



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería de Edificación

Proyecto fin de Grado

Actuación Acústica en Centro de Arte Contemporáneo

Modalidad Científico-técnico

Autor: Miguel Ángel Fernández Martínez
Director PFG: Amadeo Pascual Galan

Índice

	Página
1. Introducción.....	1
1.1 Planteamiento y objetivos.....	2
1.2 Imágenes diseño inicial.....	3
1.3 Plano de emplazamiento.....	4
2. Aislamiento acústico.....	5
2.1 Zonificación.....	6
2.1.1 Determinación valor L_d	6
2.1.2 Zonificación y exigencias aislamiento acústico.....	6
2.2 Planos zonificación.....	8
2.3 Exigencias de aislamiento acústico.....	13
2.4 Características exigibles a los elementos constructivos.....	14
2.5 Consideraciones respecto a los cerramientos exteriores.....	16
2.6 Cálculo aislamiento acústico entre recintos interiores.	
Fichas justificativas.....	18
2.7 Consideraciones respecto a la cubierta.....	22
3. Acondicionamiento acústico.....	23
3.1 Introducción al acondicionamiento.....	24
3.2 Tablas coeficientes materiales empleados.....	26
3.3 Estudio acondicionamiento acústico sótano.....	28
3.3.1 Plano acondicionamiento planta sótano.....	29
3.4 Estudio acondicionamiento acústico planta baja.....	31
3.4.1 Estudio acondicionamiento acústico sala de conferencias.....	31
3.4.2 Estudio acondicionamiento acústico cafetería y tienda.....	39
3.4.3 Estudio acondicionamiento acústico resto de recintos.....	41
3.4.4 Plano acondicionamiento planta baja.....	43
3.4.5 Sección A.....	44
3.5 Estudio acondicionamiento acústico planta 1 ^a	46
3.5.1 Estudio acondicionamiento acústico sala de exposiciones 1.....	46
3.5.2 Estudio acondicionamiento acústico sala de exposiciones 2.....	47
3.5.3 Estudio acondicionamiento acústico resto de recintos.....	48
3.5.4 Plano acondicionamiento planta 1 ^a	49
3.5.5 Sección B.....	50
3.6 Estudio acondicionamiento planta 2 ^a	52
3.6.1 Estudio acondicionamiento acústico sala de exposiciones 3.....	52
3.6.2 Estudio acondicionamiento acústico sala de exposiciones 4.....	53
3.6.3 Estudio acondicionamiento acústico resto de recintos.....	54
3.6.4 Plano acondicionamiento planta 2 ^a	55
3.6.5 Sección C.....	56
3.8 Estudio acondicionamiento acústico planta 3 ^a	58
3.8.1 Plano acondicionamiento planta 3 ^a	59
3.8.2 Sección D.....	60
4 Instalaciones.....	61
4.1 Instalaciones de iluminación.....	62
4.2 Instalaciones de climatización.....	65

4.3 Recinto del ascensor.....	69
5. Bibliografía.....	70

1. Introducción

1.1 Planteamiento y objetivos

El punto de partida y el objeto de este proyecto es la actuación acústica en un centro de arte contemporáneo. El edificio se ha proyectado sin tener en consideración los aspectos relativos a la acústica arquitectónica; por lo que sin perjuicio de las otras condiciones exigibles y que si han sido contempladas (salubridad, seguridad de utilización, etc.) se estudiara el aislamiento y acondicionamiento acústico de manera global así como de forma más pormenorizada cuando así se requiera.

El diseño inicial del edificio no variará, estableciéndose únicamente alguna modificación puntual que no afecte al estado inicial de la fachada, a la estructura o a la distribución interior. Por lo tanto, la actuación se limitara a la ejecución de trasdosados; disposición de suelos flotantes; revestimientos de paramentos, suelos y techos; etc.

A la hora de evaluar el aislamiento acústico, hay que tener en cuenta que no solo depende de los elementos constructivos proyectados para la separación entre los diferentes recintos, sino también de los encuentros entre ellos y de la ejecución de los mismos.

- Objetivos:

- Análisis del proyecto proporcionado identificando las generalidades y particularidades que estén directamente relacionadas con el aislamiento y acondicionamiento acústico.
- Verificación del cumplimiento de las exigencias en lo referente a aislamiento del diseño original. Si no fueran satisfechas estas últimas se propondrían soluciones para alcanzar los valores exigidos en la normativa de referencia (DB HR).
- Acondicionamiento acústico de los recintos para los que fuera necesario, entendiéndose por acondicionamiento la definición de las formas y revestimientos de las superficies interiores de un recinto con objeto de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas para el tipo de actividad a la que se haya previsto destinarlo.
- Analizar la incidencia de las instalaciones en el estudio acústico, indicando posibles soluciones y recomendaciones para que estas no mermen las cualidades acústicas obtenidas con los apartados previos. Se ha hecho hincapié en las instalaciones de iluminación y climatización.

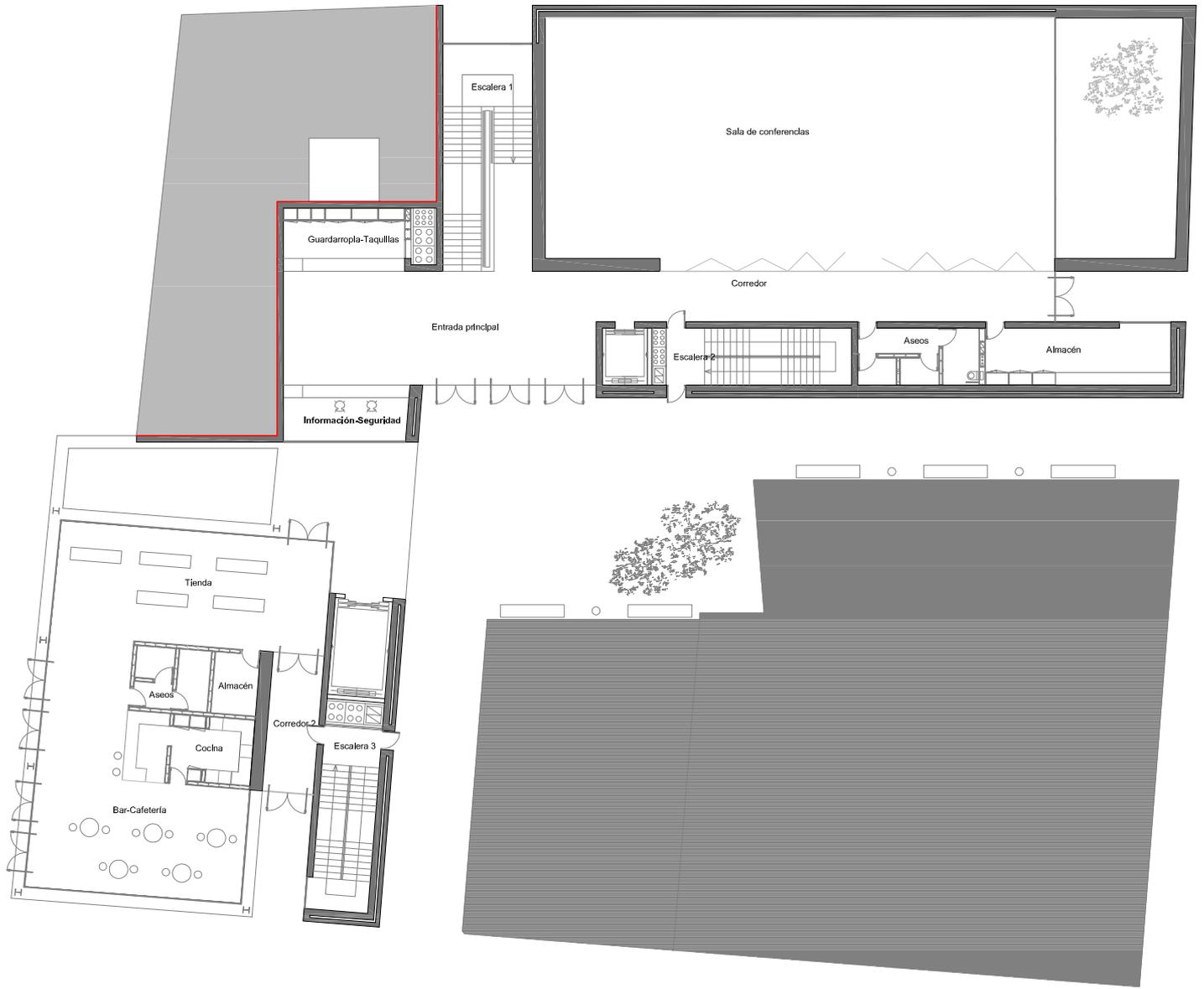
1.2 Imágenes diseño inicial



Vistas del edificio desde diferentes puntos de vista



1.3 Plano de emplazamiento



— Situación de medianeras

Plano emplazamiento
E: 1/300

2. Aislamiento acústico

• Uso del edificio

El edificio proyectado tiene un uso cultural y constituye una única unidad de uso. Según el documento DB HR, una unidad de uso es una parte de un edificio que se destina a un uso específico, y cuyos usuarios están vinculados entre sí, bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa o corporación, bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad.

Consideraciones respecto a una unidad de uso:

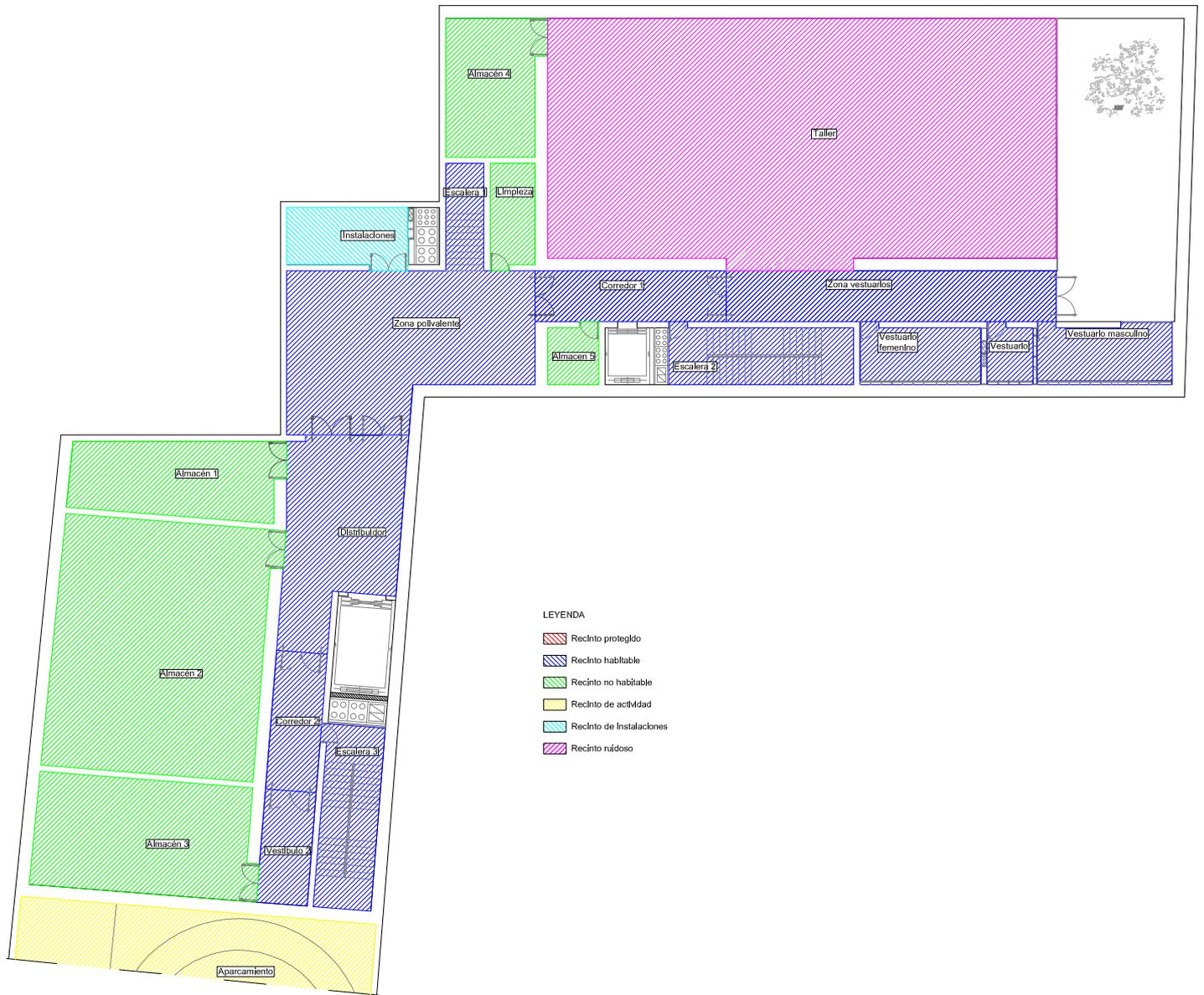
- Una unidad de uso puede tener sólo recintos habitables o protegidos. Los pasillos están considerados como recintos habitables.
- Los recintos no habitables, los recintos de instalaciones o de actividad no se consideran una unidad de uso, ni pertenecen a ninguna unidad de uso.

