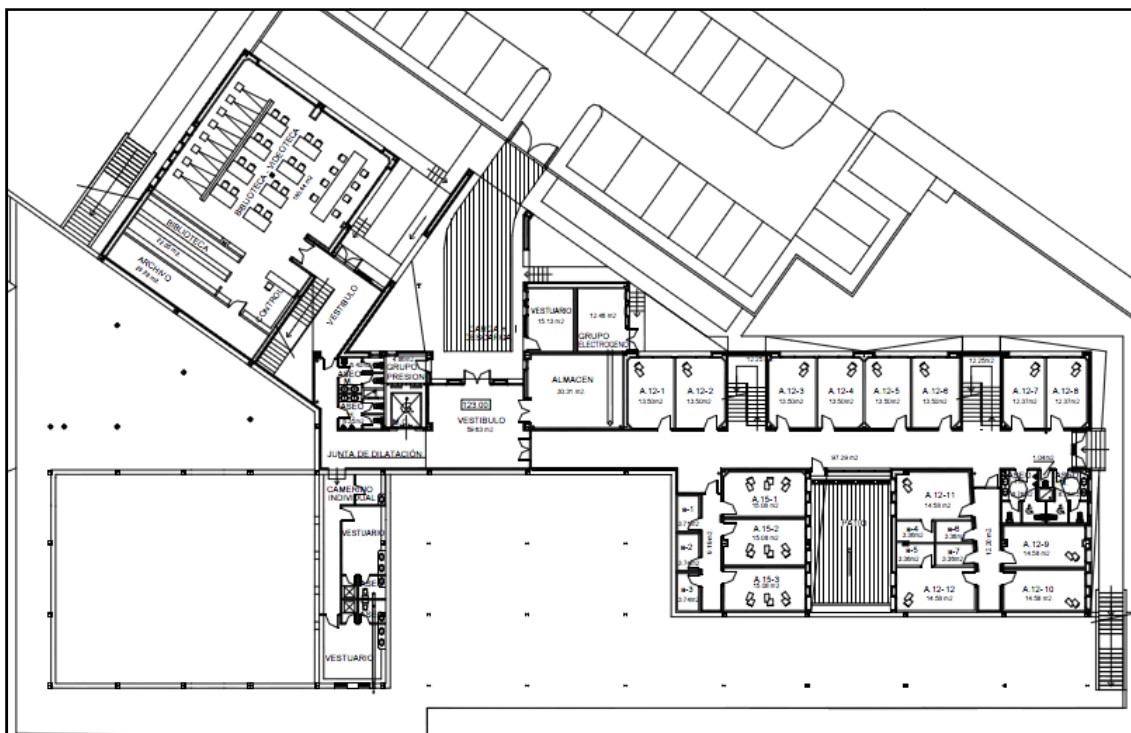


Salón de actos



## Planta Semisótano

En semisótano se complementa el programa con las aulas de 15 m<sup>2</sup> y 12 m<sup>2</sup>, directamente desde el pasillo principal y desde los secundarios. El almacén se sitúa junto al vestíbulo de entrada de instrumentos musicales de mayor volumen. La biblioteca, fonoteca, videoteca y archivo comunican directamente por la escalera principal con las dos plantas superiores del bloque administrativo y vestíbulo de acceso y en la misma planta con las aulas individuales.



9



Biblioteca

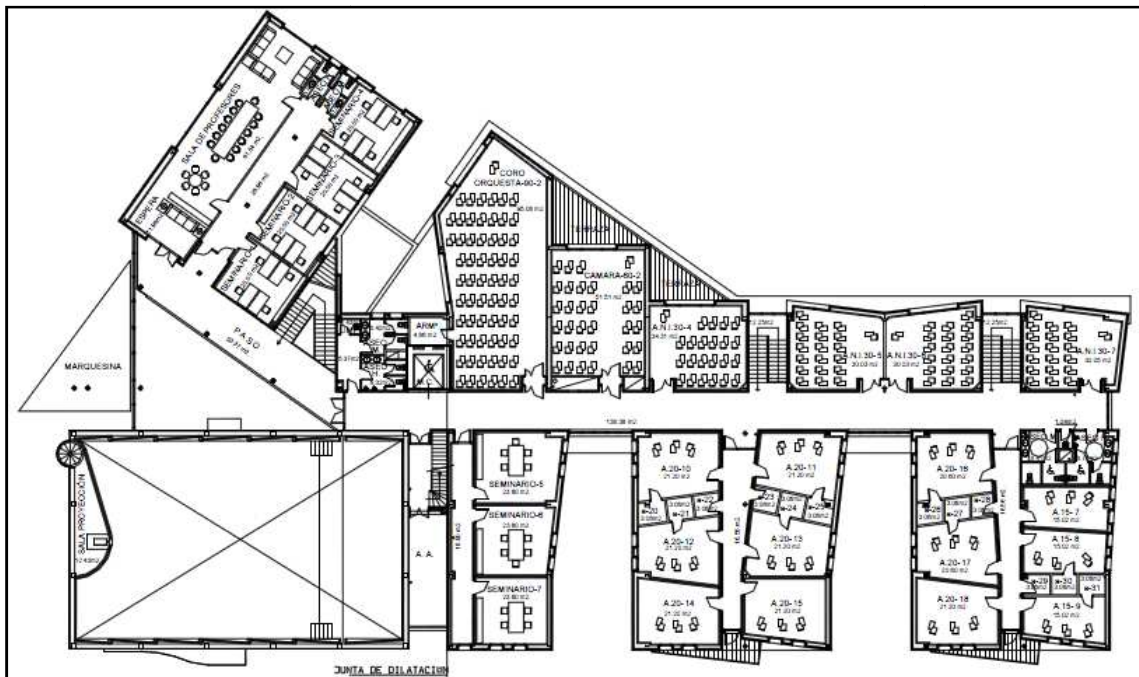


Cabina de estudio individual

## Planta Primera

En planta primera se encuentra la sala de profesores. Las aulas de orquesta y cámara de 60 y 90 m<sup>2</sup> respectivamente. Clases de enseñanza instrumental agrupadas por departamentos y aulas para enseñanza teórica.

Los aseos se disponen verticalmente en dos grupos y en las tres plantas, en ambos extremos del pasillo principal.



10



Pasillo principal



Pasillo secundario



Aula de orquesta

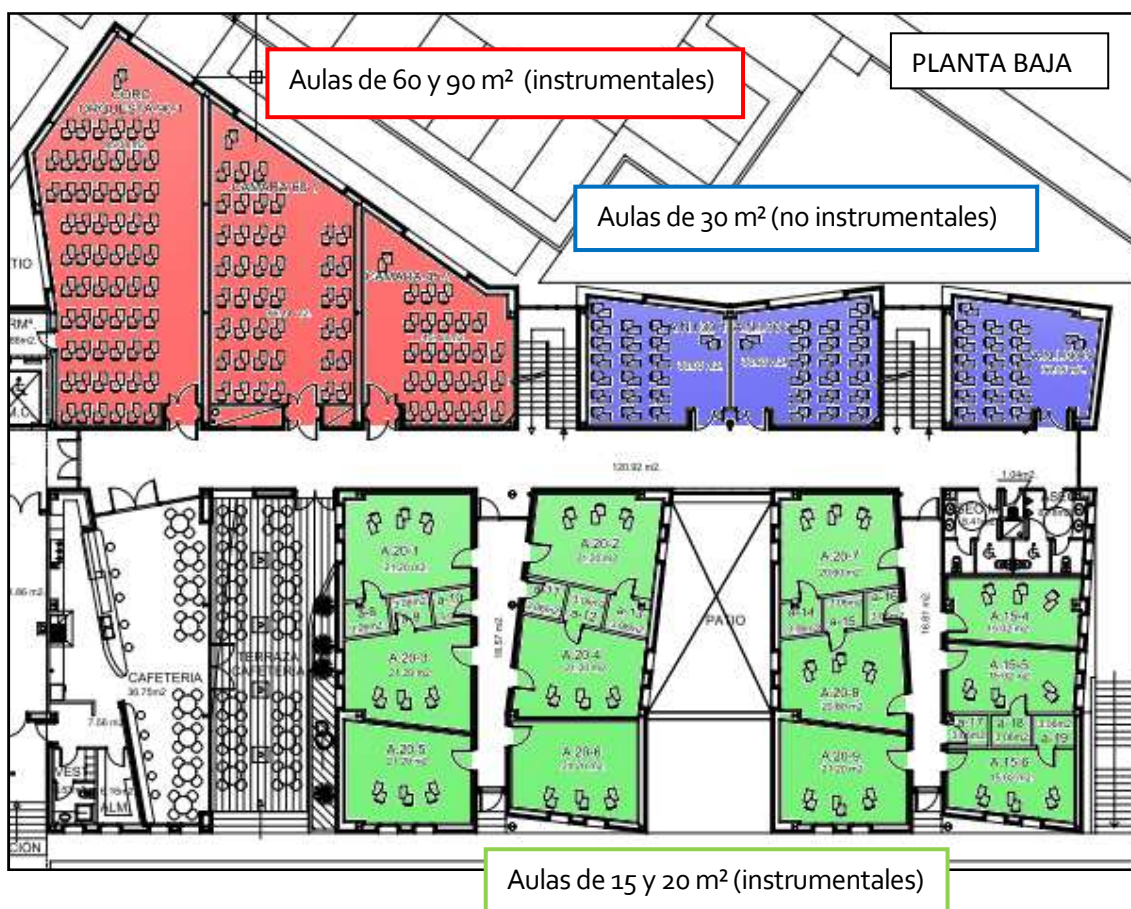


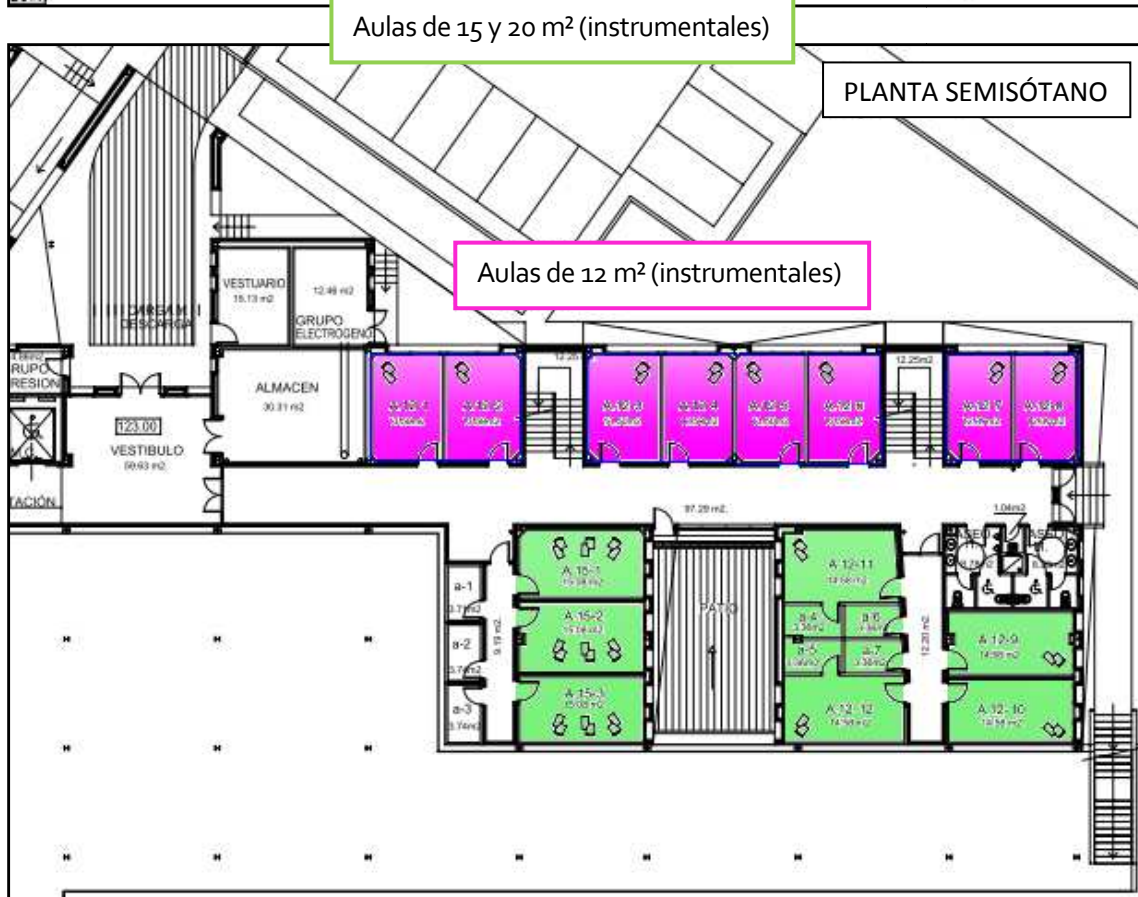
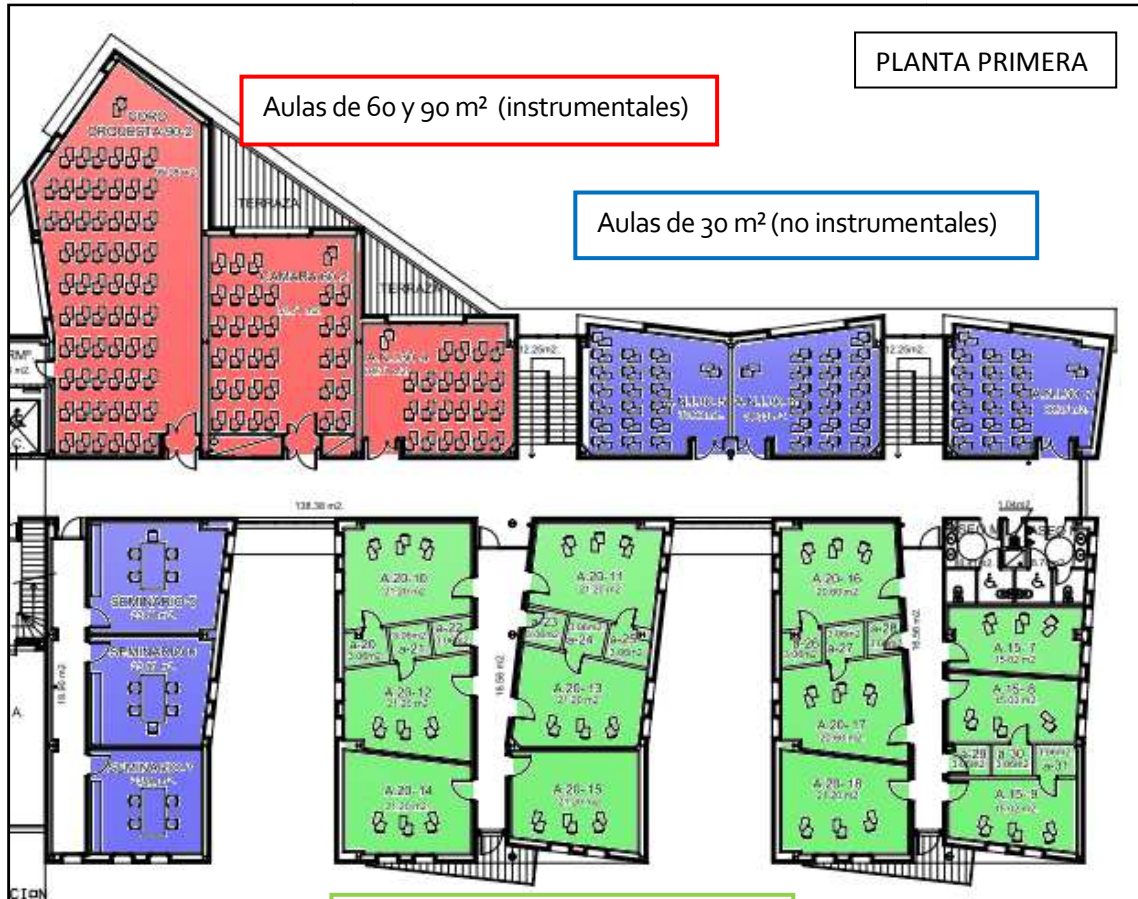
## 1.4. Tipología de aulas

Atendiendo al tamaño y uso de las aulas se pueden clasificar en cuatro grupos:

- Aulas de 60 y 90 m<sup>2</sup>; son de gran tamaño y disponen de doble puerta al recaer directamente a pasillo. Están diseñadas para las clases de orquesta, conjunto coral, grupos de cámara y aula de percusión.
- Aulas de 30 m<sup>2</sup>; tamaño medio y una única puerta. Son adecuadas para impartir clases teóricas en grupos de entre 12 y 18 alumnos.
- Aulas de 15 y 20 m<sup>2</sup>; de menor tamaño que las anteriores, destinadas a clases instrumentales individuales. Las aulas recaen a un pasillo secundario ortogonal al principal, separado del mismo por otra puerta.
- Aulas de 12 m<sup>2</sup>; situadas en el semisótano, son cabinas de estudio individual. Se ha previsto una sola puerta al pasillo principal.

Todas las puertas, incluso las de las aulas de 30 m<sup>2</sup>, estarán insonorizadas y serán vidrieras con doble acristalamiento, con marco completo. (Ver anexo 1).







## 2. Justificación del proyecto y objetivos.

En el conservatorio de Torrentes anterior a CTE-HR pero las exigencias musicales son las mismas, el confort se consigue con un aislamiento entre aulas de 60dB.

El objetivo del trabajo es estudiar las principales dependencias (salón de actos y las aulas) del conservatorio en busca de mejoras en el acondicionamiento acústico o aislamiento acústico en función de los resultados que se obtengan según proceda.

El estudio se divide en dos grandes bloques:

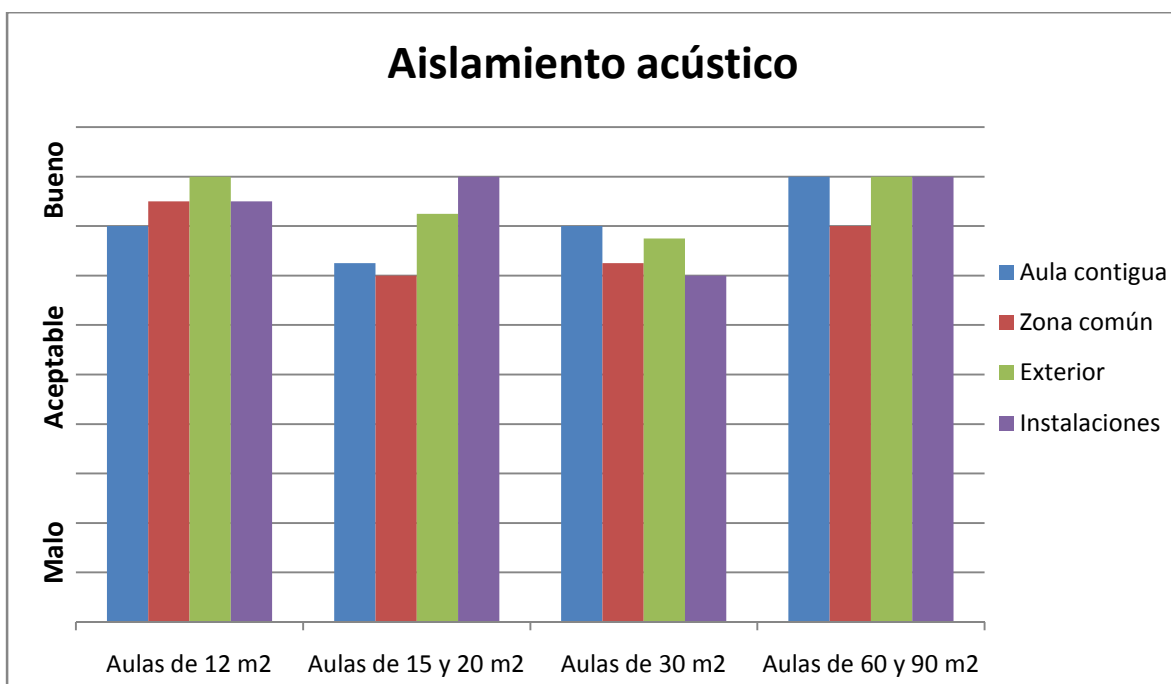
- El primero corresponde a un **estudio subjetivo** realizado mediante una encuesta a los usuarios del conservatorio. Donde se valora el aislamiento acústico así como los parámetros de calidad de las aulas agrupadas bajo los criterios anteriormente descritos.
- El segundo bloque contiene los resultados del **estudio objetivo**, es decir, los resultados debidamente procesados, comentados y analizados de las mediciones tomadas "in situ".

### 3. Estudio subjetivo

#### 3.1. Encuesta

Los resultados se han obtenido mediante una encuesta realizada a los usuarios, tanto alumnos como docentes indistintamente.

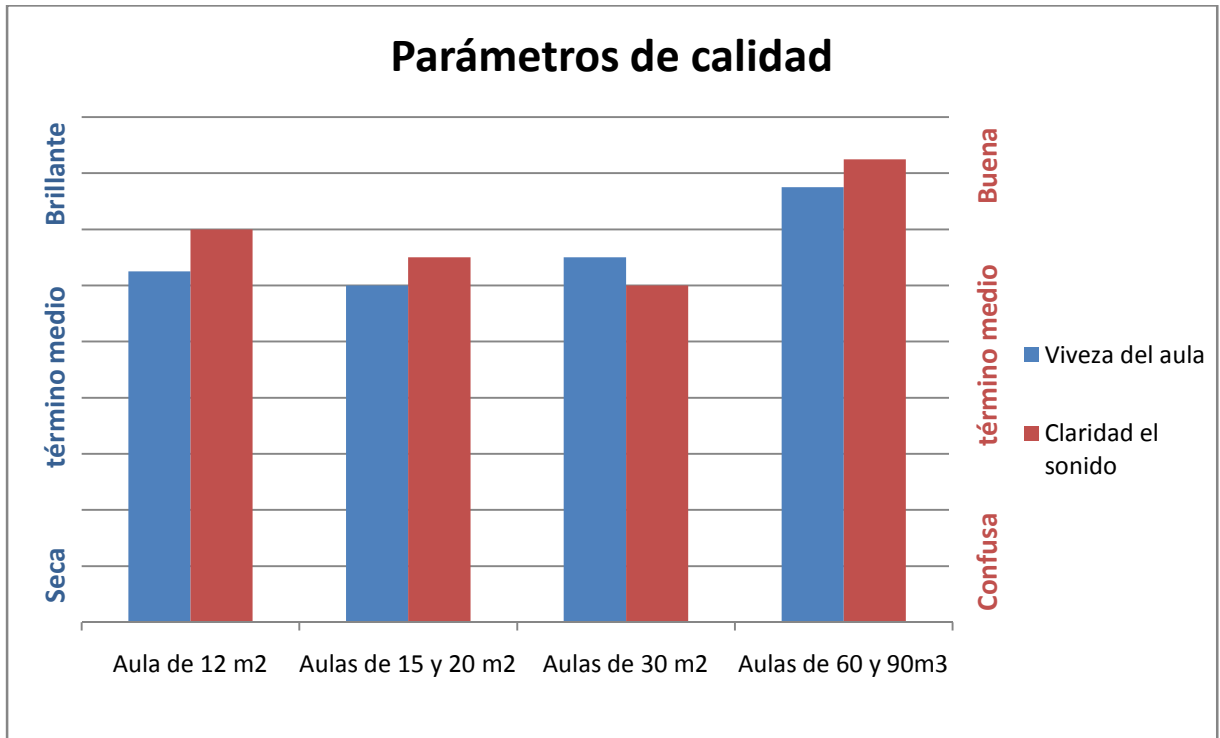
El primer bloque de preguntas pretende evaluar el aislamiento acústico de las particiones, cerramientos e instalaciones del aula en cuestión con respecto a: el aula colindante, zonas comunes o de paso como los pasillos, el exterior (la calle) y por último el ruido procedente de instalaciones comunes como bajantes, ruido de maquinaria o aire acondicionado.



#### Aislamiento acústico:

Viendo la gráfica se observa que en general los usuarios están satisfechos con el aislamiento. Se puede afirmar que las aulas tienen un confort adecuado para desarrollar las clases en buenas condiciones.

El segundo bloque de preguntas pretende evaluar los parámetros de calidad acústica de las diferentes aulas. Si aprecian un "sonido seco" significa tiempo de reverberación bajo y si por el contrario es "brillante" se entiende que el tiempo de reverberación es demasiado alto. La segunda pregunta hace referencia a la nitidez y claridad del sonido emitido "ataques claros" Se podría asemejar a parámetros de claridad definición (D50) o a Eastern Daylight Time(EDT). Si el sonido es confuso tendrá un EDT alto y al revés.



#### Parámetros de calidad:

Observando la gráfica vemos que en general los usuarios están satisfechos con la viveza del aula, así como en la claridad y nitidez del sonido. Una vez más los usuarios valoran de forma positiva, consideran que las aulas reúnen las condiciones necesarias para desarrollar con normalidad las clases.

15

#### Observaciones

La mayoría de los encuestados citan que algunas notas concretas como "mib" para trombones o "sol#" en el caso de saxofones, provocan que las láminas de las luminarias del aula vibren de forma molesta.

## 4. Estudio objetivo

### 4.1. Zonificación

Mediante la zonificación del edificio se persigue hacer una selección de los casos a estudiar agrupándolos por tipologías constructivas y exigencias del CTE-HR en función del uso de cada recinto.

Los elementos constructivos interiores de separación, así como las fachadas, las cubiertas, las medianerías y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada recinto de un edificio deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla:

En los recintos protegidos:

Protección frente al ruido generado en recintos pertenecientes a la misma unidad de uso en edificios de uso residencial privado:

El índice global de reducción acústica, ponderado A,  $RA$ , de la tabiquería no será menor que 33dBA.

Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso:

El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $DnT,A$ , entre un recinto protegido y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 50 dBA, siempre que no compartan puertas o ventanas.

Cuando sí las compartan, el índice global de reducción acústica,  $RA$ , de éstas, no será menor que 30dBA.

En los recintos habitables:

Protección frente al ruido generado en recintos pertenecientes a la misma unidad de uso, en edificios de uso residencial privado:

El índice global de reducción acústica, ponderado A,  $RA$ , de la tabiquería no será menor que 33dBA.

Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso:

El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $DnT,A$ , entre un recinto habitable y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 45 dBA, siempre que no compartan puertas o ventanas.

Cuando sí las compartan y sean edificios de uso residencial (público o privado) u hospitalario, el índice global de reducción acústica,  $RA$ , de éstas, no será menor que 20 dBA y el índice global de reducción acústica,  $RA$ , del cerramiento no será menor que 50 dBA.

### Tipos de recintos existentes en el conservatorio de acuerdo al DB HR:

- La sala de audiciones se considera un recinto de actividad ruidosa.
- La cafetería como un recinto de actividad (aunque no es objeto del presente estudio).
- Cada una de las aulas se considerará recinto protegido y de unidad de uso diferente.
- La biblioteca es un recinto protegido y de unidad de uso diferente.
- El bloque administrativo se considerará por plantas como recinto protegido y el conjunto de despachos todos ellos agrupados en una misma unidad de uso.
- Los aseos se consideran recintos habitables.
- Los pasillos de acceso a las aulas de estudio individual y el pasillo de acceso a los despacho se considera recinto habitable.

