

INDICE

	Página
1. Introducción	3
2. Descripción del complejo Juvenil	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Descripción de los recintos	7
3. Aislamiento Acústico	9
3.1. Exigencias CTE-DB HR	9
3.2. Zonificación del complejo Juvenil	11
3.3. Aislamiento a ruido aéreo	12
3.3.1. Trabajo de campo realizado	12
3.3.2. Sala de grabación – sala de control	14
3.3.3. Sala de grabación – vestíbulo de acceso	15
3.3.4. Locales de ensayo anexos	16
3.3.5. Sala de conciertos – acceso central	17
3.3.6. Sala de conciertos – centro de juventud	18
3.4. Conclusiones	19
3.4.1. Sala de conciertos	19
3.4.2. Estudio de grabación	21
3.4.3. Salas de ensayo	24
4. Acondicionamiento Acústico	26
4.1. Exigencias CTE-DB HR	26
4.2. Objetivos del acondicionamiento acústico	26
4.3. Acondicionamiento acústico de los recintos ruidosos	29
4.3.1. Trabajo de campo realizado	29
4.3.2. Sala de conciertos	30
4.3.3. Sala de grabación	36
4.3.4. Sala de control de grabación	42
4.3.5. Sala de ensayo numero 6	49
4.3.6. Resto de salas de ensayo	56
5. Anexos	61

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto trata sobre el estudio del acondicionamiento acústico de una serie de recintos destinados a varios usos musicales: salas de ensayo, estudio de grabación y sala para actuaciones en directo.

La construcción en la cual se hallan los distintos recintos, fue inaugurada en 2003, con el propósito de concentrar en un espacio las necesidades de las bandas de música de la localidad. Principalmente se trata de grupos de Rock, Pop y fusión de otros muchos estilos musicales en los cuales predomina la utilización de instrumentos electro-acústicos (guitarra eléctrica, bajo eléctrico, sintetizadores...), que necesitan de apoyo eléctrico para funcionar. Obviamente también se utilizan instrumentos “pasivos”, como percusiones, batería o vientos, entre otros, que no por ello dejan de emitir un fuerte nivel sonoro, sobretodo en ciertos instrumentos como cajas o timbales.

Dicho esto, no hace falta resaltar que, siempre variando según el estilo musical, existirán problemas que en otro tipo de construcciones destinadas a otros usos no se dan, es decir, problemas acústicos.

A groso modo, existen dos problemas desde el punto de vista acústico:

- Problemas de aislamiento acústico
- Problemas de acondicionamiento acústico.

La diferencia primordial entre ambos es que los problemas de aislamiento acústico afectan a terceros y los problemas de acondicionamiento acústico afectan a el mismo usuario.

Los problemas derivados por defectos en el aislamiento acústico, son muy frecuentes, sobre todo en construcciones plurifamiliares. No obstante, en la vida cotidiana el acondicionamiento acústico no supone un problema en el día a día como si puede ser para los músicos, que pasan gran parte de su tiempo ensayando, escuchando, creando, analizando, etc. Un mal acondicionamiento acústico puede suponer frustraciones, fallos, incluso dolores a un músico si existen problemas acústicos como escuchar ecos, excesiva reverberación o estridencia.

Por ello, las construcciones destinadas a este tipo de usos, deben proyectarse y estudiarse con el fin de garantizar un determinado confort acústico, sin dejar de lado el aislamiento acústico, ya que se trata también de un uso potente en cuanto a la presión sonora que provoca y que si no se entra al detalle pueden provocar problemas con soluciones difíciles y costosas.

En cuanto a la construcción, los usos que tiene son los siguientes:

- Centro de información juvenil (CIJ)
- Casa de la juventud (Sauqala)
- Sala de ordenadores con acceso internet
- Bar- Cafetería
- Aseos
- Estudio de grabación

- 6 salas de ensayo
- Sala de conciertos

El objeto de mi proyecto, como su nombre indica, tratara de mejorar las condiciones de acondicionamiento acústico de los últimos tres puntos: salas de ensayo, estudio de grabación y sala polivalente, pero sin dejar de lado la otra parte importante que surge de las actividades que se originan en dichos recintos: el aislamiento acústico.

Cabe destacar que aunque las intenciones eran buenas, no se tuvieron en cuenta las necesidades de los usuarios de estas tres instalaciones, puesto que, como suele ser normal en construcciones demandadas por la administración, prima siempre la estética antes que la funcionalidad.

Primero analizaremos las características de aislamiento acústico que existen, después estudiaremos las características de acondicionamiento existentes y actuaremos de forma teórica para mejorar dichos defectos.

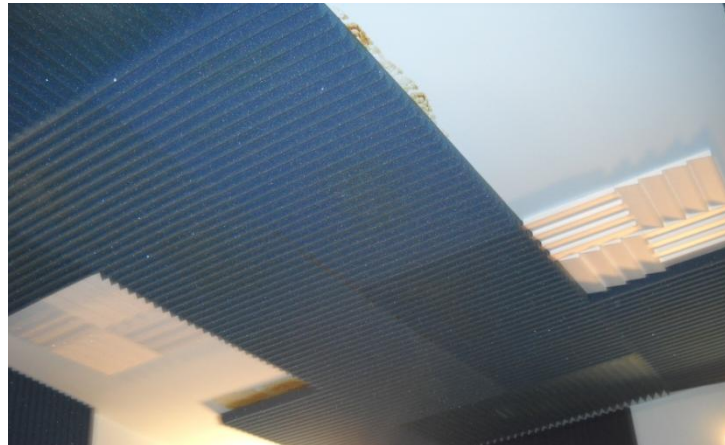
2. DESCRIPCION DEL COMPLEJO JUVENIL

2.1 ANTECEDENTES

Una vez inaugurado el complejo, gozo de una gran aceptación a priori, ya que suponía un gran avance para las asociaciones y grupos musicales de la localidad, algo que después de los primeros usos de los locales de ensayo y la sala de conciertos comenzó a formalizar una queja generalizada de todos los usuarios, entre los cuales me incluyo, y ha sido un hecho fundamental que me ha motivado realizar este proyecto e intentar solucionar dichos problemas.

De los recintos a estudiar en este proyecto, predomina el uso de los **locales de ensayo**. Durante los primeros ensayos se llego a la conclusión por parte de todos los usuarios que tenia deficiencias y aspectos que no se habían tenido en cuenta, siempre en el aspecto de acondicionamiento. Es por ello que el ayuntamiento encargó que se tomaran las medidas necesarias, algo que no tengo constancia de si se realizo un estudio previo o simplemente se colocaron sin más, varios metros cuadrados de paneles fonoabsorbentes de espuma de poliuretano en cada local. A priori, parece que no hubiera un estudio previo, o en caso de que

si lo hubiera, no fue exhaustivo ya que en todos los locales se colocaron los mismos metros cuadrados de paneles absorbentes, realizando una forma más bien estética que funcional. Lamentablemente los problemas persistían pese a las soluciones adoptadas. Estos problemas surgen a raíz de un mal diseño inicial, en el que se



destaca una altura exagerada de 3'15 m cuando con 2'5 m seria más que suficiente.

En cuanto a la **sala de conciertos** cabe resaltar que se realizo, al mes de ser inaugurado el complejo, una “mostra musical jove de Alaquas 2003” en la cual yo participaba con mi grupo junto con otros muchos de la localidad. En cuanto se realizo la prueba de sonido por la tarde, el mismo día del concierto, ya quedaron claras las deficiencias acústicas de la sala en cuanto a acondicionamiento se refiere. Esto se debe a que la totalidad de las paredes eran de yeso laminado incluyendo el techo, y no había absorbente ninguno proyectado desde el inicio.

Una vez formalizadas las quejas, tanto de los locales como de la sala de conciertos, se realizaron las consiguientes reformas acústicas, que en el caso de la sala de conciertos consistió en colocar paneles fonoabsorbentes de espuma de poliuretano en el techo, a modo de “tablero de ajedrez” alternando panel con yeso laminado, como se muestra en la imagen:



Evidentemente no es suficiente para conseguir una buena acústica del recinto, ya que estos paneles absorben mayoritariamente agudos, y las paredes, que a día de hoy tampoco han sido intervenidas hacen que los graves sigan teniendo tiempos de reverberación demasiado altos lo cual crea una desigualdad entre brillo y calidez, algo que debemos evitar.

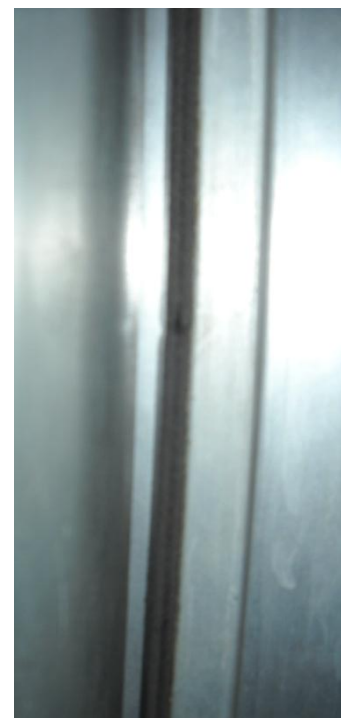
Pasando al **estudio de grabación**, consta de dos salas, una para la grabación y otra para el control de dicha grabación. Estas salas no fueron intervenidas cuando se intervino en los demás recintos ruidosos descritos y, a día de hoy, está totalmente inservible como estudio de grabación por las exageradas deficiencias acústicas que tienen. De las 6 caras que podemos resumir de la sala de grabación, al igual que en la sala de control de grabación, 5 son de yeso laminado y solamente el suelo es absorbente debido a la colocación de una moqueta como suelo del recinto. Es por eso que nunca se ha realizado ninguna grabación, ni es interesante para los grupos grabar ahí, y que se haya tomado la decisión de tomarlos como dos locales mas de ensayo. Claramente son los dos peores locales de ensayo ya que ni siquiera les han colocado los paneles absorbentes de espuma de poliuretano que se colocaron en los demás recintos del mismo uso.



El único absorbente que se ha colocado después de la inauguración es el que sale en la imagen y se debe a que con esas moquetas tapan los vidrios de comunicación visual entre la sala de grabación y la sala de control.

Todos los aspectos negativos son referentes a la acústica interior de los recintos. En cuanto a los aspectos relacionados a aislamiento, si que nos encontramos ante una construcción bastante eficiente. A día de hoy, solo sería necesario colocar de nuevo las esponjas de las puertas que con el paso del tiempo, como es lógico, han perdido estanqueidad y escapa parte del ruido que se genera en el interior, y alguna pequeña reforma como independizar vestíbulos de acceso, para aumentar el nivel de aislamiento entre locales anexos

Cabe resaltar que, debido al alto volumen que se genera dentro de un recinto cuando se está ensayando, el ruido que se genere en el local anexo no se percibe a no ser que se esté en silencio, algo que digamos hace menos exhaustivo el aislamiento. Lo que si que debería tomarse más en cuenta es el nivel transmitido al estudio de grabación, sobre todo a la sala de grabación ya que



para un correcto funcionamiento debería tener un nivel de ruido de fondo lo más bajo posible dentro de las posibilidades. Claramente no es una prioridad del complejo hoy en día, puesto que se utiliza con dos locales mas de ensayo, pero en este proyecto se va a tomar como estudio y no como locales de ensayo, lo cual cambiara el diseño del mismo.

2.2 DESCRIPCION DE RECINTOS

Como se ha especificado en la introducción, el edificio pertenece al ayuntamiento de Alaquás y está destinado al Área de Juventud del mismo. Existen varios usos dentro del mismo, pero aplicando el CTE DB-HR tenemos las siguientes tipologías.

Recinto habitable: Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

1. habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
2. aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente.
3. quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario.
4. oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo.
5. cocinas, baños, aseos, pasillos. distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso.
6. cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores

Recinto protegido: Recinto habitable con mejores características acústicas. Se consideran recintos protegidos los recintos habitables de los casos 1), 2), 3), 4).

Recinto no habitable: aquellos no destinados al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas.

Recinto ruidoso: Recinto, de uso generalmente industrial, en nuestro caso; musical, cuyas actividades producen un nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, en el interior del recinto, mayor que 80 dBA.

Recinto de actividad: Aquellos recintos, en los edificios de uso residencial (público y privado), hospitalario o administrativo, en los que se realiza una actividad distinta a la realizada en el resto de los recintos del edificio en el que se encuentra integrado, siempre que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, del recinto sea mayor que 70 dBA. Por ejemplo, actividad comercial, de pública concurrencia, etc.

En nuestro caso, tenemos:

- **9 recintos ruidosos:**
 - 6 locales de ensayo, estudio con cabina y sala de grabación y sala de conciertos
- **8 recintos habitables no protegidos:**
 - 1 sala de ordenadores, 1 sala de juventud, 1 centro de información juvenil, 3 baños y 2 camerinos

- **1 recinto de actividad:**
Bar Restaurante, actualmente usado como 1 sala de juventud más.
- **8 recintos no habitables:**
2 almacenes, 5 vestíbulos previos y 1 pasillo central abierto al exterior que comunica con todas las estancias o vestíbulos.

No disponemos de recintos protegidos puesto que no se trata de un edificio de viviendas, de docencia u hospitalario, y la única oficina existente es un centro de información juvenil utilizada como conserjería y permanece abierta siempre que el complejo juvenil permanece abierto. Por tanto no se trata de un edificio puramente administrativo (caso en el cual entraría a formar parte de recintos protegidos con características acústicas especiales), aunque dependa de él, ya que el uso es en su totalidad es juvenil y goza de ciertas ventajas en cuanto a ruido se refiere debido a las actividades que se realizan en ella.

3. AISLAMIENTO ACUSTICO

3.1 EXIGENCIAS CTE-DB HR

Según el código técnico, el aislamiento a ruido aéreo se determina según los usos de los recintos y sus características. En nuestro caso, estamos analizando exclusivamente los recintos destinados a usos musicales tanto de ensayo, grabación como de actuaciones en directo, es decir, recintos ruidosos.

De estos recintos no se especifica cual debe ser ese valor mínimo de aislamiento, pero establecemos como bueno un valor mínimo de 60 dBA. Esta cifra es superior a la mas restrictiva que aparece dentro de los valores límite de aislamiento, el cual es de 55 dBA entre un local protegido y un recinto de actividad o de instalaciones, como se especifica en el apartado 2.1.1 – a) III) (pagina 8, CTE-DB HR)

a) **En los recintos protegidos:**

- i) 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, R_A , de la *tabiquería* no será menor que 33 dBA.
- ii) Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma *unidad de uso*:
 - El *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{nT,A}$, 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, ponderado A, R_A , de éstas no será menor que 30 dBA y el índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , del cerramiento no será menor que 50 dBA.

iii) **Protección frente al ruido generado en recintos de instalaciones y en recintos de actividad:**

- El *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{nT,A}$, entre un *recinto protegido* y un *recinto de instalaciones* o un *recinto de actividad*, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 55 dBA.
- iv) Protección frente al ruido procedente del exterior:
 - El *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{2m,nT,Atr}$, entre un *recinto protegido* y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 2.1, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día, L_d , definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de la zona donde se ubica el edificio.

“El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$, entre un recinto protegido y un recinto de instalaciones o un recinto de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 55 dBA.”

De esta forma, no tiene sentido que calculemos el valor de aislamiento que se debe conseguir para que el ruido de fondo no afecte al correcto uso de estas instalaciones, y por tanto cumplir las exigencias la tabla 2.1 **“Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$ en dBA, entre un recinto protegido y l exterior, en función del índice de ruido día, L_d ”** (página 9, CTE –DB HR) ya que estamos ante unos recintos que en todo caso, si que pueden afectar al resto de recintos destinados a otro uso, para ello hemos autoexigido un valor de aislamiento $D_{nT,w}$ de 60 dBA.

Este valor sigue siendo superior al que se exige mediante tabla:

“Respecto a Alaquas, en 1998 la Diputación de Valencia elaboro un mapa sónico, en el que se reflejan los niveles sonoros de las principales vías transitadas por el tráfico. Los niveles más altos recogidos corresponden al tramo céntrico de la avenida Pablo Iglesias y Blasco Ibáñez, así como la calle Cuenca y la avenida del País Valencia, con un promedio de 73’1 a 76’9 dBA, niveles que suponen un grado de afectación entre intrusivo y molesto para los ciudadanos.”

Nos encontramos en una instalación situada en el último tramo de la avenida Blasco Ibáñez, con lo cual nos acogemos al valor de 73’1 dBA, ya que no nos encontramos en el tramo céntrico de la misma avenida.

Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d .

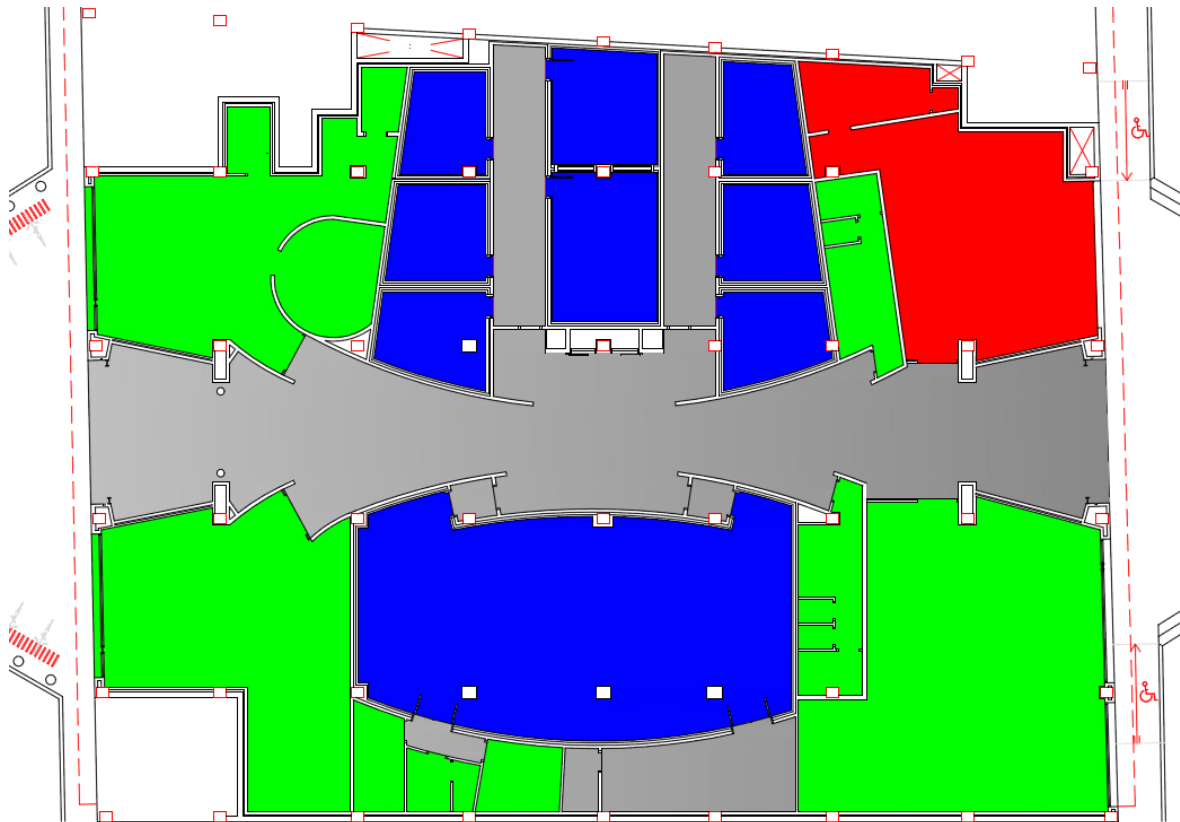
L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

⁽¹⁾ En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Por tanto consideramos como óptimo el valor DnT, A de 60 dBA de aislamiento entre recintos ruidosos o de distinto uso.