• Zonificación

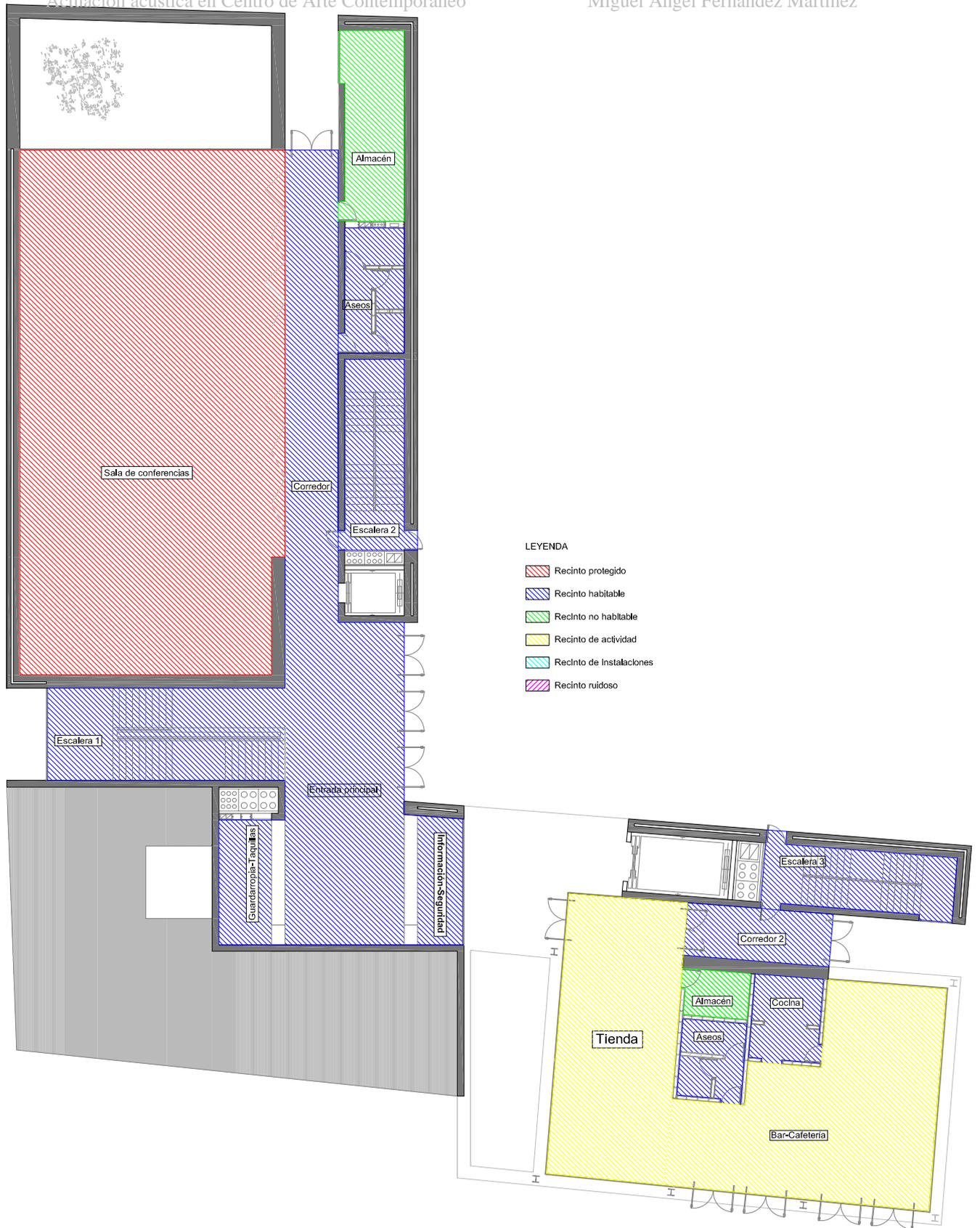
Tipos de recintos existentes en el edificio de acuerdo al DB HR:

- La sala de conferencias cuyo volumen es mayor que 350m^3 se considera recinto protegido respecto de otros recintos y del exterior a efectos de aislamiento acústico.
- Los almacenes se consideran recintos no habitables, ya que no están destinados al uso permanente de personas y su ocupación es ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, por lo tanto sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. No se establecen condiciones acústicas específicas en este tipo de recintos.
- Los recintos de instalaciones que son los recintos que contienen equipos de instalaciones colectivos del edificio:
 - El recinto del ascensor no es un recinto de instalaciones, a menos que carezca de cuarto de máquinas y la maquinaria esté incorporada en el recinto del ascensor.
 - El conducto de extracción de humos de garajes no se considera recinto de instalaciones.
- La cafetería y la tienda se consideran recintos de actividad, ya que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, es mayor que 70dB y no mayor de 80dB. El taller supera este nivel y por lo tanto se considera recinto ruidoso.
- Todos los aparcamientos se consideran recintos de actividad respecto a cualquier uso excepto los de uso privativo en vivienda unifamiliar.
- Las cocinas, baños, pasillos, vestíbulos y escaleras se consideran recintos habitables.

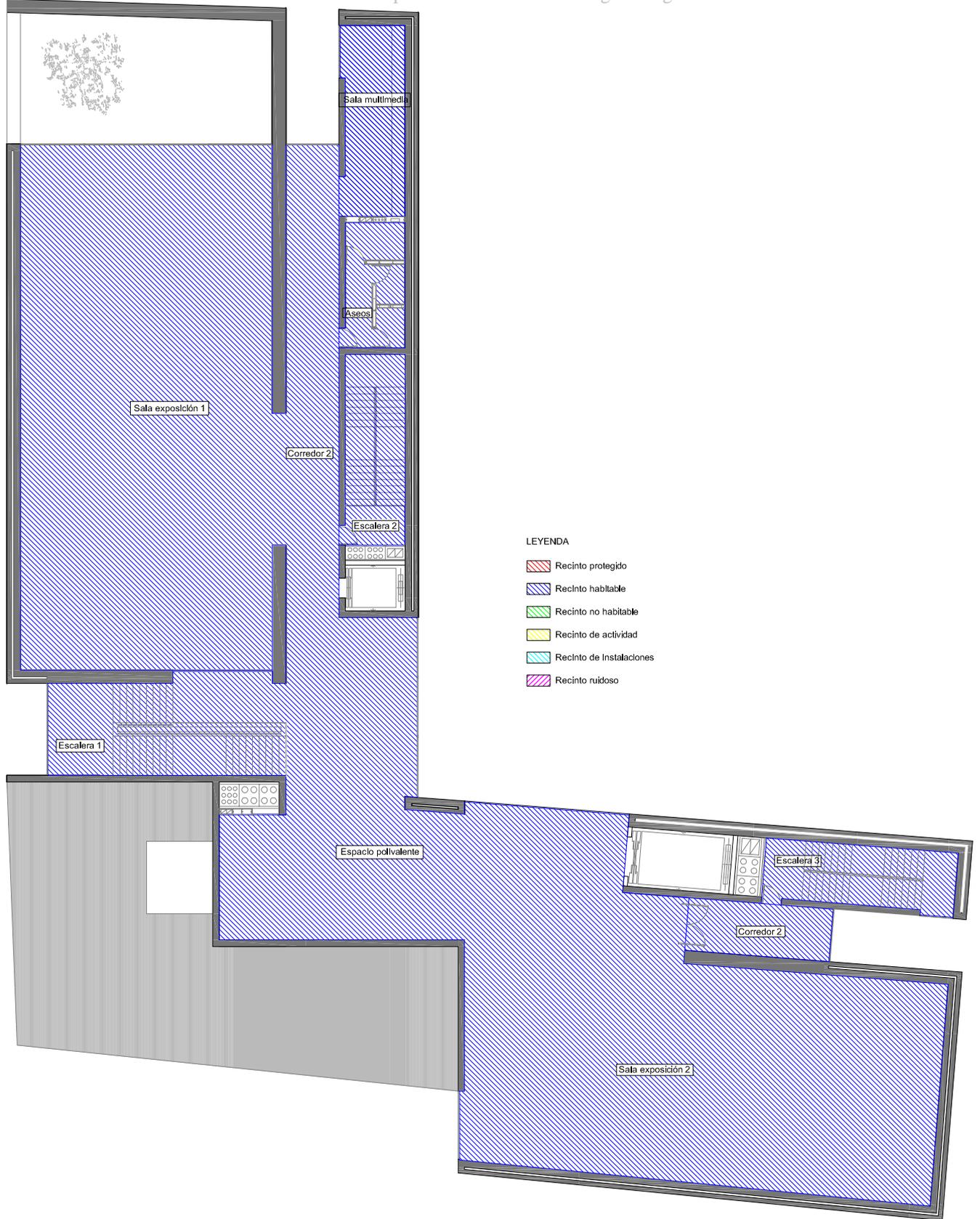
2.2 Planos zonificación



Zonificación planta sotano
E: 1/300



Zonificación planta baja
E: 1/250



Zonificación planta 1ª
E: 1/250



Zonificación planta 2ª
E: 1/250



Zonificación planta 3ª
E: 1/250

2.3 Exigencias de aislamiento acústico

Tabla con los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo e impacto exigibles según el DB HR:

	Recinto Receptor	Recinto emisor	Requisitos CTE DB HR
Ruido aéreo	Recinto protegido	Recinto en la misma unidad de uso en edificios de uso residencial privado	$R_A \geq 33\text{dB A}$
		Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y sin puerta o ventana	$D_{nT,A} \geq 50\text{dB A}$
		Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y con puerta o ventana	$R_{A \text{ Muro}} \geq 50\text{dB A}$ $R_{A \text{ Puerta}} \geq 30\text{dB A}$
		Recinto de instalaciones o recinto de actividad	$D_{nT,A} \geq 55\text{dB A}$
		Exterior	$D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ a 51 dB A^* en función del ruido predominante, el L_d , tipo de edificio y % huecos en fachada
	Recinto habitable	Recinto en la misma unidad de uso en edificios de uso residencial privado	$R_A \geq 33\text{dB A}$
		Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y sin puerta o ventana	$D_{nT,A} \geq 45\text{dB A}$
		Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y con puerta o ventana	$R_{A \text{ Muro}} \geq 50\text{dB A}$ $R_{A \text{ Puerta}} \geq 20 \text{ dB A}$
		Recinto de instalaciones o recinto de actividad (Tabla 1)	$D_{nT,A} \geq 45\text{dB A}$
		Paredes medianeras entre edificios	$D_{2m,nT,Atr} \geq 40\text{dB A}$ cada cerramiento o $D_{2m,nT,Atr} \geq 50\text{dB A}$ ambos cerramientos juntos
	Recinto del ascensor	$R_A > 50\text{dB A}$	
Ruido impactos	Recinto protegido	Otra unidad de uso, zona común o recinto habitable	$L'_{nT,w} \leq 65\text{dB A}$
		Recinto de instalaciones o recinto de actividad	$L'_{nT,w} \leq 60\text{dB A}$

Tabla 1

Recinto emisor	Recintos receptores	
	Protegido Ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)	Habitable Ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)
De instalaciones o de actividad	55	45
Si ambos recintos no comparten puertas o ventanas		
si comparten puertas:	Condiciones del cerramiento opaco y de la puerta R_A	
	Puerta en recinto habitable	Cerramiento opaco
	30	50
Un recinto de instalaciones o de actividad no puede tener puertas que den acceso directamente a los recintos protegidos del edificio		

* Tabla 2.1 DB HR

Para determinar el valor en función del índice de ruido día, L_d se ha consultado el mapa de ruido correspondiente a la zona donde se ubica el edificio objeto de estudio, y el cual se adjunta en este apartado de aislamiento acústico.