### Estudio de casos:

#### Aislamiento a ruido aéreo auditorio

- 1- Elemento vertical fachada en esquina.
- 2- Elemento vertical entre el auditorio y el hall.

#### Aislamiento a ruido aéreo aulas

- 1- Elemento vertical entre las aulas B02-B03
- 2- Elemento vertical entre las aulas B04-B05
- 3- Elemento vertical entre las aulas B14-B13
- 4- Elemento vertical entre las aulas B14-B15
- 5- Elemento horizontal entre B03-P03
- 6- Elemento vertical entre B03-Pasillo
- 7- Elemento vertical entre B04-Pasillo
- 8- Elemento vertical entre S01-S02

#### Aislamiento a ruido por impacto

- 9- Elemento horizontal entre B03-P03









## 4.2. Instrumentos utilizados

La toma de datos de campo para el cálculo del aislamiento acústico aéreo e impactos en los diferentes casos, así como las mediciones del tiempo de reverberación se han empleado los siguientes instrumentos:

Sonómetro Bruel&Kjaer modelo 2238 mediator nº ID: 2725728

Micrófono Bruel&Kjaer modelo 4188 nº ID: 2725728

Calibrador Bruel&Kjaer modelo 4231 nº ID: 2061525

Amplificador Bruel&Kjaer modelo AP4224 nº ID: 1142210

Maquina de impactos: Bruel&Kjaer modelo 3204 nº ID: 1213809

Certificados de verificación periódica de instrumentos(Ver anexo 2).



### 4.3. Aislamiento ruido aéreo del salón de actos

#### ➤ Datos de partida

#### Requerimientos de aislamiento acústico del auditorio

En materia de aislamiento los requerimientos específicos para los cerramientos del auditorio se concretan en un nivel de aislamiento a ruido aéreo del orden de 65 dBA, lo cual implica las siguientes consideraciones:

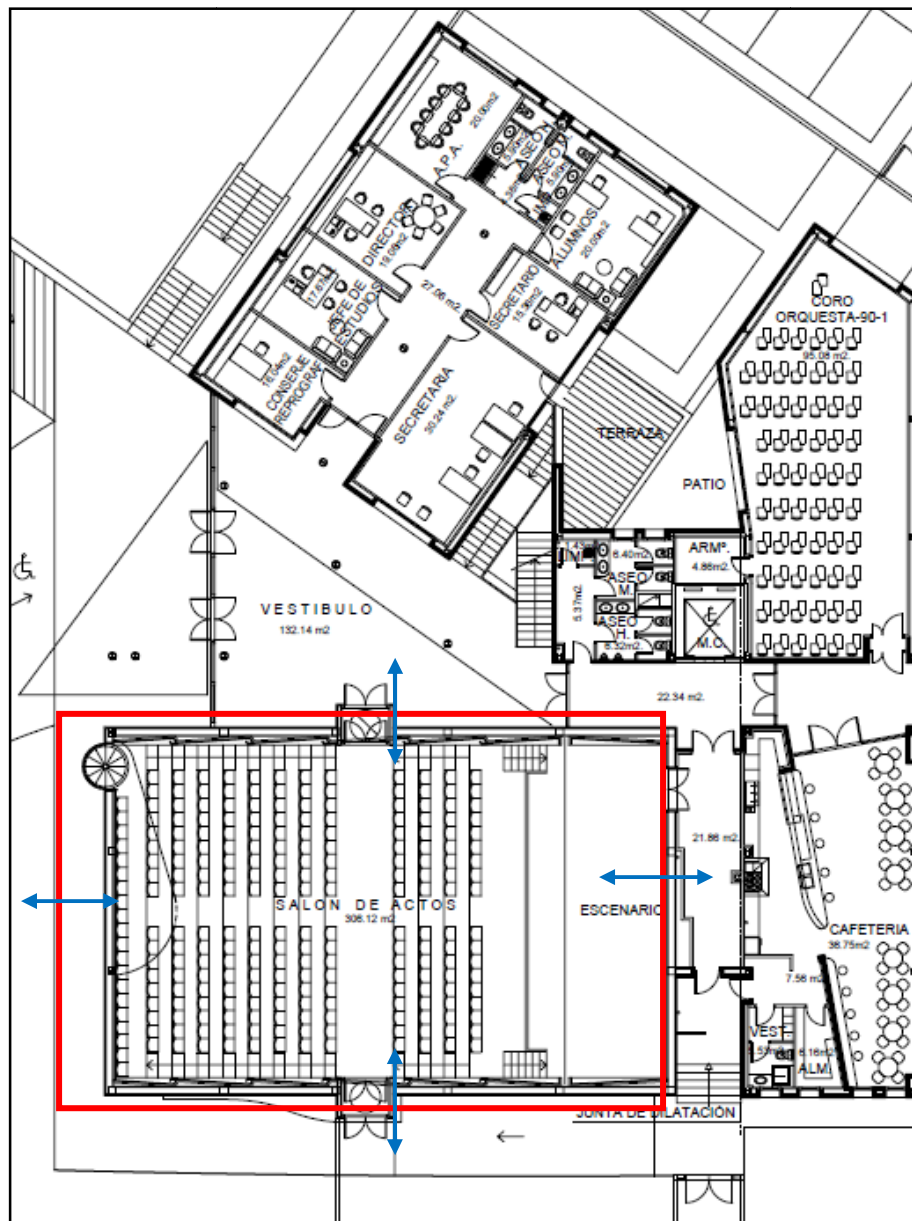
- Se realizará una caja externa estanca constituida por:
  - \* Cubierta con un aislamiento mínimo de 60 dBA.
  - \* Los cerramientos verticales de obra (hoja exterior constituida por  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo macizo).
- Hacia el interior de esta primera hoja de cerramientos, y dejando una cámara de 20 cm., se delimitará una nueva caja estanca constituida por:
  - \* Muro de hormigón.
  - \* Falso techo de placa de escayola sobre perfilaría metálica independiente, y manta de lana de roca sobre él, que mediante el sellado con las hojas laterales constituyera una lámina estanca.
- El principal puente acústico entre el auditorio y el resto de dependencias o el exterior, suponiendo una cuidada ejecución de las dos hojas estancas anteriormente descritas, lo constituyen las puertas de acceso y de emergencia. Para ello se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:
  - \* Se realizará siempre doble puerta de acceso, con vestíbulo absorbente entre ellas, con soluciones del tipo de material perforado (escayola, chapa metálica, madera, cartón-yeso, etc.) con lana de roca tras él, o placas absorbentes tanto en techo como en sus paredes laterales.
  - \* Las puertas serán aislantes con un aislamiento mínimo de 35 dBA, por ejemplo de doble chapa metálica y lana de roca en su interior, con cristal laminar (5+4) en la mirilla, e irán provistas de burlete de goma en todo su perímetro así como zócalo inferior y con cierre estanco.

#### ➤ Normativa: ISO-UNE-EN 140-4/5y DB-CTE-HR

➤ Toma de datos de campo

### Medición del aislamiento al ruido aéreo

La normativa ISO-UNE-En 140 cita que si el sonido se genera mediante un único altavoz, este debe colocarse en al menos dos posiciones diferentes y tomar cinco mediciones en cada punto. Por razones de tiempo, disponibilidad de equipo y dado que este estudio tiene carácter educacional; el altavoz se ha colocado en el centro de la sala y se han realizado 8 mediciones en posiciones diferentes. Pero para compensar, se ha programado el sonómetro para que cada medición sea el resultado de la media de tres barridos. La medición dura un total de 1 minuto y 41 segundos.

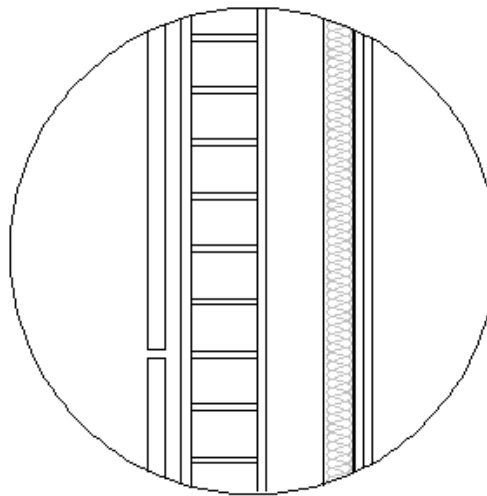


➤ Cálculo y análisis de resultados

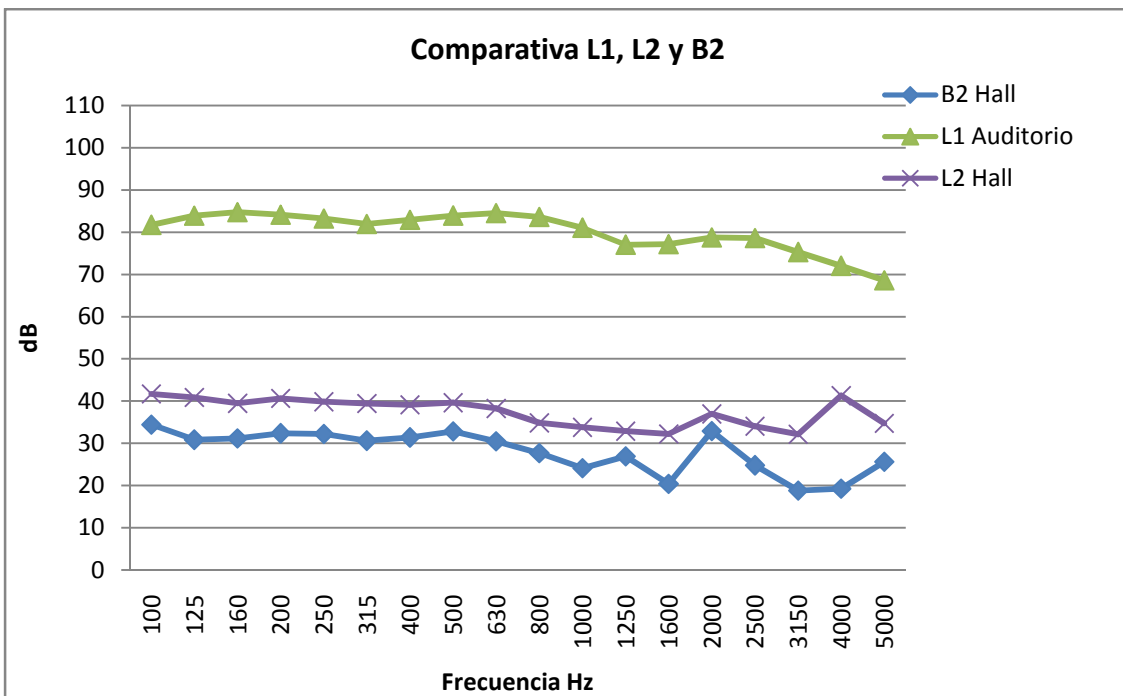
Cálculo por el método general de CTE-HR (desarrollo de los cálculos en el anexo 3)

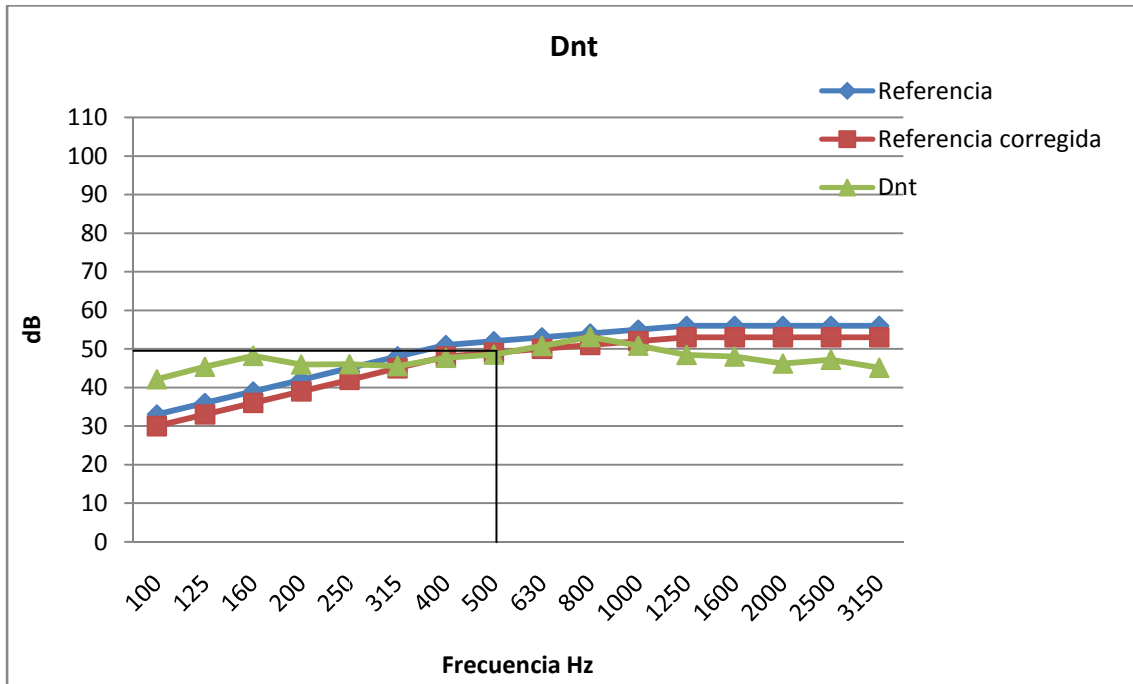
**Aislamiento entre el salón de audiciones y el hall.**

Fábrica de ladrillo perforado de medio pié de espesor, enfoscado en ambas caras con mortero de cemento, con acabado de aplacado de piedra natural por el exterior y trasdosado con placa de yeso laminado separado 10 cm de la fábrica, con lana de roca entre montantes.



Detalle del cerramiento





Referencia desplazada  
Desfase N -3

Sumatorio= 31,92 <= 32

Índice global a 500Hz  
DnTw = 49,00 dB

Dn,Tw((C;Ctr)= 49(-1;-1) dB

Blanco	49,00	dB
Rosa	48,00	dB
Trafico	48,00	dB
DnT,A	48,50	dBA



Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	57	48,5	55	<b>NO CUMPLE</b>

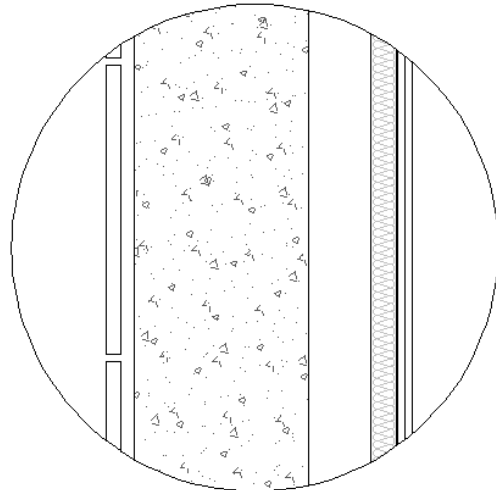
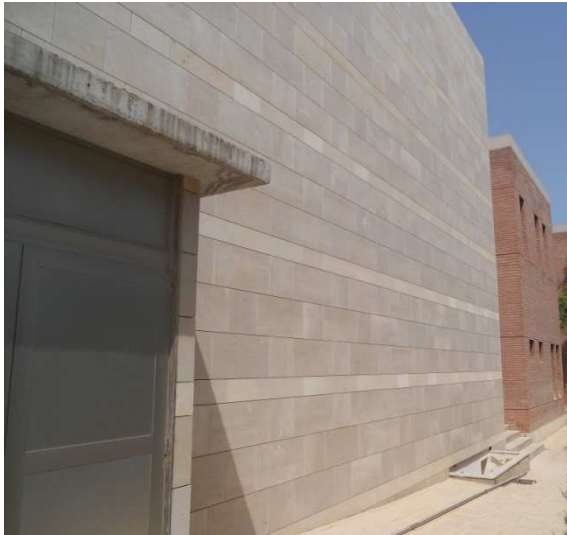
Cálculo realizado estimado un índice de reducción sonora de 38 dBA al conjunto de la doble puerta. Si se estima un valor de 45dBA se podrían alcanzar 61dBA según la aplicación del CTE.

El aislamiento no es suficiente si hay simultaneidad de usos entre el hall y el auditorio. Sólo es un problema cuando hay conciertos con la orquesta o banda al completo. Ya que se produce un nivel de potencia que puede llegar a los 100 dBA. Pero cuando hay este tipo de conciertos no se imparten clases en el centro por lo que no hay apenas transito de gente por el centro.

Bien es cierto que si se hacen audiciones de instrumentos solistas con acompañamiento de piano. Pero estos no generan un nivel suficiente como para llegar a causar molestias al resto de alumnos del conservatorio.

## Aislamiento entre el salón de audiciones y la fachada.

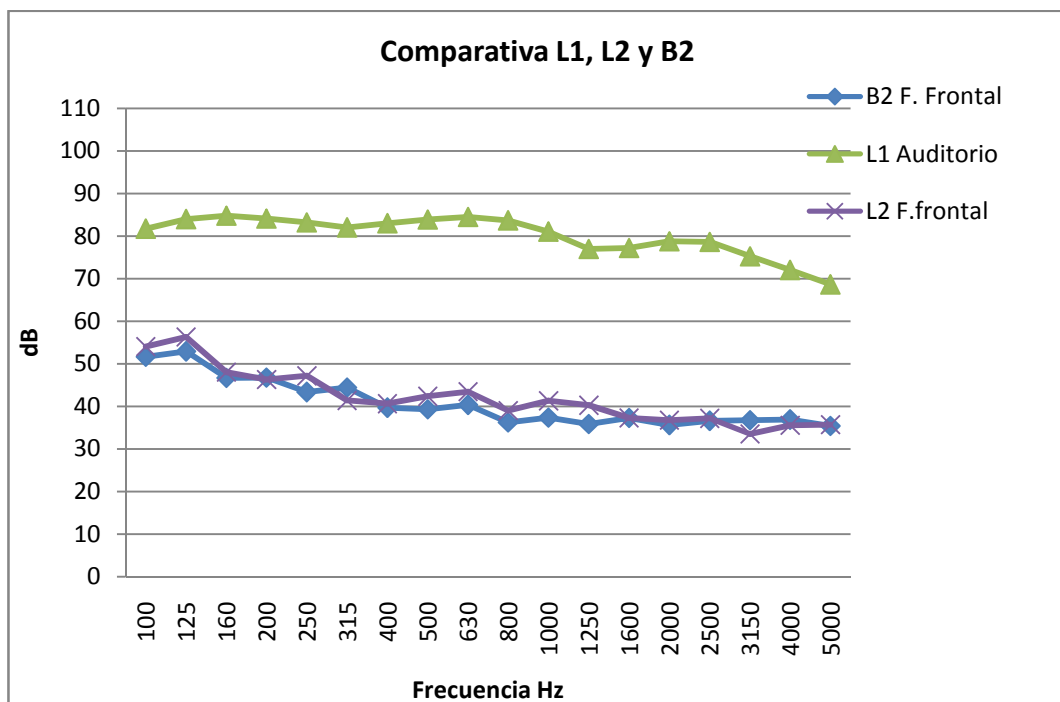
Elemento principal de muro de hormigón armado de 30cm de espesor. Aplacado de piedra natural en la parte exterior y trasdosado por la cara interior con doble placa de yeso laminado separado 10cm del muro y con lana de roca entre montantes.

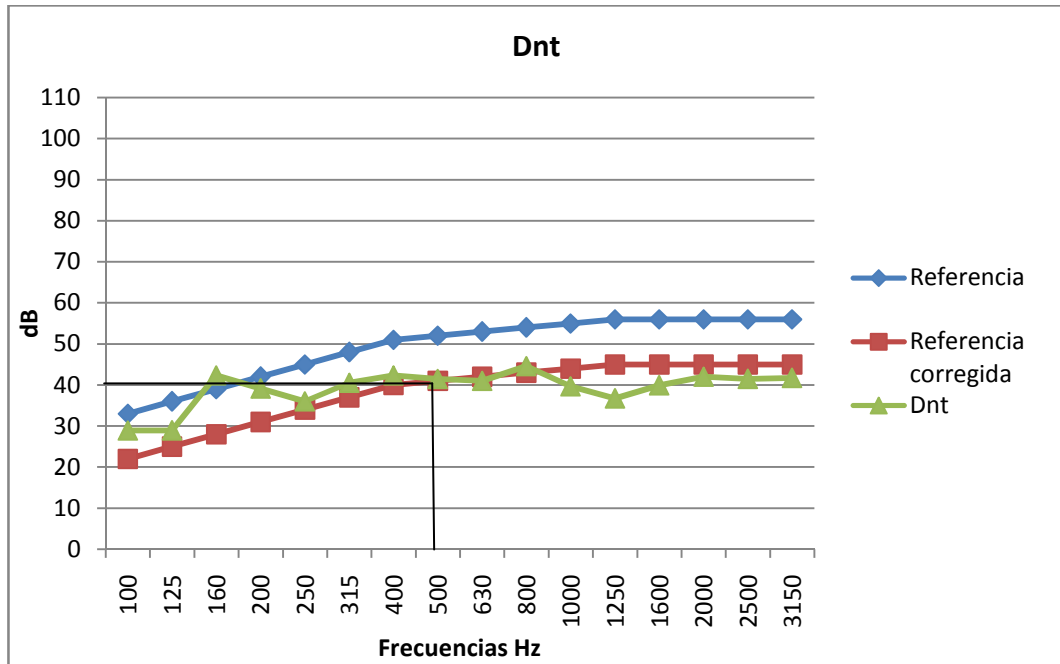


Detalle del cerramiento

Fachada frontal

26

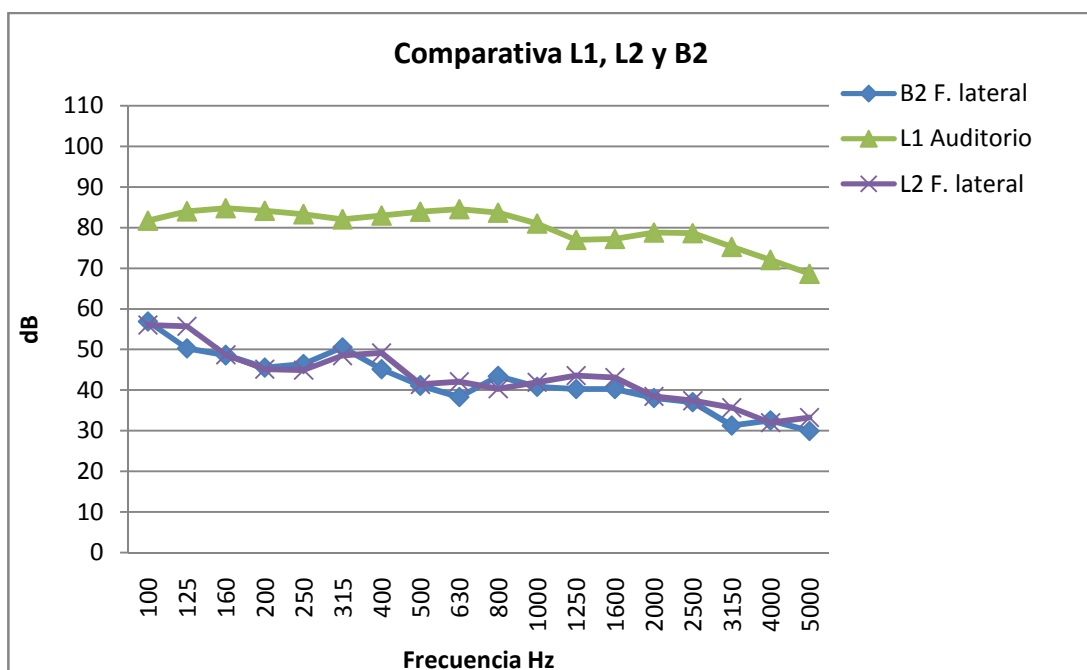




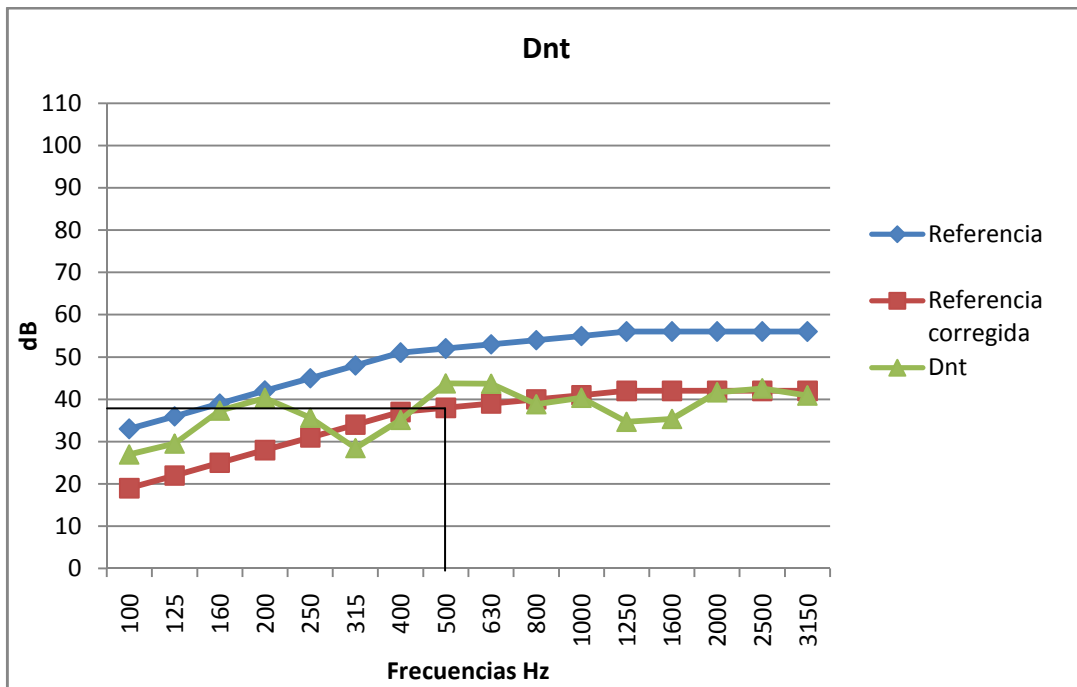
El nivel transmitido (L2) y el ruido de fondo (B2) son aproximadamente iguales, la medición no es fiable para realizar un cálculo preciso ya que el ruido de fondo de de la calle es igual o más alto que el nivel transmitido. Se puede afirmar que el aislamiento de la fachada es suficiente. El nivel sonoro que aporta la fuente a la calle es despreciable.

Podemos estimar el valor del aislamiento con la aplicación de la simulación del CTE y ver entre que valores oscila el aislamiento en función de los valores que le asignemos a la doble puerta, sabiendo que la  $R_A$  entre 35 y 50 dBA.

#### Fachada lateral







Confort	Cálculo CTE 1	Cálculo CTE 2	Ord. municipal	
60	54	66	Max. 60	<b>CUMPLE</b>

Cálculo CTE 1; estimando un valor de  $R_A$  de 35 para la doble puerta de salida de emergencia.  
 Cálculo CTE 2; estimando un valor de  $R_A$  de 50 para la doble puerta de salida de emergencia.