3.2 ZONIFICACION DEL COMPLEJO JUVENIL

En la siguiente imagen se muestra la distribución de los recintos y su tipología:



Zonificación de recintos:

- RECINTO DE ACTIVIDAD
- RECINTO HABITABLE
- RECINTO NO HABITABLE
- RECINTO RUIDOSO

A continuación se procederá a comprobar el aislamiento de una serie de paramentos del complejo que están en contacto con los recintos ruidosos.

3.3 AISLAMIENTO A RUIDO AEREO DEL COMPLEJO JUVENIL

3.3.1. Trabajo de campo realizado

En el siguiente apartado comenzamos con uno de los dos apartados mas importantes del proyecto, las condiciones reales de aislamiento de los recintos ruidosos del complejo.

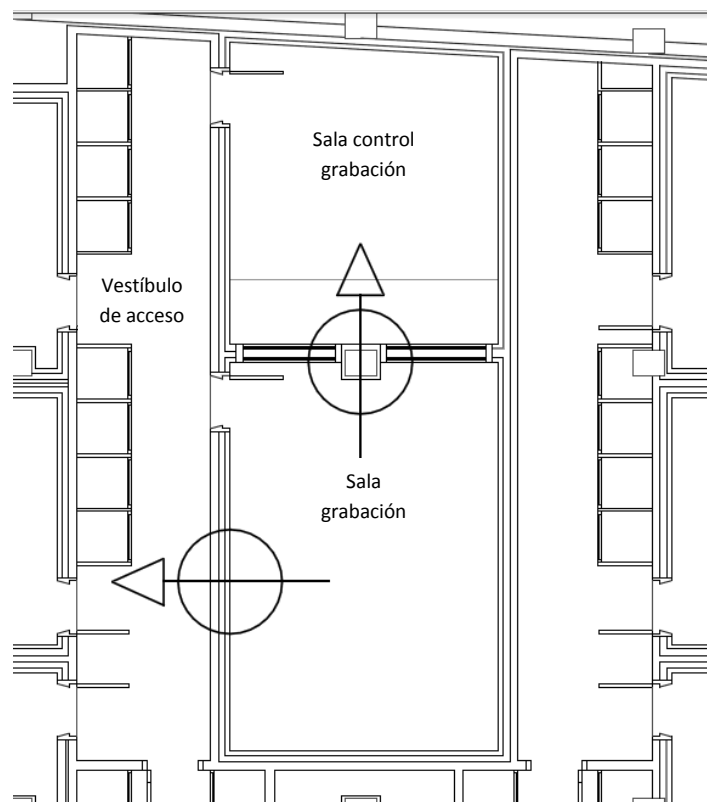
Debido a los diferentes usos que se dan en dicho complejo, se van a analizar una serie de recintos y sus correspondientes elementos de separación con el fin de llegar a conclusiones varias, según se hable de un recinto u otro y de sus particularidades.

Las mediciones se han realizado según la norma UNE-EN ISO 140-4 y UNE-EN ISO 717-1, Medición "in situ" del aislamiento a ruido aéreo entre locales.

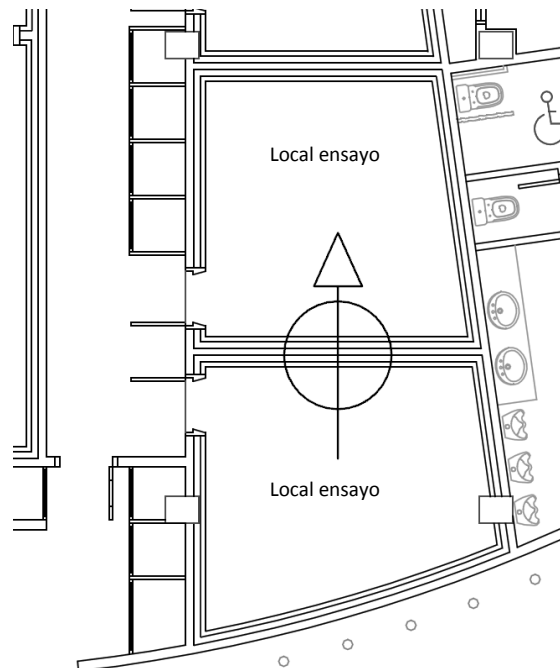
En el siguiente esquema se muestran los trasdosados analizados. Los resultados completos y cálculos de la medición se muestran en el anexo. La dirección de la flecha indica cual es el local receptor (punta de flecha) y cual es el local emisor (línea).

Aislamiento entre:

1. Sala control de grabación y Sala de grabación.
2. Sala de grabación y Vestíbulo de acceso.

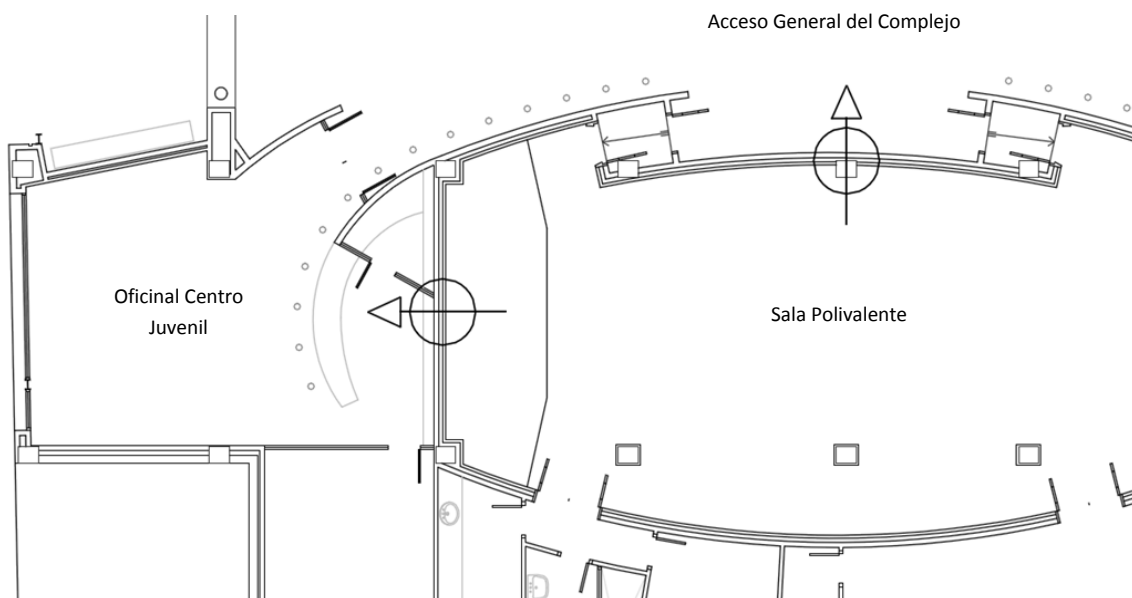


3. Local de ensayo y local de ensayo anexo.



4. Sala polivalente y acceso principal del complejo.

5. Sala polivalente y oficina de juventud.

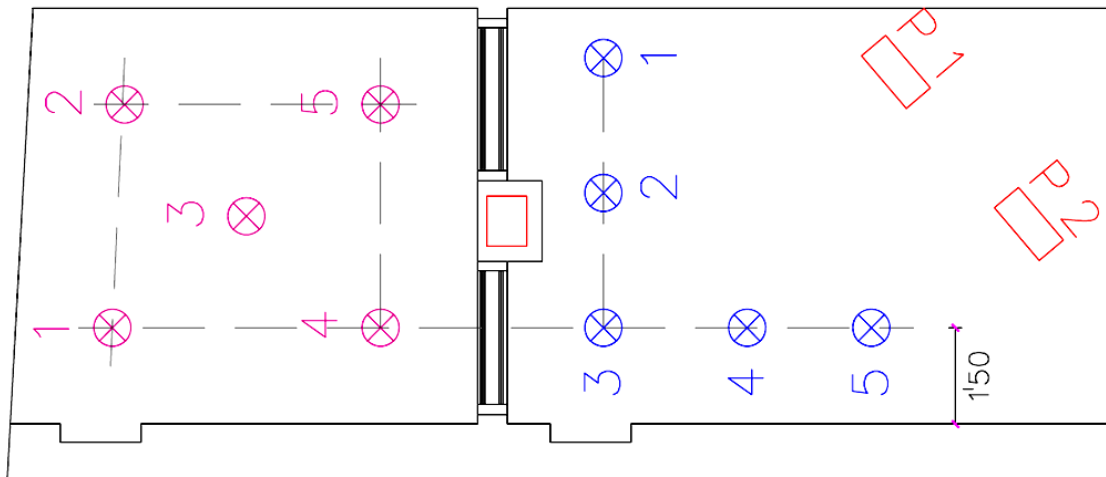


A continuación analizaremos uno a uno los trasdosados expuesto a medición y las conclusiones que se extraen de ellas. Se expondrán únicamente los resultados obtenidos de la medición siguiendo la norma, los cálculos se adjuntaran en el anexo.

3.3.2 Aislamiento a ruido aéreo entre sala de control de grabación y sala de grabación.

Se trata de un estudio de grabación clásico, que cuenta con dos recintos, uno para el control de la grabación y otro para la grabación en si. Para analizar el paramento que los separa, hemos colocado la fuente emisora de ruido rosa en la sala de grabación en dos posiciones y hemos tomado 5 medidas por cada posición de la fuente en el recinto emisor (sala de grabación) y otras 5 medidas por cada posición de la fuente en el recinto receptor (sala de control de grabación), los cuales se han mediado de forma logarítmica, para obtener 2 niveles: L1 (recinto emisor) y L2 (recinto receptor).

Para la obtención de la medida de aislamiento, además, se han tenido que medir el tiempo de reverberación T20 de la sala de control (recinto receptor) y el volumen de la misma, tanto como la superficie separadora entre ambos recintos.



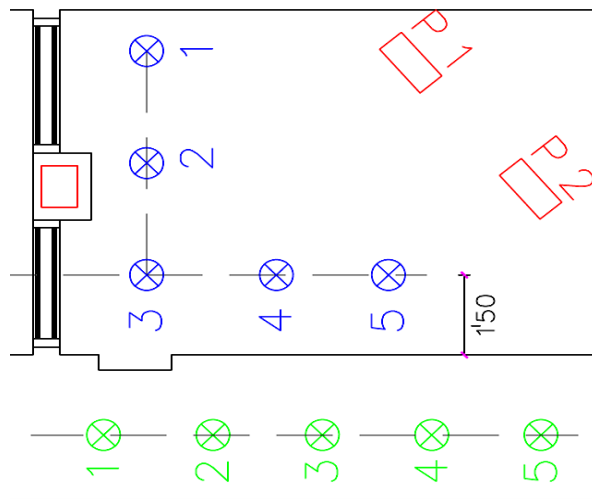
CONTROL DE GRABACION	AREA RECINTO	19,51 m ²
	ALTURA	3,15 m
	SUPERFICIE SEPARADORA	13,23 m ²
	VOLUMEN RECINTO RECEPTOR	61,46 m ³

	500 Hz
Referencia	52,0 dB
DnT	46,2 dB
Ref. Desplazada -4	48,0 dB

3.3.3 Aislamiento a ruido aéreo entre sala de grabación y vestíbulo de acceso.

Al igual que con los locales de ensayo, el acceso al estudio se realiza a través de un vestíbulo a modo de pasillo que comunica con 3 locales de ensayo y los dos recintos correspondientes al estudio. Para calcular el aislamiento del paramento que los separa se ha generado el ruido rosa en el mismo recinto que en la anterior medición, en la sala de grabación, aprovechando las posiciones de la fuente emisora para medir también en el vestíbulo. Se han tomado 5 medidas en cada posición de la fuente, las cuales se han mediado de forma logarítmica, para obtener 2 niveles: L1 (recinto emisor) y L2 (recinto receptor).

Para la obtención de la medida de aislamiento, además, se han tenido que medir el tiempo de reverberación T20 del vestíbulo de acceso (recinto receptor), el volumen de la misma, y la superficie separadora entre ambos recintos.

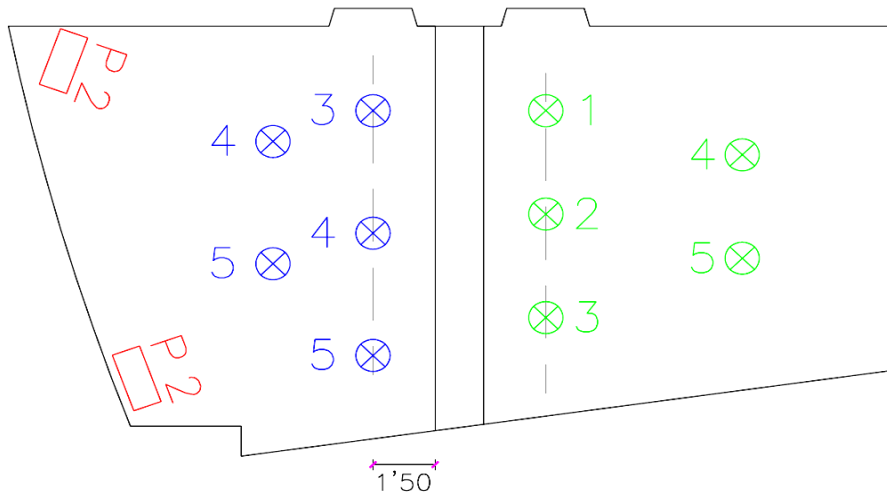


VESTIBULO ACCESO	AREA RECINTO	23,68 m ²
	ALTURA	3,15 m
	SUPERFICIE SEPARADORA	19,85 m ²
	VOLUMEN RECINTO RECEPTOR	74,59 m ³

	500 Hz
Referencia	52,0 dB
DnT	43,6 dB
Ref. Desplazada -9	43,0 dB

3.3.4 Aislamiento a ruido aéreo entre locales de ensayo anexos.

En este caso, el paramento analizado es el correspondiente a la separación de dos locales de ensayo. Al igual que en las anteriores mediciones, se ha generado ruido rosa en uno de los recintos, tomando dos posiciones de la fuente y 5 medidas en cada posición, tanto en el recinto receptor como en el emisor. Al igual que en las otras mediciones, se ha medido la superficie del paramento que separa dichos locales, el volumen del local receptor y su tiempo de reverberación T20 como indica la norma correspondiente.



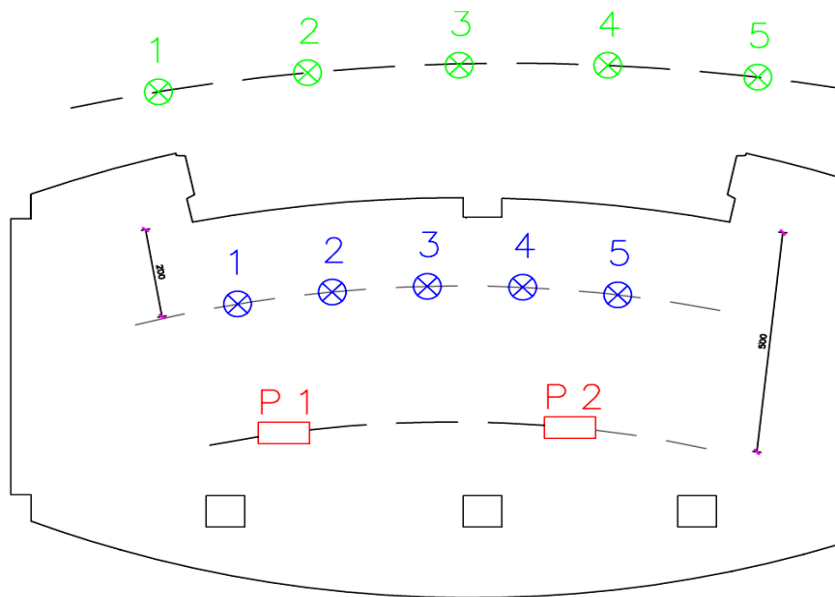
CONTROL DE GRABACION	AREA RECINTO	14,48	m ²
	ALTURA	3,15	m
	SUPERFICIE SEPARADORA	12,6	m ²
	VOLUMEN RECINTO RECEPTOR	45,612	m ³

	500 Hz
Referencia	52,0 dB
DnT	59,1 dB
Ref. Desplazada +1	53,0 dB

3.3.5 Aislamiento a ruido aéreo entre sala de conciertos y acceso central del complejo.

Para la medición del aislamiento del paramento que separa la sala polivalente del acceso principal del complejo juvenil, se ha colocado la fuente emisora de ruido rosa dentro de la sala. Como en las otras mediciones, se han tomado 5 medidas en cada una de las dos posiciones de la fuente, tanto dentro del recinto emisor, como en el recinto receptor.

Al igual que en las otras mediciones, se ha medido la superficie del paramento que separa dichos locales, el volumen del local receptor y su tiempo de reverberación T20 como indica la norma correspondiente.



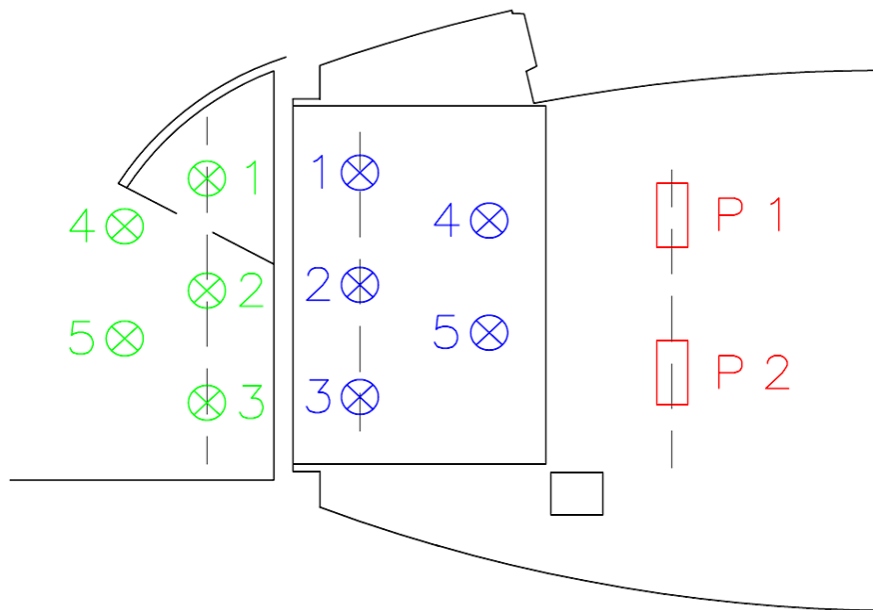
CONTROL DE GRABACION	AREA RECINTO	140,70	m ²
	ALTURA	3,30	m
	SUPERFICIE SEPARADORA	57,35	m ²
	VOLUMEN RECINTO RECEPTOR	464,31	m ³

	500 Hz
Referencia	52,0 dB
DnT	38,4 dB
Ref. Desplazada -10	42,0 dB

3.3.6 Aislamiento a ruido aéreo entre sala de conciertos y centro de juventud.

Al igual que en la medición anterior, el recinto emisor ha sido la sala de conciertos, con la diferencia de la colocación de la fuente emisora de ruido rosa más cercana, pero no demasiado, al paramento que se quiere analizar. Se han tomado 5 mediciones por cada una de las dos posiciones de la fuente, tanto en el local emisor como en el receptor.

Al igual que en las otras mediciones, se ha medido la superficie del paramento que separa dichos locales, el volumen del local receptor y su tiempo de reverberación T20 como indica la norma correspondiente.