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 ruido día, L_d

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencia y hospitalario		Cultural, sanitario, 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

2.4 Características exigibles a los elementos constructivos

Algunas de estas características quedan relegadas para un determinado número de soluciones constructivas en el catálogo de elementos constructivos del CTE:

Elemento	Disposición	Características
Separación vertical		Índice global de reducción acústica ponderada $A R_A$
	Para trasdosados	La mejora del índice global de reducción acústica ponderado $A \Delta R_A$ en dBA
Separación horizontal		Índice global de reducción acústica ponderado $A R_A$ en dBA Nivel global de presión a ruido de impactos $L_{n,w}$ en dB
	Suelos flotantes	Índice global de reducción acústica ponderada $A R_A$ en dBA Reducción del nivel global de presión a ruido de impactos ΔL_w en dB
	Techos suspendidos	La mejora del índice global de reducción acústica ponderado $A \Delta R_A$ en dBA El coeficiente de absorción acústica medio α_m , si su función es de control de reverberación
Fachadas y cubiertas	Parte ciega	Índice global de reducción acústica R_w en dB Índice global de reducción acústica ponderado A, R_A en dBA. Índice global de reducción acústica ponderado A , para ruido de automóviles $R_{A,tr}$ en dBA
	Huecos	Índice global de reducción acústica R_w en dB Índice global de reducción acústica ponderado A, R_A en dBA. Índice global de reducción acústica ponderado A , para ruido de automóviles $R_{A,tr}$ en dBA Clase de ventana Índice global de reducción acústica ponderado A , para ruido de automóviles, $R_{A,tr}$ para las cajas de persiana, en dBA

Aireadores		Diferencia de niveles normalizada ponderada A, $D_{n,e,At}$, en dBA
------------	--	--

2.5 Consideraciones respecto a los cerramientos exteriores

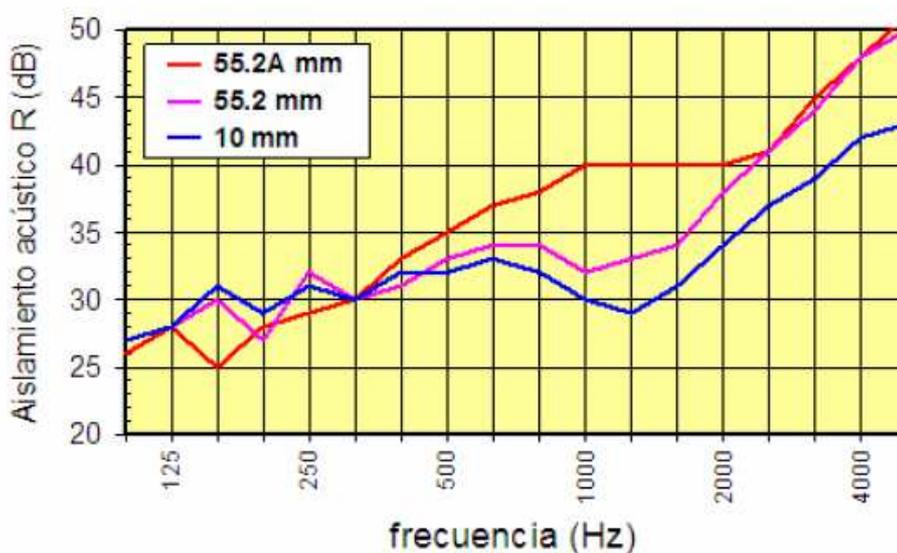
Cerramiento de fachada

El punto crítico del aislamiento de las fachadas siempre lo constituye el hueco. Un sobredimensionamiento de aislamiento acústico en la parte ciega pierde sentido cuando exista un hueco, dado que la prestación del hueco es lógicamente inferior a la de la parte ciega y absolutamente determinante para la prestación del elemento mixto.

En los acristalamientos de los huecos es absolutamente necesario tener en cuenta el tipo de acristalamiento a disponer en los mismos y los sistemas de cierre de los marcos, así como su anclaje al muro. La permeabilidad al aire y la deficiente hermeticidad del cierre suponen pérdidas de aislamiento que difícilmente podrían ser compensadas con acristalamientos de mejor comportamiento acústico.

- Vidrio laminar:

Se ha elegido un vidrio laminar para el acristalamiento de la fachada, formado por dos o más laminas de vidrio unidas entre si por un plástico, normalmente PVB (Butiral de Polivinilo), ofrece un mejor aislamiento acústico que un vidrio monolítico que presente el mismo espesor total. Si se utiliza una película simple de PVB, la influencia de la frecuencia crítica permanece aunque la pérdida de aislamiento es menos acusada.



La utilización de un PVB especial acústico, con mejores prestaciones acústicas, elimina prácticamente la disminución del aislamiento acústico en torno a la frecuencia crítica, gracias al efecto óptimo de amortiguamiento de la capa intermedia elástica. De esta

manera, se mejoran las prestaciones de un vidrio monolítico y se suman las ventajas de un vidrio de seguridad.

- Puntos a tener en consideración:

El bastidor debe presentar una buena estanqueidad al aire, tanto las partes móviles como las fijas. Las juntas entre el vidrio y el perfil así como las juntas entre los distintos perfiles pueden ser fuente de problemas.

Es conveniente utilizar tapajuntas de forma suficiente. Si el aislamiento acústico debe ser superior a 35dB, es necesario aplicar una doble barrera de estanqueidad en aquellas partes que se abren. La junta de las aberturas estará presente en todo el perímetro sin interrupción en ángulos y herrajes o cerrajería.

Es imprescindible que la estanqueidad al aire sea buena en todos los puntos, tanto en los propios puntos de cierre de los elementos practicables así como en aquellos en los que la ventana va recibida a la obra. Las juntas abiertas o pequeñas rendijas pueden provocar unas pérdidas que oscilarían entre 5 y 10dB.

Si la anchura de la junta supera los 5mm debe aplicarse, antes de la masilla de larga duración, un material relleno a base de espuma sintética, celular y comprimible o un perfil de junta.

Tabla de propiedades de los vidrios y unidades de vidrio aislante:

Tipo de vidrio	Espesor	Peso	Prestaciones				
			Unidades	mm	Kg/m ²	R _w	C
MONOLITICO							
SGG PLANILUX	3	7,5	29	-2	-5	27	24
SGG PLANILUX	4	10	30	-1	-3	29	27
SGG PLANILUX	5	12,5	30	-1	-2	29	28
LAMINAR ACÚSTICO							
SGG STADIP SILENCE 33.1	6	15,5	36	-1	-3	35	33
SGG STADIP SILENCE 44.1	8	20,5	37	-1	-2	36	35
SGG STADIP SILENCE 55.1	10	25,5	38	-1	-2	37	36
SGG STADIP SILENCE 33.2	7	16	36	-1	-3	35	33
SGG STADIP SILENCE 44.2	9	21	37	-1	-2	36	35
SGG STADIP SILENCE 55.2	11	26	38	-1	-2	37	36
SGG STADIP SILENCE 64.2	11	26	38	-1	-2	37	36
SGG STADIP SILENCE 66.2	13	31	39	-1	-2	38	37
SGG STADIP SILENCE 44.4	10	21,5	37	0	-2	37	35
Doble acristalamiento SGG CLIMALIT /SGG CLIMALIT PLUS							
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 4/6/4	14	20	30	-1	-3	29	27
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 4/8/4	16	20	30	-1	-3	29	27
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 4/10/4	18	20	30	-1	-3	29	27
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 4/12/4	20	20	30	0	-3	30	27
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 4/15/5	24	22,5	33	-1	-4	32	29
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 5/12/6	22	25	32	-1	-4	31	28
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 6/12/6	24	30	33	-1	-3	32	30
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 6/16/6	28	30	33	-1	-5	32	28

SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 8/12/8	28	40	34	-2	-3	32	31
SGG CLIMALIT/CLIMALIT PLUS 8/16/8	32	40	34	-1	-4	33	30
Doble acristalamiento SGG CLIMALIT SILENCE/SGG CLIMALIT PLUS SILENCE							
CLIMALIT PLUS SILENCE 4/12/33,1	22	25,5	34	-1	-4	33	30
CLIMALIT PLUS SILENCE 6/12/33,1	24	30,5	37	-1	-5	36	32
CLIMALIT PLUS SILENCE 8/6/33,1	20	35,5	38	-1	-4	37	34
CLIMALIT PLUS SILENCE 10/9/33,1	25	40,5	39	-1	-4	38	35
CLIMALIT PLUS SILENCE 4/6/44,1	18	30,5	36	-1	-4	35	32
CLIMALIT PLUS SILENCE 6/12/44,1	26	35,5	38	-1	-5	37	33
CLIMALIT PLUS SILENCE 8/6/44,1	22	40,5	39	-1	-4	38	35
CLIMALIT PLUS SILENCE 8/12/44,1	28	40,5	40	-2	-5	38	35
CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44,1	30	45,5	41	0	-4	41	37
CLIMALIT PLUS SILENCE 8/6/44,2	23	41	39	-1	-5	38	34
CLIMALIT PLUS SILENCE 8/10/44,2	27	41	39	-1	-5	38	34
CLIMALIT PLUS SILENCE 8/12/44,2	29	41	40	-1	-5	39	35
CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44,2	31	46	42	-2	-5	40	35
CLIMALIT PLUS SILENCE 10/16/88,2	26	41	41	-2	-5	39	36
CLIMALIT PLUS SILENCE 33,1/9/55,1	43	66	45	-1	-5	44	40
CLIMALIT PLUS SILENCE 44,1/12/64,1	31	46,5	43	-2	-6	41	37
CLIMALIT PLUS SILENCE 44,2/30/64,2	40	47	47	-2	-7	45	40
CLIMALIT PLUS SILENCE 6/16/44,1	30,5	35,5	41	-2	-7	39	34

Resolución de lucernarios

Para aprovechar la luz natural se han dispuesto varios lucernarios en la cubierta que hacen perder calidad arquitectónica a causa del ruido de impacto de la lluvia o del granizo sobre los cristales, que produce una perturbación en el ambiente interior.

El vidrio laminar en este tipo de acristalamientos se comporta mucho mejor que el vidrio monolítico sencillo. El vidrio laminar con PVB acústico ofrece prestaciones superiores en 10dB (A).