El valor estaría comprendido entre 54 y 66 DnTAdBA.

Caso más desfavorable:  $104 - 54 = 50$  dBA cumple la ordenanza municipal.





#### 4.4. Aislamiento ruido aéreo y de impacto de las aulas

##### ➤ Datos de partida

##### Requerimientos de aislamiento acústico de las aulas

La exigencia del CTE en cuanto al elemento separador interior entre aulas es de un índice de aislamiento a ruido aéreo mayor o igual de 50dBA. Sin embargo, en este tipo de recintos en los que la potencia acústica de emisión es elevada, este índice de aislamiento no garantiza de forma alguna el uso simultáneo de las mismas debido a la existencia de interferencias acústicas entre aulas.

Considerando un nivel de ruido de fondo aceptable para un aula, en los momentos de silencio, de entre 25-30 dBA, se recomienda un nivel de aislamiento mínimo a ruido aéreo para sus cerramientos de 60 dBA, que permite, por tanto, un nivel máximo de 90 dBA durante el uso de las mismas para ensayo de los distintos instrumentos. Este aislamiento garantizaría el uso simultáneo de las aulas.

Para conseguir estos niveles de aislamiento cada aula debe de funcionar como un cubículo independiente del resto y para ello se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se realizará una caja externa estanca para cada una de las diversas aulas, constituida por:
  - \* Los forjados superior e inferior de losa de hormigón de canto > 22 cm.
  - \* Los cerramientos verticales de obra (hoja exterior de fachada y hoja interior de los cerramientos a pasillos, distribuidores y entre aulas, constituida por ½ pie de ladrillo macizo).
- Hacia el interior de esta primera hoja de cerramientos se delimitará una nueva caja estanca constituida por:
  - \* Suelo flotante sobre capa elástica y de hormigón en masa de 8-10 cm. de espesor con mallazo de reparto.
  - \* Doble placa de cartón-yeso de 1,5+1,5 cm. sobre perfilería metálica independiente a 10 cm. de la hoja de obra, con 5 cm. de lana de roca en el interior.
  - \* Falso techo trasdosado bajo forjado con lana de roca y placa de cartón yeso que mediante el sellado con las hojas laterales constituya una lámina estanca.
- La renovación, calefacción o refrigeración del aire de las aulas será completamente independiente para cada una de ellas.
- El principal puente acústico entre las diversas dependencias, suponiendo una cuidada ejecución de las dos hojas estancas anteriormente descritas, lo constituyen las puertas de acceso y por ello el cuidado de dicho elemento es fundamental a la hora de conseguir el aislamiento propuesto. Para ello se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:
  - \* Las puertas se situarán de forma que dejen el mayor recorrido posible entre ellas, evitándose siempre que queden enfrentadas o adyacentes.
  - \* Los espacios distribuidores o pasillos que intercomunican las diversas aulas serán absorbentes, con un coeficiente mínimo de absorción medio del orden de 0,3-0,5, lo cual hará que estos espacios sean más confortables desde el punto de vista acústico, a la vez

- que contribuirá a un menor nivel transmitido a las aulas. Esto se puede conseguir haciendo las superficies del techo absorbentes con un material perforado con lana de roca tras él.
- \* En los espacios que se prevé tengan un mayor nivel de emisión (música de cámara, orquesta y coro) se realizará doble puerta de acceso, con vestíbulo absorbente entre ellas, con soluciones similares a las del apartado anterior tanto en techo como en sus paredes laterales.
  - \* Las puertas serán aislantes con un aislamiento mínimo de 35 dBA, con doble chapa metálica y lana de roca de su interior, con cristal laminar (5+4) en la mirilla, e irán provistas de burlete de goma en todo su perímetro así como zócalo interior y con cierre estanco.
- En cuanto a las fachadas se puede admitir un aislamiento global del orden de 40 dBA (cumplimiento de la norma aG = 30 dBA), lo cual obliga a un aislamiento mínimo de la carpintería del orden de 38 dBA correspondiente a una carpintería tipo A-3 de hojas fijas, batientes u oscilo-batientes, con doble cristal y cámara siendo una hoja de cristal laminar (5+3).
- Normativa: ISO-UNE-EN 140-4/5/6, UNE-EN 717-1/2 y DB-CTE-HR
  - Toma de datos in situ

### Medición del aislamiento al ruido aéreo.

La normativa ISO-UNE-En 140 cita que si el sonido se genera mediante un único altavoz, este debe colocarse en al menos dos posiciones diferentes y tomar cinco mediciones en cada punto. Por razones de tiempo, disponibilidad de equipo y dado que este estudio tiene carácter educacional; el altavoz se ha colocado en el centro de cada aula y se han realizado 5 mediciones en posiciones diferentes. Pero para compensar, se ha optado por tomar muestras a partir de la media de tres barridos (1 minuto y 41 segundos).

Con el fin de simplificar y optimizar las mediciones a realizar se han seleccionado 8 casos representativos con los que se pretenden analizar las diferentes soluciones constructivas. (ver estudio de casos en el apartado de zonificación).

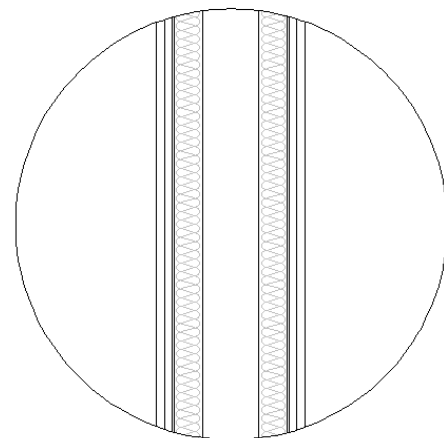
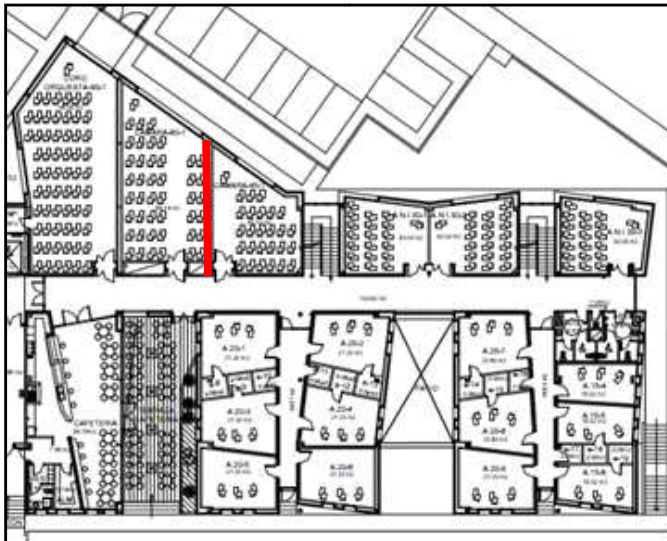
➤ Cálculos y análisis de resultados

Cálculo por el método general de CTE-HR. (Desarrollo de los cálculos en el anexo 3)

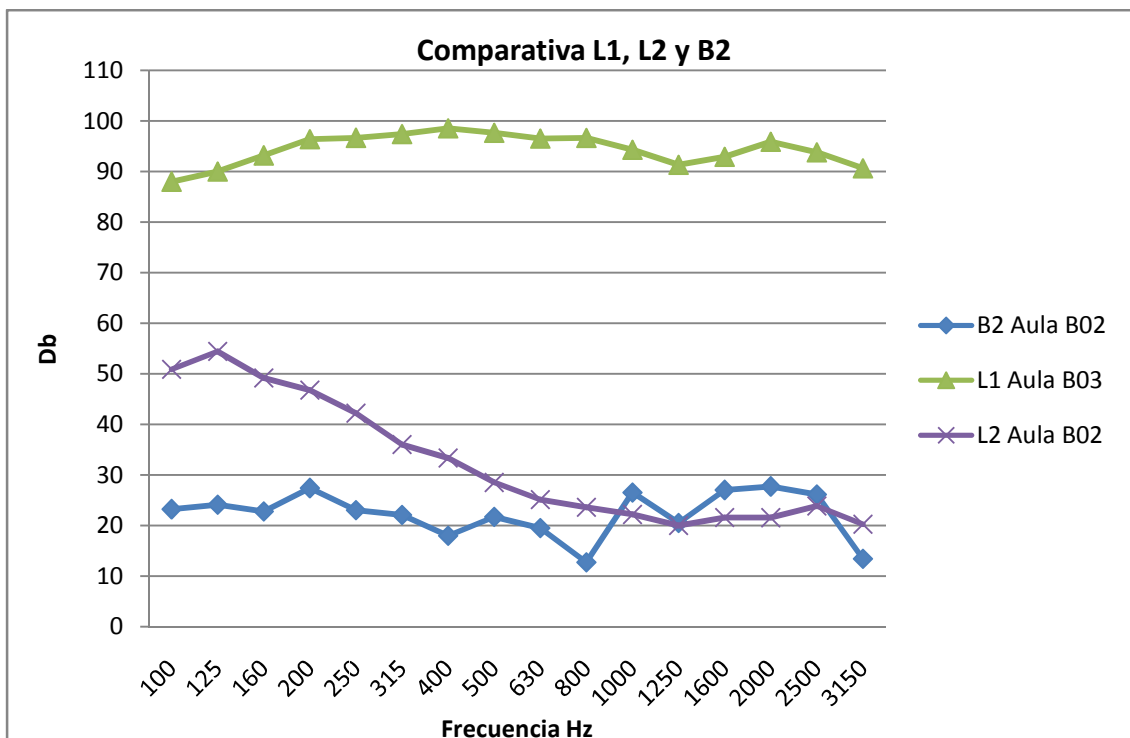
**Caso 1: Aula B02 y B03**

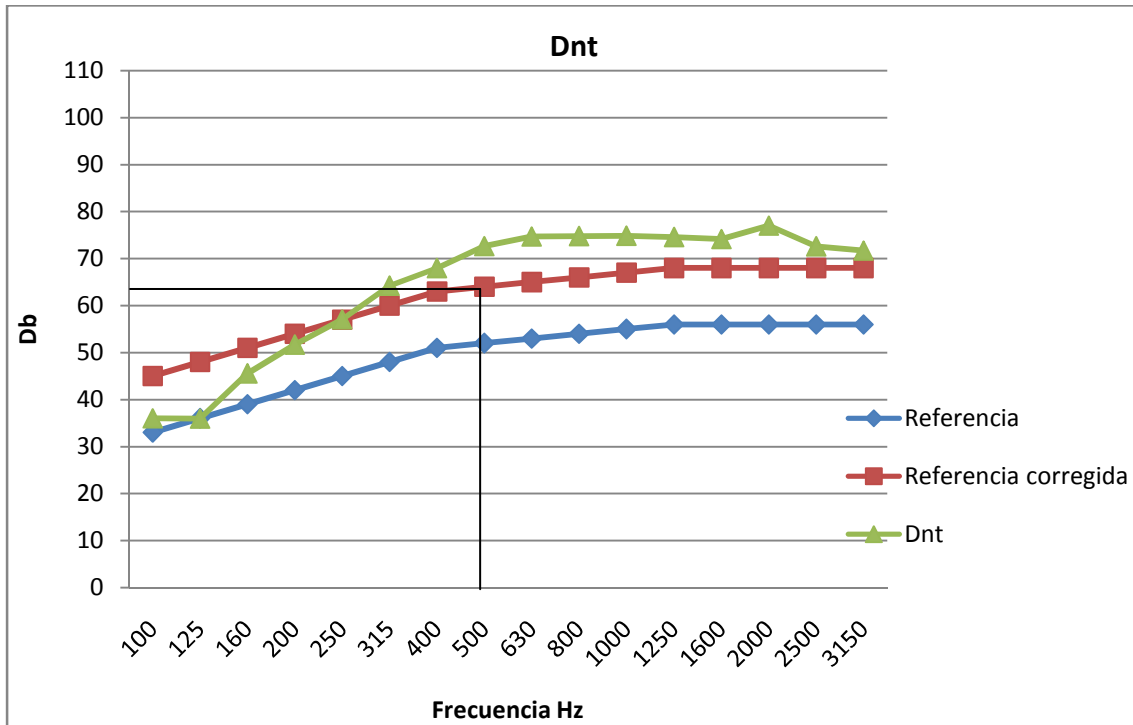
Cerramiento compuesto por dos hojas independientes separadas 10cm. Cada hoja está compuesta por doble placa de cartón-yeso de 1,5+1,5 cm. sobre perfilaría metálica con 5 cm. de lana de roca en el interior.

Siendo el recinto emisor el aula B03 y el receptor el aula B02



Detalle constructivo





Referencia desplazada		
Desfase N	12	
Sumatorio=	28,83	<= 32
Índice global a 500Hz		
DnTw =	64,00	dB
Dn,Tw((C;Ctr)= 64(-5;-12) dB		
Blanco	64,00	dB
Rosa	59,00	dB
Trafico	52,00	dB
DnT,A	60,20	dBA



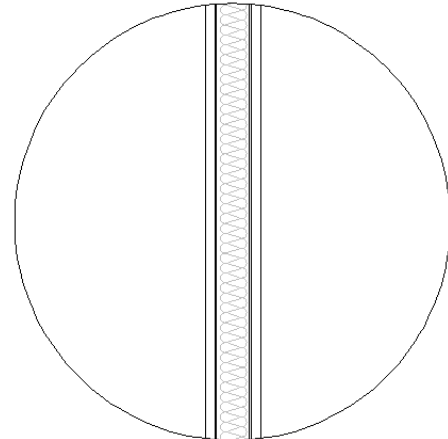
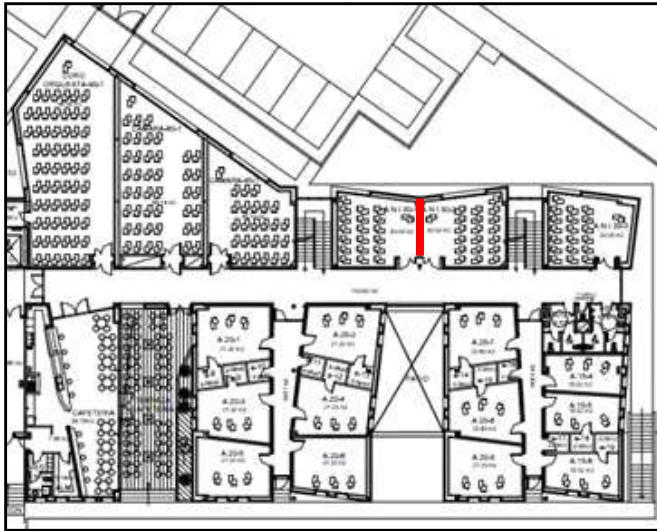
Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	64	60,2	55	<b>CUMPLE</b>

El aislamiento además de cumplir las exigencias del CTE, es superior a 60 dBA necesarios para lograr un confort adecuado.

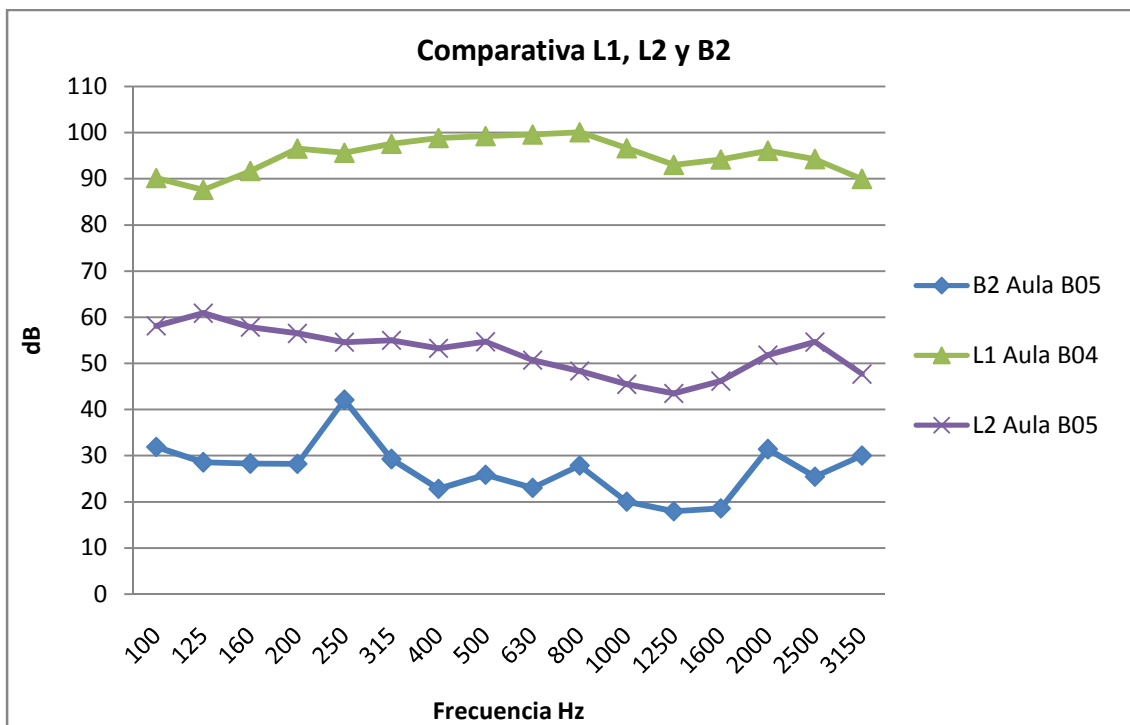
## Caso 2: Aula B04 y B05

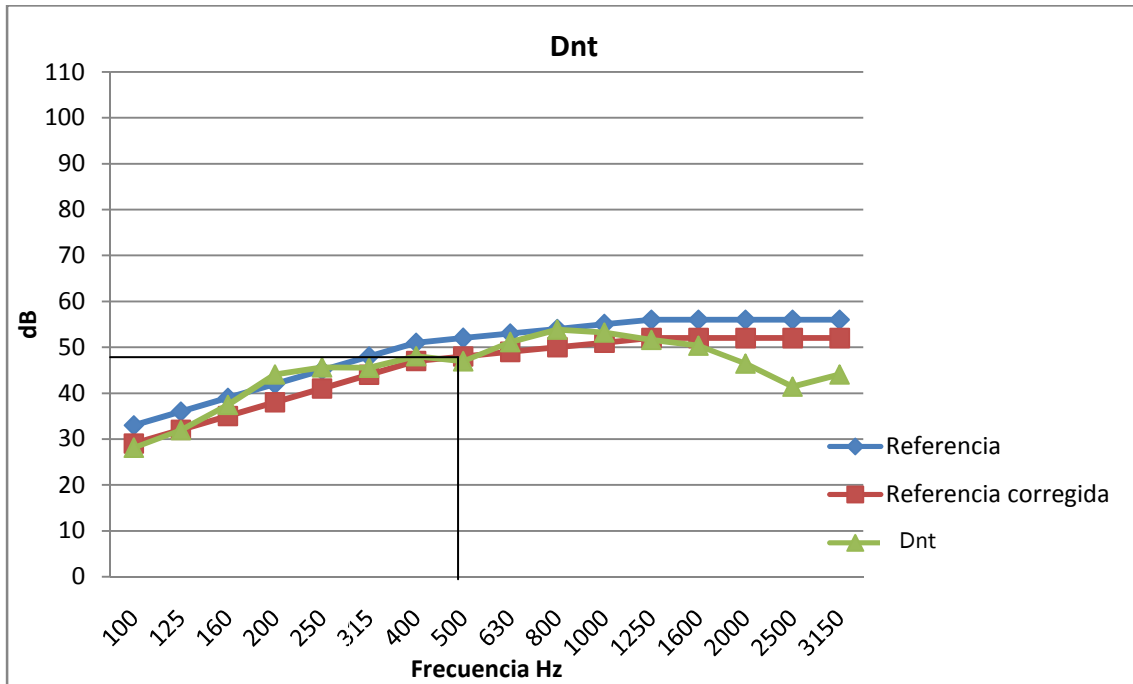
Cerramiento compuesto por una hoja de doble placa de cartón-yeso de 1,5+1,5 cm. sobre perfilaría metálica con 5 cm de lana de roca en el interior.

Siendo el recinto emisor el aula B04 y el receptor el aula B05.



Detalle constructivo





Referencia desplazada  
Desfase N -4

Sumatorio= 28,13 <= 32

Índice global a 500Hz  
DnTw = 48,00 dB

$Dn,Tw((C;Ctr) = 48(-2;-4) \text{ dB}$

Blanco	48,00	dB
Rosa	46,00	dB
Trafico	44,00	dB
DnT,A	46,50	dBA



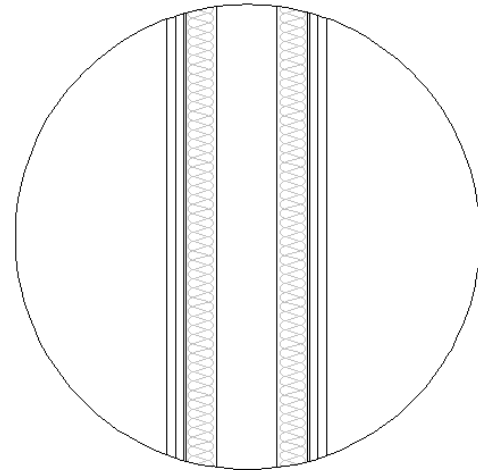
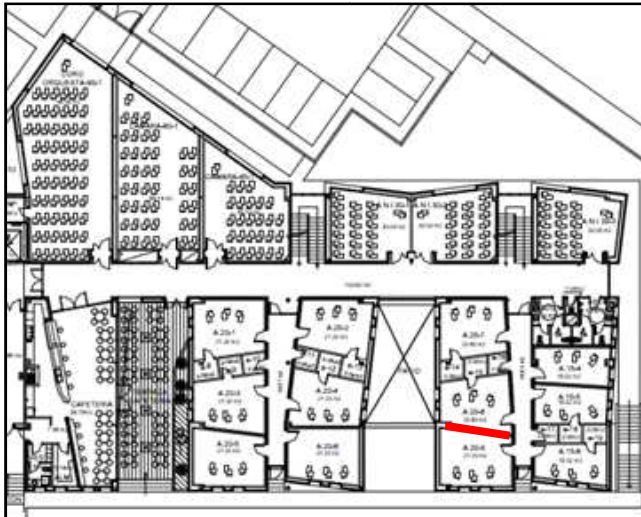
Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	51	46,5	50	<b>NO CUMPLE</b>

El aislamiento no cumple las exigencias del CTE, aunque se trate de una partición entre aulas de clases teóricas 46,5 dBA es un aislamiento insuficiente.

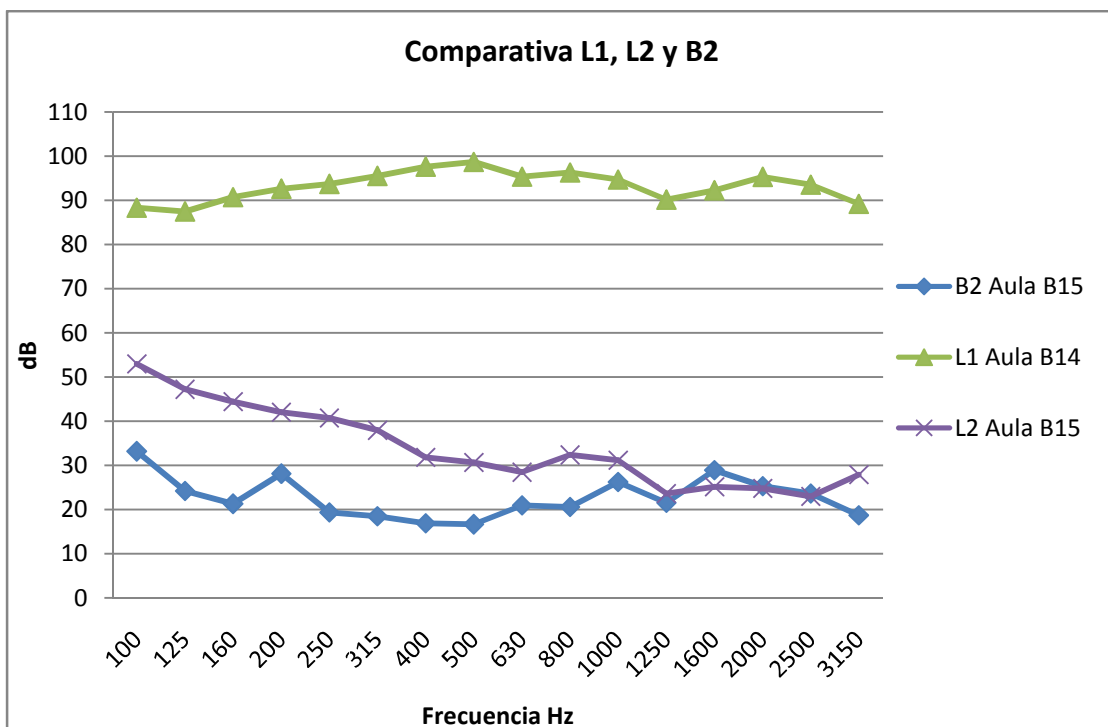
### Caso 3: Aula B14 y B15

Cerramiento compuesto por dos hojas independientes separadas 10cm. Cada hoja está compuesta por doble placa de cartón-yeso de 1,5+1,5 cm sobre perfilera metálica con 5 cm de lana de roca en el interior.

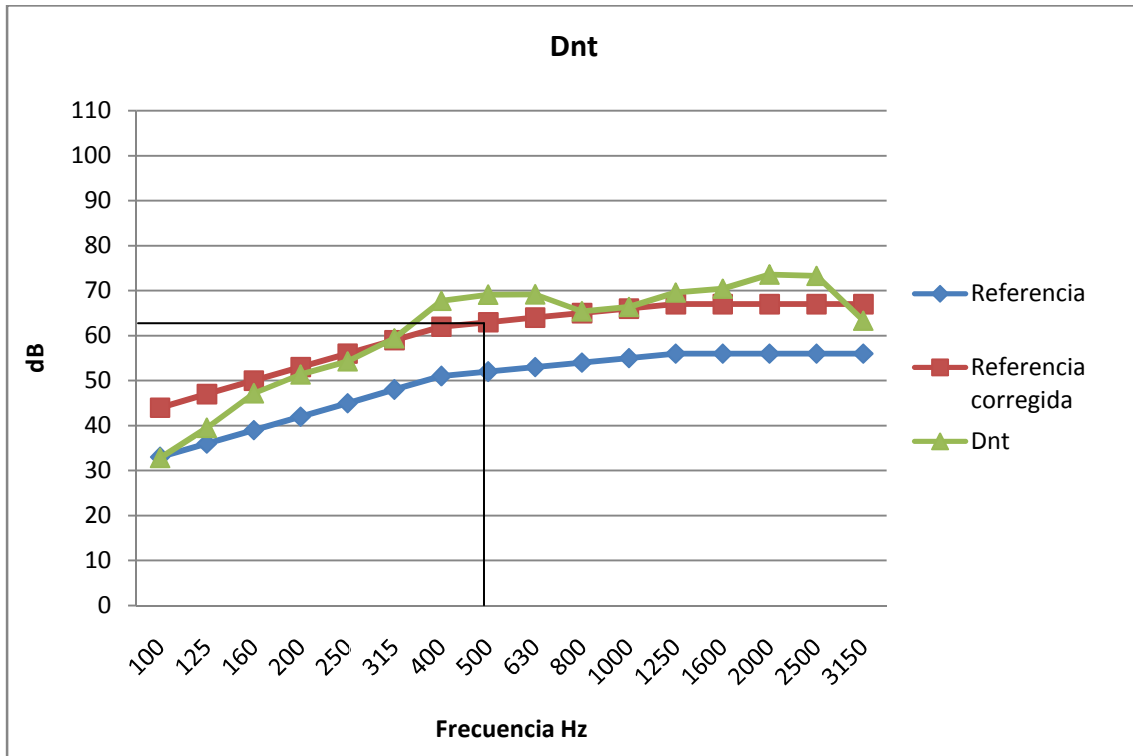
Siendo el recinto emisor el aula B14 y el receptor el aula B15.