CONTROL DE GRABACION	AREA RECINTO	65,25	m ²
	ALTURA	3,30	m
	SUPERFICIE SEPARADORA	22,11	m ²
	VOLUMEN RECINTO RECEPTOR	215,33	m ³

	500 Hz
Referencia	52,0 dB
DnT	59,0 dB
Ref. Desplazada +5	57,0 dB

3.4 CONCLUSIONES AISLAMIENTO DE LOS RECINTOS RUIDOSOS

3.4.1 Sala de conciertos

En la sala de conciertos se tomaron dos mediciones en distintos recintos receptores, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- **Recinto receptor: Pasillo central** DnT,W= 42 dBA

Como podemos comprobar, no llegamos a los 60 dBA que nos habíamos propuesto. Ello no quiere decir que nos encontremos ante un paramento no adecuado a las condiciones acústicas que se requieren, ya que la diferencia entre el ruido de fondo del local receptor y la medida realizada en el mismo local con la fuente de ruido rosa encendida, es mayor en algunas frecuencias y menor en otras, según el ruido de fondo que se haya encontrado en el momento de la medición.

Esto se debe a una de las características principales del complejo, y es que consta de un pasillo central que comunica con todos los habitáculos, que está abierta siempre por ambos lados de acceso y comunican directamente con el ruido procedente del tráfico rodado de la una de las avenidas principales de la localidad (avenida Blasco Ibáñez) y a otra calle con acceso rodado, pero menos importante y con menos afluencia. En la siguiente tabla se muestran las medidas realizadas en el local receptor:

	125	250	500	1k	2k	4k
L2	55,9	55,0	54,5	52,8	51,9	37,7
Br	53,7	57,0	61,9	52,6	50,3	50,1
L2 - Br	2,3	-2,0	-7,4	0,2	1,7	-12,4

*El resultado de todas las frecuencias se encuentra en el anexo correspondiente

Como se observa, no se pueden sacar unas conclusiones reales del nivel de aislamiento del paramento analizado. Lo que si podemos afirmar es que el aislamiento mínimo del paramento es 37 dBA, que es la diferencia entre las medidas dentro del local emisor y las del local receptor. Como conclusión personal añadiría que no se requeriría una reforma de la construcción ya que el ruido generado dentro del recinto emisor no afecta para nada a efectos prácticos la actividad que se ejercía en el local emisor. Esto se debe a que aparte de tener unos paramentos correctos, dispone de vestíbulos previos absorbentes que minimizan los efectos adversos que provocan las puertas de acceso.

Claramente se ha jugado con el efecto que provoca que el complejo tenga esa característica de accesibilidad y transparencia, ganando también en el terreno del ruido que se provoca y además direccionándolo también a la gente joven, que sugiere siempre mas actividad y porque no, mayor ruido que en otros edificios administrativos destinados a otros usos.

- **Recinto receptor: Centro de información juvenil** DnT,W= 57 dBA

Como podemos comprobar, aquí tampoco llegamos a los 60 dBA que nos habíamos propuesto. Como en el anterior caso, tampoco quiere decir que nos encontremos ante un paramento no adecuado a las condiciones acústicas que se requieren, ya que la diferencia entre el ruido de fondo del local receptor y la medida realizada en el mismo local con la fuente de ruido rosa encendida, también es mayor en algunas frecuencias y menor en otras, según el ruido de fondo que se haya encontrado en el momento de la medición.

Esto se debe a una de las características principales del complejo, y es que consta de un pasillo central que comunica con todos los habitáculos, incluido el que ahora es objeto de análisis respecto al recinto emisor, que además tiene la particularidad de que permanece siempre con la puerta abierta, ya que actúa también como conserjería del complejo y donde accede directamente el ruido procedente del tráfico rodado de la avenida y de la calle paralela. En la siguiente tabla se muestran las medidas realizadas en el local receptor:

	125	250	500	1k	2k	4k
L2	47,2	43,7	42,8	44,3	33,9	36,7
Br	50,8	50,5	48,7	38,0	44,5	31,0
L2 - Br	-3,6	-6,8	-5,9	6,3	-10,6	5,7

*El resultado de todas las frecuencias se encuentra en el anexo correspondiente

Como se observa, no se pueden sacar unas conclusiones reales del nivel de aislamiento del paramento analizado. Lo que sí podemos afirmar es que el aislamiento mínimo del paramento es 57 dBA, que se acerca mucho a los 60 dBA que teníamos como objetivo y que es la diferencia entre las medidas dentro del local emisor y las del local receptor. Como conclusión personal añadiría, al igual que en la anterior medición, que no se requeriría una reforma de la construcción ya que el ruido generado dentro del recinto emisor no afecta para nada a efectos prácticos la actividad que se ejercía en el local emisor. Esto se debe a que aparte de tener unos paramentos correctos, dispone de vestíbulos previos absorbentes que minimizan los efectos adversos que provocan las puertas de acceso.

- **Afección a edificios medianeros:**

El diseño del complejo ha sido estudiado de forma que nunca haya un paramento que dé directamente a la medianera con el edificio anexo. En este caso, las estancias intermedias entre la sala de conciertos y el edificio medianero son los camerinos y almacenes, y la separación entre la sala y los recintos intermedios se han realizado con el mismo paramento que el exterior, de 24 cm de ancho con una solución híbrida, auto portante en una cara (yeso laminado) y tradicional en la otra (fabrica de ladrillo revestido). Tampoco se afecta a las estancias superiores puesto que esta destinado a un parking de coches en altura.

3.4.2 Estudio de grabacion

En la sala de grabación se tomaron dos mediciones en distintos recintos receptores, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- **Recinto receptor: Sala de control de grabación** DnT,W= 48 dBA

En este caso, tampoco llegamos a los 60 dBA que teníamos como objetivo. Hay varios motivos por los cuales podríamos estar ante un defecto de ejecución más que ante un defecto de dimensionado de los paramentos y su aislamiento. En todos los estudios de grabación, debe haber un cableado que pase de un recinto al otro, y este debe tenerse muy en cuenta para que se transmita el menor ruido posible de uno a otro. En este caso, como se muestra en la fotografía, el cableado se pasaría de un recinto a otro mediante un simple esparrago utilizado para numerosas instalaciones de tipo eléctrico. Claramente no se han adoptado las medidas necesarias y muestra de ello es que, en el momento de la medición con el generador de ruido rosa encendido en la sala de grabación, movíamos el esparrago haciendo círculos y



FOTO DE ESPARRAGO

percibíamos una variación del ruido de fondo en la sala de control. A parte, el vestíbulo de acceso es común tanto para la sala de grabación como para la sala de control y los locales recayentes a esa zona. Esto sumado al desgaste de las esponjillas de las puertas de acceso que se encargan de aumentar la estanqueidad de los recintos hace que los niveles de aislamiento se vean mermados. Con el simple hecho de independizar los vestíbulos de acceso, hacerlos absorbentes para que no se realimente el ruido generado y cambiar las esponjillas de estanqueidad de las puertas, obtendríamos un valor que como mínimo se acercaría mucho a los 60 dBA que proponemos en un principio, si no lo supera, que tampoco es tan descabellado.

- **Recinto receptor: Vestíbulo de acceso común** DnT,W= 43 dBA

Como comprobamos, el aislamiento está lejos de los 60 dBA que tenemos como objetivo. A parte del defecto expuesto anteriormente referente al desgaste de la esponjilla que, en caso de estar en buen estado, ayuda a conseguir una mejor estanqueidad en el recinto emisor, tenemos que el vestíbulo de acceso a todos los recintos no es absorbente. Esto hace que el nivel medido en dicho vestíbulo se vea afectado por un extra de nivel aportado por la reverberación que existe. Una forma de disminuir este valor es colocar absorción



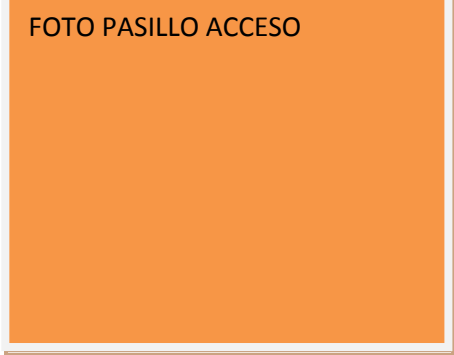
FOTO PASILLO ACCESO

- **Afección a edificios medianeros:**

El diseño del complejo ha sido estudiado de forma que nunca haya un paramento que dé directamente a la medianera con el edificio anexo. En este caso, las estancias intermedias entre la sala de conciertos y el edificio medianero son los camerinos y almacenes, y la separación entre la sala y los recintos intermedios se han realizado con el mismo paramento

que el exterior, de 24 cm de ancho con una solución híbrida, auto portante en una cara (yeso laminado) y tradicional en la otra (fabrica de ladrillo revestido). Tampoco se afecta a las estancias superiores puesto que esta destinado a un parking de coches en altura.

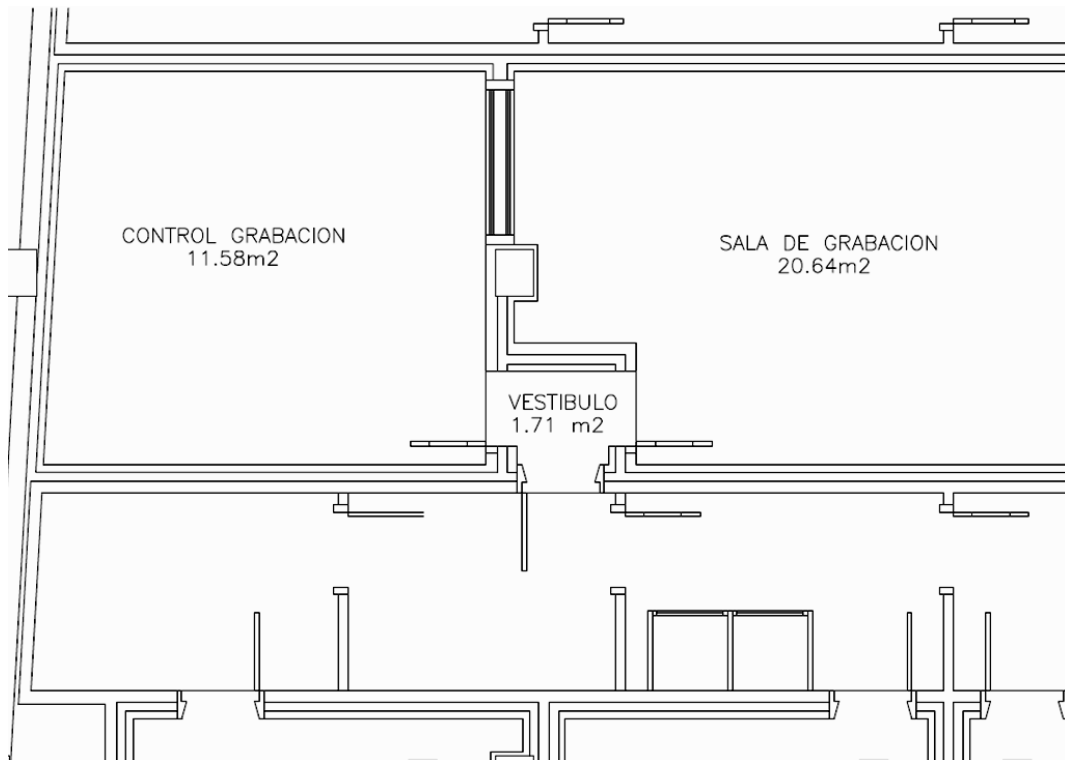
n, típicamente utilizando moqueta como revestimiento de paredes. En este caso, nos encontramos ante un recinto no habitable, ya que su uso está destinado a la mera comunicación del exterior a los recintos ruidosos y la presencia de personas allí es ocasional y por cortos periodos de tiempo. Por ello no se le exigen los 60 dBA al igual que al resto de recintos, pero si que es recomendable hacerlos absorbentes porque el nivel transmitido al resto de recintos si que puede verse afectado, más si cabe cuando en todas las puertas de acceso tenemos el problema de las esponjillas de estanqueidad de las puertas.



- **Mejoras propuestas:**

Como mejora se propone una solución, que es muy costosa realizar una vez se ha ejecutado el estudio de grabación, pero que si se hubiera proyectado antes de realizarlo, hubiera supuesto un ligero aumento de coste con unas repercusiones mucho mejores en cuanto a aislamiento se refiere:

Esta solución consta de descartar el acceso independiente a cada uno de los dos recintos que forman el estudio y los centraliza en un único acceso a un vestíbulo común absorbente, y desde este se accede a los dos recintos:



Con este diseño, se ha prescindido de una de las ventanas de comunicación visual entre la sala de control y la de grabación, puesto que no es necesario tener dos, y se le ha recortado no llega a dos metros cuadrados de superficie útil de la sala de grabación para ejecutar dicho acceso. Las puertas seguirían siendo las mismas que estaban proyectadas puesto que no es el principal problema de aislamiento, sino más bien la esponjilla de estanqueidad, y además, el vestíbulo común se dividiría en 4 vestíbulos independientes, cada uno para su acceso a los diferentes recintos (local 1, 2 y 3 y estudio de grabación) de forma que entre la sala de grabación y cualquier local de ensayo que en ese momento este generando ruido, hubieran como mínimo 4 puertas. De esta forma es casi seguro que lograríamos los 60 dBA de aislamiento deseado.

Para lograr un mejor comportamiento de los vestíbulos se recomienda también que sean absorbentes todos ellos.

- **Afección a edificios medianeros:**

El diseño del complejo ha sido estudiado de forma que nunca haya un paramento que dé directamente a la medianera con el edificio anexo. En este caso, las estancias intermedias entre los locales de ensayo y estudio de grabación respecto al edificio medianero es una planta baja en la cual hay construida una rampa que da acceso a los vehículos al parking en altura que se dispone encima del complejo juvenil. A parte, la separación entre los recintos descritos se han realizado con el mismo paramento que el exterior, de 24 cm de ancho con una solución híbrida, auto portante en una cara (yeso laminado) y tradicional en la otra (fabrica de ladrillo revestido), con cámara de aire y lana de roca de 5 cm en el interior.



3.4.3. Salas de ensayo

Respecto a los locales de ensayo se tomo una medición generando ruido en un local, para comprobar el nivel que se recibía en el local contiguo y determinar su aislamiento.

- **Recinto receptor : local de ensayo anexo** $D_{nT,W} = 53$ dBA.

Nos encontramos ante un valor bastante alto, pero que no llega a los 60 dBA que teníamos como objeto. Las posibles causas de que no llegemos a dicha cifra con un paramento que suponemos bien calculado, pueden ser varias.

Una de ellas es la comentada en las anteriores conclusiones, referente a la esponjilla que una vez desgastada, afecta a la estanqueidad del recinto, que hace que las transmisiones aumenten. Además el vestíbulo de acceso a los dos recintos es el mismo y junto con esta falta de estanqueidad y que no es absorbente dicho acceso, puede darse transmisiones indirectas que afectan notablemente al valor de aislamiento



Otra causa puede ser, como en todos los casos, un defecto en la ejecución de los paramentos, que además en este caso se trata de un paramento de 24 cm, auto portante de yeso laminado por las dos caras con cámara de aire y 5 cm de lana de roca.

Es difícil pensar que hayan deficiencias acústicas debido a una mala ejecución de los conductos de ventilación y aire acondicionado puesto que son independientes para cada local

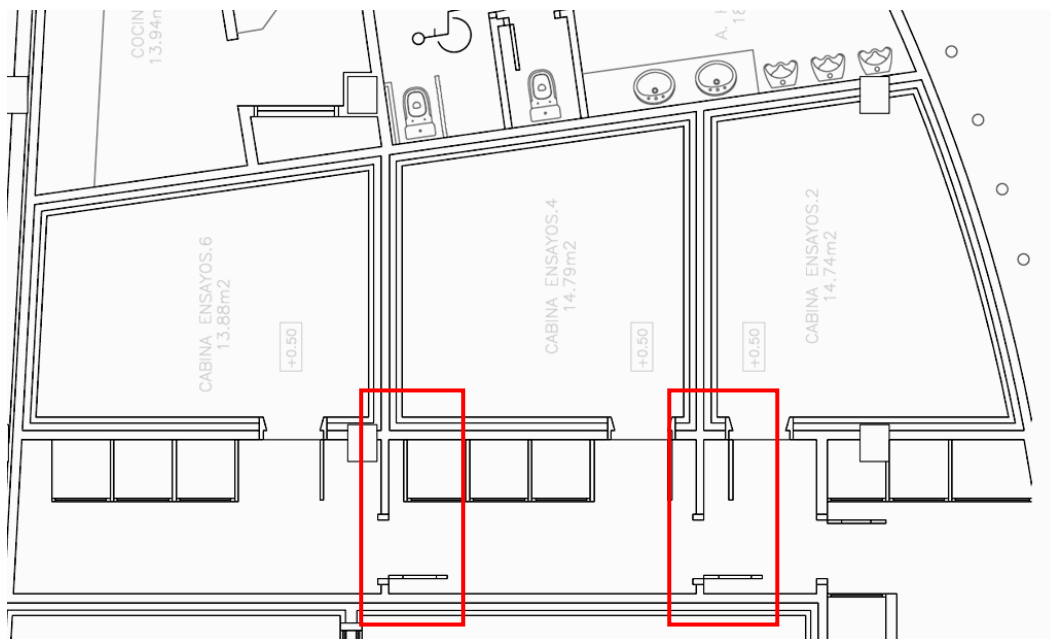
- **Afección a edificios medianeros:**

El diseño del complejo ha sido estudiado de forma que nunca haya un paramento que dé directamente a la medianera con el edificio anexo. En este caso, las estancias intermedias entre los locales de ensayo y estudio de grabación respecto al edificio medianero es una planta baja en la cual hay construida una rampa que da acceso a los vehículos al parking en altura que se dispone encima del complejo juvenil. A parte, la separación entre los recintos descritos se han realizado con el mismo paramento que el exterior, de 24 cm de ancho con una solución híbrida, auto portante en una cara (yeso laminado) y tradicional en la otra (fabrica de ladrillo revestido), con cámara de aire y lana de roca de 5 cm en el interior.

- **Mejoras propuestas:**

Como mejora se propone una solución que no tiene un sobre elevado coste, ya que sería subdividir el vestíbulo común de acceso en 3 vestíbulos independizados, correspondientes a cada local, de esta forma conseguiríamos una menor transmisión indirecta de ruidos, haciendo que entre locales hubiera 3 puertas en vez de dos.

Para conseguir que esta mejora se optimice sería conveniente que estos 3 vestíbulos fueran absorbentes, y por supuesto, sustituir las esponjillas de las puertas para mejorar la estanqueidad de los recintos. Con estas medidas se obtendría un valor, como mínimo, muy cercano a los 60 dbA que tenemos por objetivo, incluso sobrepasarlo, algo que no podemos comprobar de manera teórica.



4. ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO

4.1 EXIGENCIAS CTE-DB HR

El código técnico nos habla de valores límite de tiempo reverberación según si su uso es para aulas, salas de conferencia, restaurantes, comedores, uso residencial público, docente u hospitalario. No se contemplan limitaciones de ningún tipo en recintos que son destinados a creación, actuación o ensayos musicales.

Para el correcto dimensionado de los recintos que son objeto de análisis y corrección en este proyecto ha sido fundamental y necesario asistir a las clases impartidas en el Área de Intensificación de Acústica Arquitectónica, en las cuales se han aprendido a desarrollar conceptos que, solo unos pocos de todos ellos, se habían impartido de forma extremadamente resumida en la asignatura de Fundamentos Físicos correspondiente al primer curso.

4.2 OBJETIVOS DEL ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO DE LOS RECINTOS

Hay que resaltar que en las clases impartidas en el Área de Intensificación de Acústica Arquitectónica, se han ejemplificado siempre los conceptos relacionados al acondicionamiento acústico mediante referencias más cercanas al ámbito musical sinfónico / clásico, a parte de las correspondientes a usos docentes, administrativos y demás usos relacionados a espacios arquitectónicos.