2.6 Cálculo aislamiento acústico entre recintos interiores

Fichas justificativas

La opción simplificada pretende obtener los parámetros mínimos necesarios para dar satisfacción a los requerimientos acústicos que impone el DB HR.

Para esta opción sólo es necesario distinguir cada una de las unidades de uso, recintos de instalaciones y de actividad para elegir los elementos de separación verticales.

El cálculo a través de las tablas de la Opción Simplificada da soluciones efectivas pero sobredimensionadas.

Las exigencias de aislamiento frente a ruido interior se establecen:

- Entre recintos protegidos o habitables y:
 - Recintos de instalaciones.
 - Recintos de actividad y ruidosos.

Las exigencias de aislamiento acústico entre un recinto y el exterior se aplican sólo a recintos protegidos del edificio, pertenezcan o no a una unidad de uso.

Las exigencias de aislamiento acústico entre edificios se aplican indistintamente a los recintos protegidos y habitables colindantes con otro edificio, es decir, en contacto con una medianería.

Fichas justificativas

Elementos de separación verticales entre recintos (apartado 3.1.2.3.4)			
Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación verticales situados entre:			
a) un <i>recinto</i> de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio;			
b) un <i>recinto</i> protegido o habitable y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i> .			
Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)			
Solución de elementos de separación verticales entre: recinto de instalaciones y zona polivalente en planta sótano			
Elementos constructivos		Tipo	Características de proyecto exigidas
Elemento de separación vertical	Elemento base		m (kg/m ²)= <input type="text"/> ≥ <input type="text"/> R _A (dBA)= <input type="text"/> ≥ <input type="text"/>
	<i>Trasdosado</i> por ambos lados		ΔR _A (dBA)= <input type="text"/> ≥ <input type="text"/>
Elemento de separación vertical con puertas y/o ventanas	Puerta o ventana	Puerta acústica MS-3	R _A (dBA)= <input type="text"/> 39(*) ≥ <input type="text"/> 20 30
	Cerramiento	Muro de hormigón armado de 30cm	R _A (dBA)= <input type="text"/> 68 ≥ <input type="text"/> 50
Condiciones de las <i>fachadas</i> a las que acometen los elementos de separación verticales			
Fachada	Tipo		Características de proyecto exigidas
	Muro de hormigón de 30cm de espesor bajo rasante		m (kg/m ²)= <input type="text"/> >500 ≥ <input type="text"/> R _A (dBA)= <input type="text"/> 68 ≥ <input type="text"/>

(*) Puerta acústica MS-3 Marca comercial: Metrasoni

Puerta batiente metálica acústica, compuesto por un cuerpo de 63mm de espesor, hoja en chapa de acero de 1,2mm con refuerzos longitudinales interiores y relleno acústico multicapas. Dispone de un marco de doblado perimetral, tipo esquinero, de 1,5mm con doble burlete de goma y pernios macizos con cojinete a bolas sin soldaduras vistas.

Aislamiento acústico R_A = 39 dBA

El muro de hormigón de 60cm de espesor que separa el recinto de aparcamiento del corredor de la planta sótano colindante con el podría tomar la consideración de medianera. El R_A obtenido para este muro es de 78dBA, por lo que cumple las exigencias recogidas en la normativa.

Elementos de separación verticales entre recintos (apartado 3.1.2.3.4)		
Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación verticales situados entre:		
c) un <i>recinto</i> de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio;		
d) un <i>recinto</i> protegido o habitable y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i> .		
Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)		
Solución de elementos de separación verticales entre: ...recinto de instalaciones tercera planta y recinto habitable (escalera)		
Elementos constructivos	Tipo	Características de proyecto exigidas
Elemento de separación vertical	Elemento base	Muro de hormigón de 30 cm de espesor m (kg/m ²)= <input type="text" value="500"/> ≥ <input type="text" value="135"/> R _A (dBA)= <input type="text" value="68"/> ≥ <input type="text" value="50"/>
	Trasdosado por ambos lados	No se contempla ΔR _A (dBA)= <input type="text" value="-"/> ≥ <input type="text" value="-"/>
Elemento de separación vertical con puertas y/o ventanas	Puerta o ventana	R _A (dBA)= <input type="text" value="20"/> ≥ <input type="text" value="30"/>
	Cerramiento	R _A (dBA)= <input type="text" value="50"/> ≥ <input type="text" value="50"/>
Condiciones de las fachadas a las que acometen los elementos de separación verticales		
Fachada	Tipo	Características de proyecto exigidas
	Hojas de hormigón de 30cm + aislante térmica + hoja de hormigón de 20cm	m (kg/m ²)= <input type="text" value="500"/> ≥ <input type="text" value=""/> R _A (dBA)= <input type="text" value="60"/> ≥ <input type="text" value=""/>

Medianerías. (apartado 3.1.2.4)	
Tipo	Características de proyecto exigidas
Medianera formada por muro de hormigón armado de 30cm de espesor en todas las plantas, a excepción de la planta sótano	R _A (dBA)= <input type="text" value="68"/> ≥ <input type="text" value="45"/>

Elementos de separación horizontales entre recintos (apartado 3.1.2.3.5)		
Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación horizontales situados entre:		
a) un <i>recinto</i> de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio;		
b) un <i>recinto</i> protegido o habitable y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i> .		
Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)		
Solución de elementos de separación horizontales entre:recinto de instalaciones planta tercera y secretaría en planta segunda		
Elementos constructivos	Tipo	Características de proyecto exigidas
Elemento de separación horizontal	Forjado	Losa alveolar con capa de compresión de 400mm de canto m (kg/m ²)= <input type="text" value="528"/> ≥ <input type="text" value="350"/> R _A (dBA)= <input type="text" value="61"/> ≥ <input type="text" value="60"/>
	Suelo flotante	Capa de polietileno adherida térmicamente a una lámina viscoelástica de alta densidad.(*) ΔR _A (dBA)= <input type="text" value="0"/> ≥ <input type="text" value="0"/> ΔL _w (dB)= <input type="text" value="18"/> ≥ <input type="text" value="14"/>
	Techo suspendido	Techos doble placa de yeso laminado sobre tirantes metálicos (diseño original) ΔR _A (dBA)= <input type="text" value="14"/> ≥ <input type="text" value="0"/>

Elementos de separación horizontales entre recintos (apartado 3.1.2.3.5)			
Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación horizontales situados entre: <ul style="list-style-type: none"> c) un <i>recinto</i> de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio; d) un <i>recinto</i> protegido o habitable y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i>. Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)			
Solución de elementos de separación horizontales entre: ... recinto de actividad en planta baja y sala de exposiciones 2 en planta primera			
Elementos constructivos	Tipo	Características de proyecto exigidas	
Elemento de separación horizontal	Forjado	Losa alveolar con capa de compresión de 400mm de canto	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = \boxed{528} \geq \boxed{350}$ $R_A \text{ (dBA)} = \boxed{61} \geq \boxed{60}$
	<i>Suelo flotante</i>	Capa de polietileno adherida térmicamente a una lámina viscoelástica de alta densidad.(*)	$\Delta R_A \text{ (dBA)} = \boxed{0} \geq \boxed{0}$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = \boxed{18} \geq \boxed{9}$
	Techo suspendido	Techos doble placa de yeso laminado sobre tirantes metálicos (diseño original)	$\Delta R_A \text{ (dBA)} = \boxed{14} \geq \boxed{0}$

(*) Elección de la lamina anti-impacto



TRIACUSTIC

Capa de polietileno adherida térmicamente a una lámina viscoelástica de alta densidad. Material imprescindible en el primer forjado y aislamiento de bajantes.

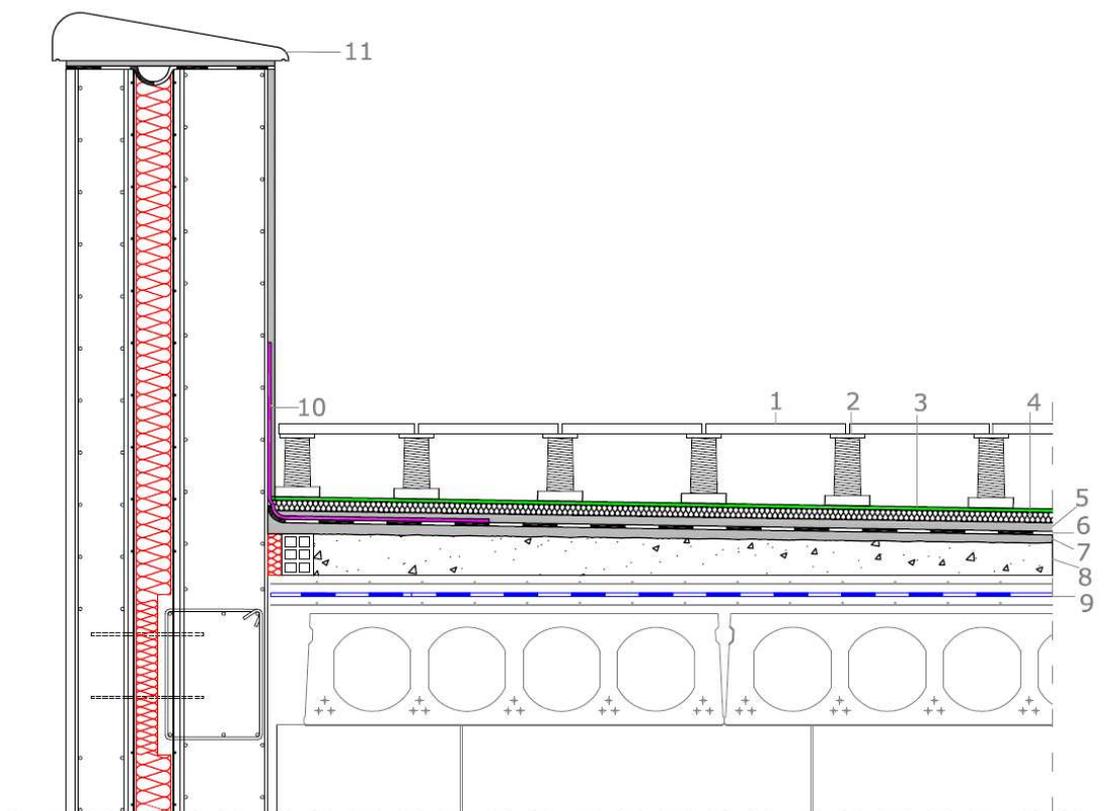
Aislamiento al ruido de triple acción:
aéreo en forjados / impacto en forjados / aislamiento de bajantes

Producto	medidas (m)	m ² /palet	formato	mejora acústica
7 mm Triacustic 35	8 x 1	96	rollo	$\Delta L_w = 18 \text{ dB}$
14 mm Triacustic 65	1,2 x 1	60	panel	$\Delta L_w = 20 \text{ dB}$

La manera más efectiva de aislar el ruido de impactos es la de emplear suelos flotantes cuyo uso se extiende a la práctica totalidad de recintos del edificio, a excepción de las cajas de escalera que están excluidas de cumplir las exigencias a ruido contra impactos.

2.7 Consideraciones respecto a la cubierta

La cubierta se resuelve mediante un pavimento flotante según el detalle adjunto:



Al disponer en la cubierta la formación de pendientes con una capa de hormigón de áridos ligeros, el valor de los índices R_A y R_{Atr} del forjado se incrementará 2dBA.