Detalle constructivo







Referencia desplazada  
Desfase N 11

Sumatorio= 28,62 <= 32

Índice global a 500Hz  
DnTw = 63,00 dB

Dn,Tw((C;Ctr)= 63(-4;-12) dB

Blanco	63,00	dB
Rosa	59,00	dB
Trafico	51,00	dB
DnT,A	59,80	dBA



Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	62	59,8	50	CUMPLE

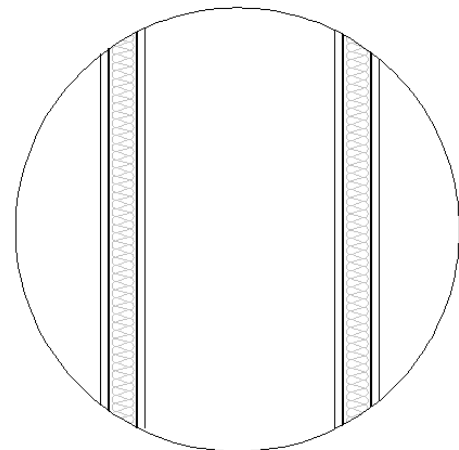
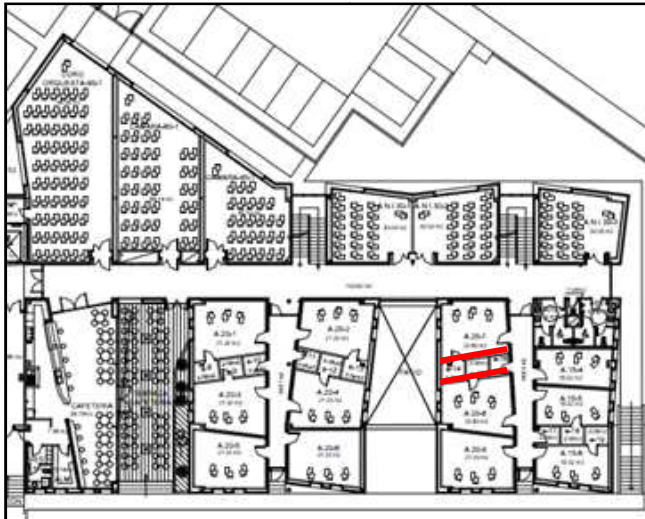
El aislamiento además de cumplir las exigencias del CTE , es superior a 60 dBA necesarios para lograr un confort adecuado.



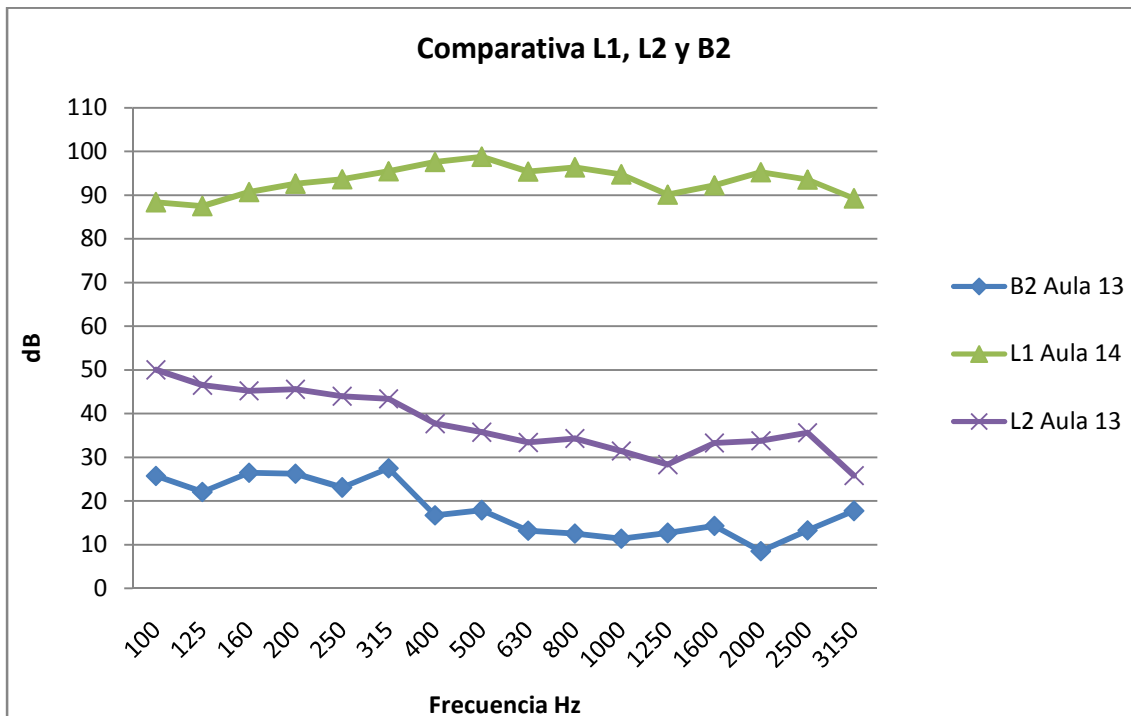
## Caso 4: Aula B14 y B13

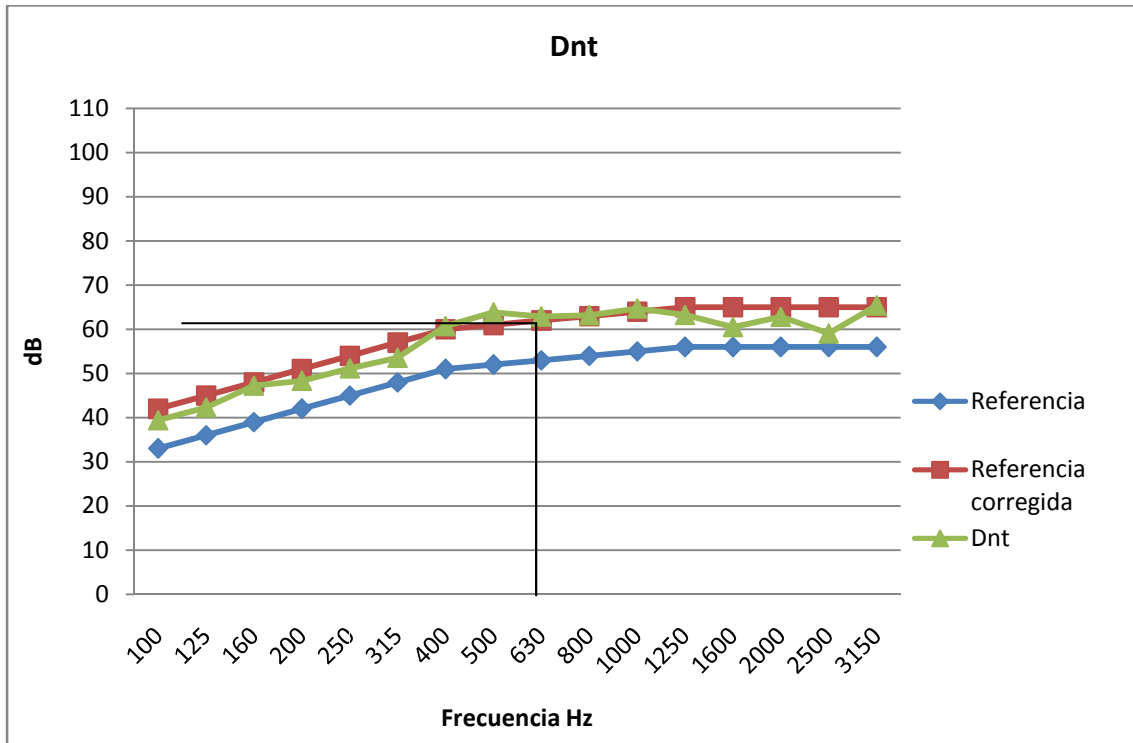
En la separación entre aulas la forman dos paredes separadas con armarios empotrados en el espacio generado por ambas. Cada partición está compuesta por una hoja de doble placa de cartón-yeso de 1,5+1,5 cm. sobre perfilaría metálica con 5 cm. de lana de roca en el interior.

Siendo el recinto emisor el aula Bo4 y el receptor el aula Bo5.



Detalle constructivo





Referencia desplazada

Desfase N 9

Sumatorio= 29,29 <= 32

Índice global a 500Hz

DnTw = 61,00 dB

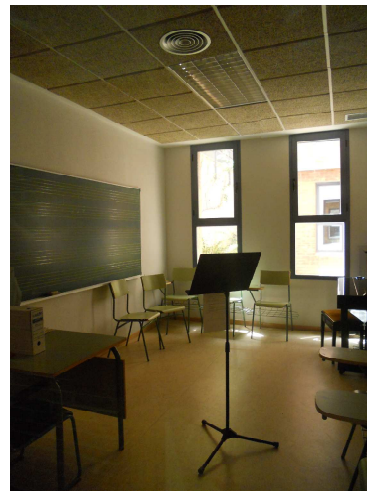
Dn,Tw((C;Ctr)= 59(-2;-6) dB

Blanco 61,00 dB

Rosa 59,00 dB

Trafico 55,00 dB

DnT,A 59,90 dBA



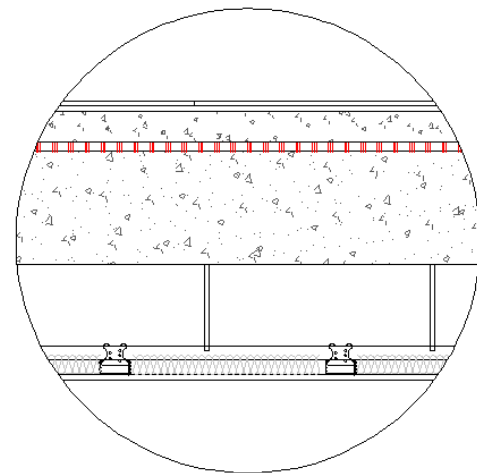
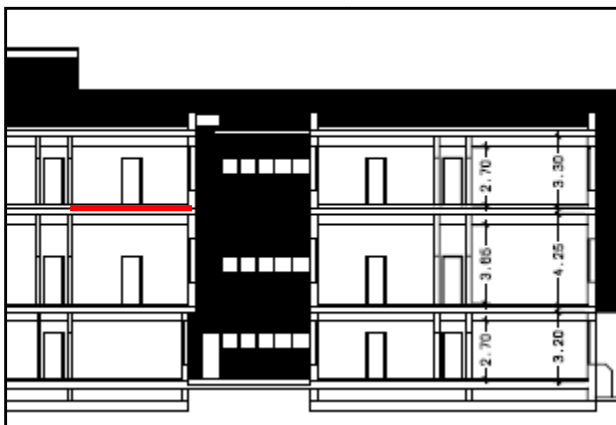
Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	62	59,9	50	CUMPLE

El aislamiento además de cumplir las exigencias del CTE es superior a 60 dBA necesarios para lograr un confort adecuado.

## Caso 5: Aula B03 y P03

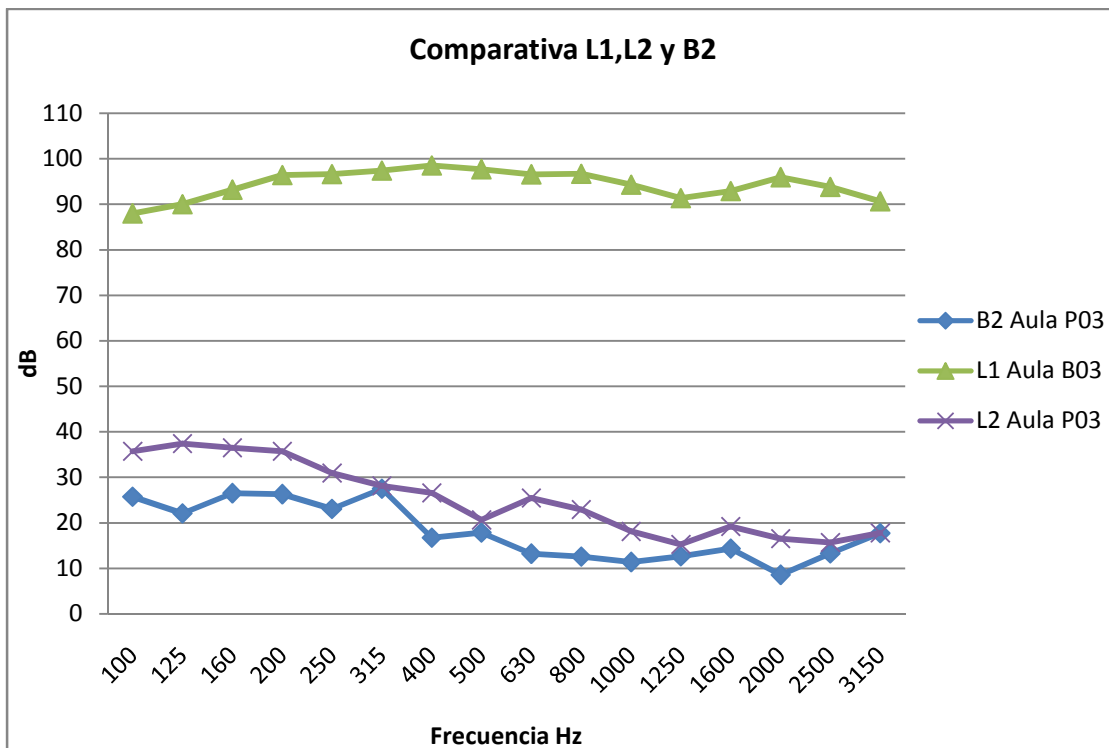
- Los forjados superior e inferior de losa de hormigón de canto 22 cm.
- Suelo flotante sobre capa elástica y de hormigón en masa de 8-10 cm. de espesor con mallazo de reparto.
- Falso techo trasdosado bajo forjado con lana de roca y placa de cartón yeso que mediante el sellado con las hojas laterales constituya una lámina estanca.

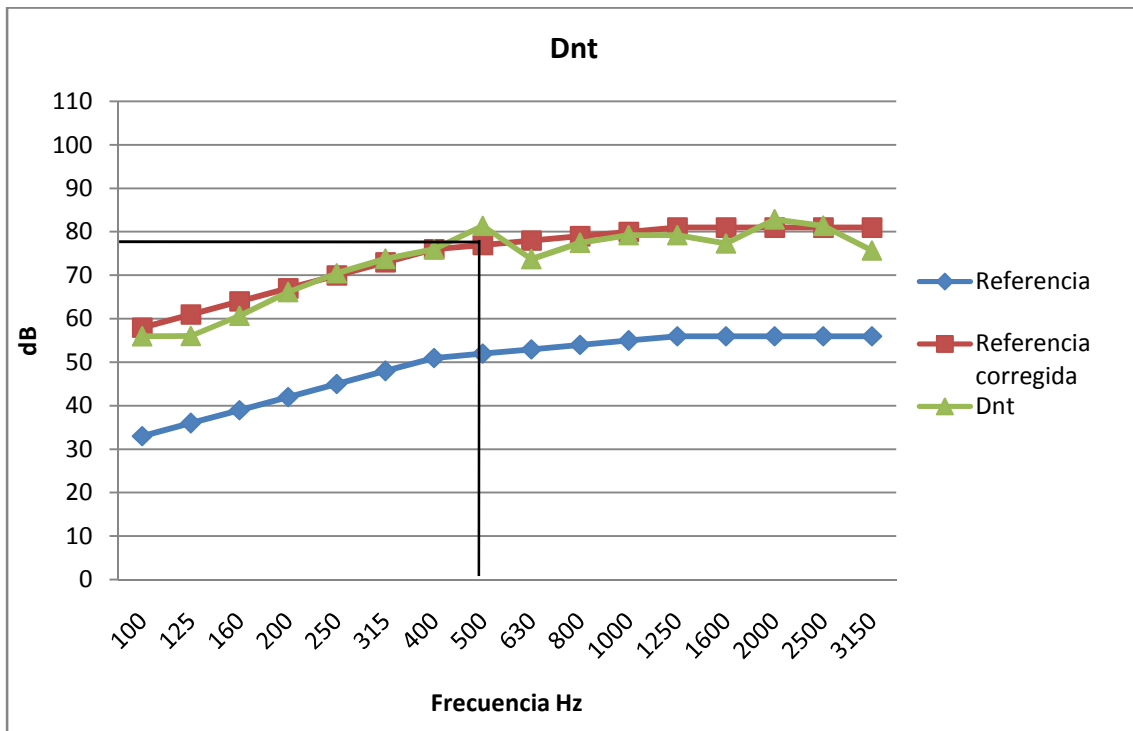
Siendo el recinto emisor el aula B03 y el receptor el aula P03.



Detalle constructivo

39





Referencia desplazada		
Desfase N	25	
Sumatorio=	28,40	$\leq 32$
Índice global a 500Hz		
DnTw =	77,00	dB
Dn,Tw((C;Ctr)= 76(-2;-6) dB		
Blanco	77,00	dB
Rosa	76,00	dB
Trafico	77,00	dB
DnT,A	75,30	dBA



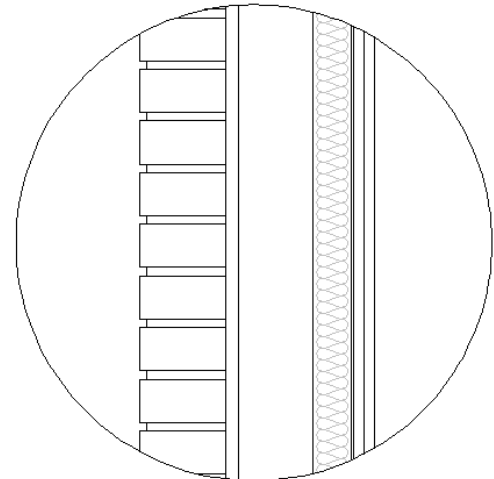
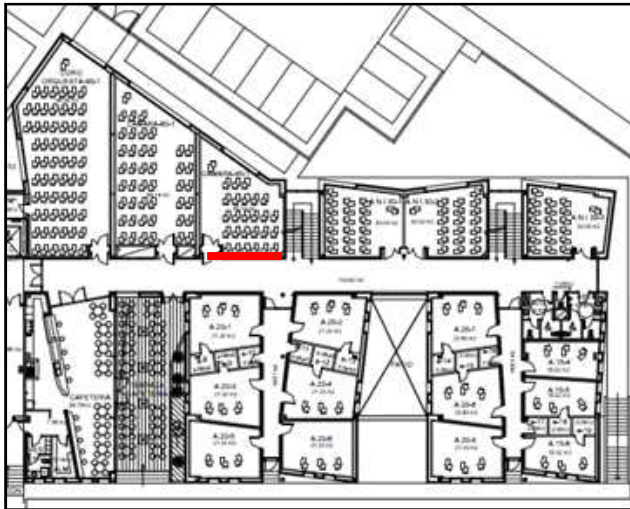
Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	74	75,3	50	CUMPLE

El aislamiento además de cumplir las exigencias del CTE, es superior a 60 dBA necesarios para lograr un confort adecuado.

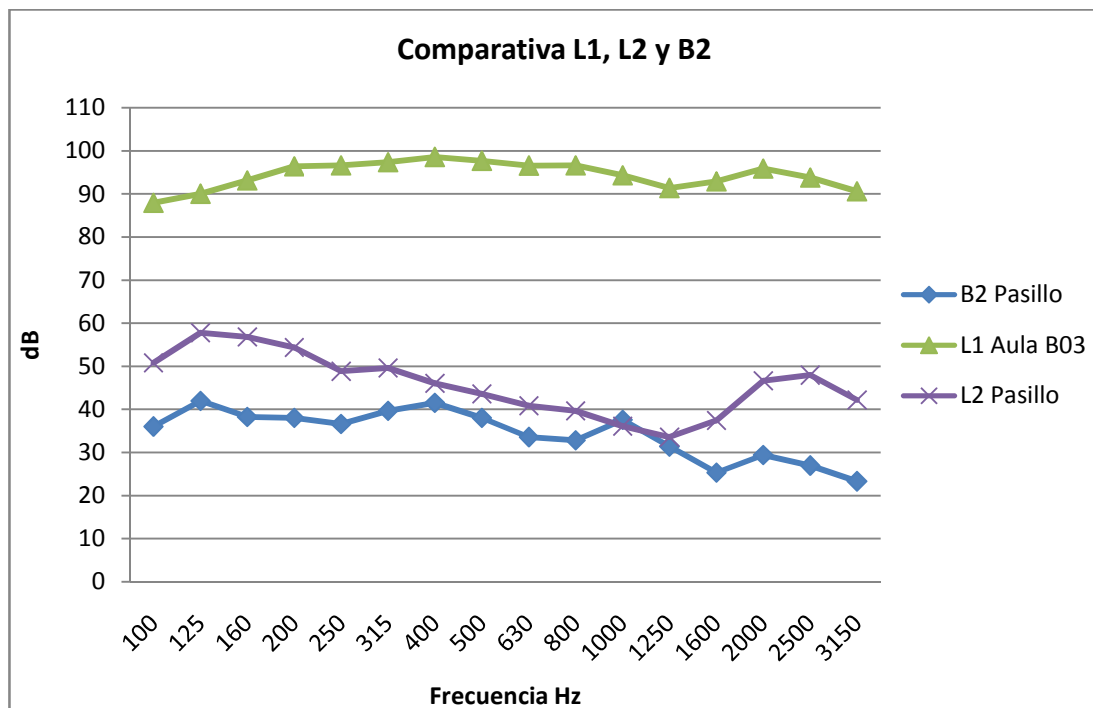
## Caso 6: Aula B03 y pasillo (doble puerta)

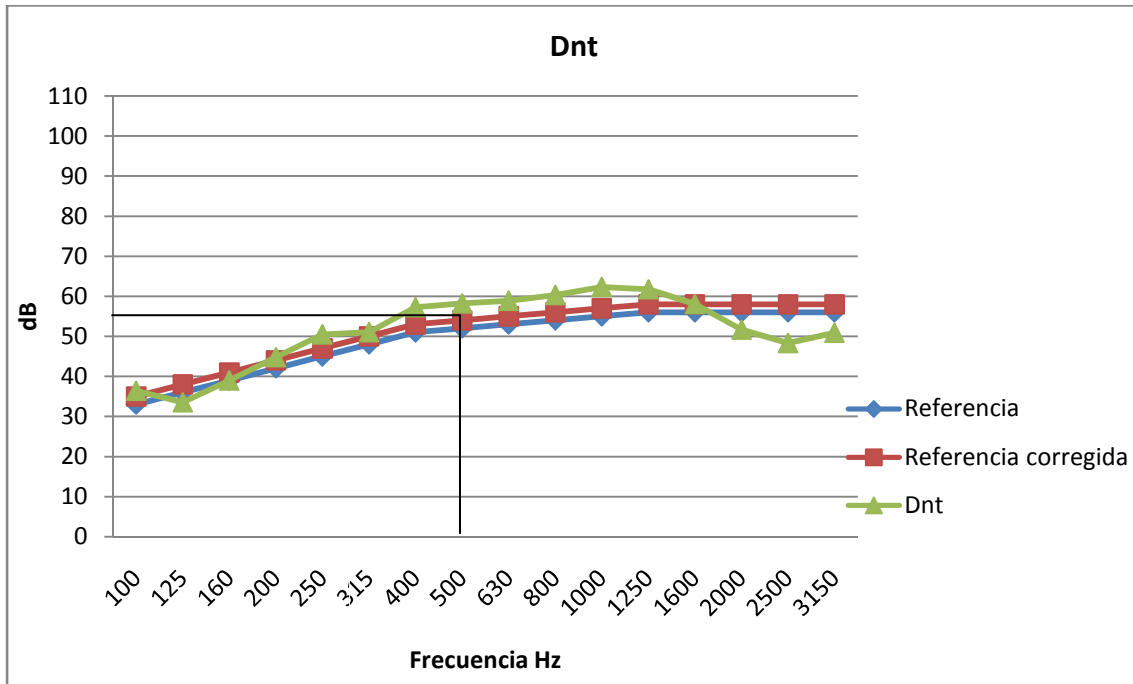
Cerramiento vertical de dos hojas; hoja exterior de los cerramientos a pasillos constituida por  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo macizo. Y hoja interior formada por doble placa de cartón-yeso de 1,5+1,5 cm. sobre perfilaría metálica independiente a 10 cm. de la hoja de obra, con 5 cm. de lana de roca en el interior.

Siendo el recinto emisor el aula B03 y el receptor el pasillo



Detalle constructivo





Referencia desplazada  
Desfase N 2

Sumatorio= 29,69 <= 32

Índice global a 500Hz  
DnTw = 54,00 dB

Dn,Tw((C;Ctr)= 54(-3;-5) dB

Blanco	54,00	dB
Rosa	51,00	dB
Trafico	49,00	dB
DnT,A	52,40	dBA



Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	55	52,4	30	CUMPLE

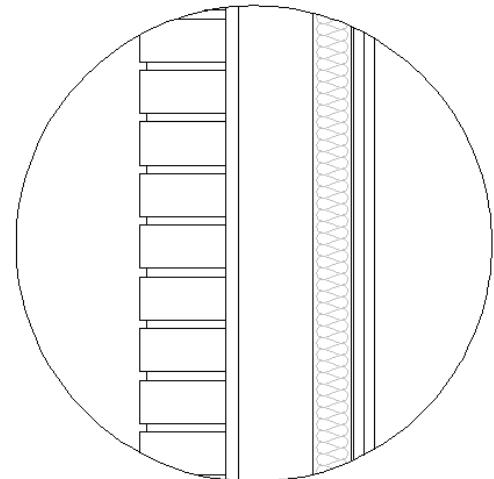
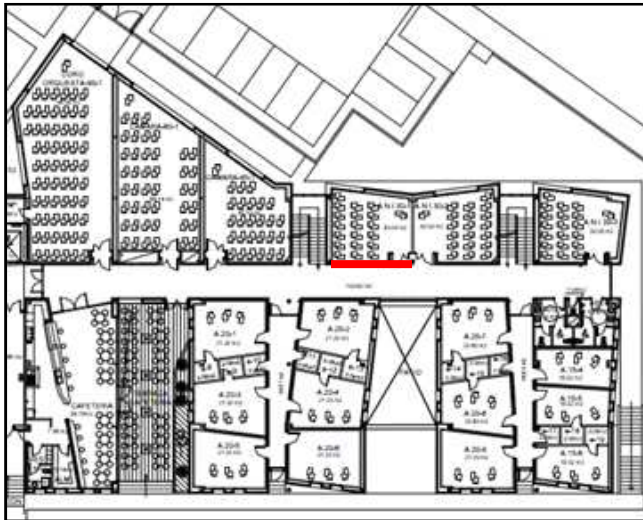
El aislamiento cumple las exigencias del CTE, el valor de 52,4 dBA es bueno. Calculado estimando un índice de reducción acústica de 38 al conjunto de la doble puerta.