El objeto de este Proyecto Fin de Grado tiene una particularidad notable, ya que todo el estudio se ha basado en conseguir un correcto funcionamiento de los recintos que van a ser utilizados, en la gran mayoría de los casos, por bandas o grupos de rock, pop y mestizos que con el indispensable apoyo electro acústico como diferencia principal respecto a otros estilos musicales más clásicos.

En cualquier caso, todos los conceptos que mayoritariamente han sido ejemplificados mediante un uso musical más cercano a la música clásica, se han aplicado sin problemas a estos objetivos, que son diferentes, pero que se han desarrollado con la misma metodología.

Pasamos a analizar los objetivos y justificaciones que se han tomado para el dimensionado de los recintos:

- **Sala de conciertos.**

Como se ha especificado, el uso es mayoritariamente de bandas cuyos estilos musicales dependen del apoyo electro acústico. De esta forma, la sala de conciertos, para su correcto funcionamiento, necesitaría de equipos de amplificación para que, por ejemplo, podamos oír una voz, a la vez que se está percutiendo una batería. Estos dos sonidos tienen una potencia sin amplificar muy diferente, que haría cada vez que se golpea uno de los parches de la batería, tapara la voz y quedara en un plano muy lejano.

Otra de las particularidades, es que en estos estilos de música, la multitud de instrumentos que se mezclan, requieren de una mesa de mezclas para controlar los volúmenes de los

diferentes instrumentos (guitarras eléctricas, guitarras acústicas, bajo voz, caja, platos, etc) de forma que ninguno de ellos quede por detrás de los demás.

Por ejemplo, hablando desde la experiencia personal, la caja, que es una parte imprescindible de una batería, siempre tiene un volumen que, según el músico y su forma de tocar, suele tener más presencia que el resto de tambores y bombo de la misma batería. Una práctica habitual que se ejecuta para restarle presencia a la caja es añadir efectos digitales (que hoy en día están incluidos en la mayoría de mesas de mezcla), en este caso reverberación artificial. De esta forma conseguimos que los sonidos procedentes del golpeo de la caja, recogidos por el micrófono correspondiente y añadiendo dichos efectos, conseguimos que la caja se ajuste al volumen de los demás instrumentos.

Por otra parte, las guitarras eléctricas, que suenan a través de un amplificador diseñado para ello, al igual que el bajo y otros muchos instrumentos, pueden ajustarse al volumen del resto mediante un simple potenciómetro. A parte de esto, la normalidad, dentro de la multitud de formas de mezclar los instrumentos mediante apoyo digital, dice que las guitarras deben sonar secas (sin reverberación) a no ser que el músico le añada a su gusto los efectos que vea oportuno.

Con estos ejemplos vengo a demostrar que mi objetivo, en la sala de conciertos, es conseguir unos tiempos de reverberación bajos, del orden de 0.5 a 0.9 segundos según la ocupación que se tenga, para que una vez amplificadas los instrumentos, la reverberación natural de la sala no afecte a la mezcla que proviene de la mesa, donde podemos jugar con reverberaciones y otros efectos digitales, para disminuir o ensalzar instrumentos respecto a otros.

A parte, debemos intentar, con los materiales elegidos para su correcto acondicionamiento, que la curva tonal de la sala sea lo más recta posible dentro de sus limitaciones.

- **Estudio de grabación.**

Como se ha descrito en anteriores apartados, consta de dos recintos:

- Sala de grabación:

En este recinto, se requiere una curva tonal lo mas recta posible y un tiempo de reverberación comprendido entre 0.2 y 0.4 segundos. En mi diseño he querido acercarme mas al 0.2 s, por una sencilla razón. La grabación se realiza a través de microfónica y lo que se pretende en los estudios de grabación es que a esos micrófonos les llegue una señal directa, lo menos adulterada posible, evitando primeras reflexiones y por supuesto segundas y terceras. Evidentemente hay estudios que disponen de más salas de grabación y pueden considerar oportuno tener una sala mas reverberante que otra. En nuestro caso, puesto que solo disponemos de una he considerado oportuno conseguir unos tiempos de reverberación muy bajos. Ya que como se ha expuesto en la sala de conciertos, hoy en día disponemos de efectos digitales, que podemos aplicar post-grabación.

- Sala de control de grabación:

Al igual que en el otro recinto destinado a la grabación, en este también se requiere una curva tonal lo mas plana posible, puesto que la mezcla de la grabación debe estar lo menos contaminada en cuanto a potenciación de frecuencias para obtener una respuesta plana del recinto que no ayude a cometer fallos en la mezcla, y un tiempo de reverberación también bajo, del orden de 0.2 – 0.4, para que los efectos aplicados post-grabación no se vean afectados por un tiempo de reverberación que provoque equivocaciones en la mezcla.

Cabe destacar que en los estudios donde se graban grupos de rock, pop y otros estilos que requieren de apoyo electro acústico, el estándar a la hora de realizar la grabación y mezcla es que se realice mediante monitorización de altavoces autoamplificados de respuesta plana, que hoy en día se pueden encontrar en muchas tiendas de instrumentos musicales debido a la creciente autoproducción que existe gracias a los avances en informática y nuevas tecnologías. Con ello quiero darle importancia al diseño de los paramentos dispuestos en el recinto, destacando que se pueden admitir primeras reflexiones laterales, con lo cual si queremos reflexiones deberemos colocarnos a la hora de mezclar en medio de dos paramentos que sean completamente iguales en cuanto a su material, y conseguir un fondo absorbente para anular segundas reflexiones.

- **Locales de ensayo.**

En cuanto a los locales de ensayo, también se ha requerido que se consiguieran unos tiempos de reverberación bajos por varios motivos. Uno es que con un tiempo de reverberación elevado es difícil distinguir los fallos de los aciertos, dependiendo siempre del nivel de auto exigencia, pero claramente, los ensayos están destinados a corregir los posibles errores que se cometen al interpretar cualquier obra, con lo cual no tiene sentido mermar la capacidad de escuchar los errores. Otro motivo es que debido al apoyo electro acústico de los instrumentos que lo requieren, nos encontramos ante un volumen que puede corregirse, pero que viene dictaminado por el golpeo de los instrumentos de percusión ya que con unos tiempos de reverberación elevados puede darse situaciones de molestias y un volumen sobreelevado. Por ejemplo, si un grupo, en su composición, dispone de una batería, el resto del grupo dependerá de la fuerza con la que su componente percute la misma, pero si además, el tiempo de reverberación es elevado, el sonido de la caja se ve aumentado, y por tanto, los amplificadores deberán subirse de volumen para escucharse por encima de la caja, lo cual da un situación de sobre elevado volumen general.

En cuanto a la curva tonal, en este recinto somos más permisivos, dentro de un rango aceptable, ya que esas obras que se interpretan, al día siguiente serán interpretadas en otro sitio con otra curva tonal distinta, pero si que nos acercaremos a la planeidad siempre que sea posible.

4.3 ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO DE LOS RECINTOS RUIDOSOS

4.3.1. Trabajo de campo

La idea principal que surgió a la hora ajustar los materiales de los recintos para un correcto acondicionamiento acústico, era realizar una medición del tiempo de reverberación en cada una de las estancias a acondicionar. No obstante, solo uno de los recintos, uno de los locales de ensayo, estaba completamente vacío y era el único del que podíamos sacar una medición verdadera. El resto de recintos estaban ocupados, bien por futbolines, tablas de pimpón, sofás, etc, como es el caso de la sala de conciertos, o bien por amplificadores, baterías, altavoces, muebles como en el caso de los locales de ensayo o el estudio de grabación.

De esta forma, he visto conveniente hacer el acondicionamiento de otra manera. He analizado de forma teórica los paramentos del local de ensayo vacío y he comparado los tiempos de reverberación obtenidos con los reales de la medición, y he ido ajustando los materiales que mas se repiten, como los paramentos de yeso laminado y el plástico protector, hasta dar con un tiempo de reverberación lo más parecido posible entre esos dos.

Los resultados comparados son los siguientes:

Medida real, con equipo de medición de reverb Dirac:

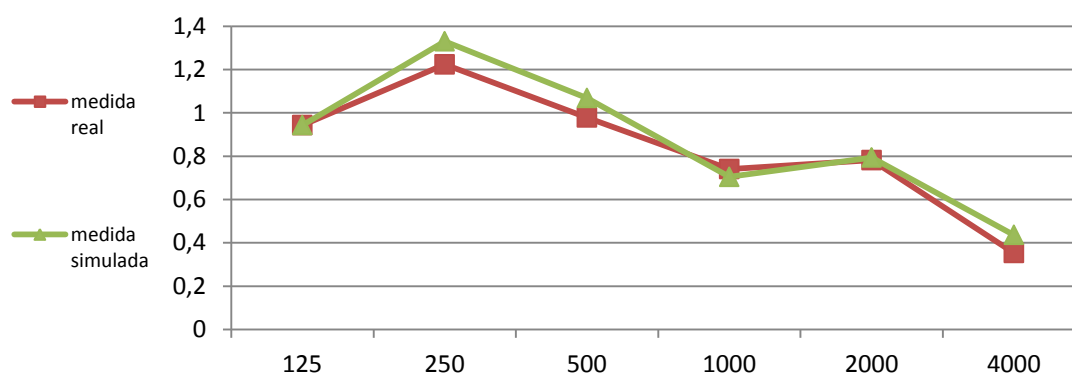
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>MEDIDA REAL</i>	0,94333	1,22367	0,97867	0,74033	0,78152	0,35283

Medida simulada:

	125	250	500	1000	2000	4000
<i>MEDIDA SIM</i>	0,94347	1,33036	1,06862	0,70429	0,79387	0,43664

Diferencia:

	125	250	500	1000	2000	4000
<i>DIFERENCIA</i>	0,00014	0,10669	0,08995	0,03604	0,0123	-0,08380



Una diferencia de 0.1 o 0.2 segundos es inapreciable para el oído humano, con lo cual se han tomado estos valores como oportunos para el acondicionamiento de los recintos.

4.3.2. Sala de Conciertos

- **Sala de conciertos original:**

A continuación se detallan en la tabla las absorciones que se dan en la sala según la simulación de los paramentos reales que a día de hoy permanecen en la sala. Como se ha especificado en anteriores apartados, se ha querido realizar una simulación ya que los valores medidos in situ no eran los que realmente se deberían obtener con la sala vacía. Estos objetos eran algunos absorbentes como sofás y sillas con moqueta y juegos de mesa como futbolines o tablas de pimpón.

Calculo simulado:

Materiales	Posición	Perímetro	Altura	Superficies	absorción en diferentes frecuencias (Hz)					
					125	250	500	1000	2000	4000
Reflec	suelo sala			116,70	4,67	4,67	8,17	12,84	3,50	1,17
Abs	suelo escenario			24,00	12,24	21,60	16,80	13,20	7,68	7,20
Abs	techo			70,35	6,33	17,59	25,33	50,65	46,43	47,13
Reflec	techo			70,35	10,55	3,52	2,81	1,41	2,81	17,59
Reflec	fondo escena	7,41	2,30	17,04	2,56	0,85	0,68	0,34	0,68	4,26
Reflec	fondo sala	8,25	2,30	18,98	2,85	0,95	0,76	0,38	0,76	4,74
Reflec	lateral der	17,84	2,30	41,03	6,15	2,05	1,64	0,82	1,64	10,26
Reflec	lateral izq	16,65	2,30	38,30	5,74	1,91	1,53	0,77	1,53	9,57
Reflec	fondo escena	7,41	1,00	7,41	0,30	0,22	0,30	0,30	0,22	0,15
Reflec	fondo sala	8,25	1,00	8,25	0,33	0,25	0,33	0,33	0,25	0,17
Reflec	lateral der	17,84	1,00	17,84	0,71	0,54	0,71	0,71	0,54	0,36
Reflec	lateral izq	16,65	1,00	16,65	0,67	0,50	0,67	0,67	0,50	0,33
Reflec	Pilar 1	3,40	2,30	7,82	1,17	0,39	0,31	0,16	0,31	1,96
Reflec	Pilar 2	3,40	2,30	7,82	1,17	0,39	0,31	0,16	0,31	1,96
Reflec	Pilar 3	3,40	2,30	7,82	1,17	0,39	0,31	0,16	0,31	1,96
Reflec	Pilar 1	3,40	1,00	3,40	0,14	0,10	0,14	0,14	0,10	0,07
Reflec	Pilar 2	3,40	1,00	3,40	0,14	0,10	0,14	0,14	0,10	0,07
Reflec	Pilar 3	3,40	1,00	3,40	0,14	0,10	0,14	0,14	0,10	0,07

SUPERFICIE TOTAL

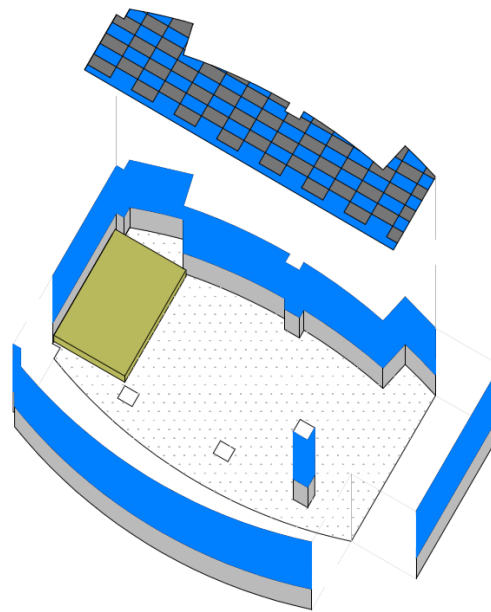
480,56 m²

Materiales empleados:

Suelo: Alfombra de caucho de 0.5 cm de espesor pegada.

Techo:

- 50% de la superficie de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m3.
- 50% de la superficie paneles fonoabsorbentes de espuma de poliuretano de 50 mm con formas piramidales.



Paredes y pilares: están cubiertas todas de dos materiales

- 1 m de plástico protector de 0'5 cm de espesor pegado sobre tabique de yeso laminado
- 2.3 metros de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m3
- Escenario compuesto de entablillado de madera con 30 cm de cámara de aire.

- Alfombra caucho
- Entablillado madera escenario
- Panel espuma poliuretano
- Protector plástico
- Tabique yeso laminado 13mm

Absorción según la ocupación de la sala:

Este es un cálculo con el que se pretende comprobar la evolución de la sala conforme va aumentando el aforo asistente. El resultado de cada porcentaje de aforo, se suma a la absorción simulada de la sala para comprobar su evolución. Los resultados se expresan en sabines.

			125	250	500	1000	2000	4000
		Abs/persona	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
llena	numero de personas	281	56,20	56,20	84,30	84,30	84,30	84,30
25%		70,25	14,05	14,05	21,08	21,08	21,08	21,08
50%		140,5	28,10	28,10	42,15	42,15	42,15	42,15
75%		210,75	42,15	42,15	63,23	63,23	63,23	63,23

Tiempos de reverberación según la ocupación de la sala:

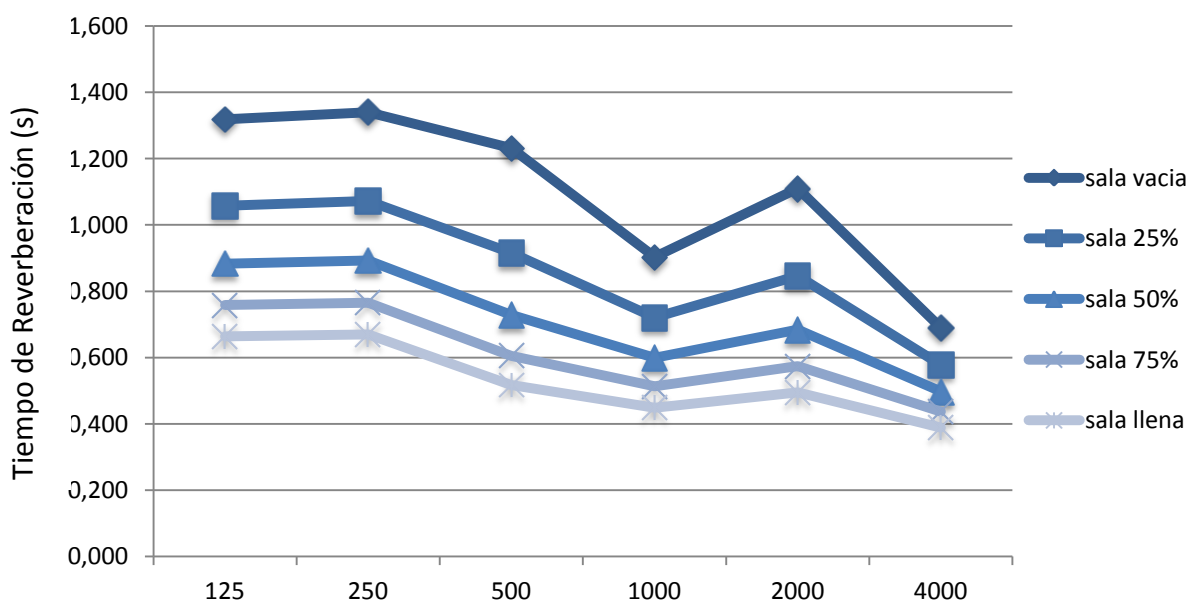
Para la correcta evolución de la sala según su ocupación se proponen los siguientes factores (tiempo de reverberación, Calidez y Brillo, por orden). Estos valores se van a coger para la totalidad de recintos que se van a modificar.

	TR mid	BR	Br
ideal	0,4 - 0,6	1	1

Se han cogido estos valores con el propósito de comparar la sala con una curva tonal lo mas plana posible y unos tiempos de reverberación más bien cortos con motivo de lo expuesto en el apartado anterior de objetivos del acondicionamiento.

En la siguiente tabla y grafico donde se expresa la evolución de la sala según su porcentaje de lleno que se de en la actuación.

	125	250	500	1000	2000	4000	TR mid	BR	Br
sala vacia	1,319	1,340	1,232	0,903	1,110	0,690	1,067	1,245	0,843
sala 25%	1,058	1,072	0,916	0,721	0,846	0,578	0,818	1,301	0,870
sala 50%	0,884	0,893	0,729	0,600	0,684	0,498	0,664	1,337	0,889
sala 75%	0,758	0,765	0,605	0,513	0,574	0,437	0,559	1,362	0,903
salallena	0,664	0,670	0,517	0,449	0,495	0,389	0,483	1,380	0,914



Como es lógico, cuanto más se llena de personas, mas absorción gana la sala y menor es el tiempo de reverberación.

Con la modificación de los materiales superficiales de la sala, vamos a poder conseguir una curva tonal, dependiente del tiempo de reverberación en cada frecuencia

- **Sala de conciertos modificada:**

A continuación se detallan en la tabla las absorciones que se dan en la sala según la simulación de los paramentos que se han seleccionado para un mejor acondicionamiento del recinto, teniendo en cuenta el uso que va a tener.