Leyenda

1	Baldosa armada a flexion
2	Plot o Soporte
3	Geotextil Antipunzonante
4	Aislante Térmico tipo XPS
5	Mortero de Protección , dosif 1:6
6	Lamina Impermeabilizante
7	Mortero de Regularizacion, dosif 1:6
8	Formacion Pte: Hormigon Celular
9	Lamina anti-impacto
10	Lamina Bituminosa Autoprotegida
11	Albardilla

La lamina anti-impacto dispuesta en la cubierta es la misma que se ha dispuesto en los forjados interiores del edificio y junto con los componentes integrantes de la azotea solventarán el problema que plantea el aislamiento acústico.

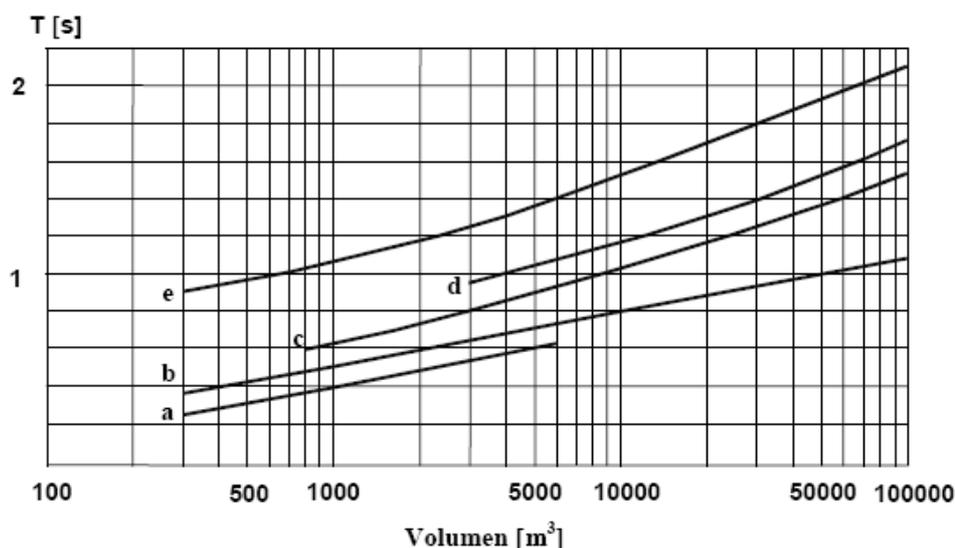
3. Acondicionamiento acústico

3.1 Introducción al acondicionamiento

La finalidad de acondicionar acústicamente un recinto es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo. Con ello se pretende mejorar las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del local.

La persistencia de un sonido en un recinto, después de suprimido el foco sonoro se llama reverberación. El tiempo de reverberación de un recinto se define como el tiempo necesario para que la intensidad disminuya hasta una millonésima de su valor inicial, o para que su nivel de intensidad disminuya en 60dB.

En general, el valor más adecuado de tiempo de reverberación depende tanto del volumen del recinto como de la actividad a la que se haya previsto destinarlo.



Tiempo de reverberación óptimo en función del volumen de una sala según “L.L Beranek”

- a) Estudios de radiodifusión para voz
- b) Sala de conferencias
- c) Estudios de radiodifusión para música
- d) Salas de conciertos
- e) Iglesias

De la gráfica de “L.L Beranek” se deduce que la palabra requiere menores tiempos de reverberación que la música, debido a que la parte más significativa de la palabra son las consonantes, que son a la vez débiles y más cortas que las vocales. En consecuencia, con un tiempo de reverberación alto las vocales se prolongan demasiado, enmascarando a las consonantes que le siguen, hecho este que reduce considerablemente la inteligibilidad de la palabra.

La música, sin embargo, se beneficia con un tiempo de reverberación considerable, ya que este permite enlazar mejor los sonidos y disimular pequeñas imperfecciones de ejecución, a la vez que aporta una especialidad que es deseable en la música.

La fórmula clásica por excelencia y aceptada como referencia a nivel internacional por su sencillez de cálculo, es la denominada fórmula de Sabine. La expresión matemática, obtenida aplicando la teoría acústica estadística y despreciando el efecto de la absorción producida por el aire, es la siguiente:

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{\text{tot}}} \text{ (en segundos)}$$

donde:

V: volumen del recinto (en m³)

A_{tot}: absorción total del recinto

El grado de absorción del sonido de un material cualquiera se representa mediante el llamado coeficiente de absorción α . Se define con la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{E_a}{E_i}$$

donde:

E_a: Energía absorbida

E_i: Energía incidente

Debido a que un recinto está constituido por distintas superficies recubiertas de materiales diversos, se define la absorción A_{tot} como la suma de todas y cada una de las absorciones individuales, es decir:

$$A_{\text{tot}} = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \dots + \alpha_n \cdot S_n$$

Con todo lo anterior, el tiempo de reverberación se puede expresar como:

$$RT = 0,161 \cdot V / \alpha \cdot S_T$$

A pesar de la utilización universal de esta fórmula, su validez se limita al caso de recintos con las siguientes características:

- Decaimiento energético exponencial asociado a un campo sonoro perfectamente difuso.
- Geometría regular de la sala.
- Coeficiente medio de absorción α inferior a, aproximadamente, 0,4.

3.2 Tablas coeficientes materiales empleados en el acondicionamiento

Material	Descripción	mm	dens	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
Puerta	Puerta			0,15	0,10	0,06	0,08	0,10	0,05	0,09
Vidrio	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños			0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04
	Vidrio de espejo			0,04	0,03	0,02	0,01	0,07	0,04	0,03
Paredes										
Hormigón	Hormigón sin pintar			0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,018
Lambriz	Revestimiento de madera	56		0,25	0,34	0,18	0,10	0,10		0,18
Fibra de madera	Fibra de madera	38	19,0	0,10	0,19	0,40	0,79	0,55	0,77	0,48
Alfombra	Alfombra lana sobre pared	10		0,09	0,08	0,21	0,27	0,27	0,37	0,21
Sonobor	Placas pintadas de fibra 12mm contra pared	12		0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,14
Techos										
Cielorraso de fibra	Placas de fibra 19mm celotex ultra	19		0,32	0,34	0,71	0,87	0,87	0,85	0,70
	Placas lana de vidrio con lamina de vidrio perforada	16		0,65	0,69	0,0,61	0,82	0,87	0,71	0,75
Cielorraso de metal	Cielorraso a base de perfiles metálicos ranurados 17% c/lana vidrio			0,60	0,73	0,55	0,62	0,35	0,39	0,55
	Cielorraso placas metálicas perforadas 7%			0,40	0,60	0,80	0,80	0,70	0,50	0,72
Pavimento										
Linóleo		5		0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03
Alfombra	Alfombra de goma	5		0,03	0,04	0,06	0,08	0,07	0,05	0,06
	Alfombra de fieltro	12		0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,27	0,30
Mármol				0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02

Acondicionamiento planta sótano

3.3 Estudio acondicionamiento acústico sótano

El recinto ruidoso se rige por una normativa específica a efectos de aislamiento y acondicionamiento. Se ha dispuesto un falso techo acústico a 4,20m del piso de buenas prestaciones (cielorraso placas metálicas perforadas 25%) para cuando los operarios cesen la actividad ruidosa y necesiten comunicarse la inteligibilidad de la palabra sea buena.

Se ha modificado el punto de acceso a este recinto interponiendo una puerta con propiedades acústicas, para evitar en la medida de lo posible la dispersión del ruido por los corredores que dan acceso tanto a vestuarios como a otros recintos de esta planta.

Las paredes serán de hormigón visto, así como el suelo.

Todos los recintos no habitables (almacenes y recinto destinado a albergar útiles de limpieza) dispondrán de un falso techo a 4,20m de altura de yeso laminado, ya que para este tipo de recintos no se precisan actuaciones en lo que al acondicionamiento acústico se refiere.

El suelo y las paredes serán de hormigón visto.

Los vestuarios, tanto masculino como femenino, así como el habilitado para minusválidos, dispondrán de un falso techo a 4,20m de altura de yeso laminado.

Las paredes irán alicatadas hasta el techo. El suelo será de gres porcelánico.

Las zonas polivalentes, así como los corredores dispondrán de un techo acústico de cielorraso de placas metálicas perforadas 25%.

La aplicación de las exigencias de acondicionamiento acústico para las zonas comunes del DB HR se aplica a las zonas comunes colindantes con recintos protegidos del edificio con las que comparten puertas. Esta exigencia se aplica en edificios de uso residencial público, docente y hospitalario, sin embargo, se ha hecho un cálculo estimativo en la planta baja tomando el parámetro establecido en la norma como referencia (ver apartado correspondiente a acondicionamiento planta baja).

El suelo y las paredes serán de hormigón visto.

Por tratarse de la única planta bajo rasante no existen recintos por debajo de ella y por lo tanto no es necesario tener en consideración el uso de suelo flotante. Sin embargo se dispondrá este formado por una capa de hormigón y se interpondrá un elemento que impida el contacto entre el suelo y las particiones.

En esta planta se ubicaran los armarios para albergar la maquinaria de ambos ascensores hidráulicos. No se ha contemplado su ubicación en los planos, puesto que esta tarea le corresponderá al encargado en fase de ejecución de la obra.

El aparcamiento sólo se tendrá en consideración en el apartado dedicado a aislamiento acústico, dado que se encuentra ubicado debajo de la plaza y no pertenece al edificio objeto de estudio.

Acondicionamiento acústico planta baja

3.4 Estudio acondicionamiento acústico planta baja

3.4.1 Estudio acondicionamiento acústico sala de conferencias

- Cálculo del eco en la sala de conferencias

Procedimiento:

Para determinar la existencia de eco en el recinto a estudiar se utilizara la siguiente metodología:

- Determinar el nivel de intensidad:
 - Para el sonido directo: $LI_D = LW - 11 - 20 \log r_D$
 - Para el sonido reflejado: $LI_R = LW - 11 - 20 \log r_R + 10 \log (1 - \alpha)$
- Determinar el tiempo de retardo t_r

Elección del nivel de potencia de la fuente emisora (LW) según la siguiente tabla:

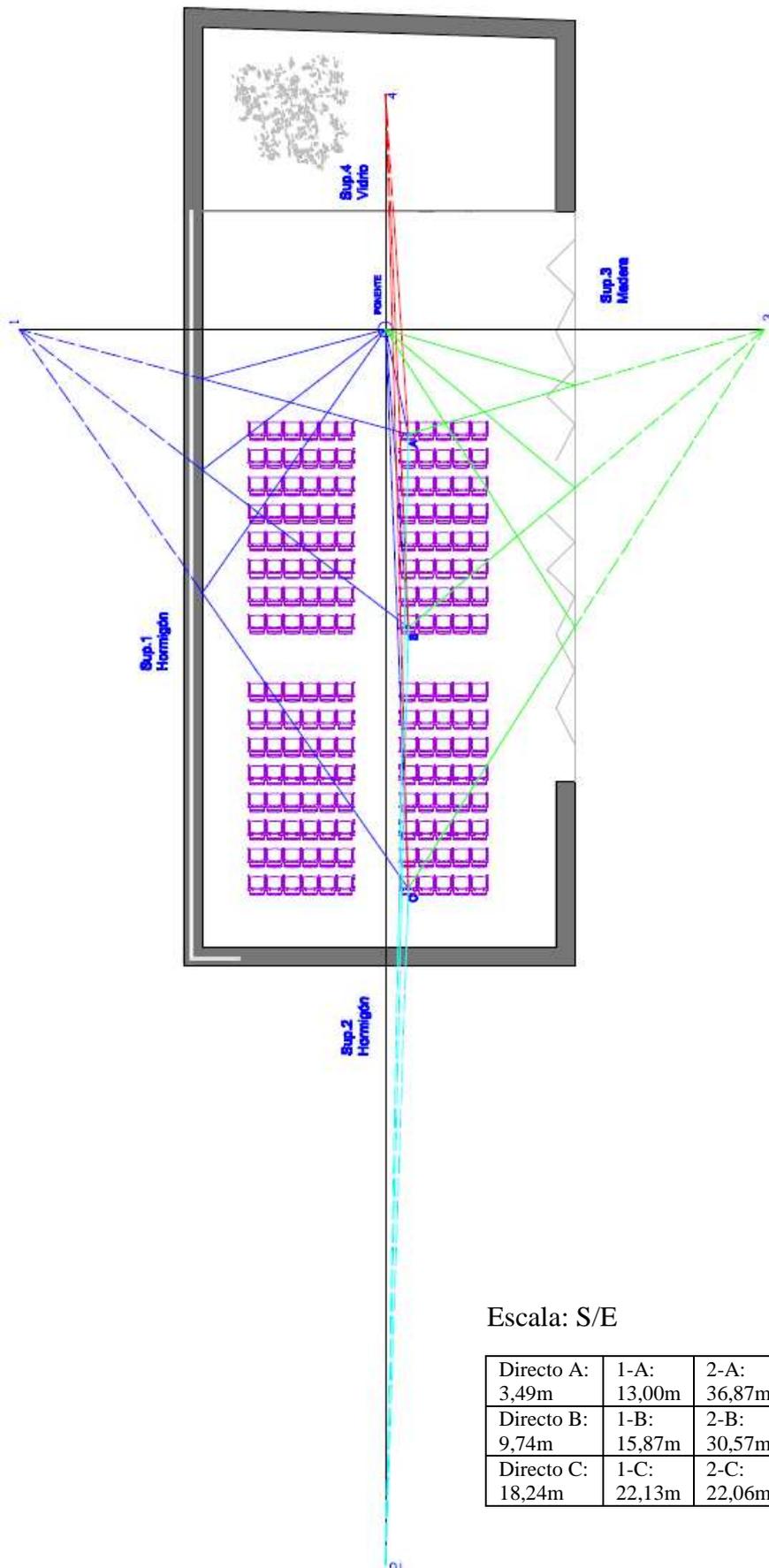
Fuente	Nivel de potencia
Cohete saturno	195
Motor turbo-jet (detrás quemador)	170
Motor turbo-jet (potencia 3200kg)	160
Cuatrimotor	140
Orquesta con 75 músicos	130
Martillo neumático	120
Ventilador centrífugo (22000 m ³ /h)	110
Vehículo autopista	100
Voz humana grito	90
Instrumento musical	80
Voz humana (conversación)	70
Voz humana (cuchicheo)	30

Todas aquellas reflexiones que llegan a un oyente dentro de los primeros 50ms desde la llegada del sonido son integradas por el oído humano y, debido a esto, su percepción no es diferenciada respecto al sonido directo.

La aparición en un punto de escucha de una reflexión de nivel elevado con un retardo de 50ms es totalmente contraproducente para la obtención de una buena inteligibilidad de la palabra, ya que es percibida como una repetición del sonido directo (eco). El retardo de 50ms equivale a una diferencia de distancia entre el sonido directo y la reflexión de, aproximadamente, 17m.

Para realizar los cálculos pertinentes se ha partido de la premisa de elegir los coeficientes de absorción de los materiales previos al tratamiento acústico: hormigón, vidrio, madera y cielorraso de placas de yeso de 13mm con espacio de aire (materiales reflectantes del sonido).

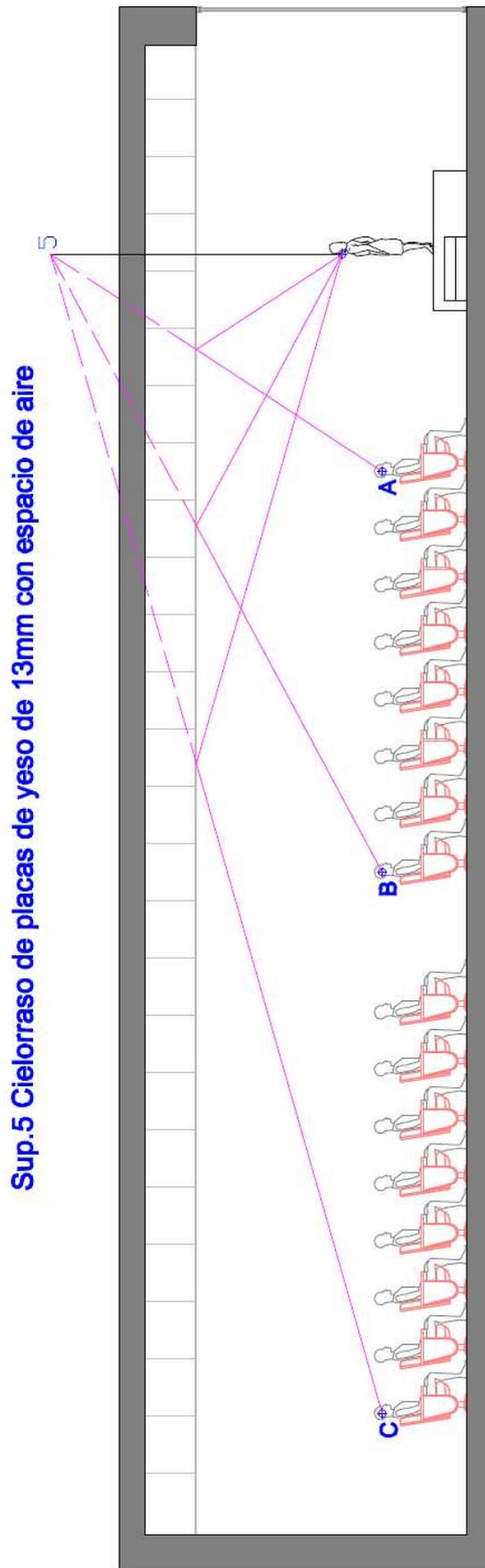
Esquema situación de las fuentes en planta



Escala: S/E

Directo A: 3,49m	1-A: 13,00m	2-A: 36,87m	3-A: 39,27m	4-A: 11,10m
Directo B: 9,74m	1-B: 15,87m	2-B: 30,57m	3-B: 30,43m	4-B: 17,40m
Directo C: 18,24m	1-C: 22,13m	2-C: 22,06m	3-C: 21,43m	4-C: 25,90m

Esquema situación de las fuentes en sección



Escala: S/E

Ponente y espectador A:

- Nivel de intensidad:

· Directo:

$$LI_D = 70 - 11 - 20 \log 3,49 = 48,14\text{dB}$$

· Reflejados:

$$LI_{R1} = 70 - 11 - 20 \log 13 + 10 \log (1 - 0,02) = 36,63\text{dB}$$

$$t_{r1} = ((13 - 3,49)/340) 1000 = 27,97\text{ms}$$

$$LI_{R2} = 70 - 11 - 20 \log 36,87 + 10 \log (1 - 0,02) = 27,58\text{dB}$$

$$t_{r2} = ((36,87 - 3,49)/340) 1000 = 98,18\text{ms} > 50\text{ms (hay eco)}.$$

$$LI_{R3} = 70 - 11 - 20 \log 11,98 + 10 \log (1 - 0,01) = 37,39\text{dB}$$

$$t_{r3} = ((11,98 - 3,49)/340) 1000 = 24,97\text{ms}$$

$$LI_{R4} = 70 - 11 - 20 \log 11,10 + 10 \log (1 - 0,01) = 38,05\text{dB}$$

$$t_{r4} = ((11,10 - 3,49)/340) 1000 = 22,38\text{ms}$$

$$LI_{R5} = 70 - 11 - 20 \log 6,19 + 10 \log (1 - 0,05) = 42,94\text{dB}$$

$$t_{r5} = ((6,19 - 3,49)/340) 1000 = 7,94\text{ms}$$

-Suma de niveles (directos + reflejados):

$$LI_{\text{Total}} = 10 \log (10^{4,814} + 10^{3,663} + 10^{2,758} + 10^{3,739} + 10^{3,805} + 10^{4,294}) = 50,08\text{dB}$$

Ponente y espectador B:

- Nivel de intensidad:

· Directo:

$$LI_D = 70 - 11 - 20 \log 9,74 = 39,23\text{dB}$$

· Reflejados:

$$LI_{R1} = 70 - 11 - 20 \log 15,87 + 10 \log (1 - 0,02) = 34,90\text{dB}$$

$$t_{r1} = ((15,87 - 9,74)/340) 1000 = 18,03\text{ms}$$

$$LI_{R2} = 70 - 11 - 20 \log 30,57 + 10 \log (1 - 0,02) = 29,21\text{dB}$$

$$t_{r2} = ((30,57 - 9,74)/340) 1000 = 61,26\text{ms} > 50\text{ms (hay eco)}.$$

$$LI_{R3} = 70 - 11 - 20 \log 15,04 + 10 \log (1 - 0,01) = 35,41\text{dB}$$

$$t_{r3} = ((15,04 - 9,74)/340) 1000 = 15,59\text{ms}$$

$$LI_{R4} = 70 - 11 - 20 \log 17,40 + 10 \log (1 - 0,01) = 34,14\text{dB}$$

$$t_{r4} = ((17,40 - 9,74)/340) 1000 = 22,53\text{ms}$$

$$LI_{R5} = 70 - 11 - 20 \log 11,00 + 10 \log (1 - 0,05) = 38,15\text{dB}$$

$$t_{r5} = ((11,00 - 9,74)/340) 1000 = 3,79\text{ms}$$

-Suma de niveles (directos + reflejados):

$$LI_{\text{Total}} = 10 \log (10^{3,923} + 10^{3,490} + 10^{2,921} + 10^{3,541} + 10^{3,411} + 10^{3,815}) = 43,96\text{dB}$$

Ponente y espectador C:

- Nivel de intensidad:

· Directo:

$$LI_D = 70 - 11 - 20 \log 18,24 = 33,78\text{dB}$$

· Reflejados:

$$LI_{R1} = 70 - 11 - 20 \log 22,13 + 10 \log (1 - 0,02) = 32,01\text{dB}$$

$$t_{r1} = ((22,13 - 18,24)/340) 1000 = 11,44\text{ms}$$

$$LI_{R2} = 70 - 11 - 20 \log 22,06 + 10 \log (1 - 0,02) = 32,04\text{dB}$$

$$t_{r2} = ((22,06 - 18,24)/340) 1000 = 11,23\text{ms}$$

$$LI_{R3} = 70 - 11 - 20 \log 21,54 + 10 \log (1 - 0,01) = 32,29\text{dB}$$

$$t_{r3} = ((21,54 - 18,24)/340) 1000 = 9,706\text{ms}$$

$$LI_{R4} = 70 - 11 - 20 \log 25,90 + 10 \log (1 - 0,01) = 30,69\text{dB}$$

$$t_{r4} = ((25,90 - 18,24)/340) 1000 = 22,53\text{ms}$$

$$LI_{R5} = 70 - 11 - 20 \log 18,94 + 10 \log (1 - 0,01) = 33,43\text{dB}$$

$$t_{r5} = ((18,94 - 18,24)/340) 1000 = 2,06\text{ms}$$

-Suma de niveles (directos + reflejados):

$$LI_{\text{Total}} = 10 \log (10^{3,378} + 10^{3,201} + 10^{3,204} + 10^{3,229} + 10^{3,069} + 10^{3,343}) = 40,27\text{dB}$$

Conclusión:

La única de las superficies en la cual se ha detectado eco es en la superficie 2, por lo que en esta se debería revestir con un tipo de material absorbente, por ejemplo moqueta. De esta manera evitaríamos este fenómeno.

- Cálculo reverberación en la sala de conferencias

El diseño acústico, una vez fijado el volumen y definidas las formas del recinto, reside en la elección de los materiales adecuados para utilizar como revestimiento del mismo con la finalidad de obtener unos tiempos de reverberación óptimos.