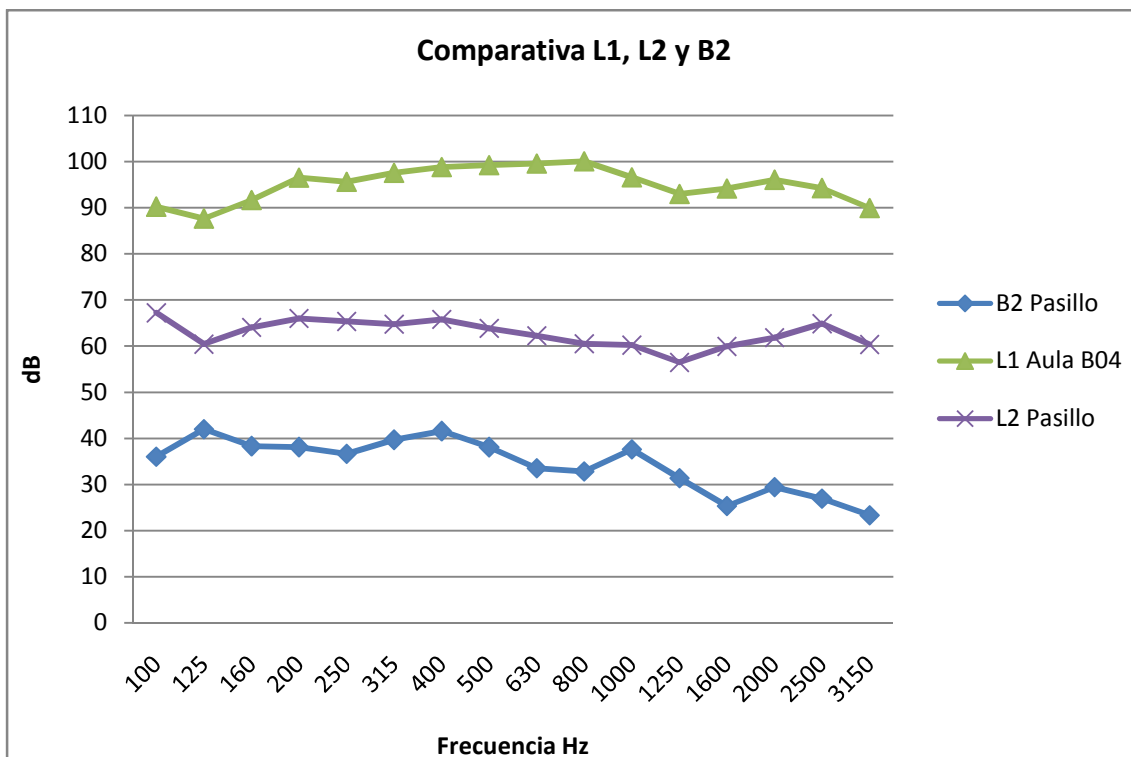
## Caso 7: Aula Bo4 y pasillo (puerta simple)

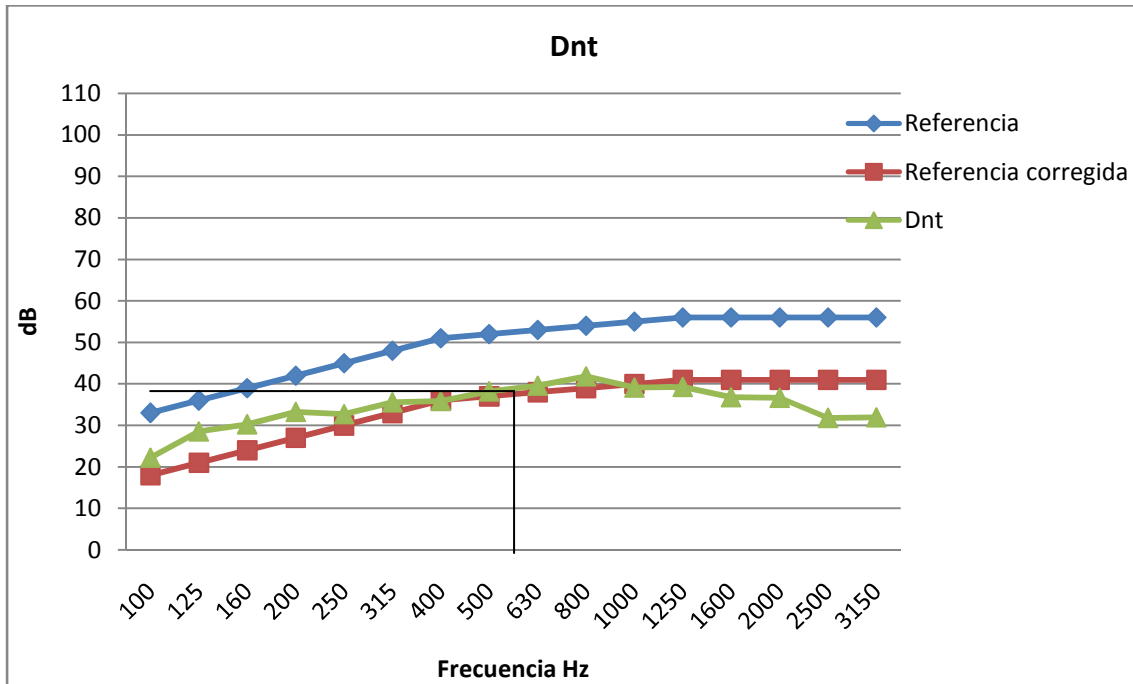
Cerramiento vertical de dos hojas; hoja exterior de los cerramientos a pasillos constituida por  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo macizo. Y hoja interior formada por doble placa de cartón-yeso de 1,5+1,5 cm. sobre perfilaría metálica independiente a 10 cm. de la hoja de obra, con 5 cm. de lana de roca en el interior.

Siendo el recinto emisor el aula Bo4 y el receptor el pasillo



Detalle constructivo





Referencia desplazada		
Desfase N	-15	
Sumatorio=	29,45	<= 32
Índice global a 500Hz		
DnTw =	37,00	dB
Dn,Tw((C;Ctr)= 37(-2;-2) dB		
Blanco	37,00	dB
Rosa	35,00	dB
Trafico	35,00	dB
DnT,A	36,00	dBA



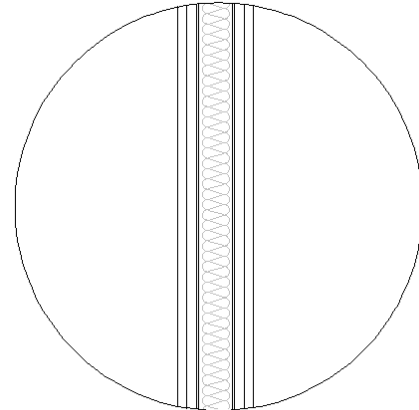
Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	38	36	30	<b>CUMPLE</b>

En este caso, con una sola puerta en perfectas condiciones ( $R_A=30$ ) y un cerramiento ejecutado a la perfección con la simulación del CTE llegaría hasta un  $DnT,A$  de 46 dBA.

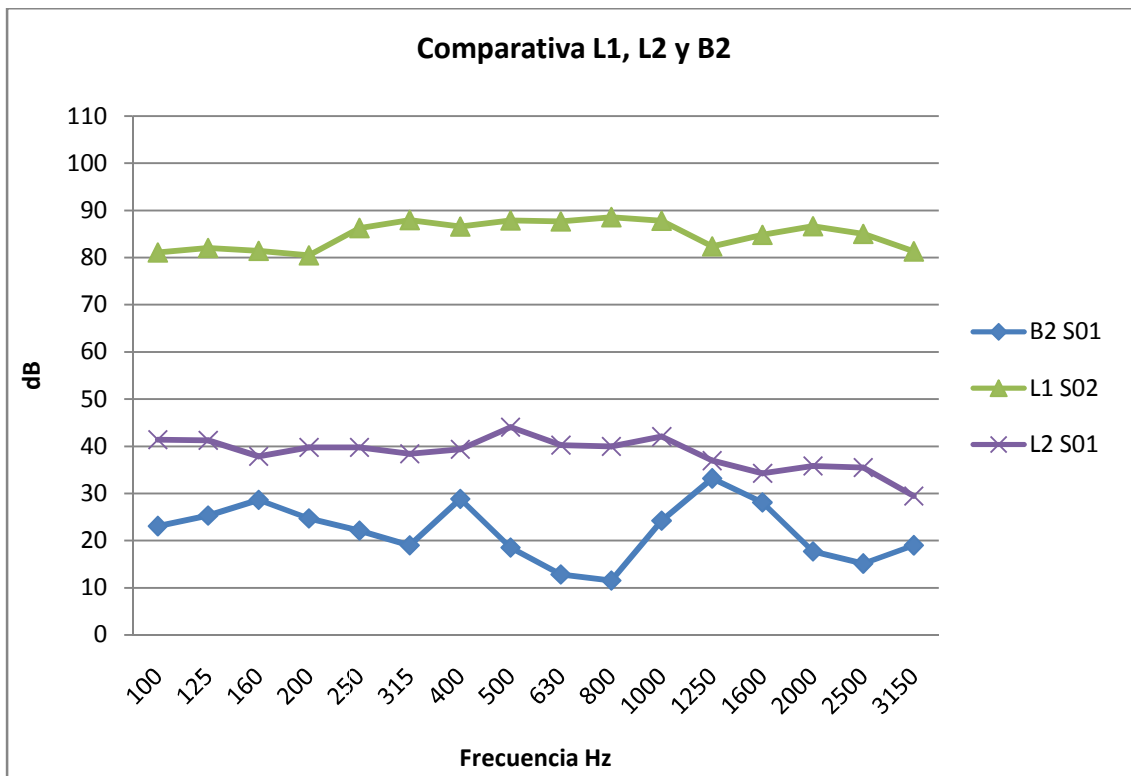
## Caso 8: Aula So2 y So1

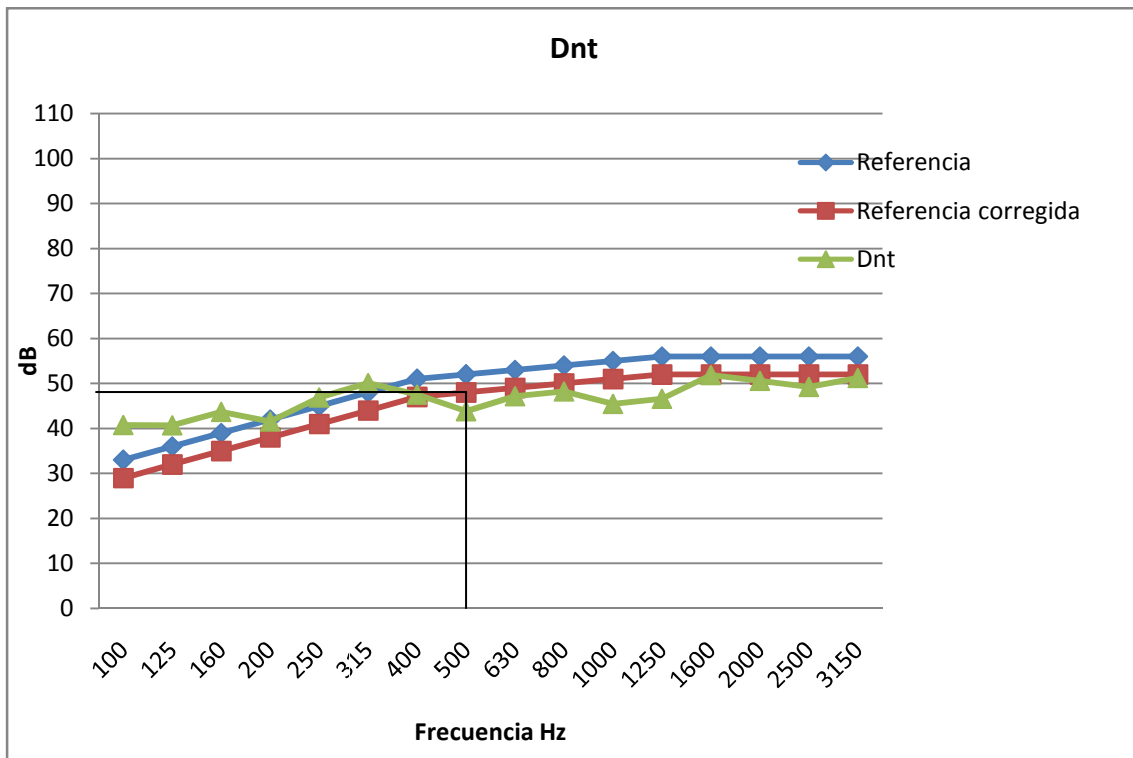
Cerramiento compuesto por una hoja de doble placa de cartón-yeso de 1,5+1,5 cm. sobre perfilaría metálica con 5 cm. de lana de roca en el interior.

Siendo el recinto emisor el aula So2 y el receptor el aula So1.



Detalle constructivo





Referencia desplazada

Desfase N -4

Sumatorio= 23,64 <= 32

Índice global a 500Hz

DnTw = 48,00 dB

Dn,Tw((C;Ctr)= 48(-0;-1) dB

Blanco 48,00 dB

Rosa 48,00 dB

Trafico 47,00 dB

DnT,A 48,80 dBA



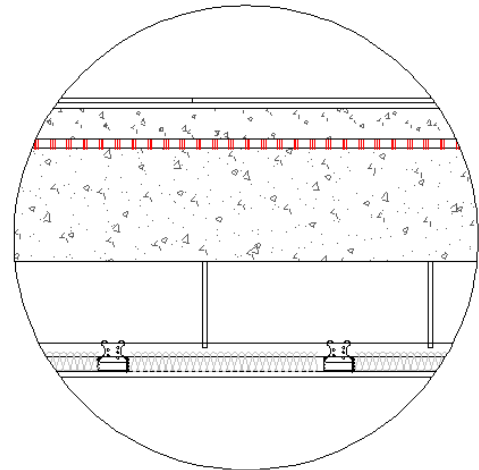
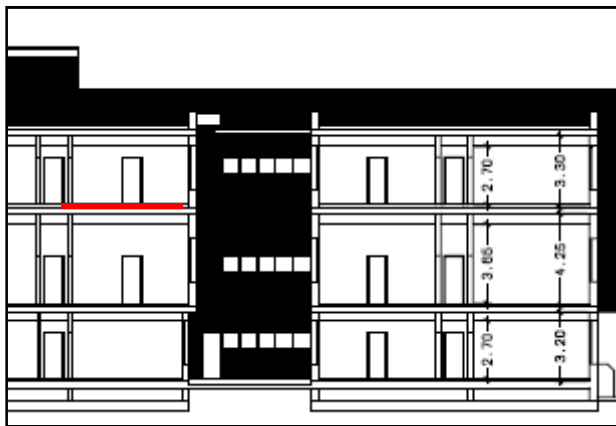
46

Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	51	48,80	50	CUMPLE

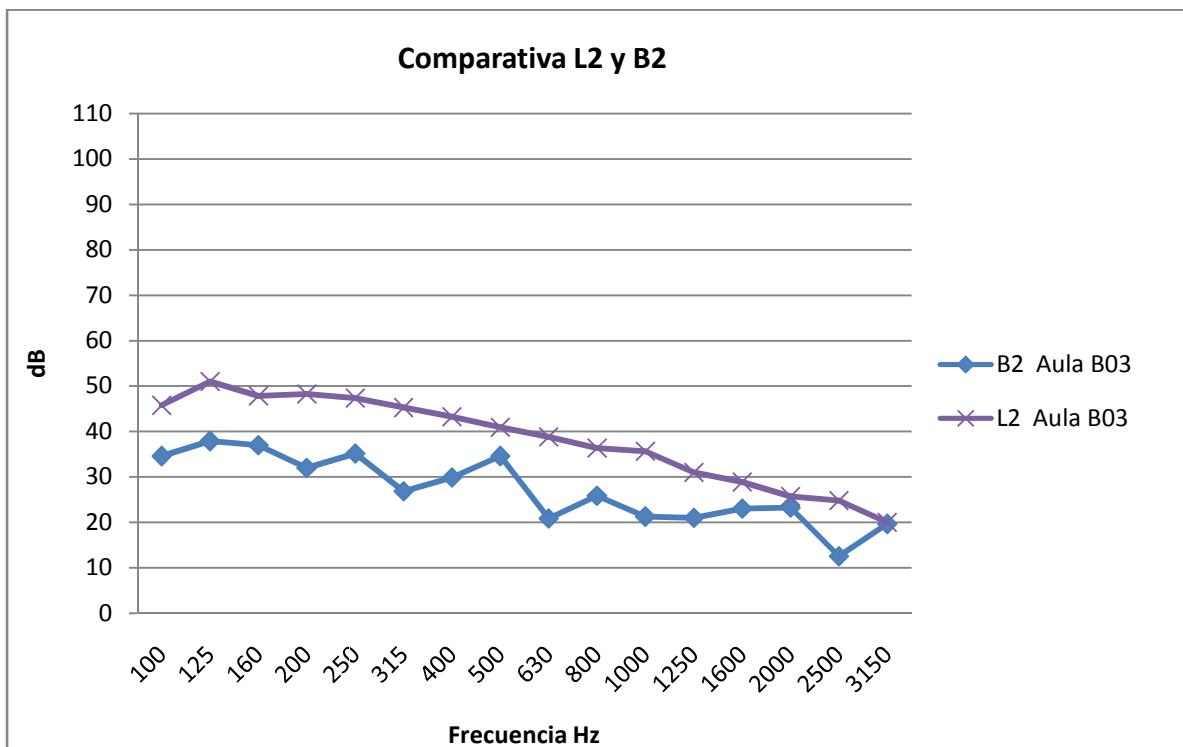
El aislamiento cumple las exigencias del CTE (permite hasta -3dBA de tolerancia), pero se 48,80 dBA son insuficientes para una partición entre aulas de estudio individual.

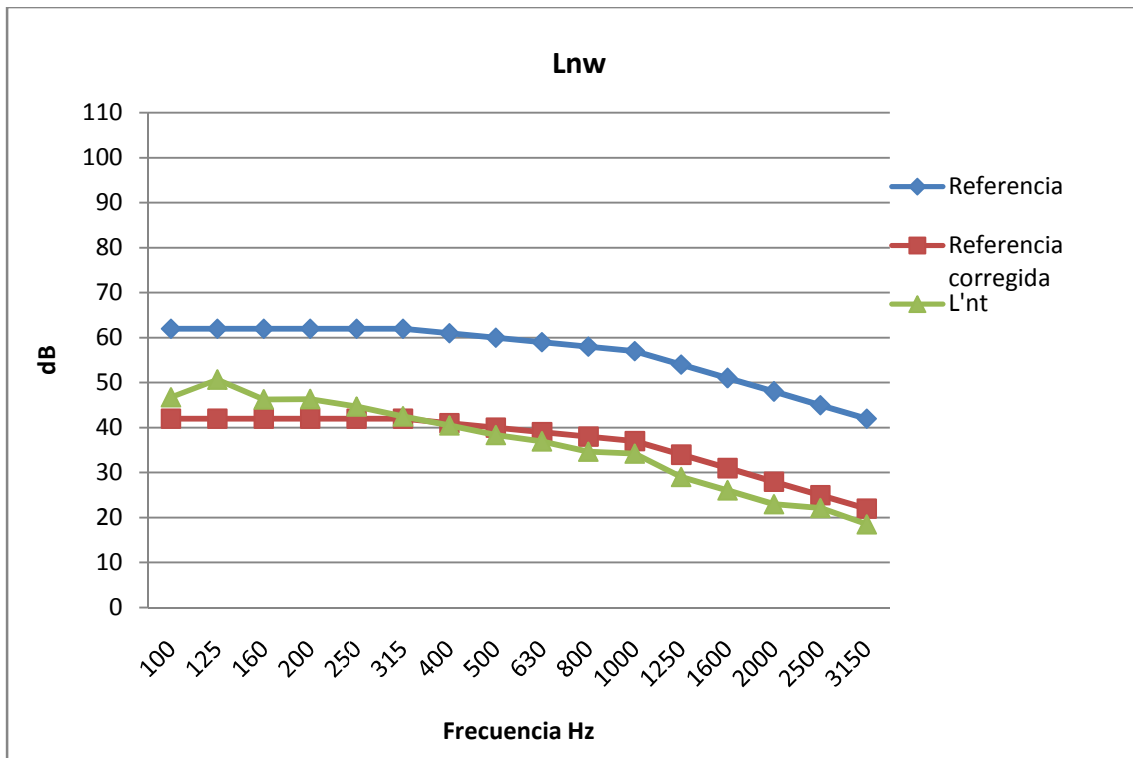
## Caso 9: Aula B03 y P03

- Los forjados superior e inferior de losa de hormigón de canto 22 cm.
- Suelo flotante sobre capa elástica y de hormigón en masa de 8-10 cm. de espesor con mallazo de reparto.
- Falso techo trasdosado bajo forjado con lana de roca y placa de cartón yeso que mediante el sellado con las hojas laterales constituya una lámina estanca.



Detalle constructivo





Referencia desplazada  
Desfase N      19

Sumatorio=      31,51      <= 32

Forjado impacto a 500Hz  
Lnw =      41      dBA



Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	40	41	65	<b>CUMPLE</b>

El aislamiento cumple las exigencias del CTE,  $L_{nw} = 41$  es menor al máximo que permite la norma (65 dBA).



## 4.5. Parámetros de calidad del salón de actos

### ➤ Datos de partida

#### REQUERIMIENTOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DEL SALÓN DE ACTOS

Dado el uso de la sala, la intención del acondicionamiento es de alcanzar un tiempo de reverberación de 1,2 s. que, para el volumen de la misma (2.000 m<sup>2</sup>), es adecuado para la música y cae dentro de un margen tolerable para la palabra.

Teniendo en cuenta que la pared del fondo de la sala debe ser absorbente, para evitar posibles ecos, y contando con la absorción de la zona del público, el techo no debe ser totalmente absorbente para conseguir la reverberación prevista.

El acondicionamiento propuesto para la sala es el siguiente:

- El techo, tanto de la sala como del escenario, será difusor con superficies convexas, con colocación de absorbente tras ellas.
- La pared de fondo de la sala será absorbente.
- Las paredes laterales de la sala, así como del escenario, serán reflectantes con un acabado rugoso-difusor.

La solución propuesta de techo difusor-absorbente (difusor por superficies convexas y absorbente tras ellas) permitirá, una vez acabada la sala y en la última fase de control, poder ajustar el tiempo de reverberación de la misma determinando el absorbente a colocar tras las superficies convexas difusoras

49

### ➤ Toma de datos

La normativa UNE-EN-140 de aplicación para la medición del tiempo de reverberación contempla dos métodos: el método del ruido interrumpido y el método de la respuesta impulsiva.

En este estudio se ha empleado el método de la respuesta impulsiva. Para ello se utiliza una fuente impulsiva fija situada en el escenario y orientada hacia la grada. Se han realizado doce mediciones en doce posiciones distintas del micro, cumpliéndose la norma UNE-EN-140 que exige un mínimo de seis posiciones diferentes.

## 4.5.1 Primer orden

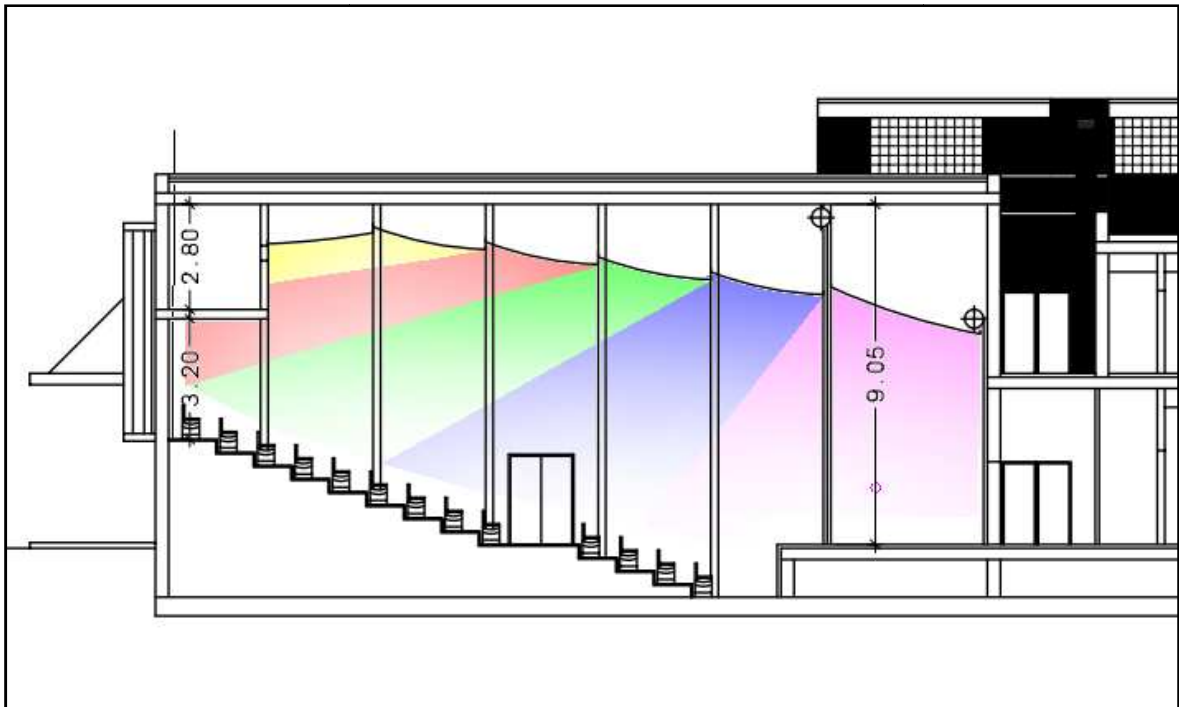
### Aspectos geométricos

Diseño de las superficies: El falso techo y las paredes laterales producen primeras reflexiones para reforzar el sonido directo.

#### Parte superior de la sala

Los elementos reflectores se sitúan en la parte superior de la sala, a modo de falso techo, en esta sala el techo está resuelto con plafones cóncavos suspendidos desde el forjado.

La discontinuidad que hay entre cada uno de los plafones genera un espacio donde están dispuestas las bocas de aire acondicionado de la sala.