Calculo simulado:

Materiales	Posición	Perímetro	Altura	Sup	absorción en diferentes frecuencias (Hz)					
					125	250	500	1000	2000	4000
Reflec	suelo sala			116,70	4,67	4,67	8,17	12,84	3,50	1,17
Abs	suelo esce.			24,00	12,24	21,60	16,80	13,20	7,68	7,20

Abs	techo			58,35	5,25	14,59	21,01	42,01	38,51	39,09
Abs	techo esce.			24	16,80	13,94	9,90	6,23	3,11	1,55
Reflec	techo			58,35	3,501	2,92	2,33	1,17	2,33	14,59

Reflec	fondo escena	7,41	2,30	17,04	10,23	5,11	1,70	1,53	1,53	1,53
Reflec	fondo sala	8,25	2,30	18,98	1,14	1,71	2,66	3,61	11,39	16,70
Reflec	lateral der	17,84	2,30	41,03	24,62	12,31	4,10	3,69	3,69	3,69
Reflec	lateral izq	16,65	2,30	38,30	22,98	11,49	3,83	3,45	3,45	3,45

Reflec	fondo escena	7,41	1,00	7,41	0,30	0,22	0,30	0,30	0,22	0,15
Reflec	fondo sala	8,25	1,00	8,25	0,33	0,25	0,33	0,33	0,25	0,17
Reflec	lateral der	17,84	1,00	17,84	0,71	0,54	0,71	0,71	0,54	0,36
Reflec	lateral izq	16,65	1,00	16,65	0,67	0,50	0,67	0,67	0,50	0,33

Reflec	Pilar 1	3,40	2,30	7,82	2,19	1,72	1,33	0,70	0,78	0,63
Reflec	Pilar 2	3,40	2,30	7,82	2,19	1,72	1,33	0,70	0,78	0,63
Reflec	Pilar 3	3,40	2,30	7,82	2,19	1,72	1,33	0,70	0,78	0,63

Reflec	Pilar 1	3,40	1,00	3,40	0,14	0,10	0,14	0,14	0,10	0,07
Reflec	Pilar 2	3,40	1,00	3,40	0,14	0,10	0,14	0,14	0,10	0,07
Reflec	Pilar 3	3,40	1,00	3,40	0,14	0,10	0,14	0,14	0,10	0,07

SUPERFICIE TOTAL

480,56 m²

Materiales empleados:

Suelo:

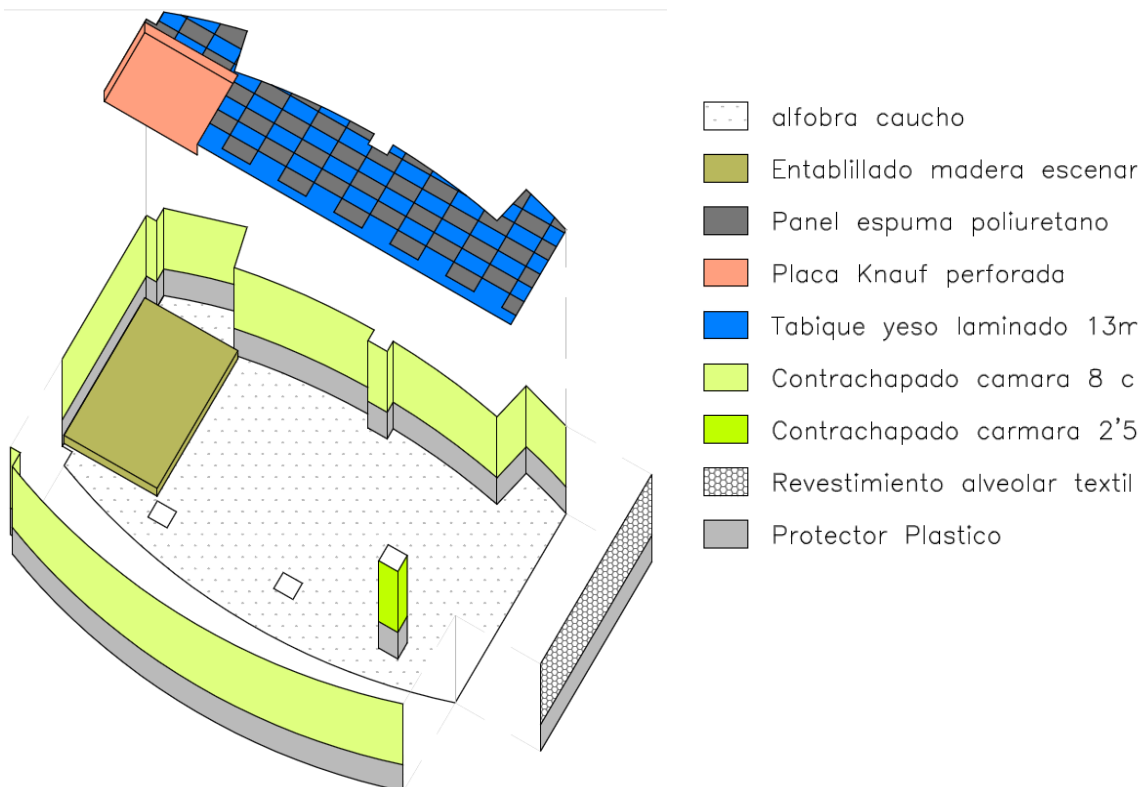
- Alfombra de caucho de 0.5 cm de espesor pegada.

Techo:

- 24 m² correspondientes al escenario de la sala de Placa Knauf perforada 12/25 con 13% perforación y cámara de aire de 40 cm con 2 cm de lana de roca de 0.6 kg/m².
- 50% de la superficie restante de la sala de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³.
- 50% de la superficie restante de la sala de paneles fonoabsorbentes de espuma de poliuretano de 50 mm con formas piramidales.

Paredes y pilares:

- 1 m de plástico protector de 0'6 cm de espesor pegado sobre tabique de yeso laminado (paredes y pilares)
- 2,3 m de Revestimiento alveolar textura textil relleno parcialmente con material absorbente.
- 2.3 m de contrachapado de madera de 6mm con 8 cm de cámara de aire rellena con material absorbente (en paredes)
- 2.3 m de contrachapado de 10 mm con cámara de aire de 2,5 cm relleno con material absorbente(pilares)
- Escenario compuesto de entablillado de madera con 30 cm de cámara de aire.



Absorción según la ocupación de la sala:

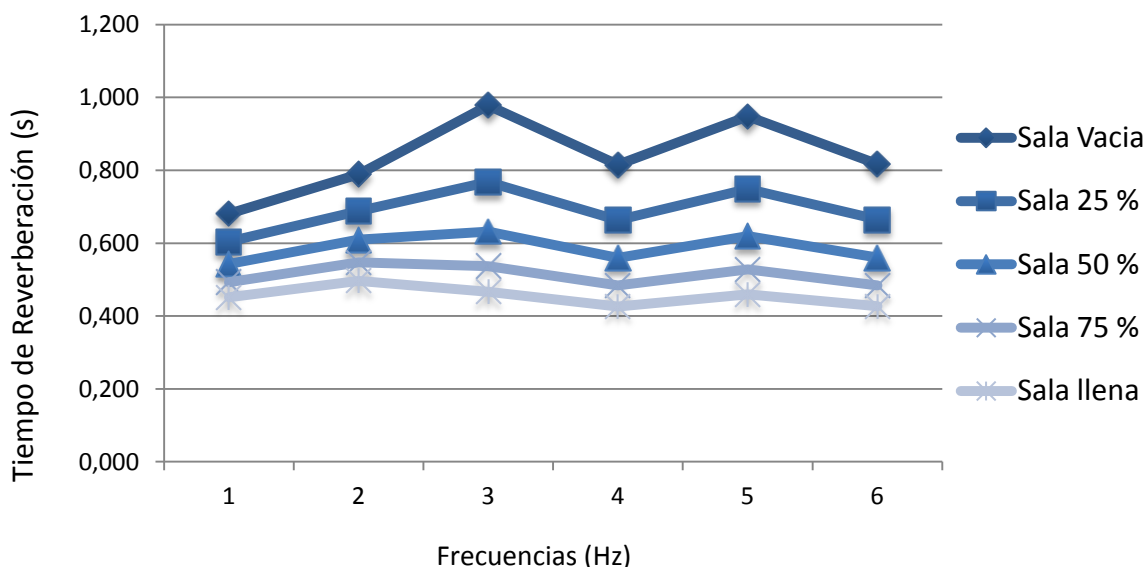
			125	250	500	1000	2000	4000
		abs/persona	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
llena	número de personas		281	56,20	56,20	84,30	84,30	84,30
25%			70,25	14,05	14,05	21,08	21,08	21,08
50%			140,5	28,10	28,10	42,15	42,15	42,15
75%			210,75	42,15	42,15	63,23	63,23	63,23

Tiempos de reverberación según la ocupación de la sala:

	TR mid	BR	Br
ideal	0,4 - 0,6	1	1

En la siguiente tabla y grafico donde se expresa la evolución de la sala según su porcentaje de lleno que se de en la actuación.

	125	250	500	1000	2000	4000	TR mid	BR	Br
sala vacia	0,681	0,789	0,978	0,815	0,948	0,817	0,896	0,819	0,984
sala 25%	0,604	0,688	0,768	0,664	0,749	0,665	0,715	0,902	0,987
sala 50%	0,543	0,610	0,632	0,560	0,619	0,560	0,595	0,967	0,989
sala 75%	0,493	0,547	0,537	0,484	0,528	0,484	0,510	1,019	0,991
salallena	0,451	0,496	0,467	0,426	0,460	0,426	0,446	1,061	0,992



Con la nueva elección de los materiales de la sala, hemos conseguido que no varíe tanto el brillo y la calidez del recinto según la ocupación, bajando los tiempos de reverberación notablemente respecto a la sala original, tanto ocupada como vacía.

4.3.3. Sala de grabación

- **Sala de grabación original:**

A continuación se detallan en la tabla las absorciones que se dan en la sala según la simulación de los paramentos reales que a día de hoy permanecen en la sala de grabación. Como se ha especificado en anteriores apartados, se ha querido realizar una simulación ya que los valores medidos in situ no eran los que realmente se deberían obtener con la sala vacía. Estos objetos eran absorbentes como pueden ser amplificadores, sillas acolchadas, baterías acústicas, estuches de instrumentos, altavoces, etc.

Calculo simulado:

Materiales	Posición	Perímetro	Altura	Superficies	absorción en diferentes frecuencias (Hz)					
					125	250	500	1000	2000	4000
Reflec	suelo sala			19,51	2,5363	1,170	2,536	3,902	8,974	13,657

Abs	techo			19,51	2,9265	0,975	0,780	0,390	0,780	4,877
-----	-------	--	--	-------	--------	-------	-------	-------	-------	-------

Abs	fondo	4,21	3,15	13,2615	1,989	0,663	0,530	0,265	0,530	3,315
Reflec	fondo ventana	1,75	1	1,75	0,315	0,105	0,07	0,052	0,035	0,035
Reflec	fondo ventana	1,75	2,15	3,7625	0,564	0,188	0,150	0,075	0,150	0,940
Reflec	fondo ventana	1,75	1	1,75	0,315	0,105	0,07	0,052	0,035	0,035
Reflec	fondo ventana	1,75	2,15	3,7625	0,564	0,188	0,150	0,075	0,150	0,940
Reflec	lateral der	4,47	3,15	14,0805	2,112	0,704	0,563	0,281	0,563	3,520
Reflec	lateral izq	4,7	3,15	14,805	2,220	0,740	0,592	0,296	0,592	3,701
Abs	fondo pilar	0,71	3,15	2,2365	0,335	0,111	0,089	0,044	0,089	0,559

SUP TOTAL	75,294
-----------	--------

Materiales empleados:

Suelo:

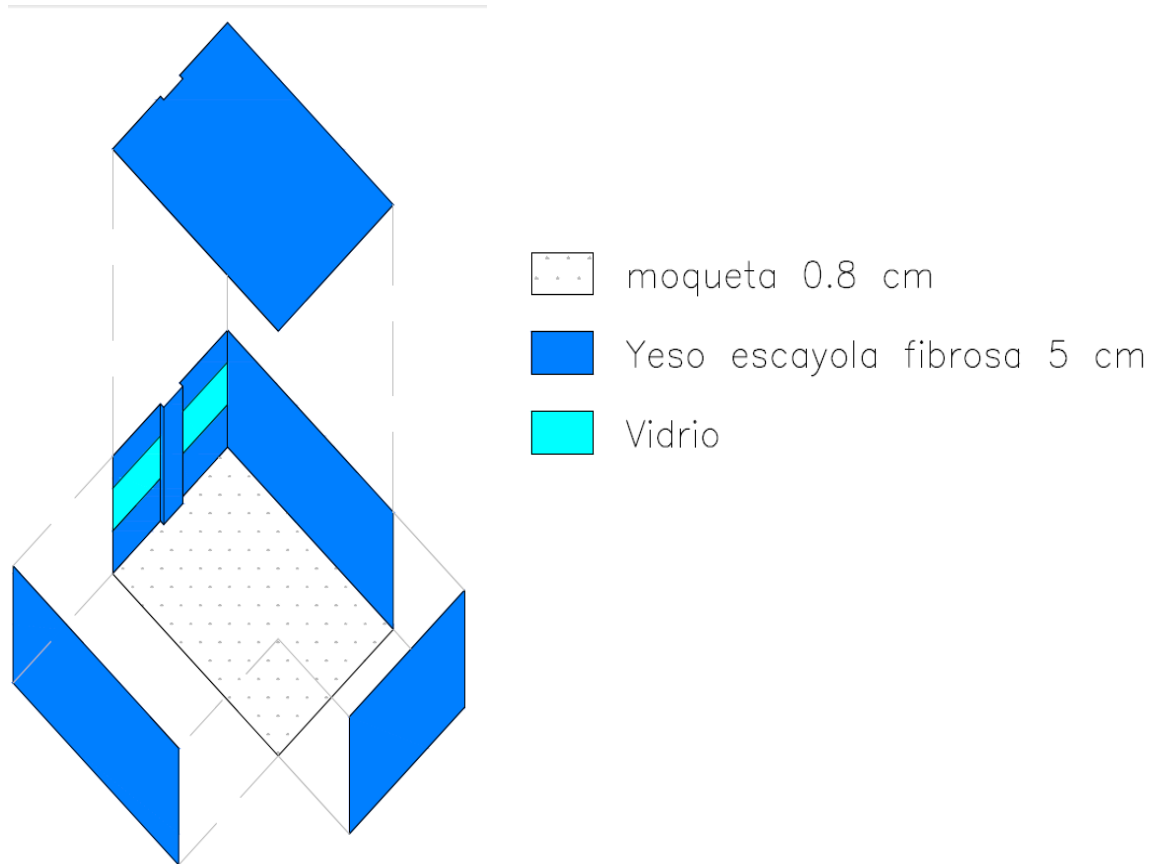
- Moqueta de 0.8 cm de espesor con una densidad de 2kg/m²

Techo:

- Techo de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³

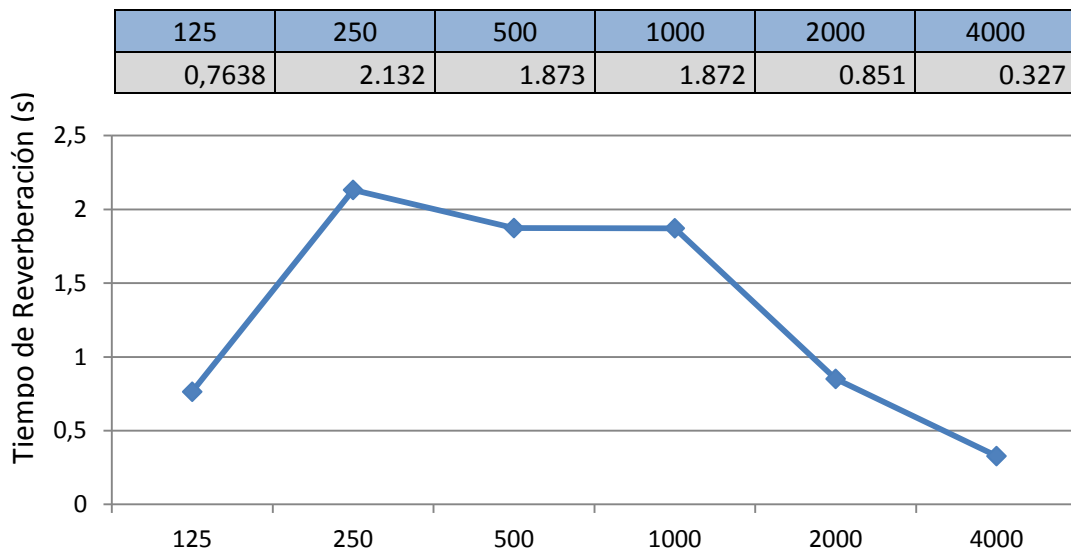
Paredes:

- Todas las paredes son de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³
- Doble acristalamiento de 10+10 mm con cámara de aire intermedia de 3 cm de media, con uno de los cristales inclinados, recayente a la sala de grabación



Tiempos de reverberación:

Los tiempos de reverberación simulados son los siguientes, expresados en segundos y diferenciados por frecuencias, con la consiguiente curva tonal.



En cuanto al tiempo de reverberación media, calidez y brillo, nos encontramos con estos valores que quedan lejos de los buscados en este tipo de recintos.

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,905	1,284	0,686

- **Sala de grabación modificada:**

A continuación, se detallan en la tabla las absorciones que se dan en la sala de grabación mediante la simulación de los paramentos que se han seleccionado para un mejor acondicionamiento del recinto, teniendo en cuenta el uso que va a tener.

Calculo simulado:

Materiales	Posición	Perímetro	Altura	Superficies	absorción en diferentes frecuencias (Hz)					
					125	250	500	1000	2000	4000
Abs	suelo sala			25,26	3,284	1,516	3,284	5,052	11,620	17,682

Reflec	techo			25,26	17,682	20,966	17,935	15,914	12,630	12,630
--------	-------	--	--	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Abs	fondo	4,21	2,75	11,58	4,642	9,416	13,129	11,935	9,283	7,294
Reflec	fondo ventana	1,75	1	1,75	0,315	0,105	0,070	0,053	0,035	0,035
Reflec	fondo ventana	1,75	1,75	3,06	0,459	0,153	0,123	0,061	0,123	0,766
Reflec	fondo ventana	1,75	1	1,75	0,315	0,105	0,070	0,053	0,035	0,035
Reflec	fondo ventana	1,75	1,75	3,06	0,459	0,153	0,123	0,061	0,123	0,766
Reflec	lateral der	6,05	1,75	10,59	6,670	5,717	3,812	10,482	1,906	0,762
Reflec	lateral der	6,05	1	6,05	3,812	2,859	2,859	1,906	1,906	1,906
Reflec	lateral izq	6,05	1,75	10,59	2,859	0,953	0,762	0,381	0,762	4,764
Reflec	lateral izq	6,05	1	6,05	3,812	2,859	2,859	1,906	1,906	1,906

Reflec	fondo pilar	0,71	2,75	1,95	0,335	0,112	0,089	0,045	0,089	0,559
--------	-------------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

SUP TOTAL	106,95
-----------	--------

Materiales empleados:

Suelo:

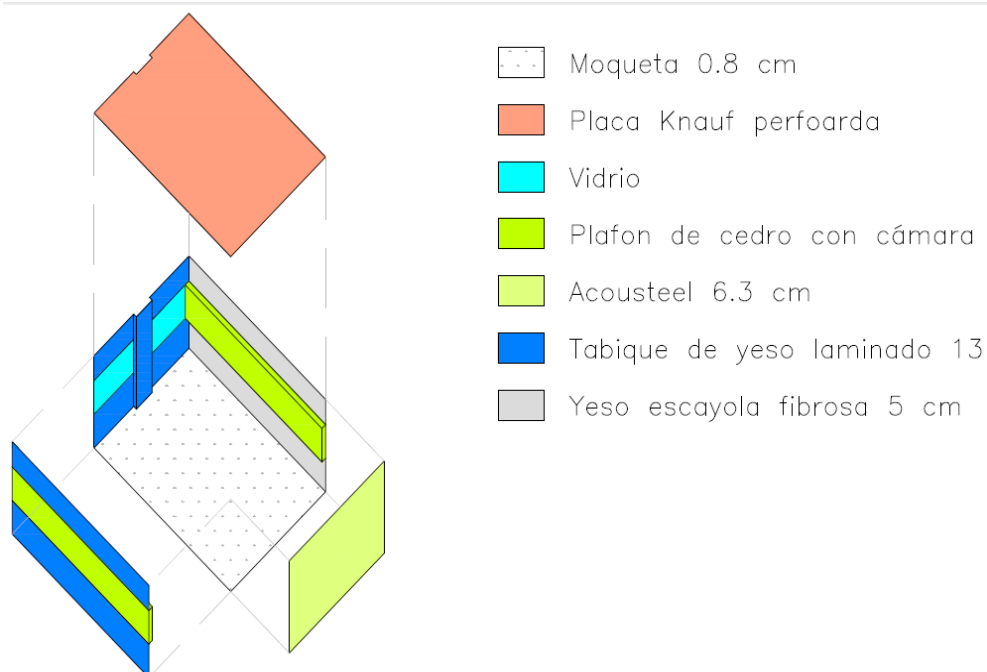
- Moqueta de 0.8 cm de espesor con una densidad de 2kg/m²

Techo:

- Placa Knauf perforada 12/25 con 13% perforación y cámara de aire de 40 cm con 2 cm de lana de roca de 0.6 kg/m² (se ha bajado 40 cm el techo para disminuir también el volumen).