Con el fin de obtener un óptimo acondicionamiento acústico se han seguido las recomendaciones recogidas en el anejo J del DB-HR:

- Se ha dispuesto un material absorbente acústico en toda la superficie del techo, la pared frontal es reflectante y la pared trasera es absorbente para minimizar ecos tardíos.

- Cálculo del tiempo de reverberación en la sala de conferencias

Para el diseño de nuevas salas, son utilizados valores de referencia para el tiempo de reverberación. La siguiente tabla muestra la variación de los valores óptimos del tiempo de reverberación a una frecuencia de 500Hz para una sala de conferencias según diversos autores y según las indicaciones del DB-HR:

Documento referencia	Volumen	T_r (s)
DB-HR	$<350\text{m}^3$	$<0,5$
DB-HR	$>350\text{m}^3$	No especifica nada
Otras fuentes	$0-4000\text{m}^3$	0,4-1

Para el cálculo estimativo se han considerado frecuencias entre 500 y 1000Hz.

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 500Hz)

	Superficies	α (500Hz)	A ($s \cdot \alpha$)	Materiales
Suelo	280,51	0,37	103,7887	Alfombra de fieltro (12mm)
Techo ¹	280,51	0,80	224,408	Cielorraso placas metálicas perforadas 7%
Paredes	207,74	0,21	43,6254	Alfombra lana sobre pared (10mm)
Puerta ²	39,78	0,06	2,3868	Madera
Vidrieras	47,46	0,04	1,8984	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
Asientos	140,80	0,27	38,016	Asiento tapizado grueso
	996,82		414,12	

¹ La altura a la que se ubica el falso techo es de 4,20m

² Para el cálculo estimativo se ha considerado una puerta de características comunes

Volumen de la sala: 1178,14 m³

El cálculo del tiempo de reverberación se ha llevado a cabo conforme a dos procedimientos:

- Mediante la fórmula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V) / A$$

$$\text{siendo } A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^n A_{o,m,j} + 4 \cdot m \cdot V$$

El factor de absorción del aire es solamente significativo en recintos de grandes dimensiones, a frecuencias relativamente altas ($\geq 2\text{KHz}$) y con porcentajes bajos de humedad relativa (del orden de un 10 a un 30%).

· Por lo tanto se emplea la fórmula de Sabine simplificada:

$$T_r = (0,162 \cdot V) / A = (0,162 \cdot 1178,14) / 414,12 = 0,46\text{s (cumple)}$$

$$0,46\text{s} < 0,50\text{s} \text{ (sala de conferencias vacía con butacas fijas)}$$

- Mediante la fórmula de Eyring-Norris:

$$TR60_{EYRING-NORRIS} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

· Cálculo del coeficiente medio de absorción (α):

$$\alpha = 414,12 / 996,82 = 0,4154$$

· Aplicando la fórmula de Eyring-Norris:

$$T_r = (0,161 \cdot 1178,14) / (-996,82 \cdot \ln(1 - 0,4154)) = 0,35\text{s} < 0,50\text{s} \text{ (cumple)}$$

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 1000Hz)

	Superficies	α (1000Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	280,51	0,43	120,6193	Alfombra de fieltro (12mm)
Techo	280,51	0,80	224,408	Cielorraso placas metálicas perforadas 7%
Paredes	207,74	0,27	56,0898	Alfombra sobre pared (10mm)
Puerta	39,78	0,08	3,1824	Madera
Vidrieras	47,46	0,03	1,4238	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
Asientos	140,80	0,30	42,24	Butaca tapizado de terciopelo
	996,82		447,96	

Volumen de la sala: 1178,14 m³

- Mediante la fórmula de Sabine simplificada:

$$T_r = (0,162 \cdot V) / A = (0,162 \cdot 1178,14) / 447,96 = 0,43s \text{ (cumple)}$$

$$0,43s < 0,50s \text{ (sala de conferencias vacía con butacas fijas)}$$

- Mediante la fórmula de Eyring-Norris:

$$TR60_{EYRING-NORRIS} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

· Cálculo del coeficiente medio de absorción (α):

$$\alpha = 447,96 / 996,82 = 0,4494$$

· Aplicando la fórmula de Eyring-Norris:

$$T_r = (0,161 \cdot 1178,14) / (-996,82 \cdot \ln(1 - 0,4494)) = 0,32s < 0,50s \text{ (cumple)}$$

3.4.2 Estudio acondicionamiento acústico cafetería y tienda

Un local bien acondicionado acústicamente nos permitirá entender con mayor facilidad al interlocutor que tenemos frente a nosotros a la vez que hará que disminuya el nivel de ruido que existe en la sala, permitiéndonos elevar menos la voz para que nos entiendan.

Técnicamente, que un local este mal acondicionado acústicamente significa; que el tiempo de reverberación es excesivamente alto en su interior y las causas para que esto suceda pueden ser muy diversas: que los materiales decorativos son muy reflectantes (techos de escayola, paredes de yeso laminado, grandes cristalerías, etc.); la geometría del local también influye sobre el acondicionamiento acústico, como la existencias de paredes simétricas que pueden producir ecos flotantes, etc.

- Cálculo del tiempo de reverberación en la cafetería

El procedimiento de cálculo es análogo al efectuado para la sala de conferencias:

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo del recinto objeto de estudio.

· Coeficiente de absorción $\alpha = 500$ Hz

	Superficies	α (500 Hz)	A ($s \cdot \alpha$)	Materiales
Suelo	87,55	0,03	2,6265	Linóleo (5mm)
Techo	87,55	0,61	53,4055	Cielorraso placas lana de vidrio con lamina de vinilo perforada
Vidrieras	115,84	0,01	1,1584	Vidrio ³
Paredes	50,13	0,15	7,5195	Placas pintadas de fibra 12mm contra pared (SONOBOR)
Hueco	18,50	1,00	18,50	Nada
Puertas	3,65	0,06	0,219	Madera ⁴
	363,22		83,43	

Volumen de la cafetería: $367,71\text{m}^3$

- Aplicando la fórmula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V) / A = (0,162 \cdot 367,71) / 83,43 = 0,71\text{s} < 0,9\text{s} \text{ (cumple)}$$

³ Se ha escogido el tipo de vidrio más desfavorable para realizar el cálculo estimativo

⁴ Para el cálculo estimativo las puertas se consideran cerradas

· Coeficiente de absorción $\alpha = 1000 \text{ Hz}$

	Superficies	α (1000 Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	87,55	0,04	3,502	Linóleo (5mm)
Techo	87,55	0,82	71,791	Cielorraso placas lana de vidrio con lamina de vinilo perforado
Vidrieras	115,84	0,01	1,1584	Vidrio
Paredes	50,13	0,25	12,5325	Placas pintadas de fibra 12mm contra pared (SONOBOR)
Hueco	18,50	1,00	18,50	Nada
Puertas	3,65	0,08	0,292	Madera
	363,22		107,77	

- Aplicando la formula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V)/A = (0,162 \cdot 367,71)/107,77 = 0,55s < 0,9s \text{ (cumple)}$$

El tiempo de reverberación obtenido es inferior al recomendado en la norma para este tipo de establecimientos: $T_r < 0,9s$ (restaurantes y comedores)

· Posibles puntos críticos

Las puertas de acceso al local en algunos casos suelen presentar fugas acústicas por holguras entre las hojas y el marco y por una excesiva separación entra las hojas y el pavimento. El primer caso se soluciona colocando en las juntas de contacto perfiles elásticos que obliguen a efectuar presión al cerrar las hojas; en el segundo colocando escobillas que cierren la abertura entre las hojas y el pavimento.

- Acondicionamiento de la tienda

No se establece un tiempo de reverberación para este tipo de establecimientos, por lo que la elección de los materiales para revestir las superficies que configuran el recinto proporcionará tiempos de reverberación “comodos” (0,4-1s) para el usuario.

Los materiales que se han definido son los mismos utilizados para acondicionar la cafetería, y los tiempos de reverberación obtenidos están dentro de los límites que se han considerado como adecuados para este tipo de recintos.

3.4.3 Estudio acondicionamiento acústico resto de recintos

Se ha dispuesto un falso techo conformado por un cielorraso de placas metálicas perforadas 25% en los corredores y en la zona de la entrada principal. Las paredes de estos recintos serán de hormigón visto y el suelo de linóleo.

Los aseos y la cocina dispondrán de un falso techo a 4,20m de altura de yeso laminado. Las paredes irán alicatadas hasta el techo. El suelo será de gres porcelánico.

Todos los recintos no habitables (almacenes) dispondrán de un falso techo a 4,20m de altura de yeso laminado, ya que para este tipo de recintos no se precisan actuaciones en lo que al acondicionamiento acústico se refiere.

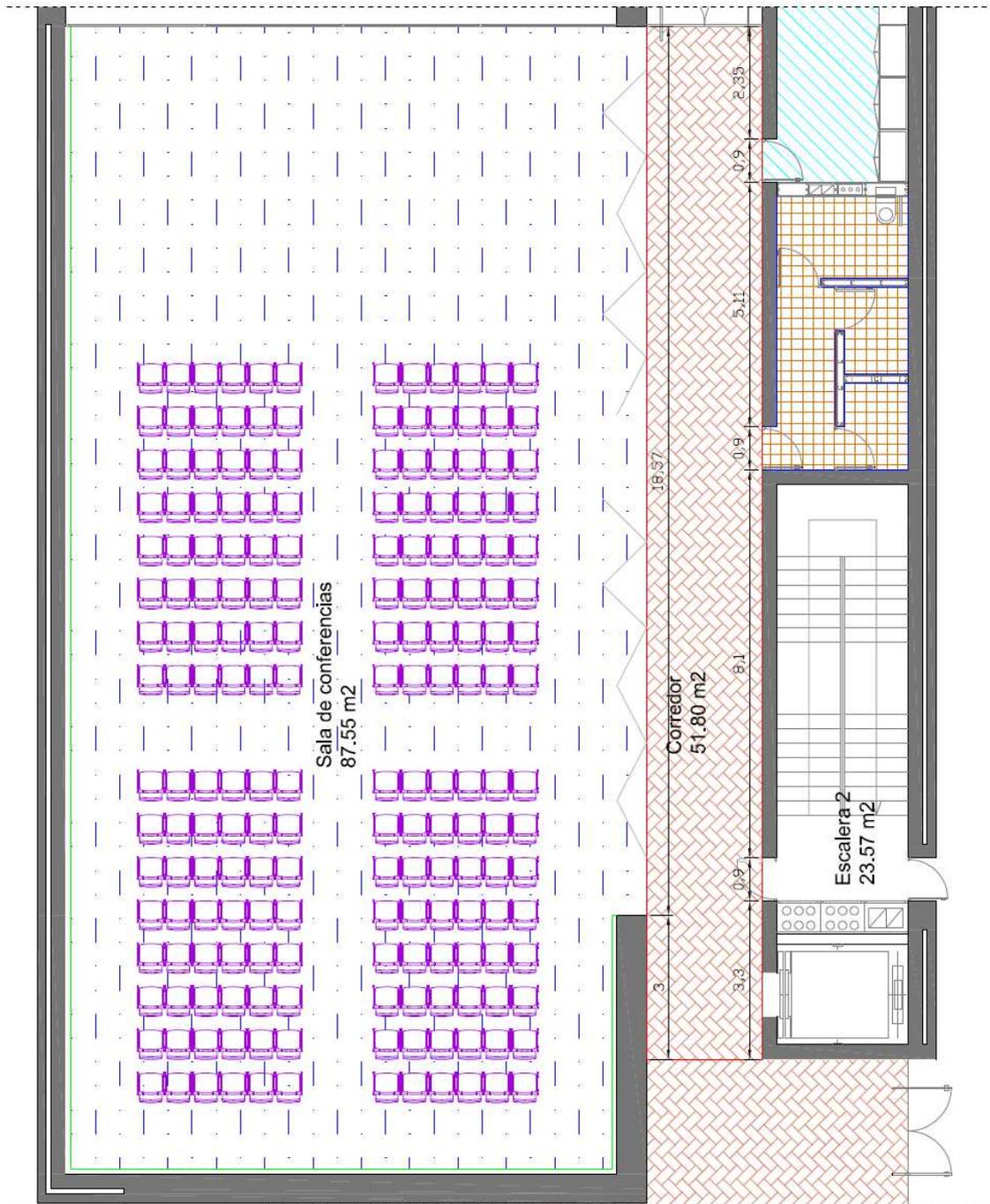
Para la escalera 1 se propone, si fuera necesario, revestir los peldaños con un alfombra de goma.