50

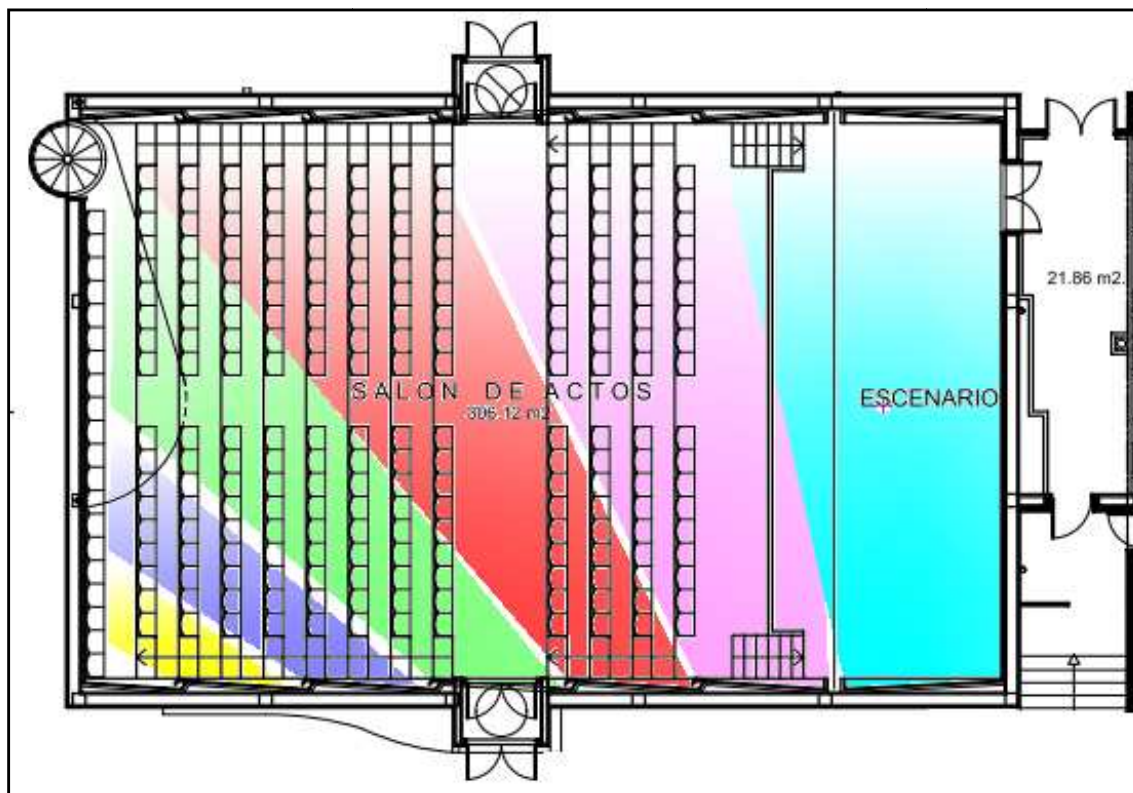
Sección vertical de la sala de audiciones del conservatorio

Cada tramo del falso techo genera primeras reflexiones sobre una zona de concreta del público tal y como se observa en la imagen.

Los dos últimos reflectores no son útiles desde el punto de vista de las reflexiones porque proyectan el sonido a la pared del fondo.

## Paredes laterales de la sala

Siguiendo con la intención de generar primeras reflexiones. Los laterales de la sala son un complemento y a veces incluso como alternativa a la generación de primeras reflexiones provenientes del techo, y/o del fondo de escena. Es posible generar este tipo de reflexiones dando las formas más adecuadas a las paredes laterales de la sala.



Planta de la sala de audiciones del conservatorio.

En este caso, las paredes son dentadas para evitar el eco flotante. Además, cada uno de los paramentos verticales barre una zona del público.

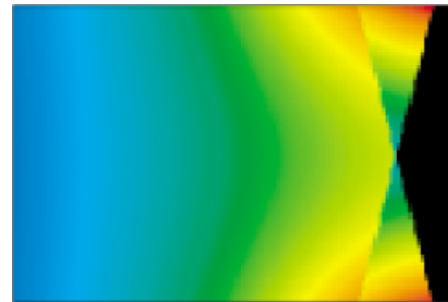
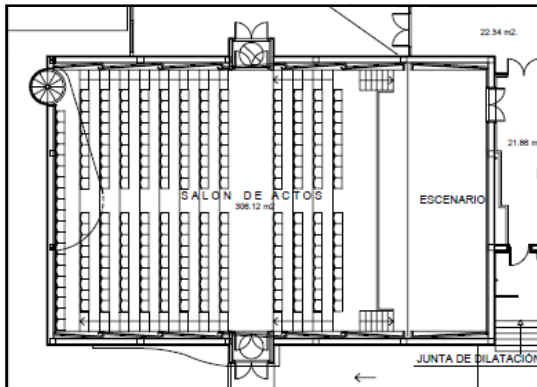
Para que una superficie refleje a una determinada frecuencia, en ancho debe ser igual o mayor a la longitud de onda. Y en este caso, son lo suficientemente anchas para reflejar todas las frecuencias. Incluso las frecuencias bajas que tienen las longitudes de onda mayores.

## Relación señal/fondo

Potenciar al máximo la señal del escenario y reducir el ruido de fondo. Cuanto mayor sea la diferencia entre ambos mejor.

Forma en planta de la sala y la pendiente de del patio de butacas. Cuanto más cerca este el público más potencia.

## Forma de la sala



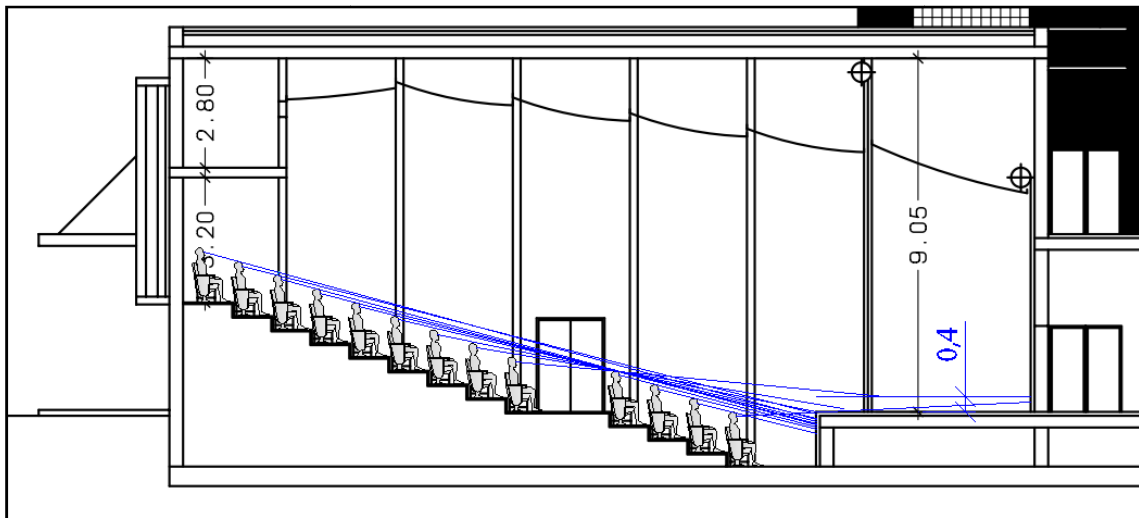
El salón de audiciones del conservatorio es de planta rectangular. Se trata de una sala estrecha. Una de las ventajas de esta tipología de salas es que existen un gran número de primeras reflexiones laterales debido a la proximidad del público a las paredes. Por este motivo la sala tiene una intimidad acústica elevada.

El graderío tiene una pendiente pronunciada, acercan el público al escenario y mejora la visibilidad. Apenas existe atenuación de sonido directo porque las visuales son buenas.

## Visuales

Uno de los objetivos prioritarios en una sala de conciertos es que el sonido directo alcance a cada espectador sin ninguna obstrucción producida por los espectadores situados delante suyo. Dicho objetivo se cumple si existe una buena visibilidad del escenario.

El diseño de las visuales en una sala se basa en la siguiente consideración: los ojos se hallan, como promedio, 10cm por debajo de la parte más elevada de la cabeza. Por lo tanto, la inclinación del suelo debe ser tal que permita el paso de la visual por encima de la cabeza del espectador situado en la fila inmediatamente anterior o el más desfavorable que en algunas ocasiones no es el inmediatamente anterior.



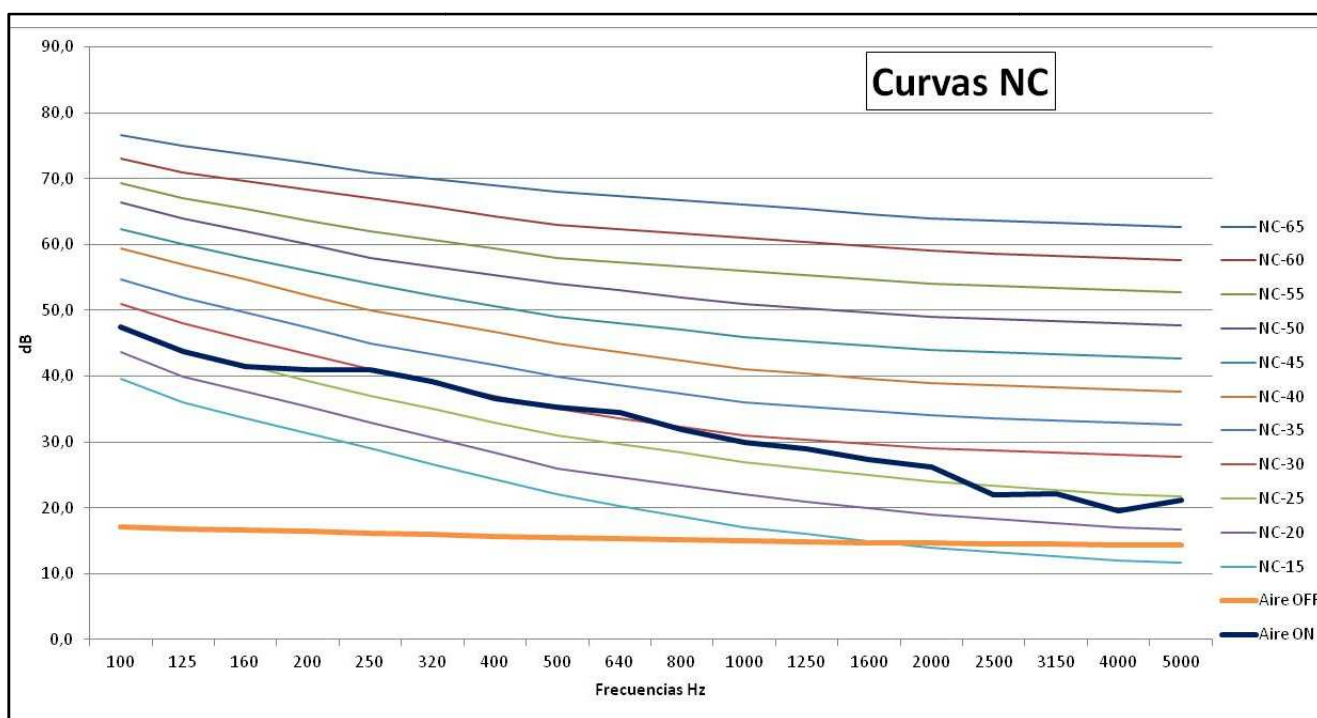
Para el estudio de las visuales se ha trazado una línea paralela a 40cm de altura sobre el escenario. Todas las tangentes deben estar por debajo de esta línea para garantizar una buena visual.

En esta sala, la fila de butacas situada en el pasillo tiene la visual ligeramente perjudicada por la fila que la precede tal y como se aprecia en la imagen.

## El ruido de fondo

Las salas de conciertos tienen una exigencia elevada sobre el nivel de ruido de fondo, debe ser el mínimo posible para poder apreciar los pianos incluso las pausas o silencios que también forman parte de la obra que se está interpretando.

El ruido de fondo puede ser por transmisiones de los recintos o espacios adyacentes a la sala o producido en el interior de la sala. Para reducir el primero de ellos debemos garantizar un buen aislamiento de la sala, con cerramientos y particiones adecuados. El ruido generado dentro de la propia sala procedente de las instalaciones eléctricas, equipamiento, aire acondicionado...



54

La línea naranja representa la curva que describe el ruido de fondo con el aire apagado; se cumple la curva NC-20. A continuación, el color azul oscuro, se observa la curva que describe el ruido de fondo con el aire acondicionado encendido. Gran parte de la curva está solapada con la NC-30, es decir cumple la NC-35. Este valor es demasiado alto y no se debe admitir para salas de conciertos. Para salas con este uso se recomienda una curva comprendida entre la NC-15 y NC-25.

Analizando la curva, no se aprecia ningún pico que se pueda asociar a algún fallo en la maquinaria del aire acondicionado debido a la falta de mantenimiento como por ejemplo; un engranaje que golpea de forma cíclica.

Se podría asociar al ruido generado por el de soplido de aire, el problema podría solucionarse bajando la velocidad del aire (más bocas de salida y tubos más anchos y/o programar el caudal de aire).



## Tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación ( $Tr$ ) se define como el tiempo que transcurre desde que la fuente emisora se detiene hasta que el nivel de presión sonora cae 60 dB. El término común que se utiliza es el de "viveza", cuanto mayor sea la viveza de la sala mayor el  $Tr$ .

Para el estudio de la presente sala se ha medido el  $Tr_{20}$ . Se define como  $Tr_{20}$  al tiempo que transcurre desde que el fuente sonora se detiene hasta que el nivel de presión sonora bajazo dB.

A continuación se adjunta una tabla resumen con los valores del  $Tr_{20}$  Obtenidos mediante el procedimiento de método de la respuesta impulsiva. Para ello se utiliza una fuente impulsiva fija situada en el escenario y orientada hacia la grada. Se han realizado doce mediciones en doce posiciones distintas del micro, cumpliéndose la norma UNE-EN-140 que exige un mínimo de seis posiciones diferentes.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Abs. Vacía	237,86	278,49	256,29	262,80	300,29	350,89
Abs. 50% aforo y músicos	260,42	299,17	278,85	287,24	334,13	396,01
Abs. 100% aforoy músicos	274,58	312,15	293,01	302,58	355,37	424,33
Tr sala vacía	1,36	1,16	1,26	1,23	1,08	0,92
Tr50% aforo y músicos	1,24	1,08	1,16	1,13	0,97	0,82
Tr 100% aforo y músicos	1,18	1,04	1,11	1,07	0,91	0,76

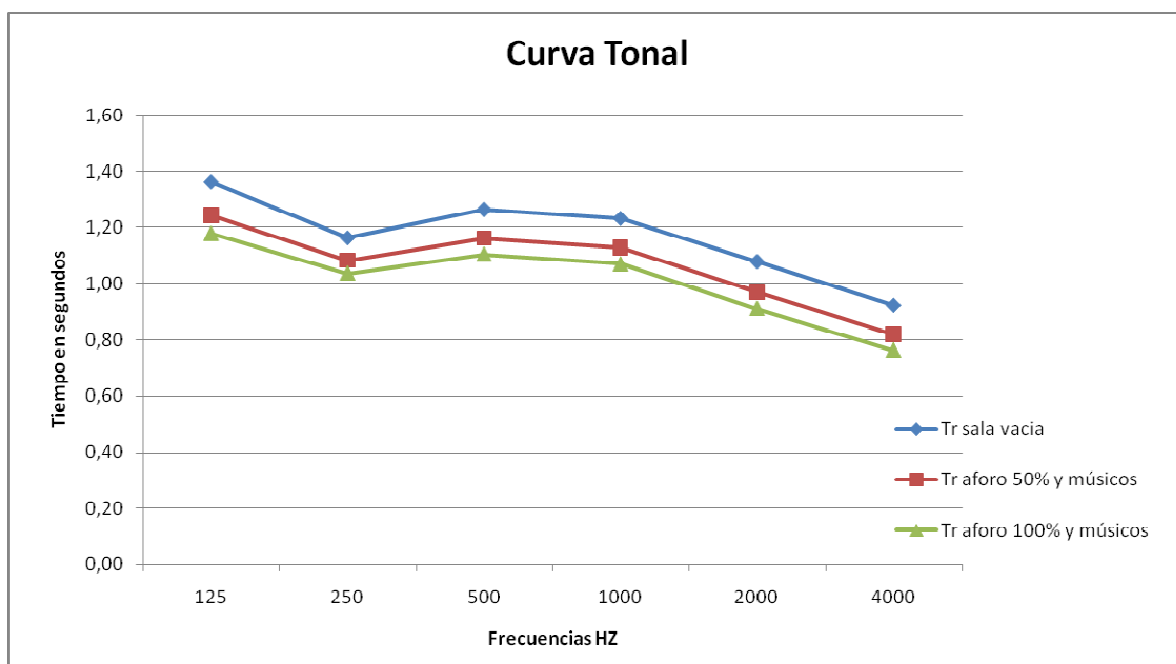
Datos de la sala:

Volumen de la sala= 2000m<sup>3</sup>

Nº de butacas=236

Nº Músicos = 70

55



## Comentarios de la curva tonal

Analizando la curva tonal de la sala, se observa que en la frecuencia de 250Hz hay un pico de absorción. Dotando a la curva de una forma conocida como "ratonera" en lenguaje menos técnico debido a la similitud con dicho roedor.

La absorción en estas frecuencias se atribuye a las membranas. El techo es una gran membrana con cámara de canto variable y además las paredes laterales de sala son de placas de yeso laminado.

## Cálculo de Trmid

$$Tr_{mid} = \frac{Tr_{500} + Tr_{1000}}{2}$$

	Trmid
Tr sala vacía	1,25
Tr aforo 50% y músicos	1,14
Tr aforo 100% y músicos	1,09

## Conclusiones

A priori la sala tiene un Trmid un poco alto. Pero es una sala de audiciones multiusos. La sala debe de ser apta tanto para orquesta como para coro, banda, cámara e incluso músicos solistas acompañados por piano. Por este motivo para los conciertos de banda la sala no es apropiada, el Tr es demasiado alto. Cuando actúen un dúo de violines necesitan tiempos de reverberación más altos. Pero aún así un Tr mid comprendido entre el 1 y 1.1 es más adecuado.

## EarlyDecay Time (EDT)

El EDT mide el tiempo que transcurre desde que la fuente sonora deja de emitir hasta que el nivel cae 10 dB multiplicado por seis. Si el EDT y el  $T_r$  son iguales significa que la sala es perfectamente difusa, ya que la pendiente de las dos rectas de aproximación será la misma.

El valor de EDT puede ser significativamente diferente que el de  $T_r$ . Porque en todos los puntos de la sala no hay una difusión perfecta, y suele ser diferente en cada punto en función de las distancias del receptor a los paramentos que le producen las primeras reflexiones.

El EDT está relacionado con la primera impresión de la viveza. Esto significa que, en todos aquellos puntos de una sala con un EDT significativamente menor que el  $T_r$ , la sala se apreciará más apagada de lo que se deduciría del valor del  $T_r$  y al revés.

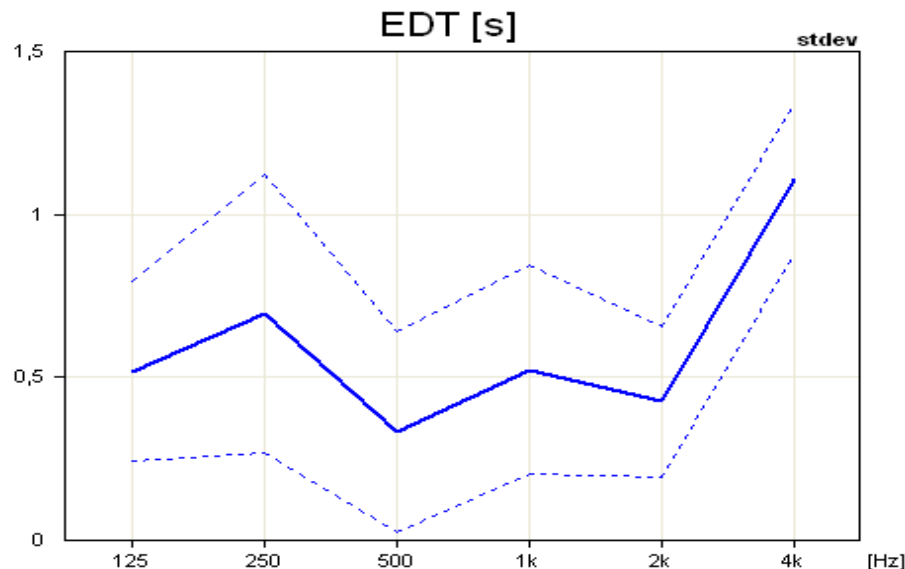
Si el valor medio de los EDT (EDT<sub>mid</sub>) correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1kHz es sensiblemente igual al  $T_{r\text{mid}}$  a sala llena, significa que la sala tiene una buena difusión del sonido.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
EDT	0,517	0,693	0,333	0,521	0,426	1,109

EDT<sub>mid</sub> = 0.60 s

En  $T_{r\text{mid}}$  (sala llena) = 1.14

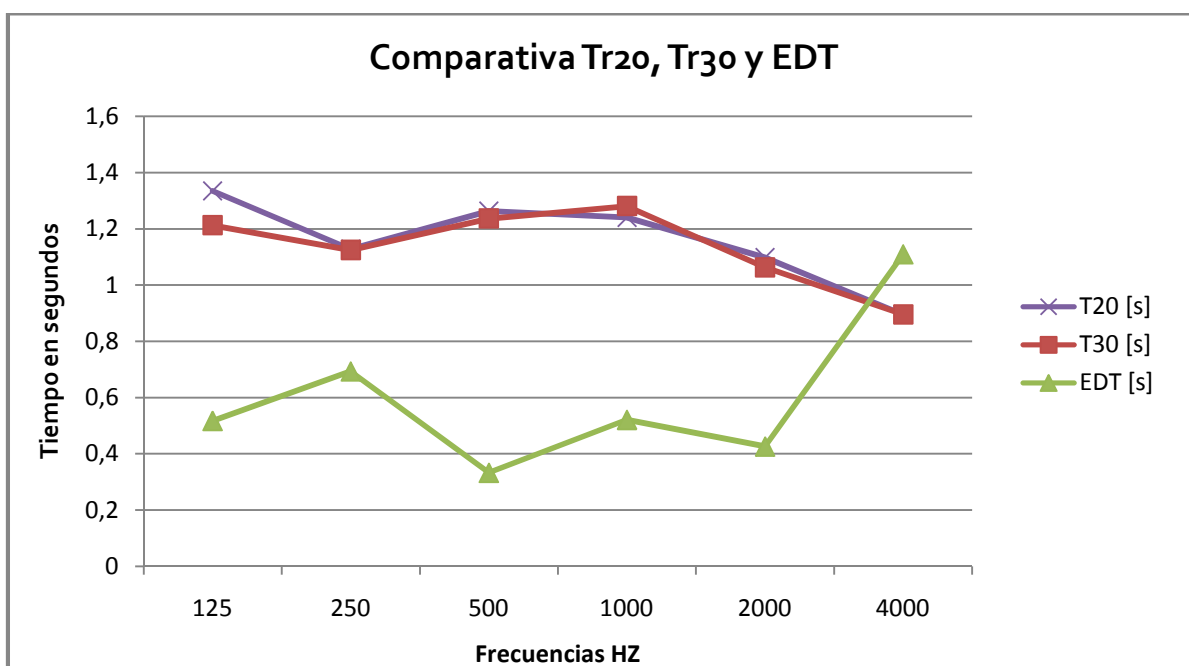
Como  $1.14 < 0.60$  el salón de audiciones del conservatorio es relativamente poco difuso. Pero los ataques de las notas se apreciarán más claros y nítidos.



## Comparativa entre Tr<sub>20</sub>, Tr<sub>30</sub> y EDT

Tabla resumen de los valores anteriormente estudiados

Frecuencia(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Tr <sub>20</sub>	1,335	1,128	1,263	1,241	1,098	0,896
Tr <sub>30</sub>	1,213	1,125	1,237	1,281	1,063	0,896
EDT	0,517	0,693	0,333	0,521	0,426	1,109



58

### Análisis del gráfico

El Tr<sub>20</sub> y Tr<sub>30</sub> son prácticamente iguales, mientras que el EDT es totalmente diferente. Los valores obtenidos son normales y eran de esperar.

Si el valor del Tr<sub>20</sub> y Tr<sub>30</sub> describen más o menos la misma gráfica, es porque la caída que se produce en los 20 primeros decibelios tiene la misma pendiente que la caída que se produce en los 30 primeros decibelios.

El valor de EDT puede ser significativamente diferente que el de Tr. Porque en todos los puntos de la sala no hay una difusión perfecta, y suele ser diferente en cada punto en función de las distancias del receptor a los paramentos que le producen las primeras reflexiones.

## 4.5.2. Segundo orden para la Música

### Equilibrio. Calidez acústica (BR) y Brillo (Br)

Se dice que una sala tiene calidez acústica si presenta una buena respuesta a frecuencias bajas. La palabra calidez representa, pues, la riqueza de graves, la suavidad y la melosidad de la música en la sala.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Tr sala vacía	1,36	1,16	1,26	1,23	1,08	0,92
Tr aforo 50% y músicos	1,24	1,08	1,16	1,13	0,97	0,82
Tr aforo 100% y músicos	1,18	1,04	1,11	1,07	0,91	0,76

Como medida objetiva de la calidez se suele utilizar el parámetro BR ("Bass Ratio"). Se define como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias bajas (125 Hz y 250 Hz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1 kHz). Según Beranek, el margen de valores recomendados de BR para una sala de conciertos destinada a música sinfónica y totalmente ocupada es:

$$1,10 < BR < 1,25 \text{ (si } T_{\text{r mid}} = 2,2 \text{ s)}$$

$$1,10 < BR < 1,45 \text{ (si } T_{\text{r mid}} = 1,8 \text{ s)}$$

#### Cálculo de la Calidez

$$BR = \frac{T_{r\ 125} + T_{r\ 250}}{T_{r\ 500} + T_{r\ 1000}}$$

	Calidez
BR sala vacía	1,01
BR aforo 50% y músicos	1,02
BR aforo 100% y músicos	1,02

Por definición, el brillo Br de una sala es la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias altas (2 kHz y 4 kHz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1 kHz). Beranek recomienda que el valor de Br para salas totalmente ocupadas verifique:

$$Br > 0,87$$

#### Cálculo del Brillo

$$Br = \frac{T_{r\ 2000} + T_{r\ 4000}}{T_{r\ 500} + T_{r\ 1000}}$$

	Brillo
Br sala vacía	0,80
Br aforo 50% y músicos	0,78
Br aforo 100% y músicos	0,77

## Claridad $C_{80}$

El  $C_{80}$  se define como la relación entre la diferencia entre la energía que llega al receptor durante los primeros 80 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los primeros 80 ms, calculada en cada banda de frecuencias entre 125 Hz y 4 kHz.

El  $C_{80}(3)$  está altamente relacionado con el tiempo de reverberación. El valor de  $C_{80}(3)$  disminuye a medida que el valor de  $T_{mida}$  aumenta (sala más viva).

Valores recomendados:

Sala vacía  $-4 < C_{80}(3) < 0$  dB

Sala llena  $-2 < C_{80}(3) < +2$  dB

Frecuencias Hz	125	250	500	1000	2000	4000
Promedio	12,01	10,66	13,25	13,47	13,01	9,28

## Cálculo de la Claridad $C_{80}$

$$C_{80} = \frac{C_{80}(500 \text{ Hz}) + C_{80}(1 \text{ kHz}) + C_{80}(2 \text{ kHz})}{3} \text{ dB}$$

Salavacía Claridad  $C_{80}(3) = 13,244$

60

El auditorio del conservatorio tiene un EDT bajo, por eso la Claridad  $C_{80}$  es tan alta. La Claridad  $C_{80}(3)$  se obtiene del promedio de las frecuencias 500, 1000 y 200 Hz.