Paredes y pilares:

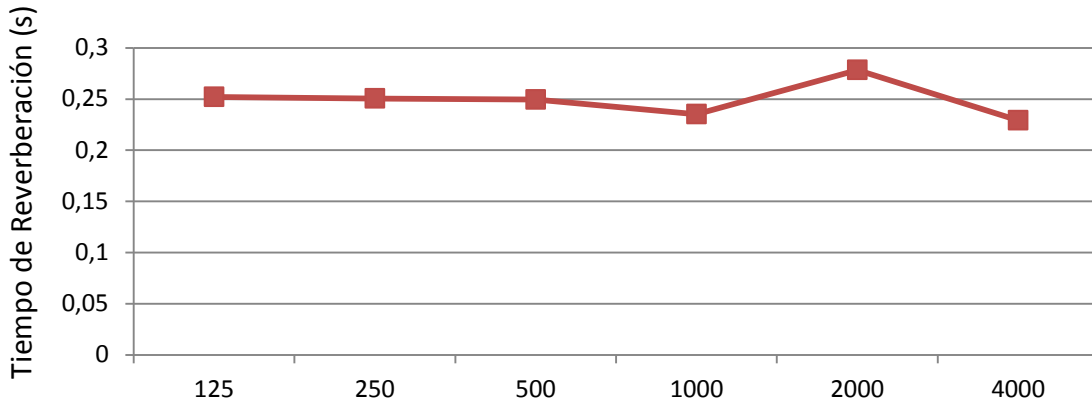
- Doble acristalamiento de 10+10 mm con cámara de aire intermedia de 3 cm de media, con uno de los cristales inclinados, recayente a la sala de grabación
- Pared de cristalería de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³
- Pared lateral derecha compuesta de 1 m de altura desde el suelo de yeso de escayola fibrosa de 5 cm de espesor, seguida de un plafón de 1 m de madera de cedro con cámara en el dorso, y otros 0.75 m restantes de altura de yeso de escayola fibrosa de 5 cm de espesor
- Pared lateral izquierda compuesta por 1 de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³, seguido de un plafón de 1 m de madera de cedro con cámara en el dorso, y otros 0.75 m restantes de altura de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³
- Fondo de sala absorbente con producto Acousteel de 6.3 cm de espesor



Tiempos de reverberación:

Los tiempos de reverberación simulados son los siguientes, expresados en segundos y diferenciados por frecuencias, con la consiguiente curva tonal.

125	250	500	1000	2000	4000
15,083	17,343	17,853	16,989	16,491	20,432



En cuanto al tiempo de reverberación media, calidez y brillo, nos encontramos con estos valores que se acercan a los buscados en este tipo de recintos.

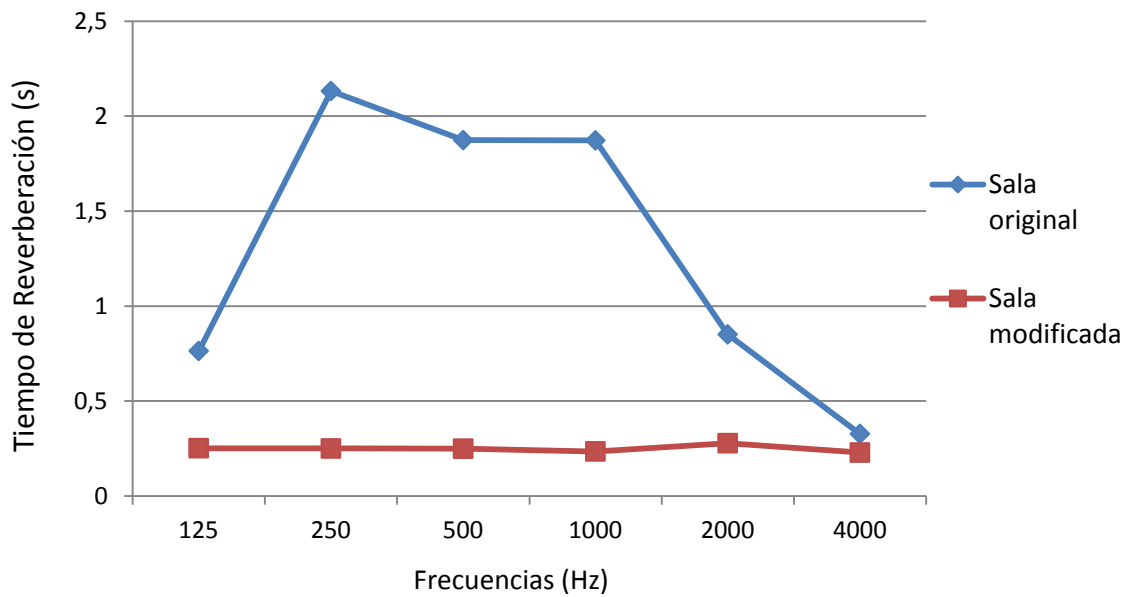
ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,242	1,037	1,047

- **Comparación de los resultados simulados originales y modificados:**

sala original	TR mid	BR	Br
	1,872	0,773	0,314

Sala modificada	TR mid	BR	Br
	0,2429	1,037	1,047



La comparación, en vista de la grafica es bastante evidente la mejora que se establece en el recinto mediante la elección de los materiales propuesta, se ha reducido notablemente el tiempo de reverberación y se ha conseguido una respuesta plana de las paredes que conforman la sala. Además el brillo y la calidez apenas sobrepasan los objetivos marcados, lo cual hara que en las grabaciones se obtenga un sonido lo mas parecido al natural.

4.3.4. Sala de control de grabación

- Sala de control de grabación original:

Calculo simulado:

A continuación se detallan en la tabla las absorciones que se dan en la sala según la simulación de los paramentos reales que a día de hoy permanecen en la sala de grabación. Como se ha especificado en anteriores apartados, se ha querido realizar una simulación ya que los valores medidos in situ no eran los que realmente se deberían obtener con la sala vacía. Estos objetos eran absorbentes como pueden ser amplificadores, sillas acolchadas, baterías acústicas, estuches de instrumentos, altavoces, etc.

Materiales	Posición	Perímetro	Altura	Superficies	absorción en diferentes frecuencias (Hz)					
					125	250	500	1000	2000	4000
Reflec	suelo sala			19,51	2,536	1,171	2,536	3,902	8,975	13,657

Abs	techo			19,51	2,927	0,976	0,780	0,390	0,780	4,878
-----	-------	--	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Abs	fondo	4,21	3,15	13,26	1,989	0,663	0,530	0,265	0,530	3,315
Reflec	fondo ventana	1,75	1,00	1,75	0,315	0,105	0,070	0,053	0,035	0,035
Reflec	fondo ventana	1,75	2,15	3,76	0,564	0,188	0,151	0,075	0,151	0,941
Reflec	fondo ventana	1,75	1,00	1,75	0,315	0,105	0,070	0,053	0,035	0,035
Reflec	fondo ventana	1,75	2,15	3,76	0,564	0,188	0,151	0,075	0,151	0,941
Reflec	lateral der	4,47	3,15	14,08	2,112	0,704	0,563	0,282	0,563	3,520
Reflec	lateral izq	4,70	3,15	14,81	2,221	0,740	0,592	0,296	0,592	3,701
Abs	fondo pilar	0,71	3,15	2,24	0,335	0,112	0,089	0,045	0,089	0,559

Materiales empleados:

Suelo:

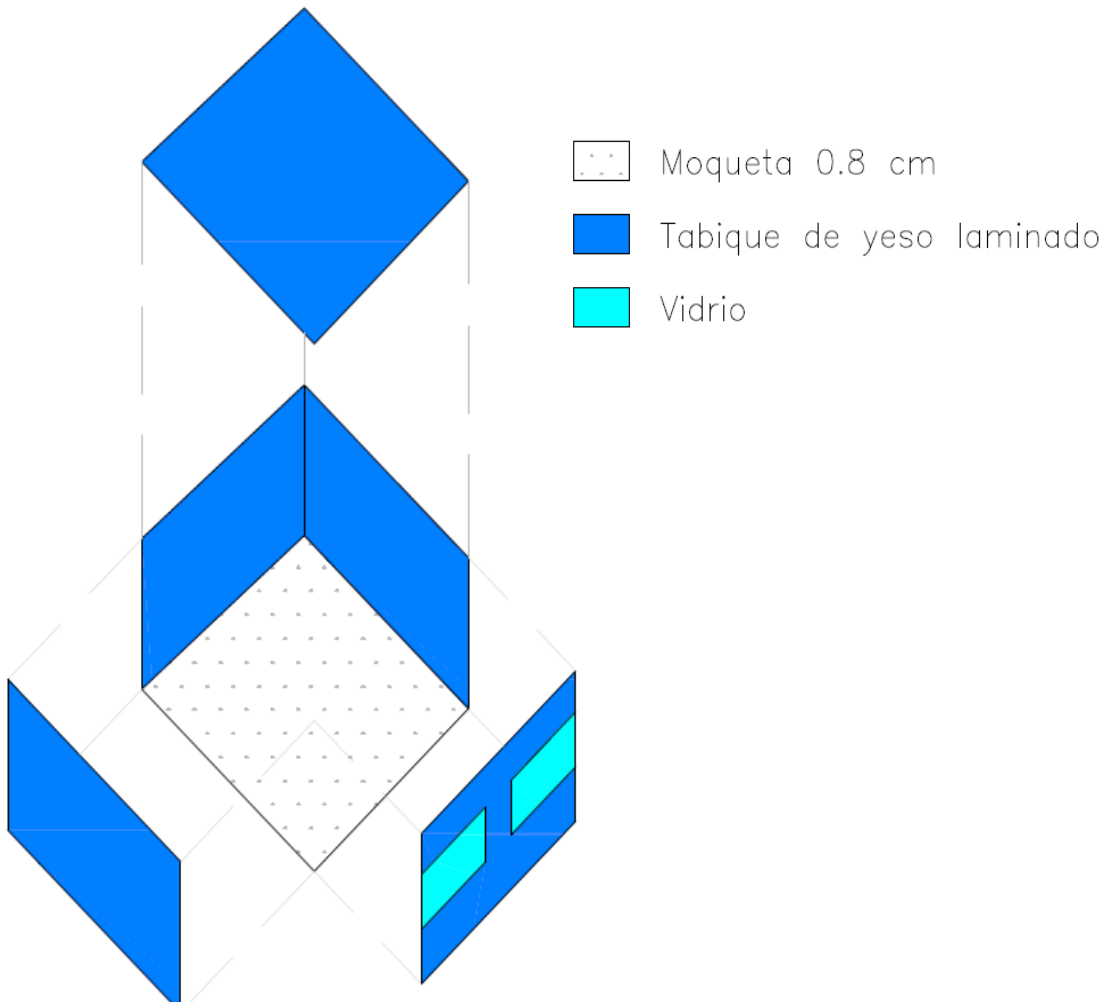
- Moqueta de 0.8 cm de espesor con una densidad de 2kg/m²

Techo:

- Techo de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³

Paredes:

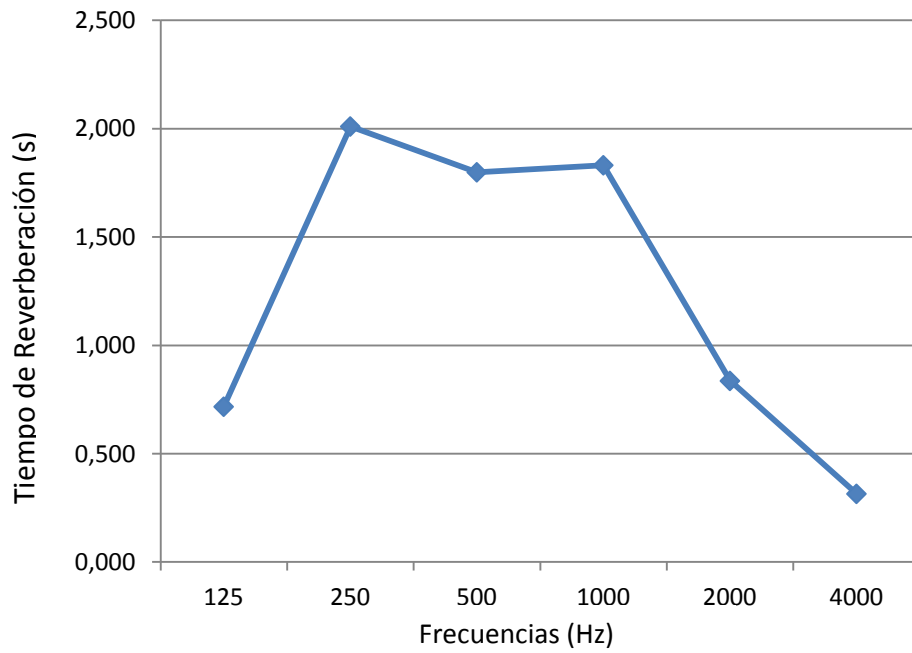
- Todas las paredes son de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m3
- Doble acristalamiento de 10+10 mm con cámara de aire intermedia de 3 cm de media, con uno de los cristales inclinados, recayente a la sala de grabación



Tiempos de reverberación:

Los tiempos de reverberación simulados son los siguientes, expresados en segundos y diferenciados por frecuencias, con la consiguiente curva tonal.

125	250	500	1000	2000	4000
0,717	2,011	1,799	1,832	0,837	0,315



En cuanto al tiempo de reverberación media, calidez y brillo, nos encontramos con estos valores que quedan lejos de los buscados en este tipo de recintos.

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	1,815	0,751	0,317

- **Sala de grabación modificada:**

A continuación, se detallan en la tabla las absorciones que se dan en la sala de grabación mediante la simulación de los paramentos que se han seleccionado para un mejor acondicionamiento del recinto, teniendo en cuenta el uso que va a tener.

Materiales	Posición	Perímetro	Altura	Superficies	absorción en diferentes frecuencias (Hz)					
					125	250	500	1000	2000	4000
Reflec	suelo sala			19,51	2,536	1,171	2,536	3,902	8,975	13,657

Abs	techo			19,51	13,657	16,193	13,852	12,291	9,755	9,755
-----	-------	--	--	-------	--------	--------	--------	--------	-------	-------

Abs	fondo	4,21	2,75	11,5775	4,052	8,220	11,462	10,420	8,104	6,368
Reflec	fondo ventana	1,75	1	1,75	0,315	0,105	0,070	0,053	0,035	0,035
Reflec	fondo ventana	1,75	1,75	3,0625	0,459	0,153	0,123	0,061	0,123	0,766
Reflec	fondo ventana	1,75	1	1,75	0,315	0,105	0,070	0,053	0,035	0,035
Reflec	fondo ventana	1,75	1,75	3,0625	0,459	0,153	0,123	0,061	0,123	0,766
Reflec	lateral der	4,47	2,75	12,2925	3,442	2,704	2,090	1,106	1,229	0,983
Reflec	lateral izq	4,7	2,75	12,925	3,619	2,844	2,197	1,163	1,293	1,034

Abs	fondo pilar	0,71	3,15	2,2365	0,335	0,112	0,089	0,045	0,089	0,559
-----	-------------	------	------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

SUP TOTAL	87,68	m ²
-----------	-------	----------------

Materiales empleados:

Suelo:

- Moqueta de 0.8 cm de espesor con una densidad de 2kg/m²

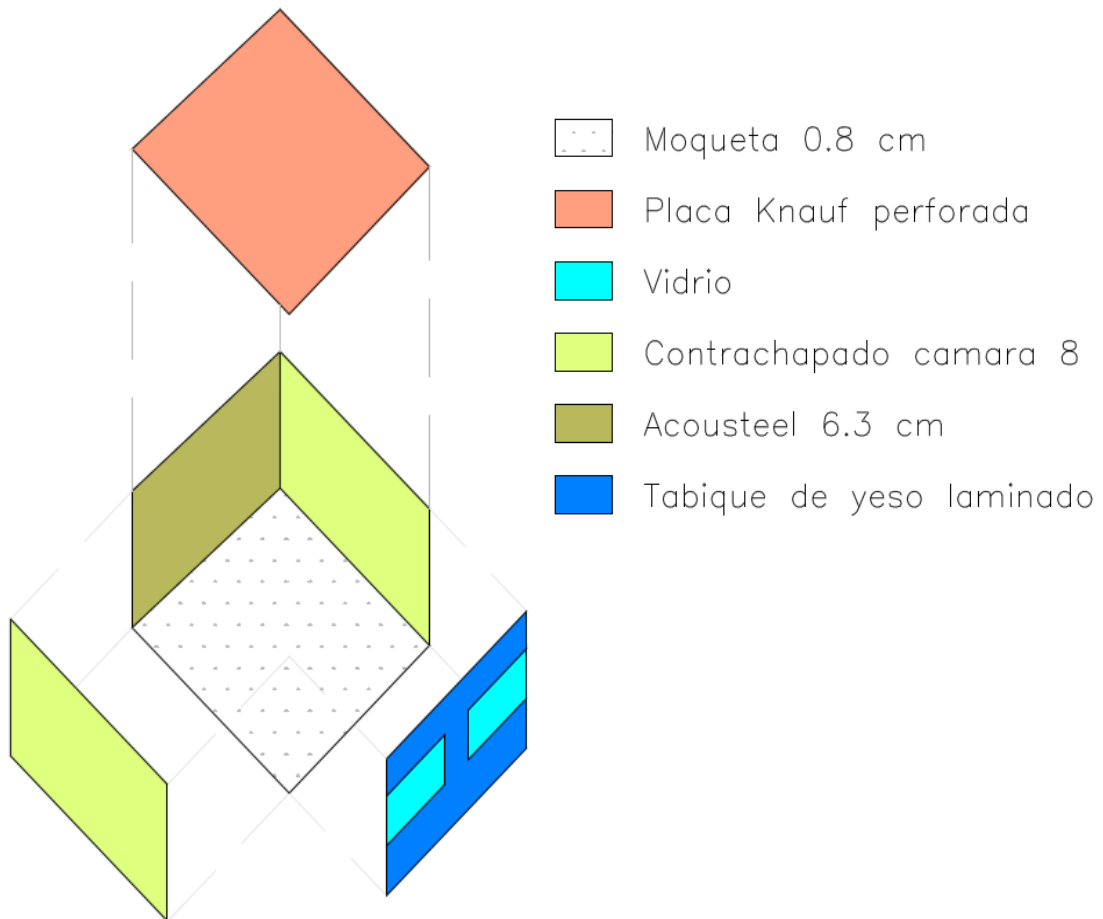
Techo:

- Placa Knauf perforada 12/25 con 13% perforación y cámara de aire de 40 cm con 2 cm de lana de roca de 0.6 kg/m² (se ha bajado 40 cm el techo para disminuir también el volumen)

Paredes y pilares:

- Doble acristalamiento de 10+10 mm con cámara de aire intermedia de 3 cm de media, con uno de los cristales inclinados, recayente a la sala de grabación

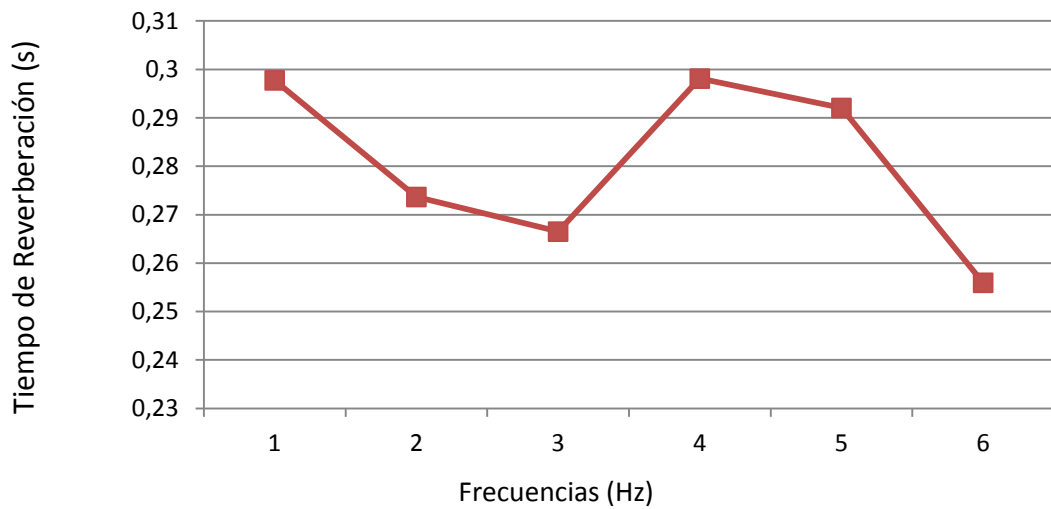
- Pared de cristalera de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³
- Pared lateral derecha e izquierda de contrachapado de madera de 10 mm con cámara de aire de 25 mm.
- Fondo de sala absorbente con producto Acousteel de 6.3 cm de espesor



Tiempos de reverberación:

Los tiempos de reverberación simulados son los siguientes, expresados en segundos y diferenciados por frecuencias, con la consiguiente curva tonal.