## Intimidación

Se puede asociar la valoración de intimidación acústica con la sensación que tiene el oyente de escuchar la música en un espacio de dimensiones más reducidas que las dimensiones reales de la sala.

Se calcula el nivel que recibe una butaca en el centro de la sala con una fuente sonora situada en el escenario de 85 dB.

Primeras reflexiones:

Las producen las paredes laterales, el techo y el fondo del escenario. Realizadas con entramado de Yeso con cámara aire en el dorso.

Formulas:

$$LD = LW - 11 - 20 \log r$$

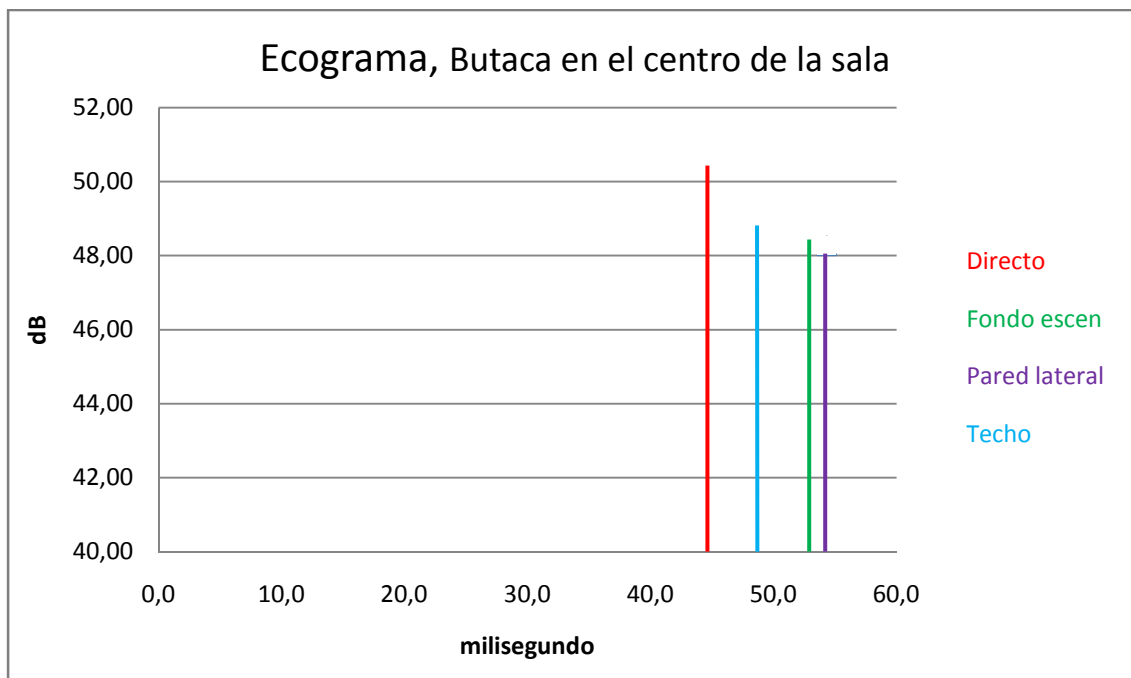
$$LR = LW - 11 - 20 \log (r_1 + r_2) + 10 \log (1 - a)$$

Tabla:

	Longitud	L dB	t (ms)
Directo	15,16	50,39	44,6
Fondo escenario	18	48,72	52,9
Pared lateral	18,47	48,49	54,3
Pared lateral	18,47	48,49	54,3
Techo	16,57	49,44	48,7

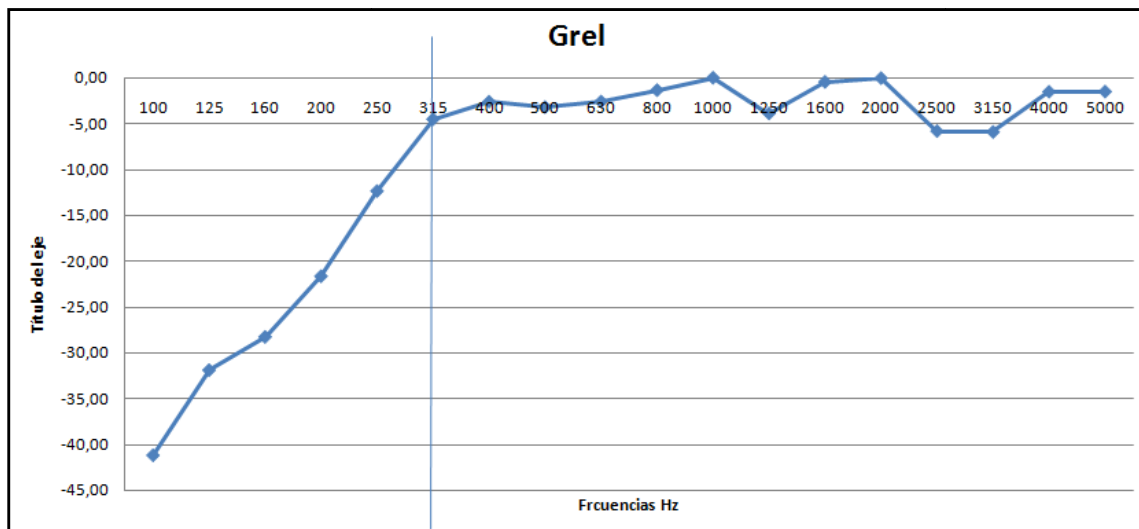
61

Tiempo de retardo del sonido inicial entre el directo y la primera reflexión deben haber menos de 20ms.  $48,7 - 44,6 = 4,1$  ms. Buena intimidación.



## Grel

El parámetro Grel sirve para ver la respuesta de la sala en cada frecuencia. Debido a la potencia limitada de la fuente que se ha utilizado en las mediciones de este estudio, no se han excitado los materiales en frecuencias bajas y no se han recogido valores fiables para dichas frecuencias. Por ello, se desechan los valores inferiores a la frecuencia 315 tal y como lo indica la línea divisoria del gráfico.



En las frecuencias medias y altas (desde la frecuencia 315 hasta la 5000Hz) responden a lo esperado. Se observa que la gráfica es sensiblemente plana ( $\pm 5$  dB). Lo cual, indica que la respuesta de la sala es bastante lineal, es decir, se trata de una sala neutra. Y es así como debe ser, es bueno que trate a todas las frecuencias por igual.

## Difusión

El índice de difusión (SDI) se determina a través de una inspección visual de la sala con objeto de averiguar el grado de irregularidades de las paredes laterales y del techo.

Dichos investigadores llaman "grado de difusión" a la cantidad de irregularidades de dichas superficies, y asignan diferentes pesos a las mismas. A las superficies con grandes irregularidades les asignan un grado de difusión 1, a las intermedias 0,5, y a las superficies lisas 0 (apartado 5.5.9). Posteriormente, ponderan dichos valores por la superficie asociada en cada caso, los suman, y finalmente dividen el resultado por la superficie total de las paredes laterales y del techo. El valor final obtenido es el SDI, y su margen de variación oscila entre 0 (difusión nula) y 1 (difusión total):

$$0 < \text{SDI} < 1$$

Cuanto mayor sea el valor de SDI, mayor será el grado de LEV, es decir, la impresión espacial en la sala.

Se ha podido constatar que existe una muy buena correlación entre los valores de SDI determinados de esta forma en distintas salas y la impresión subjetiva de la calidad acústica de las mismas obtenidas como fruto de una serie de pruebas de audiencia.

Esta comparación lleva a la interesante conclusión de que el grado de difusión de las paredes laterales y del techo parece ser el principal motivo de las diferencias existentes entre las salas catalogadas como excelentes y las consideradas simplemente como buenas o mediocres.

No dispongo de mucha experiencia para valorar la difusión de la sala, pero si observamos la imagen vemos que no hay elementos que produzcan difusión. Los valores del EDT eran bastante más bajos que los del Tr esto es precisamente porque la sala es poco difusa.

**El grado SDI sería cercano a 0; la calificaría con un 0,15**

### 4.5.3. Segundo orden para la Palabra

#### Definición $D_{50}$

La definición  $D_{50}$ , es la relación entre la energía que llega al oyente dentro de los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo (incluye el sonido directo y las primeras reflexiones) y la energía total recibida por el mismo. Se calcula en cada banda de frecuencias entre 125 Hz y 4 kHz:

El valor de dicho parámetro para cada punto de una sala ocupada, y en cada banda de frecuencias, debe cumplir:

$$D > 0,50$$

A continuación se adjunta una tabla con el promedio de el valor  $D_{50}$  tomados en 15 puntos diferentes de las sala.

Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$D_{50}$	0,92	0,89	0,94	0,92	0,92	0,92

Cuanto más elevado sea dicho valor, mejor será la inteligibilidad de la palabra y la sonoridad en el punto considerado de la sala.

La sala es calificada como excelente para la palabra porque los valores superan con creces el mínimo de 0,50.

#### STI/RASTI

Los valores de RASTI y STI se han obtenido a partir de las medidas realizadas en 12 puntos con la sala vacía.

Medida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RASTI	0,97	0,95	0,96	0,96	0,95	0,96	0,86	0,86	0,85	0,84	0,84	0,85	0,84	0,84	0,84
STI Mujer	0,92	0,89	0,9	0,9	0,9	0,9	0,78	0,78	0,77	0,78	0,77	0,78	0,78	0,78	0,78
STI Hombre	0,93	0,9	0,92	0,91	0,91	0,92	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,79	0,79	0,79	0,79

	media	Valoración
RASTI	0,89	Excelente
STI Mujer	0,83	Excelente
STI Hombre	0,84	Excelente

Este valor es superior al valor mínimo recomendado de 0,65. La inteligibilidad es excelente.

## 4.6. Parámetros de Calidad de las aulas

### Datos de partida

Las diversas aulas tienen unas superficies comprendidas entre 12 y 90 m<sup>2</sup> con volúmenes comprendidos entre 45 y 340 m<sup>3</sup>. Se puede distinguir dos tipos de aula según su volumen sea mayor o menor a 100 m<sup>3</sup>.

Las aulas con volumen inferior a 100 m<sup>3</sup>, destinadas fundamentalmente al aprendizaje de un instrumento deberán acondicionarse para un tiempo de reverberación del orden de 0,4 - 0,6 s. Esto lleva a unas áreas de absorción del orden de 10 - 30 m<sup>2</sup>.

Las aulas de volumen superior a 100 m<sup>3</sup>, destinadas a ensayos conjuntos de orquesta, cámara o coro, podrían admitir algo más de reverberación con un tiempo del orden de 0,6 – 0,8 s. Esto lleva a unas áreas de absorción del orden de 30 - 55 m<sup>2</sup>.

Los requerimientos de absorción en bajas frecuencias quedan resueltos con las superficies de cartón-yeso, utilizadas para realizar la hoja interior estanca por razones de aislamiento, actuando a modo de membrana.

La absorción en frecuencias medias y altas puede resolverse exclusivamente con tratamiento absorbente en parte de los techos.

Los acabados para las diversas superficies pueden ser:

- El falso techo absorbente (placa perforada con lana de roca por la parte superior o paneles acústicos) con plenum variable a dos alturas, según el tipo de aula.
- El resto de superficies de las paredes no revestidas con los elementos antes utilizados tendrán un acabado difusor (rugoso).

### Toma de datos

La normativa UNE-EN-140 de aplicación para la medición del tiempo de reverberación contempla dos métodos: el método del ruido interrumpido y el método de la respuesta impulsiva.

En este estudio se ha empleado el método de la respuesta impulsiva. Para ello se utiliza una fuente impulsiva fija situada en el centro del aula. Se han realizado seis mediciones en seis posiciones distintas del micro, cumpliéndose la norma UNE-EN-140 que exige un mínimo de seis posiciones diferentes.

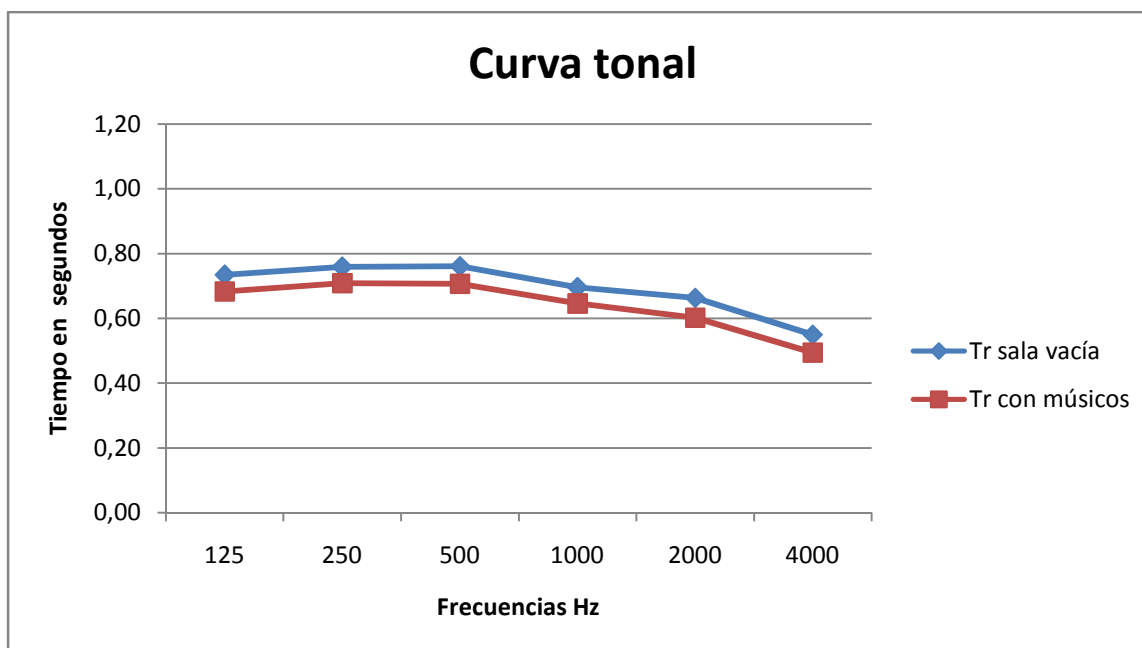
## Aulas de 60 y 90 m<sup>2</sup>

Son de gran tamaño y disponende doble puerta al recaer directamente al pasillo. Están diseñadas para las clases de orquesta, conjunto coral, grupos de cámara y aula de percusión.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Tr sala vacía	0,73	0,76	0,76	0,70	0,66	0,55
Abs. músicos	0,12	0,11	0,12	0,13	0,18	0,24
45 músicos	5,4	4,95	5,4	5,85	8,1	10,8
Abs sala vacía	72,50	70,16	69,93	76,52	80,27	96,85
Abs. Total	77,90	75,11	75,33	82,37	88,37	107,65
Tr con 45 músicos	0,68	0,71	0,71	0,65	0,60	0,49

Trmid=	0,73	0,68
C80=	7,17	

BR=	1,02	1,03
Br=	0,83	0,81



Los parámetros obtenidos para este tipo de sala de ensayos de grandes conjuntos son aceptables y estas condiciones mejoran cuando la sala está llena.

El Tr mid 0,68 y 0,73 están entre 0,6 y 0,8; por lo que es adecuado para este tipo de aulas.

La Calidez (BR) y Brillo (Br) son menos relevantes porque son aulas de ensayo y no de concierto. Pero si BR tiene un valor superior a 1 y el brillo por debajo de 0,87 como en este caso mejor.



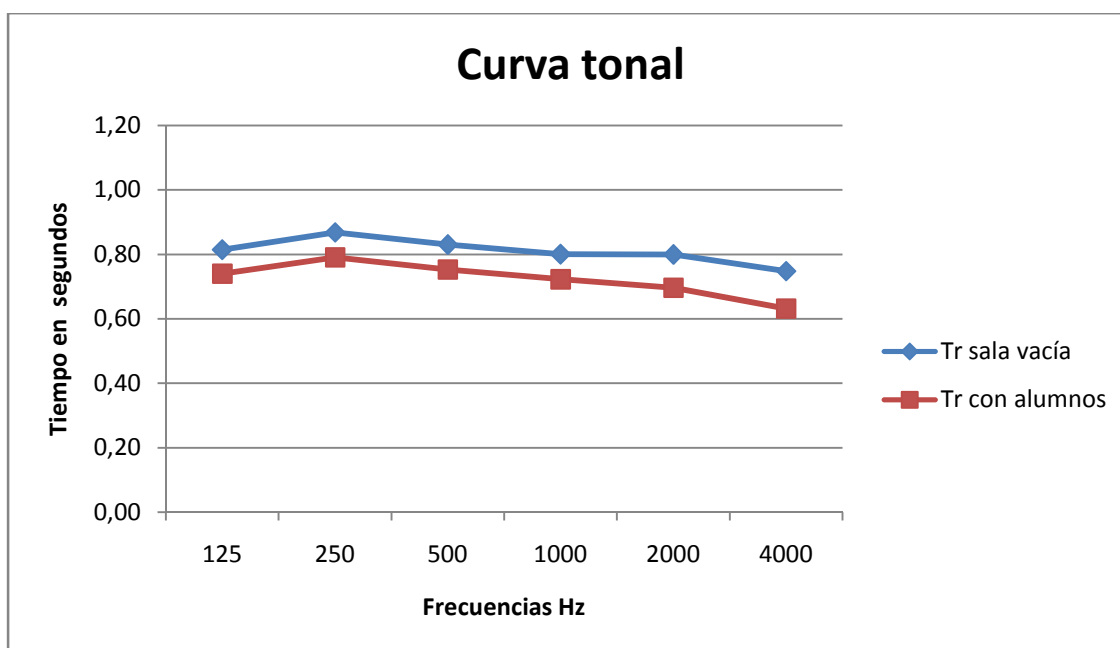
## Aulas de 30 m<sup>2</sup>

Tamaño medio y una única puerta. Son adecuadas para impartir clases teóricas en grupos de entre 12 y 18 alumnos.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Tr sala vacía	0,81	0,87	0,83	0,80	0,80	0,75
Alumno	0,12	0,11	0,12	0,13	0,18	0,24
18 Alumnos	2,16	1,98	2,16	2,34	3,24	4,32
Abs sala vacía	21,79	20,44	21,37	22,17	22,20	23,72
Abs. Total	23,95	22,42	23,53	24,51	25,44	28,04
Tr con 18 alumnos	0,74	0,79	0,75	0,72	0,70	0,63

Trmid=	0,82	0,74
D50=	0,61	
RASTI=	0,65	

BR=	1,03	1,04
Br=	0,95	0,90



Los parámetros obtenidos para las aulas destinadas a las clases teóricas son buenos:

Tiempo de reverberación medio de adecuado, inferior a 0,9.

D<sub>50</sub> = 0,61 < 0,50; y RASTI = 0,65 igual al mínimo recomendado. La voz se escuchará nítida y tendrá un grado de inteligibilidad bueno.

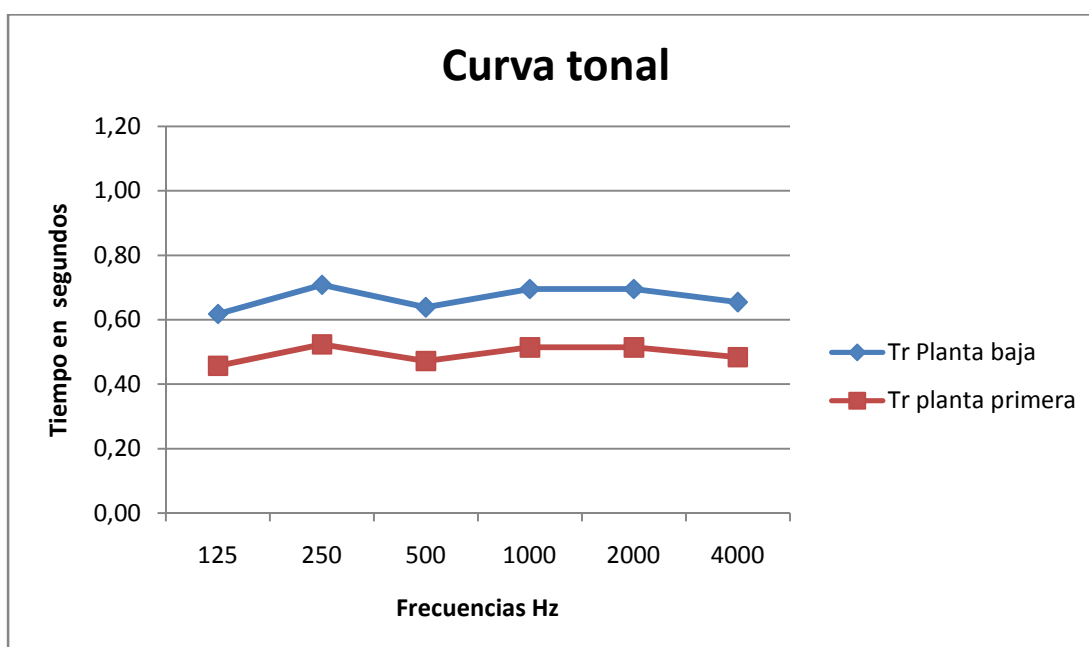
## Aulas de 15 y 20 m<sup>2</sup>

De menor tamaño que las anteriores, destinadas a clases instrumentales individuales. Las aulas recaen a un pasillo secundario ortogonal al principal, separado del mismo por otra puerta.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Tr Planta baja	0,62	0,71	0,64	0,70	0,70	0,65
Abs. sala vacía	17,22	15,03	16,68	15,31	15,31	16,27
Tr planta primera	0,46	0,52	0,47	0,51	0,51	0,48

Trmid=	0,67	0,49
C80=	7,04	

BR=	0,99	0,99
Br=	1,01	1,01



Para una misma superficie de absorción y menor altura libre (2,7 m) el Tr de las aulas de planta primera son aceptables.

Los parámetros obtenidos para las aulas destinadas a las clases instrumentales individuales situadas en planta baja no son los ideales; el Trmid debería ser un poco menor, alrededor de 0,5. Los demás parámetros son menos relevantes en estas aulas tan pequeñas. No es un problema importante que la calidez tenga un valor inferior a 1 y el brillo mayor a 1. Sin embargo lo ideal sería al revés.

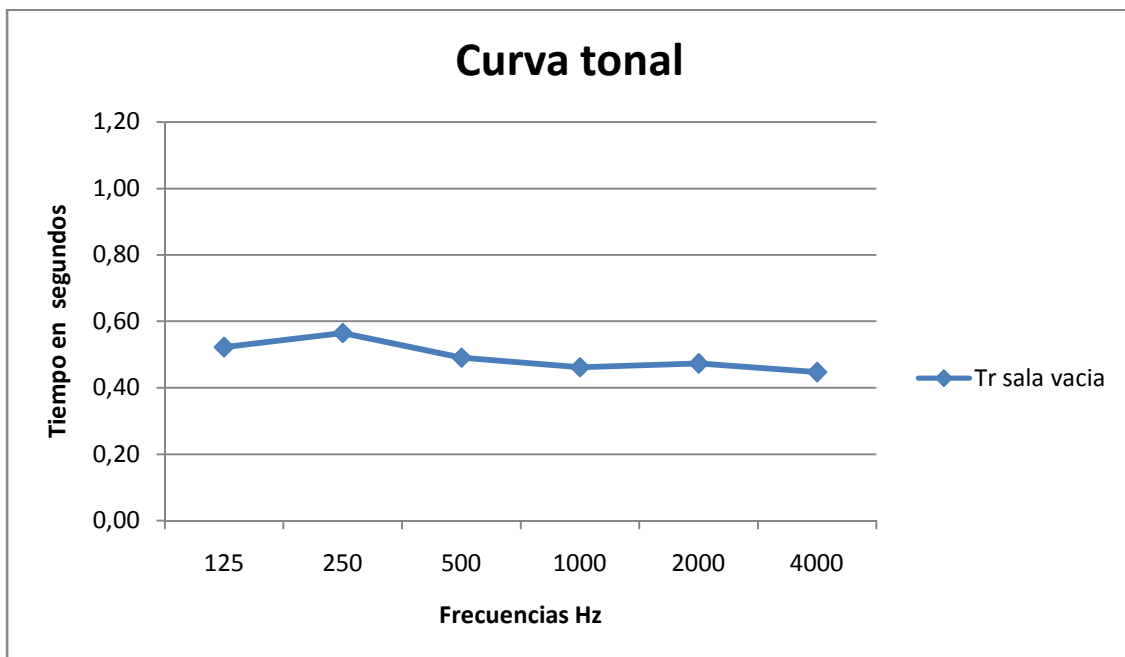
## Aulas de 12 m<sup>2</sup>

Situadas en el semisótano, son cabinas de estudio individual. Se ha previsto una sola puerta al pasillo principal.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Tr sala vacía	0,52	0,57	0,49	0,46	0,47	0,45

Trmid=	0,48
C80=	12,30

BR=	1,14
Br=	0,97



Los parámetros obtenidos para las cabinas destinadas a estudio individual con instrumento son adecuados.

El Trmid es inferior a 0,5. Y aunque el resto de parámetros son menos relevantes en estas cabinas de dimensiones tan reducidas son los adecuados; la calidez es superior a 1 y el brillo menor a 1.

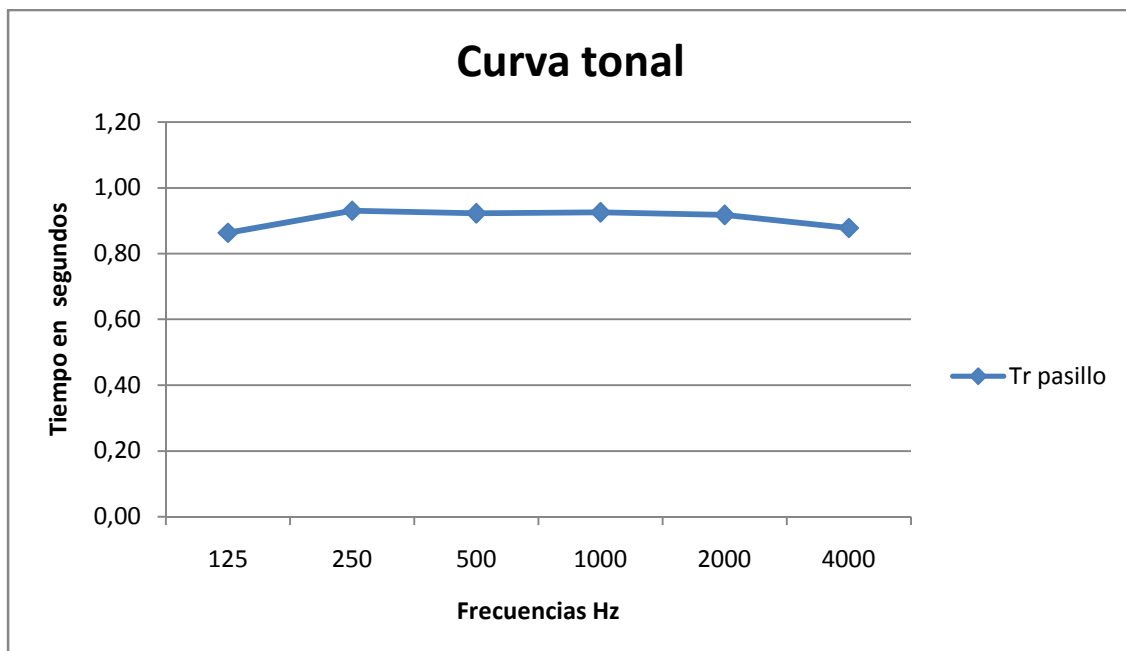
### Pasillo correspondiente al bloque docente.

Da acceso a las aulas de gran tamaño, a las de enseñanza teórica, cafetería y a la aulas de enseñanza instrumental individual agrupadas en departamentos.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Trpasillo	0,86	0,93	0,92	0,93	0,92	0,88

Trmid=	0,92
D50=	0,78
RASTI=	0,71

BR=	0,97
Br=	0,97



El tiempo de reverberación medio de 0,92 está en el máximo legal permitido (0,9). Una mejora para reducir el barullo que se produce en el pasillo pasa por bajar el tiempo de reverberación.

## 5. Propuestas de mejora.

### 5.1. Aislamiento. Salón de actos.

#### Cerramiento entre la sala y el vestíbulo de entrada.

Resultados del estudio.

Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	60	48,5	55	<b>NO CUMPLE</b>

#### Comentarios

El aislamiento no es suficiente si hay simultaneidad de usos entre el hall y el auditorio. Sólo es un problema cuando hay conciertos con la orquesta o banda al completo. Ya que se produce un nivel de potencia que puede llegar a los 100 dBA. Pero cuando hay este tipo de conciertos no se imparten clases en el centro por lo que no hay apenas tránsito de gente por el centro.

Bien es cierto que si se hacen audiciones de instrumentos solistas con acompañamiento de piano. Pero estos no generan un nivel suficiente como para llegar a causar molestias al resto de alumnos del conservatorio.

71

#### Solución propuesta

Mediante la simulación de CTE para el cálculo de aislamiento acústico se ha obtenido un valor de 60 dBA. Por ello, es evidente que hay un puente acústico en el cerramiento en cuestión. Pero es difícil detectarlo, las hipótesis son las siguientes:

- Mala ejecución del elemento base del cerramiento, podría haber un "hueco" en cualquier parte y actuar de puente acústico.

- Suponiendo que la parte opaca del cerramiento está correctamente ejecutada, significa que el sistema de doble puerta no funciona, el  $R_A$  del conjunto es inferior a 27dBA. Según los cálculos realizados con la simulación del CTE. Esto podría ser por un mal montaje y/o defectos/deterioro de las mismas.

La solución es compleja y por los motivos expuestos en el apartado de comentarios se recomienda no intervenir.

## 5.2. Aislamiento de las aulas

### Cerramiento entre aulas de clases de enseñanza teórica.

Aula Bo4-Bo5

Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	51	46,5	50	<b>NO CUMPLE</b>

El aislamiento no cumple las exigencias del CTE, aunque se trate de una partición entre aulas de clases teóricas 46,5 dBA es un aislamiento insuficiente.

### Cerramiento entre cabinas de estudio individual.

Aulas So1-So2

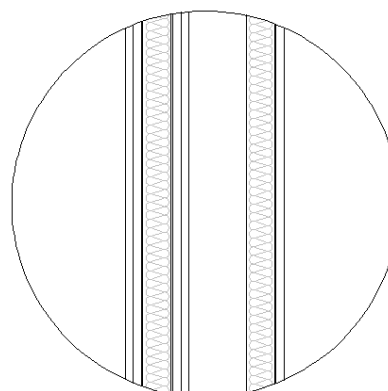
Confort	Cálculo	Medida	Exigencia CTE	
60	51	48,80	50	<b>CUMPLE</b>

El aislamiento cumple las exigencias del CTE, pero se 48,80 dBA son insuficientes para una partición entre aulas de estudio individual.

### Solución propuesta

Trasdosado autoportante formado por placa de yeso laminado de 15 mm de espesor, con aislante de lana de roca MW 48, sobre estructura galvanizada de canal y montante de 48 mm con una separación entre ejes de 40 cm.

(Desarrollo de cálculos en el anexo 4)



Detalle constructivo

### Resultados

Aula Bo4-Bo5

Confort	Medida	Cálculo con mejoras	Exigencia CTE	
60	46,50	66	50	<b>CUMPLE</b>

Aulas So1-So2

Confort	Medida	Cálculo con mejoras	Exigencia CTE	
60	48,80	63	50	<b>CUMPLE</b>

Añadiendo el trasdosado además de cumplir la normativa también se obtienen valores de aislamiento por encima de los 60 dBA necesarios para conseguir un confort adecuado.

### 5.3. Parámetros de calidad de la sala

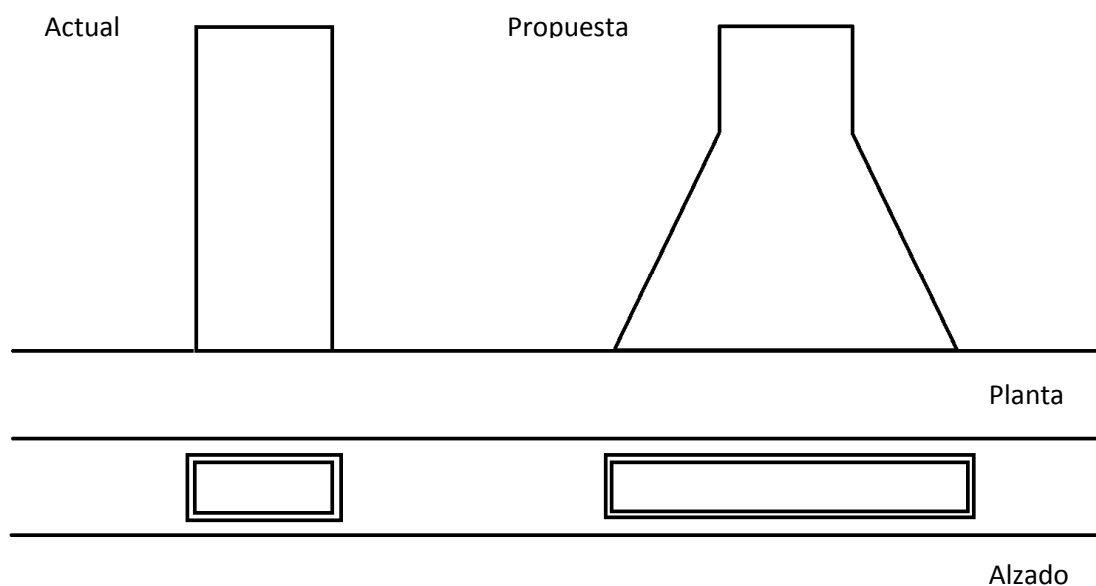
#### Ruido de fon de la sala

Se podría asociar al ruido generado al que produce típicamente el de soplido de aire, la causa del problema es que la velocidad del aire es demasiado alta en las bocas de salida.

#### Solución propuesta

El problema podría solucionarse bajando la velocidad del aire (mas bocas de salida y tubos más anchos y/o programar el caudal de aire).

Como la opción de abrir nuevas salidas de aire es compleja. La solución óptima pasaría por ensanchar las actuales bocas de salida de forma progresiva (ver detalle). De este modo se pretende bajar la velocidad de salida del aire.





## Trmid de la sala

Analizando la curva tonal de la sala, se observa que en la frecuencia de 250Hz hay un pico de absorción. Dotando a la curva de una forma conocida como "ratonera" en lenguaje menos técnico debido a la similitud con dicho roedor.

La absorción en estas frecuencias se atribuye a las membranas. El techo es una gran membrana con cámara de canto variable y además las paredes laterales de sala son de placas de yeso laminado.

## Solución propuesta

La solución propuesta para la mejora de la sala, sería añadir un material ranurado/perforado que absorba principalmente en frecuencias medias. Se dispondría en la parte trasera del techo de la sala ya que esa zona del techo no produce primeras reflexiones sobre el público. (Ver el estudio de las primeras reflexiones realizado en el apartado de parámetros de calidad de la sala de audiciones.)

Además, se reduce la superficie de membrana que produce el pico de absorción en 250Hz

Dado que el falso techo de la sala está resuelto con paneles de yeso laminado, el material idóneo son placas Knauf perforadas. Se mimetizan con el resto del techo y además es una opción bastante económica.

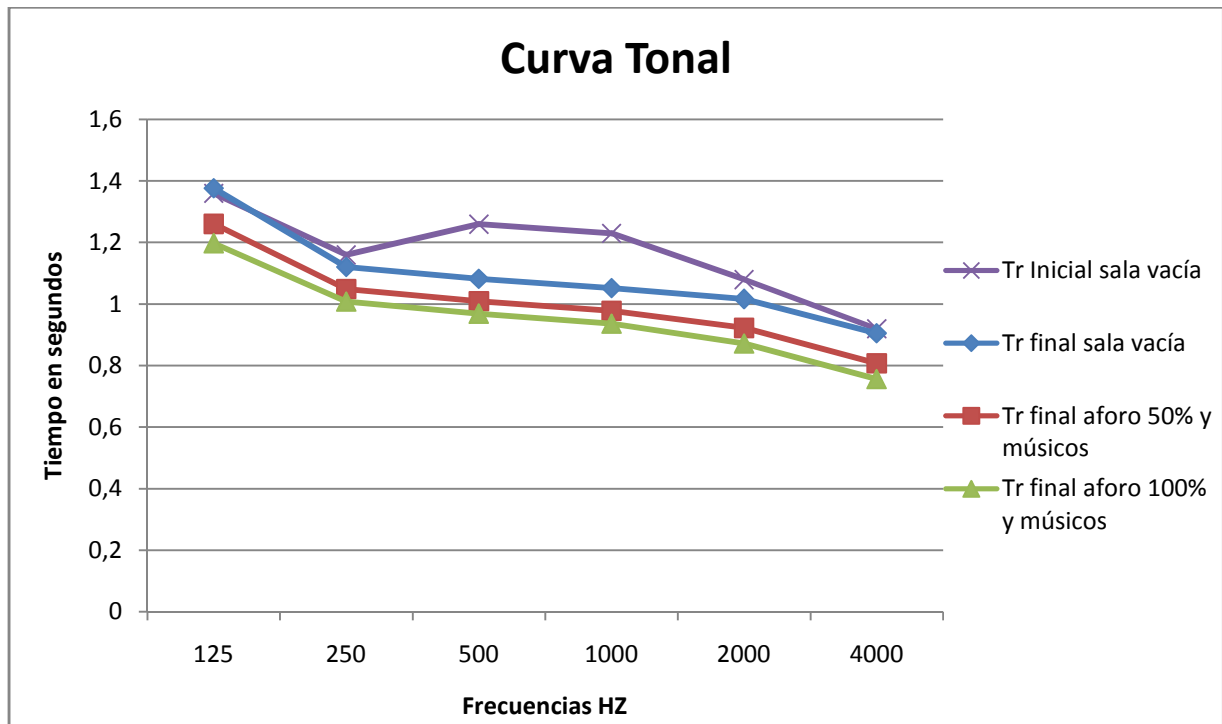
Para que el material elegido tenga un comportamiento adecuado, es decir, que absorba en frecuencias medias. Debe colocarse con una separación de 65mm, si varía este espesor de cámara de aire cambiaría su comportamiento. (Ver anexo 4)

EL material elegido es Placa Knauf B6 15,7% con acabado blanco perforada con unos valores de absorción por frecuencia indicados en la tabla.

(Desarrollo de cálculos y catálogos de materiales en el anexo 4)

## Tabla resumen de Cálculos.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Placa Knauf B6 15,7% perforada	0,1	0,3	0,73	0,76	0,42	0,29
76,7 m2 de placa Knauf	7,67	23,01	55,991	58,292	32,214	22,243
Abs. Sala vacía final	245,53	301,50	312,28	321,09	332,51	373,13
Abs. 50% aforo y músicos	268,09	322,18	334,84	345,53	366,35	418,25
Abs. 100% aforo y músicos	282,25	335,16	349,00	360,87	387,59	446,57
Tr sala vacía	1,38	1,12	1,08	1,05	1,02	0,91
Tr50% aforo y músicos	1,26	1,05	1,01	0,98	0,92	0,81
Tr100% aforo y músicos	1,20	1,01	0,97	0,94	0,87	0,76



Cálculo del  $T_{r\text{mid}}$ , Calidez y Brillo una vez aplicadas las mejoras en el techo de la sala.

	Sala Inicial			Sala Final		
	Tr mid	BR	Br	Tr mid	BR	Br
Sala vacía	1,25	1,01	0,80	1,07	1,17	0,90
50% Aforo y músicos	1,14	1,02	0,78	0,99	1,16	0,87
100% Aforo y músicos	1,09	1,02	0,77	0,95	1,16	0,86

75

Los valores obtenidos son más adecuados para una sala de concierto

En una sala de conciertos como la del conservatorio que se interpretan varios estilos de música (música de banda, orquesta, conjuntos de cámara, etc.) se recomienda que:

-El tiempo de reverberación medio ( $T_{r\text{mid}}$ ) para sala vacía sea entre 1 y 1,1 segundos; el  $T_{r\text{mid}}$  obtenido mediante las mejoras es adecuado (1,07 segundos)

-La calidez (BR) para sala vacía esté comprendida entre 1,1 y 1,25; También esta dentro de los parámetros (1,17).

-El brillo (Br) para sala llena sea inferior a 0,87; El Br obtenido es 0,86; Esta por debajo del parámetro máximo recomendado.

## 5.4. Parámetros de calidad de las aulas

### Mejoras en las aulas de clases individuales situadas en planta baja.

Solución propuesta: Aumentar la absorción en el aula.

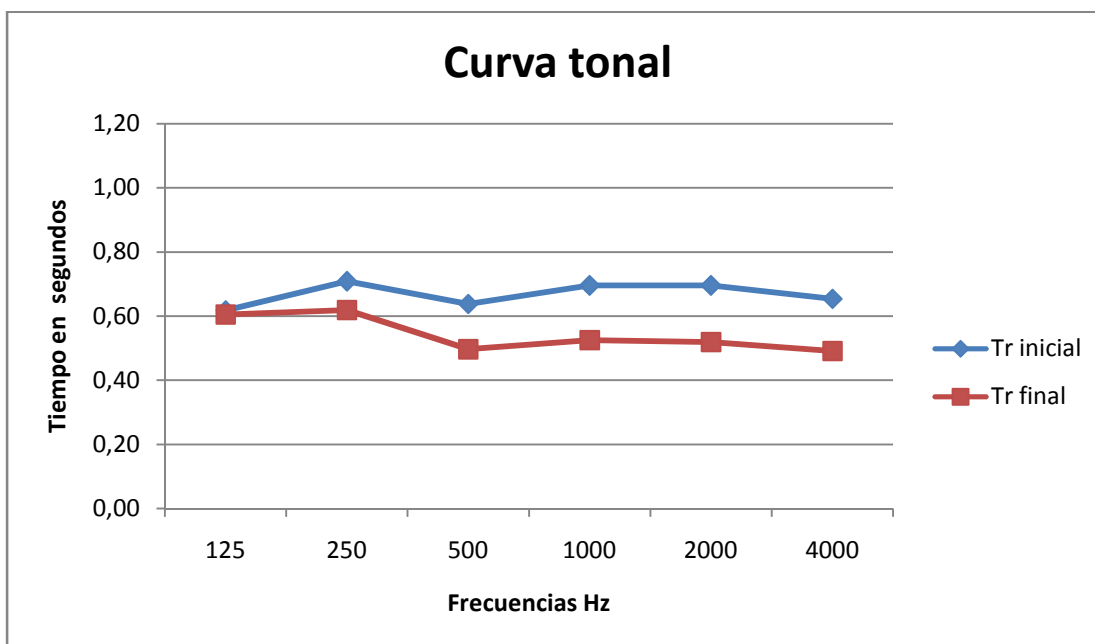
Colocar una banda de 30 cm de ancho en la parte superior del aula de Lana de roca 100 kg/m<sup>2</sup> 30 mm de espesor en todo el perímetro (18 metros).

Cálculos

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Tr inicial	0,62	0,71	0,64	0,70	0,70	0,65
Lana de roca 100 kg/m <sup>2</sup> 30 mm de espesor	0,07	0,4	0,88	0,92	0,96	1
m <sup>2</sup> Sabine	0,378	2,16	4,752	4,968	5,184	5,4
Abs. sala vacía	17,22	15,03	16,68	15,31	15,31	16,27
Abs Total	17,60	17,19	21,43	20,28	20,50	21,67
Tr final	0,60	0,62	0,50	0,52	0,52	0,49

Trmid=	0,67	0,51
C80=	7,04	

BR=	0,99	1,20
Br=	1,01	0,99



El Tr mid después de las mejoras es 0,51; como se ha comentado con anterioridad es más apropiado para esta tipología de aulas. Y además, se consigue que la calidez sea superior a 1 y el brillo menor a 1. Aunque sean parámetros menos importantes son adecuados.

## Mejoras en las aulas de enseñanza instrumental.

La mayoría de los encuestados citan que algunas notas concretas como "mib" para trombones o "sol#" en el caso de saxofones, provocan que las láminas de las luminarias del aula vibren de forma molesta.

### Solución propuesta: Cambiar las luminarias

Colocar luminarias que no tengan elementos que produzcan vibraciones. Son idóneas las luminarias empotradas con acabado de vidrio.

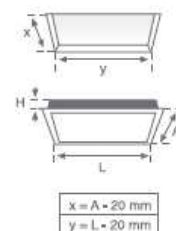


Reflector de aluminio  
Aluminium reflector  
Réflecteur en aluminium

#### Luminaria MODULAR ASIMÉTRICA Luminaire MODULAR ASIMETRICA Luminaire MODULAR ASYMÉTRIQUE

##### Equipo Electrónico T5 HE-HO

W	Código	Color	Euros	Kg	L x A x H mm	TS
1x14/24	65.41.11.0	□	101,50	2,2	596 x 147 x 60	140
1x28/54	65.41.12.0	□	124,50	2,8	1196 x 147 x 60	70



Reflector lacado en color blanco  
Coated reflector in white color  
Réflecteur laqué couleur blanc

##### Equipo Electrónico

W	Código	Color	Euros	Kg	L x A x H mm	TS
1x55	65.41.13.0	□	118,00	2,8	596 x 297 x 91	72

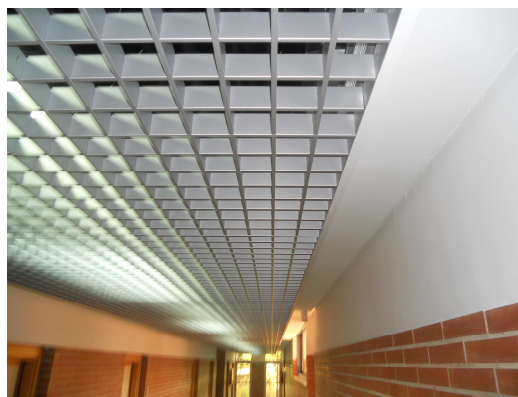
Sistema de anclaje para techos p.122  
Adjustable ceiling support brackets p.122  
Système d'ancrage au plafond p.122

## Mejoras en el pasillo

### Solución propuesta:

Aumentar la absorción para bajar el Tr.

Colocar 30m<sup>2</sup> de Lana de roca 100 kg/m<sup>2</sup> de 30 mm de espesor en la parte superior del techo (dejada caer sobre el falso techo de entramado metálico).

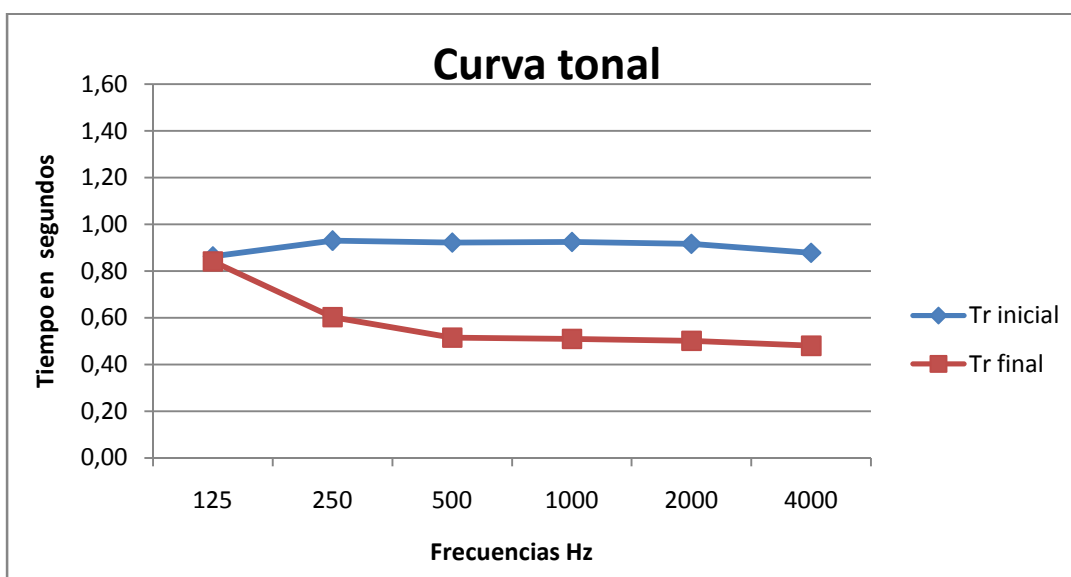


Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Tr inicial	0,86	0,93	0,92	0,93	0,92	0,88
Lana de roca 100kg/m <sup>2</sup> e30mm	0,07	0,4	0,88	0,92	0,96	1
m <sup>2</sup> Sabine	2,1	12	26,4	27,6	28,8	30
Abs. sala vacía	82,22	76,30	76,96	77,71	77,38	80,82
Abs Total	83,32	88,30	100,36	104,31	106,18	110,82
Tr final	0,84	0,60	0,51	0,51	0,50	0,48

Trmid=	0,92	0,51
C80=	7,04	
RASTI=	0,71	

BR=	0,97	1,41
Br=	0,97	0,96

78



Con un Tr mid de 0,51 obtenido con la incorporación de absorción se pretende disminuir el alboroto que producen los alumnos durante el cambio de clase. El valor está muy por debajo del máximo que permite la ley (0,9) para este tipo de recintos.

## 6. Presupuesto

PRESUPUESTO								
Descripción	Uds	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
<b>m2 Trds autoport PYL normal-15</b> Trasdosado autoportante formado por placa de yeso laminado de 15 mm de espesor, con aislante de lana de roca MW 48 de 50 mm de espesor, sobre estructura galvanizada de canal y montante de 48 mm con una separación entre ejes de 40 cm, listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, parte proporcional de mermas roturas y accesorios de fijación y limpieza.								
Cerramientos aulas B04-B05, P04-P05	2	3,8		3,65	27,74			
Cerramiento aula S01-S02 y entre el resto de aulas del sótano	5	4,6		2,7	62,1			
						89,94	32,00 €	2.875,00 €
<b>m2 PYL Knauf slotline B6 15,7% perforado</b> Falso techo realizado con placas de yeso Knauf B6 15,7% perforado, con sustentación a base de estructura de maestra de 60x27 mm, cada 31.25 cm, suspendido mediante piezas metálicas galvanizadas, incluso parte proporcional de alquiler de andamio, tornillos, pasta y cinta de juntas, parte proporcional de mermas roturas y accesorios de fijación y limpieza.								
Superficie de los dos últimos tramos del techo de la sala	76,7				76,7			
						76	78,00 €	5.983,00 €
<b>m2 Lana de roca 100 kg/m2 esp 30 mm</b> Lana mineral (MW) de 30 mm de espesor, sin revestimiento, con una conductividad térmica de 30 W/mK y resistencia térmica 0.80 m2K/W, reacción al fuego Euroclase A1, código de designación MW-EN 13162 - T2-WS-MU1-AF5, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante.								
Aulas de PB	12	18	0,3		64,8			
	1	30	1		30			
						94,8	8,00 €	758,00 €
<b>u Luminarias</b>								
Aulas instrumentales PB	32				32			
Aulas instrumentales P1	32				32			
Aulas instrumentales PSOT	15				15			
						79	102,00 €	8.058,00 €
							<b>TOTAL</b>	<b>17.674,00 €</b>

79

## Resumen del presupuesto

RESUMEN DEL PRESUPUESTO		Importe
0.1 Trasosado de yeso autoportante		2.875,00 €
0.2 PYL Knauf slotline B6 15,7% perforado		5.983,00 €
0.3 Lana de roca 100Kg/m2 esp30mm		758,00 €
0.4 Luminarias		8.058,00 €
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>17.674,00 €</b>
13 % Gastos generales		2297,62 €
6 % Beneficio industrial		1060,44 €
18 % IVA		3785,77 €
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>24.813,83 €</b>

Asciende el presupuesto total a la referida cantidad de **VEINTICUATROMIL OCHOCIENTOS TRECE EUROS con OCHENTA Y TRES CENTIMOS**



## 1. Conclusiones

Si se comparan los resultados obtenidos mediante el cálculo y análisis de las mediciones tomadas "in situ" con las valoraciones subjetivas de los encuestados se observa que hay concordancia. Salvo en casos puntuales, en las aulas hay un confort y unas calidades suficientes para el desarrollo con normalidad de la enseñanza musical, tanto teórica como instrumental. Y así lo evalúan los usuarios del conservatorio.

Sin embargo, hay carencias de aislamiento en algunos cerramientos y problemas de tiempos de reverberación demasiado altos en algunas dependencias como se ha visto reflejado en el presente estudio. Las soluciones aportadas son viables, porque no implican grandes intervenciones ni costes desorbitados y los resultados serán significativos.

## 2. Bibliografía

Carriónlsbert, Antoni. (1998) *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*; UPC

*Documento Básico HR – Protección frente al ruido* del Código Técnico de la Edificación

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja; *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido*

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja; *Catálogo de elementos constructivos del CTE*

Grau García, Camilo (1999) *Proyecto de ejecución de conservatorio profesional de música 540 p.e. en Torrent (valencia)*.

Instituto Valenciano de la Edificación. (1986) *Bases de Datos de la Construcción*. Recuperado en junio de 2012, de <http://www.five.es/basedatos/Visualizador/Base11.htm>

RD 37/2003, de 17 de noviembre, Ley del Ruido.

UNE-EN-ISO 140-4. (1999) *Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición "in situ" del aislamiento acústico al ruido aéreo entre locales*.

UNE-EN-ISO 140-5. (1999) *Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Medición "in situ" del aislamiento acústico al ruido aéreo de elementos de fachada y de fachadas*.

UNE-EN-ISO 140-7. (1999) *Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medición "in situ" del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos*.

UNE-EN-ISO 717-1:1997/AM 1:2006 (2007) *Evaluación del aislamiento acústico en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. Modificación 1: Normas de redondeo asociadas con los índices expresados por un único número y con las magnitudes expresadas por un único número*.

UNE-EN-ISO 717-2:1996/AM 1:2006 (2007) *Evaluación del aislamiento acústico en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos. Modificación 1*.