125	250	500	1000	2000	4000
0,298	0,274	0,267	0,298	0,292	0,256



Aunque a priori no parezca una curva tonal plana, nos encontramos ante una diferencia de valores menor a 0.05 s, algo inapreciable para el oído humano y que no supondrá un problema a la hora de grabar y mezclar los sonidos procedentes de la sala de grabación.

En cuanto al tiempo de reverberación media, calidez y brillo, nos encontramos con estos valores que se acercan de forma considerable a los objetivos

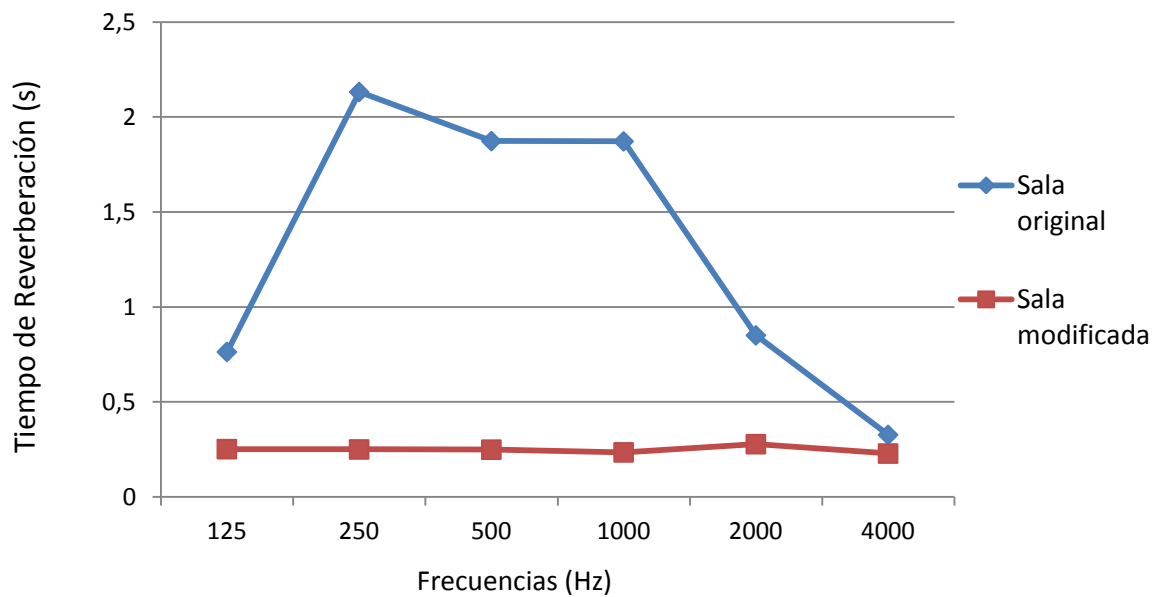
ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,282	1,012	0,971

- **Comparación de los resultados simulados originales y modificados:**

sala original	TR mid	BR	Br
	1,815	0,751	0,317

real	TR mid	BR	Br
	0,282	1,012	0,971



La comparación, en vista de la grafica es bastante evidente la mejora que se establece en el recinto mediante la elección de los materiales propuesta, se ha reducido notablemente el tiempo de reverberación y se ha conseguido una respuesta plana de las paredes que conforman la sala. Además el brillo y la calidez apenas sobrepasan los objetivos marcados, lo cual hará que se obtenga un sonido lo más parecido al natural que no distorsione las mezclas ni las grabaciones con un sonido que realce mas unas frecuencias que otras.

4.3.5. Sala de ensayo (numero 6)

- Sala de ensayo original:

Calculo simulado:

A continuación se detallan en la tabla las absorciones que se dan en la sala de ensayo según la simulación de los paramentos reales que a día de hoy permanecen en la sala de grabación. Como se ha especificado en anteriores apartados, se ha querido realizar una simulación ya que los valores medidos in situ solo en este caso eran los reales ya que este recinto no estaba ocupado por nada, estaba completamente vacío. Los valores que dan esta simulación es muy parecida a los valores que se dan en la medición, con diferencias de cómo mucho 0.106 segundos, algo que el oído humano es capaz de diferenciar.

Materiales	Posición	Perímetro	Altura	Sup	absorción en diferentes frecuencias (Hz)					
					125	250	500	1000	2000	4000
Reflec	suelo sala			13,880	0,555	0,555	0,972	1,527	0,416	0,139

Abs	techo			10,000	0,900	2,500	3,600	7,200	6,600	6,700
Reflec	techo			3,880	0,582	0,194	0,155	0,078	0,155	0,970

Reflec	fondo	2,750	2,150	5,913	0,887	0,296	0,237	0,118	0,237	1,478
Reflec	fondo	3,360	2,150	7,224	1,084	0,361	0,289	0,144	0,289	1,806
Reflec	lateral der	4,540	2,150	9,761	1,464	0,488	0,390	0,195	0,390	2,440
Reflec	lateral izq	4,440	2,150	9,546	1,432	0,477	0,382	0,191	0,382	2,387

Reflec	fondo 1	2,750	1,000	2,750	0,110	0,083	0,110	0,110	0,083	0,055
Reflec	fondo 2	3,360	1,000	3,360	0,110	0,083	0,110	0,110	0,083	0,055
Reflec	lateral der	4,540	1,000	4,540	0,110	0,083	0,110	0,110	0,083	0,055
Reflec	lateral izq	4,440	1,000	4,440	0,110	0,083	0,110	0,110	0,083	0,055

SUP TOTAL	75,294
-----------	--------

Materiales empleados:

Suelo:

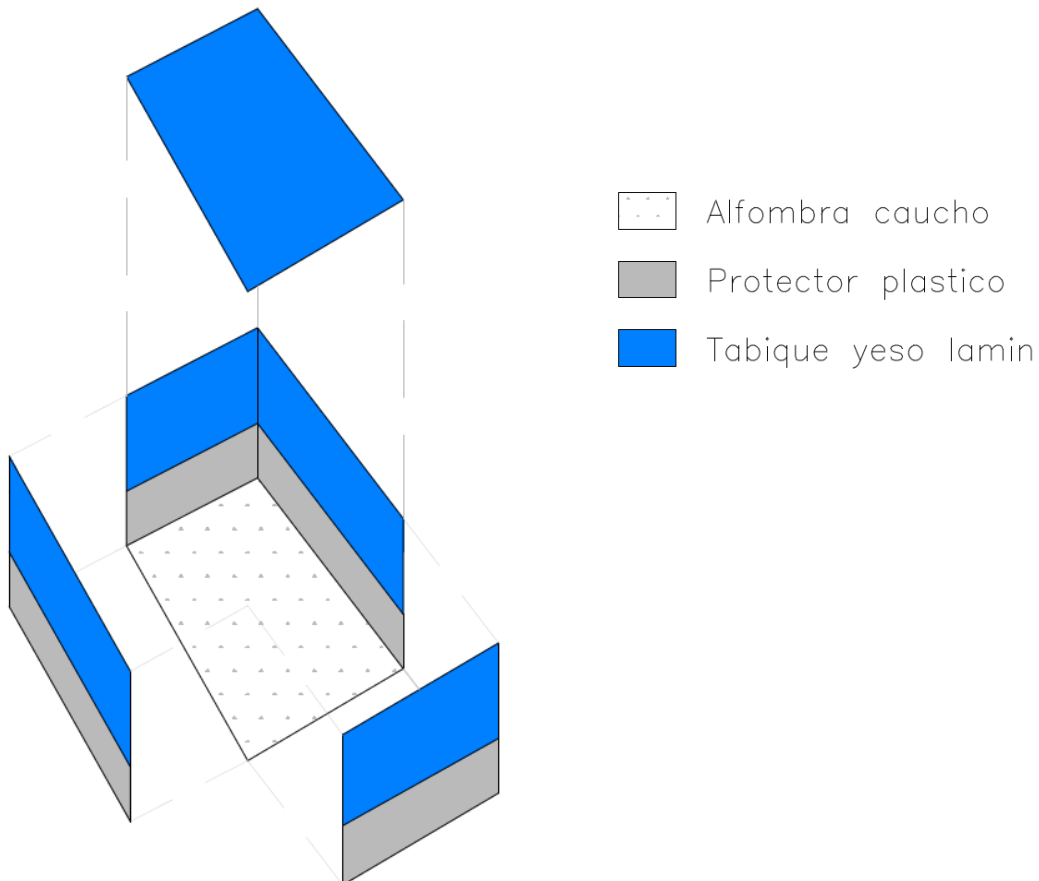
- Moqueta de 0.8 cm de espesor con una densidad de 2kg/m²

Techo:

- Techo de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³
- Parte del techo (10 m²) cubierto de paneles fonoabsorbentes de espuma de poliuretano de 50 mm con formas piramidales.

Paredes:

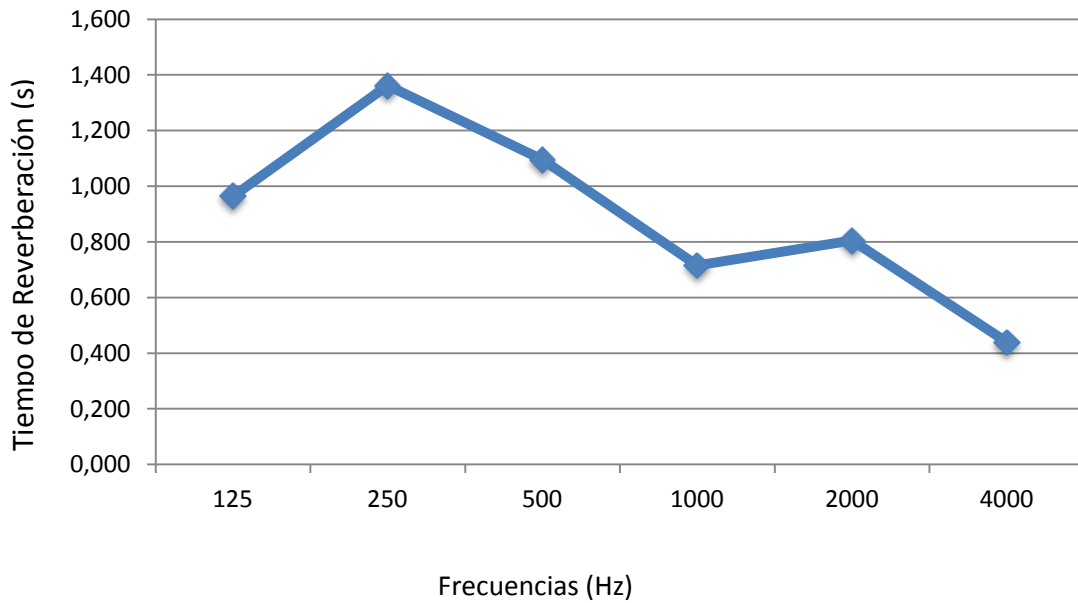
- Todas las paredes son de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³



Tiempos de reverberación:

Los tiempos de reverberación simulados son los siguientes, expresados en segundos y diferenciados por frecuencias, con la consiguiente curva tonal.

125	250	500	1000	2000	4000
0,917	1,362	1,096	0,716	0,805	0,439



En cuanto al tiempo de reverberación media, calidez y brillo, nos encontramos con estos valores que quedan lejos de los buscados en este tipo de recintos, sobre todo por el elevado tiempo de reverberación, ya que la curva tonal no tiene tanta importancia en este caso, aunque se debe intentar siempre que sea lo más plana posible.

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,925	1,284	0,686

- **Sala de ensayo modificada:**

A continuación, se detallan en la tabla las absorciones que se dan en la sala de ensayo mediante la simulación de los paramentos que se han seleccionado para un mejor acondicionamiento del recinto, teniendo en cuenta el uso que va a tener.

Material	Posición	Perímetro	Altura	Sup.	absorción en diferentes frecuencias (Hz)					
					125	250	500	1000	2000	4000
Reflec	suelo sala			13,880	0,555	0,555	0,972	1,527	0,416	0,139

Abs	techo			13,880	9,716	11,520	9,855	8,744	6,940	6,940
-----	-------	--	--	--------	-------	--------	-------	-------	-------	-------

Reflec	fondo	2,750	1,750	4,813	1,684	3,417	4,764	4,331	3,369	2,647
Reflec	fondo	3,360	1,750	5,880	0,882	0,294	0,235	0,118	0,235	1,470
Reflec	lateral der	4,540	1,750	7,945	0,477	0,715	1,112	1,510	4,767	6,992
Reflec	lateral izq	4,440	1,750	7,770	1,166	0,389	0,311	0,155	0,311	1,943

Reflec	fondo 1	2,750	1,000	2,750	0,110	0,083	0,110	0,110	0,083	0,055
Reflec	fondo 2	3,360	1,000	3,360	0,134	0,101	0,134	0,134	0,101	0,067
Reflec	lateral der	4,540	1,000	4,540	0,182	0,136	0,182	0,182	0,136	0,091
Reflec	lateral izq	4,440	1,000	4,440	0,178	0,133	0,178	0,178	0,133	0,089

SUP TOTAL	69,258
-----------	--------

Materiales empleados:

Suelo:

- Alfombra de caucho de 0.5 cm de espesor pegada.

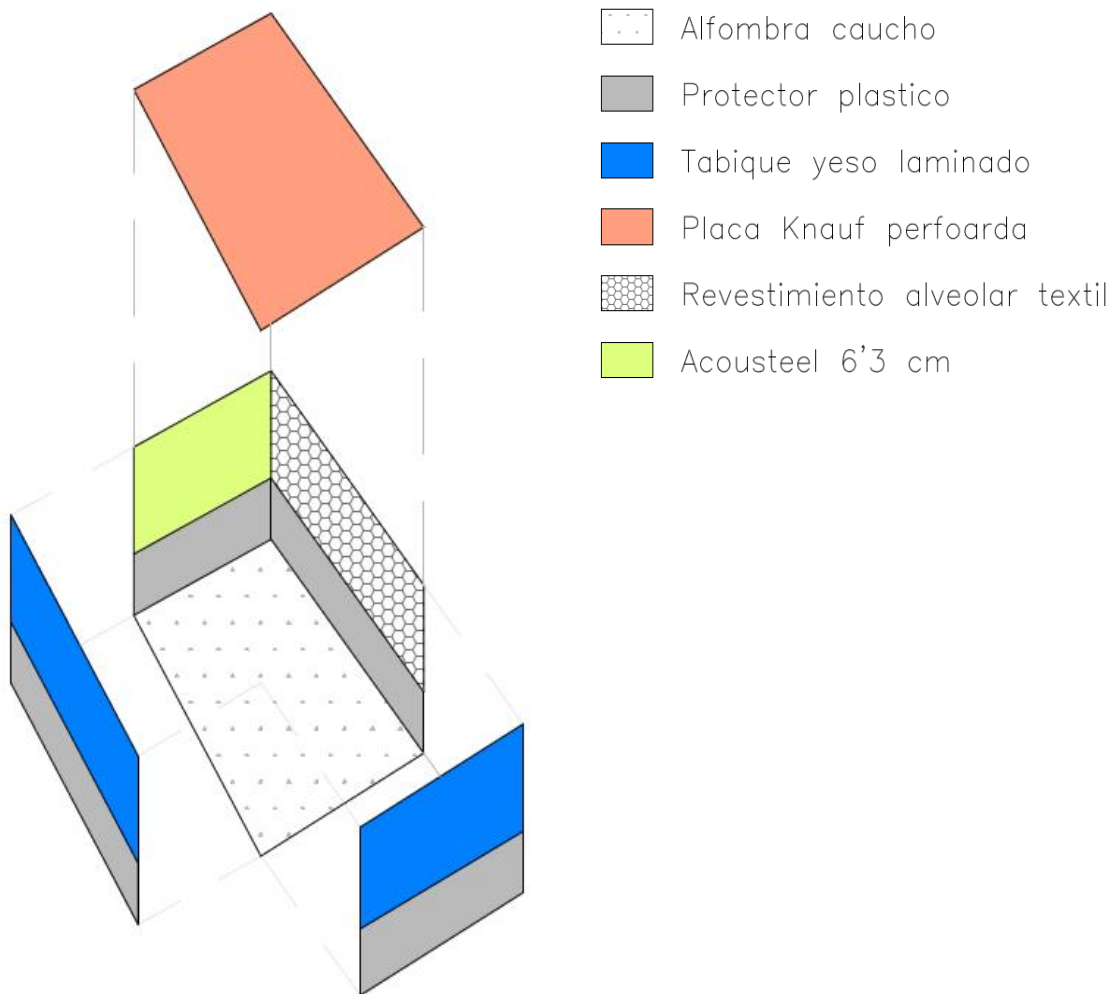
Techo:

- Placa Knauf perforada 12/25 con 13% perforación y cámara de aire de 40 cm con 2 cm de lana de roca de 0.6 kg/m² (se ha bajado 40 cm el techo para disminuir también el volumen)

Paredes y pilares:

- 1 m de plástico protector de 0'6 cm de espesor pegado sobre tabique de yeso laminado (todas las paredes y pilares)

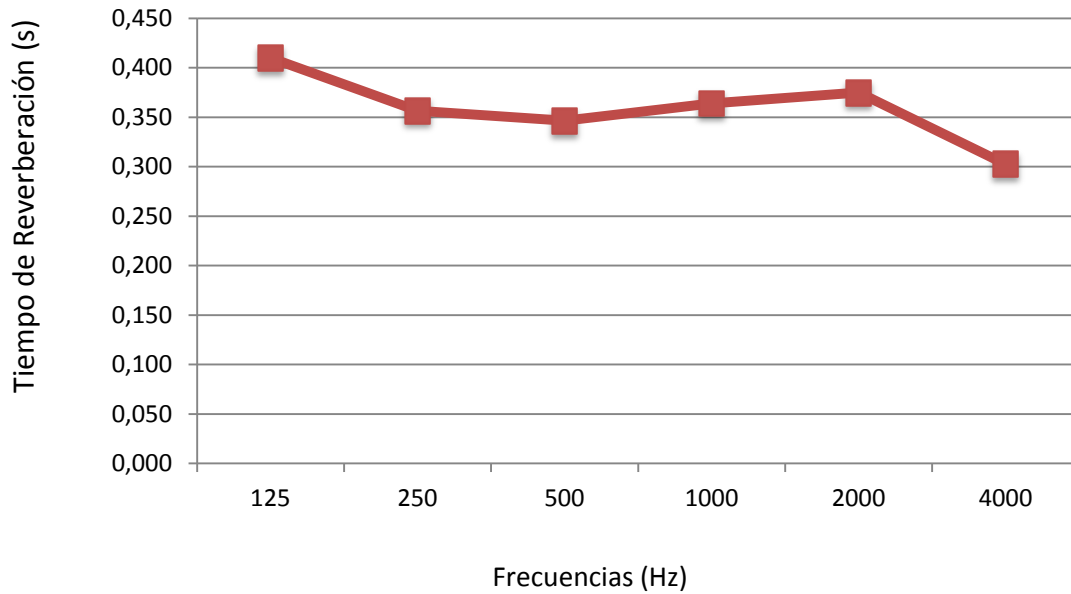
- Pared de fondo de 1'75 cm de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³
- Pared lateral derecha de 1'75 m de revestimiento alveolar textura textil relleno parcialmente con material absorbente.
- Pared lateral izquierda de 1'75 cm de yeso laminado de 13 mm con cámara de aire de 20 cm y 5 cm de lana de roca de 40 kg/m³
- Pared de fondo de sala absorbente con producto Acousteel de 6.3 cm de espesor



Tiempos de reverberación:

Los tiempos de reverberación simulados son los siguientes, expresados en segundos y diferenciados por frecuencias, con la consiguiente curva tonal.

125	250	500	1000	2000	4000
0,410	0,357	0,346	0,298	0,375	0,303



En cuanto al tiempo de reverberación media, calidez y brillo, nos encontramos con estos valores que se acercan de forma considerable a los objetivos

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,355	1,079	0,953

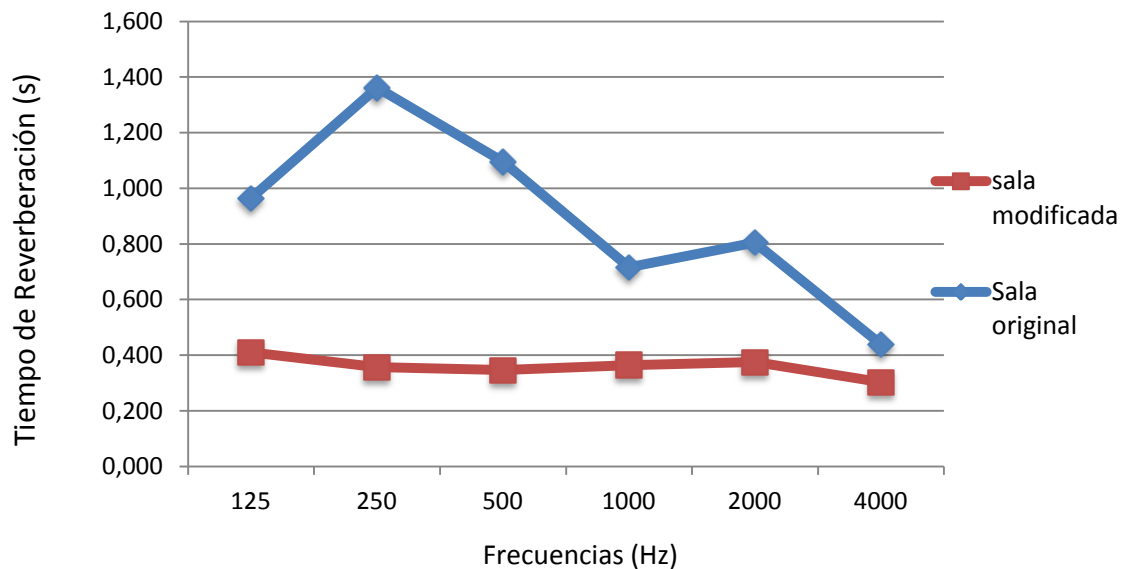
Los tiempos de reverberación están dentro de los límites que nos marcábamos como objetivo, pero en este caso, se han dejado un poco más altas que por ejemplo en la sala de grabación, al tratarse de salas de ensayo, que cuando sean utilizadas van a llenarse de aparatos como altavoces, amplificadores, baterías, que van a actuar de absorbente y rebajaran un poco más estos valores de reverberación.

Pese a que la curva tonal de la sala modificada no la planteábamos como una prioridad, si que se ha conseguido obtener unos valores cercanos a la curva plana, algo que se agradece sobre todo por los usuarios de los recintos de ensayo.

- **Comparación de los resultados simulados originales y modificados:**

sala original	TR mid	BR	Br
	0,925	1,284	0,686

sala modificada	TR mid	BR	Br
	0,355	1,079	0,953



La comparación, en vista de la grafica es bastante evidente la mejora que se establece en el recinto mediante la elección de los materiales propuesta.

Los tiempos de reverberación están dentro de los limites que nos marcábamos como objetivo, pero en este caso, se han dejado un poco más altas que por ejemplo en la sala de grabación, al tratarse de salas de ensayo, que cuando sean utilizadas van a llenarse de aparatos como altavoces, amplificadores, baterías, que van a actuar de absorbente y rebajaran un poco mas estos valores de reverberación.

Pese a que la curva tonal de la sala modificada no la planteábamos como una prioridad, si que se ha conseguido obtener unos valores cercanos a la curva plana, algo que se agradece sobre todo por los usuarios de los recintos de ensayo.

4.3.6. Resto de salas de ensayo

En este apartado se van a exponer de forma resumida, las mejoras que se han alcanzado en el resto de recintos con la nueva elección de los materiales, comparándola con los mismos recintos con los materiales originales que a día de hoy permanecen en el complejo.

El estudio del resto de recintos de ensayo se basa en el realizado para la sala de ensayo numero 6, con las respectivas diferencias de volumen y dimensiones de paramentos. Los cálculos referentes a estos se detallan uno a uno en el anexo, en el apartado de cálculos de acondicionamiento acústico de los recintos.

Cabe destacar que se han compuesto de los mismos materiales que el local 6, con las mismas disposiciones para que se facilitara la ejecución y de lugar a los minimos errores. Es decir, a partir de un local tipo, todos los paramentos serán los mismos y en el mismo orden.

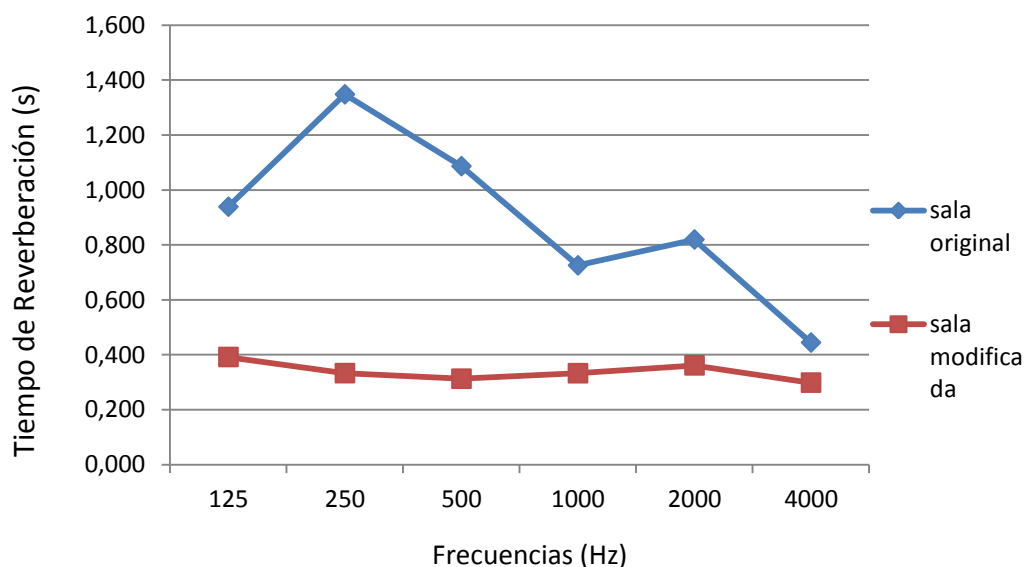
- **Sala de ensayo numero 1:**

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
sala original	0,939	1,348	1,087	0,725	0,819	0,444
sala modificada	0,392	0,333	0,313	0,333	0,361	0,298

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

original	TR mid	BR	Br
	0,90599776	1,26211959	0,6974785

modificada	TR mig	BR	Br
	0,32267708	1,12282475	1,02237928



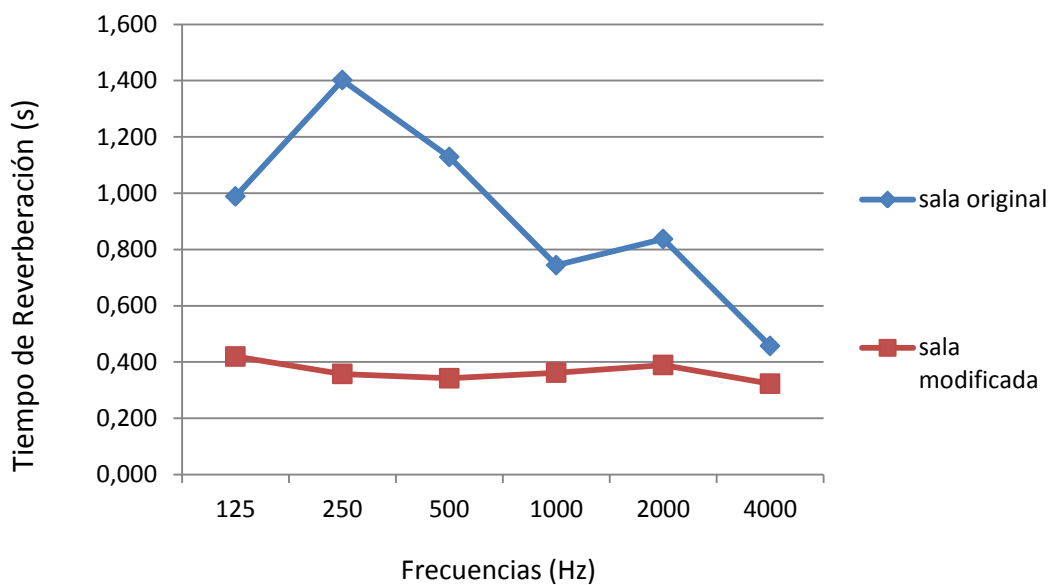
- **Sala de ensayo numero 2:**

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
sala original	0,988	1,402	1,129	0,744	0,837	0,457
sala modificada	0,419	0,357	0,342	0,362	0,389	0,323

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,93622646	1,2764789	0,6908551

real	TR mig	BR	Br
	0,35178459	1,10364548	1,01139767



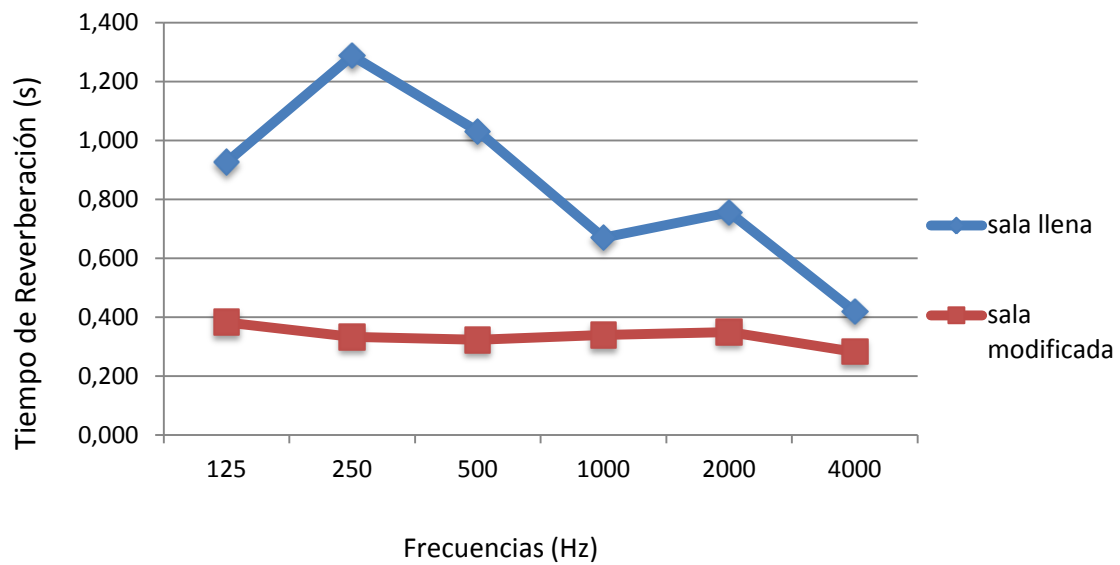
- **Sala de ensayo numero 3:**

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
sala original	0,926	1,287	1,031	0,669	0,755	0,418
sala modificada	0,382	0,332	0,323	0,339	0,350	0,282

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,84994109	1,30191123	0,69041824

real	TR mig	BR	Br
	0,33111979	1,07906027	0,9539205



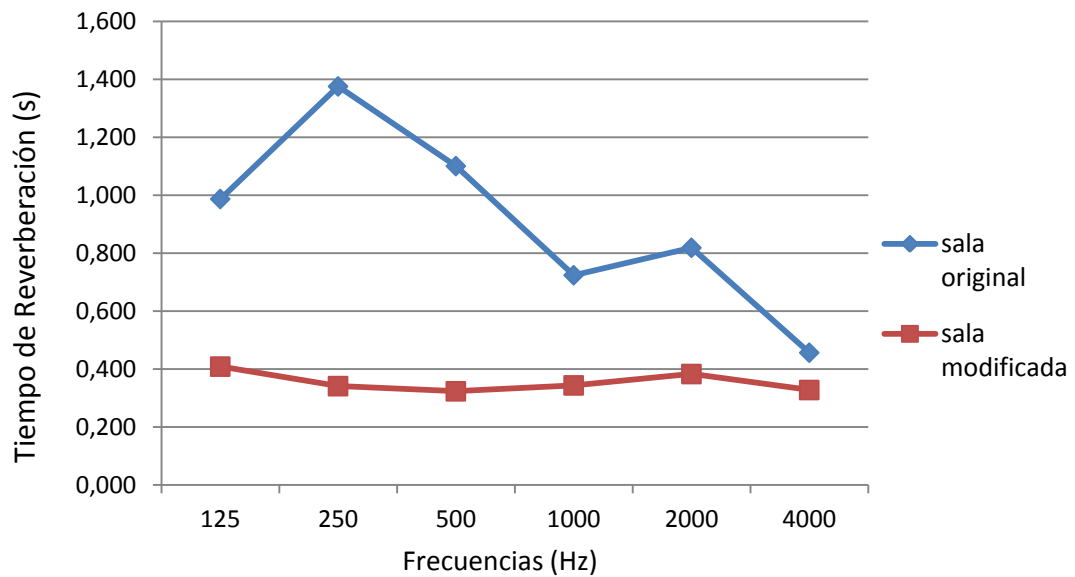
- **Sala de ensayo numero 4:**

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
sala original	0,987	1,375	1,100	0,724	0,818	0,456
sala modificada	0,408	0,341	0,323	0,343	0,383	0,328

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,91199435	1,29495589	0,69886564

real	TR mig	BR	Br
	0,3333488	1,12392249	1,06529075



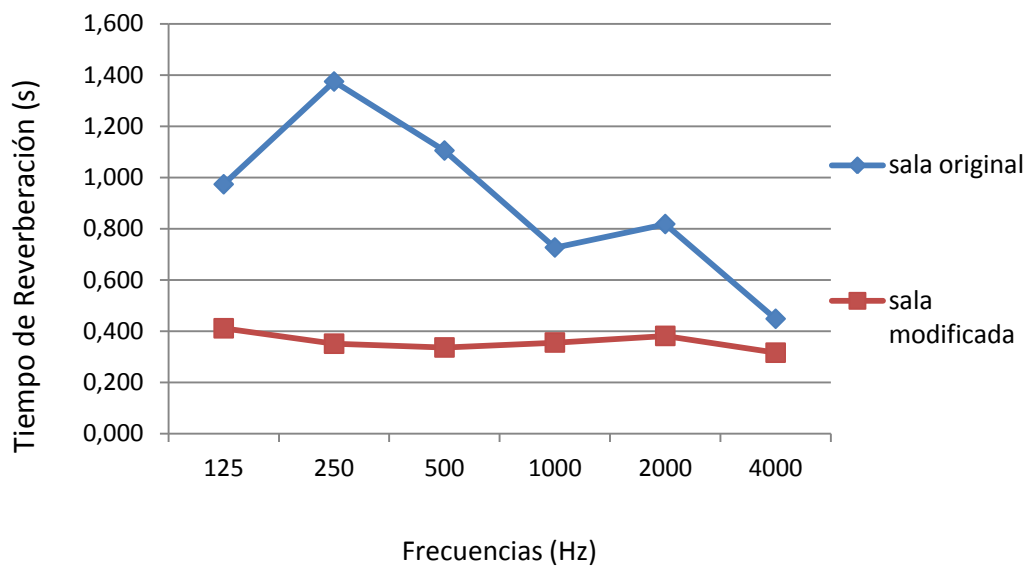
- Sala de ensayo numero 5:

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
sala original	0,973	1,374	1,105	0,726	0,818	0,448
sala modificada	0,411	0,351	0,336	0,355	0,381	0,316

ideal	TR mid	BR	Br
	0,2 - 0,4	1	1

real	TR mid	BR	Br
	0,91555718	1,28175892	0,69128232

real	TR mig	BR	Br
	0,34579046	1,10127567	1,00761462



5. ANEXOS

5.1 CALCULOS DE AISLAMIENTO ACUSTICO

- SALA DE CONCIERTOS – ACCESO PRINCIPAL DEL COMPLEJO
- SALA DE CONCIERTOS - CENTRP DE JUVENTUD
- LOCALES ANEXOS
- SALA DE GRABACION – CONTROL DE GRABACION / VESTIBULO DE ACCESO

5.2 CALCULOS ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO

- SALA DE CONCIERTOS (ORIGINAL)
- SALA DE CONCIERTOS (MODIFICADA)
- SALA DE GRABACION
- SALA DE CONTROL DE GRABACION
- SALA DE ENSAYO NUMERO 6
- SALA DE ENSAYO NUMERO 1
- SALA DE ENSAYO NUMERO 2
- SALA DE ENSAYO NUMERO 3
- SALA DE ENSAYO NUMERO 4
- SALA DE ENSAYO NUMERO 5

5.3 GRAFICAS DE ABSORCION DE MATERIALES

5.4 VOLUMETRIAS ACONDICINAMIENTO ACUSTICO

5.5 PLANOS

- PLANO GENERAL DEL COMPLEJO
- PLANO DE ZONIFICACION
- PLANO VOLUMETRIAS