La aplicación de las exigencias de acondicionamiento acústico para las zonas comunes del DB HR se aplica a las zonas comunes colindantes con recintos protegidos del edificio con las que comparten puertas. Esta exigencia se aplica en edificios de uso residencial público, docente y hospitalario, sin embargo, se ha hecho un cálculo estimativo en la planta baja tomando el parámetro establecido en la norma como referencia.

Volumen de la zona común: 217,56m³

Tipo de recinto: zona común edificio cultural		Volumen: 217,56 m ³				
Elemento	Acabado	Superficie (m ²)	α			Absorción Acústica(m ²) $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	α_m	
Paramentos	Hormigón visto	97,48	0,01	0,02	0,015	1,4622
Puertas	Madera	61,38	0,06	0,08	0,07	4,2966
Techo	Cielorraso placas metálicas perforadas 25%	51,80	0,80	0,80	0,80	41,44
Vidrio	Ventanal de vidrio gruesos, grandes paños	10,08	0,04	0,03	0,035	0,3528
Suelo	Linóleo	51,80	0,03	0,04	0,035	1,813
Absorción aire						4 · $\overline{m}_m \cdot V$
T ^a = 20°C HR = 50%						5,22
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante		$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m}_m \cdot V$				
Absorción acústica media resultante de la zona común			Absorción acústica exigida			
$A(m^2) = 54,58 \geq 43,51 = 0,2 \cdot V$ (cumple)						

La zona escogida para el cálculo estimativo es la seleccionada en el plano adjunto.



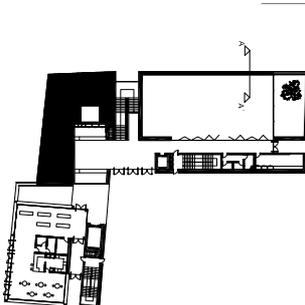
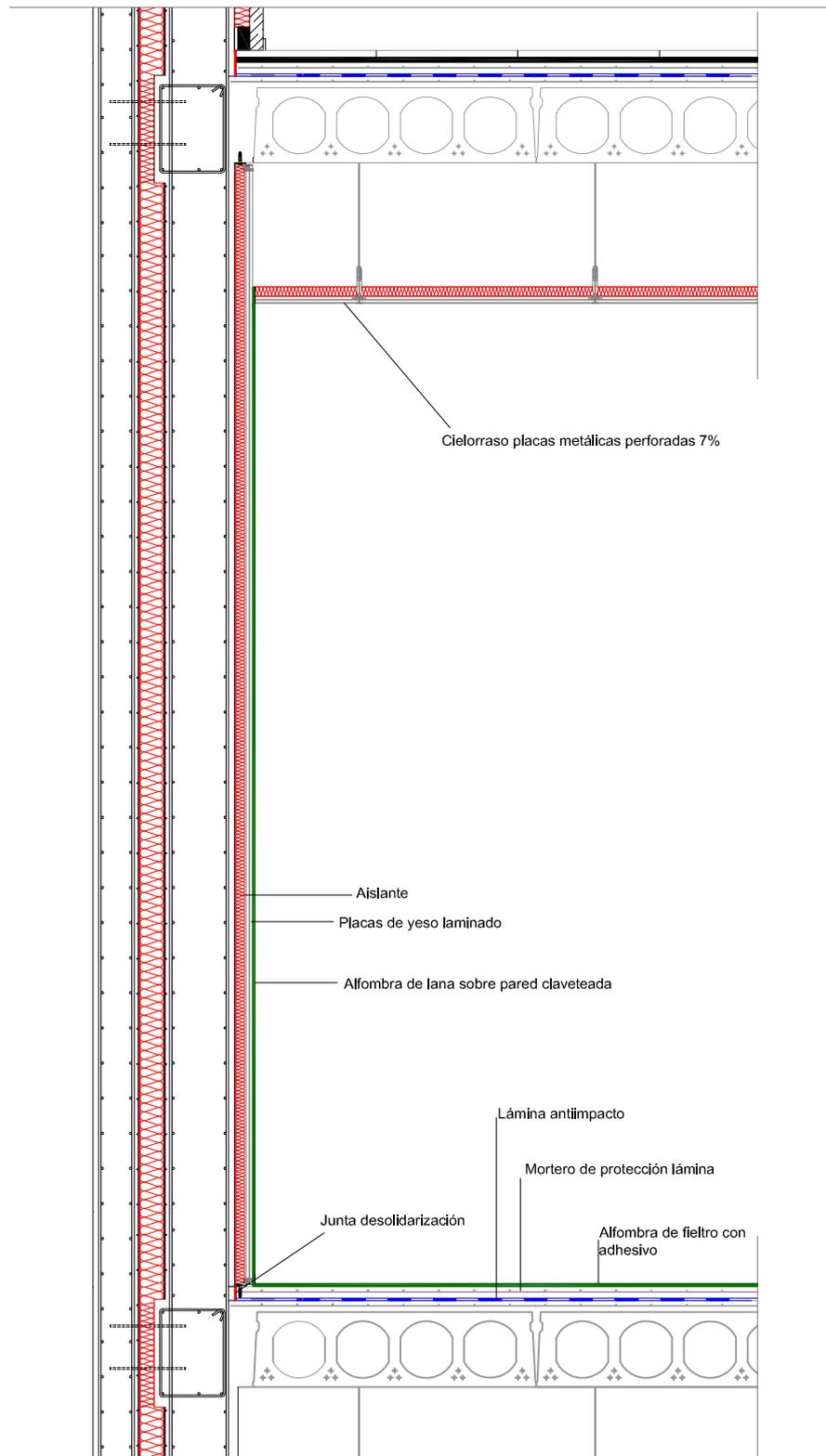
-  Linoleo
-  Zona cálculo estimativo
-  Hormigón sin pintar

3.4.4 Plano de acondicionamiento planta baja



Plano acondicionamiento planta baja
E: 1/250

3.4.5 Sección A



Detalle A
E: 1/30

Acondicionamiento acústico planta 1ª

3.5 Estudio acondicionamiento acústico planta 1ª

3.5.1 Estudio acondicionamiento acústico salas de exposiciones 1

- Cálculo reverberación en la sala de exposiciones 1

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 500Hz)

	Superficie	α (500Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	268,37	0,01	2,6837	Mármol
Techo	204,61	0,71	151,411	Cielorraso placas fibra 19mm Celotex Ultra
Hueco techo	63,76	1,00	63,76	Nada
Vidriera	65,52	0,04	2,6208	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
L1	175,69	0,18	31,6242	Revestimiento madera (56mm)
L2	28,56	0,40	11,424	Fibra de madera (38mm)
Hueco entrada	18,03	1,00	18,03	Nada
	824,54		281,55	

Volumen de la sala: 1127,15 m³

- Aplicando la fórmula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V) / A = (0,162 \cdot 1127,15) / 281,55 = 0,65s$$

- Mediante la fórmula de Eyring-Norris:

$$TR60_{EYRING-NORRIS} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

· Cálculo del coeficiente medio de absorción (α):

$$\alpha = 281,55 / 824,54 = 0,3415$$

· Aplicando la fórmula de Eyring-Norris:

$$T_r = (0,161 \cdot 1127,15) / (-824,54 \cdot \ln(1 - 0,3415)) = 0,53s$$

Los tiempos de reverberación indicados para este tipo de recintos oscila entre 0,4-1.

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 1000Hz)

	Superficie	α (1000Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	268,37	0,02	5,3674	Mármol
Techo	204,61	0,87	178,011	Cielorraso placas fibra 19mm Celotex Ultra

Hueco techo	63,76	1,00	63,76	Nada
Vidriera	65,52	0,03	1,9656	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
L1	175,69	0,10	17,569	Revestimiento madera (56mm)
L2	28,56	0,79	22,5624	Fibra de madera (38mm)
Hueco entrada	18,03	1,00	18,03	Nada
	824,54		307,27	

Volumen de la sala: 1127,15 m³

- Aplicando la fórmula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V) / A = (0,162 \cdot 1127,15) / 307,27 = 0,59s$$

- Mediante la fórmula de Eyring-Norris:

$$TR60_{EYRING-NORRIS} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

· Cálculo del coeficiente medio de absorción (α):

$$\alpha = 307,27 / 824,54 = 0,3727$$

· Aplicando la fórmula de Eyring-Norris:

$$T_r = (0,161 \cdot 1127,15) / -824,54 \cdot \ln(1 - 0,3727) = 0,47s$$

3.5.2 Estudio acondicionamiento acústico salas de exposiciones 2

- Cálculo reverberación en la sala de exposiciones 2

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 500Hz)

	Superficie	α (500Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	211,59	0,01	2,1159	Mármol
Techo	159,02	0,71	112,904	Cielorraso placas fibra 19mm Celotex Ultra
Hueco techo	52,57	1,00	52,57	Nada
Vidriera	12,35	0,04	0,494	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
L1	169,01	0,18	30,4218	Revestimiento madera (56mm)
L2	41,79	0,40	16,716	Fibra de madera (38mm)
Hueco entrada	29,61	1,00	29,61	Nada
	675,94		244,83	

Volumen de la sala: 888,68 m³

- Aplicando la fórmula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V)/A = (0,162 \cdot 888,68)/244,83 = 0,59s$$

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 1000Hz)

	Superficie	α (1000Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	211,59	0,02	4,2318	Mármol
Techo	159,02	0,87	138,347	Cielorraso placas fibra 19mm Celotex Ultra
Hueco techo	52,57	1,00	52,57	Nada
Vidriera	12,35	0,03	0,3705	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
L1	169,01	0,10	16,901	Revestimiento madera (56mm)
L2	41,79	0,79	33,0141	Fibra de madera (38mm)
Hueco entrada	29,61	1,00	29,61	Nada
	675,94		275,04	

Volumen de la sala: 888,68 m³

- Aplicando la fórmula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V)/A = (0,162 \cdot 888,68)/275,04 = 0,52s$$

3.5.3 Estudio acondicionamiento acústico resto de recintos

Se ha dispuesto un falso techo conformado por un cielorraso de placas metálicas perforadas 25% en los corredores, la sala multimedia y en la zona polivalente. Las paredes de estos recintos serán de hormigón visto y el suelo de mármol

El aseo dispondrá de un falso techo a 4,20m de altura de yeso laminado. Las paredes irán alicatadas hasta el techo. El suelo será de gres porcelánico.

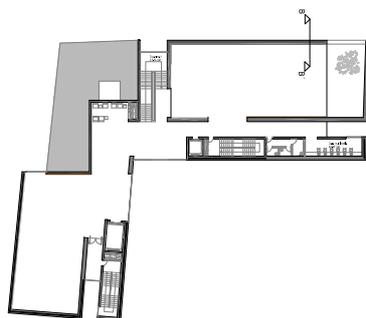
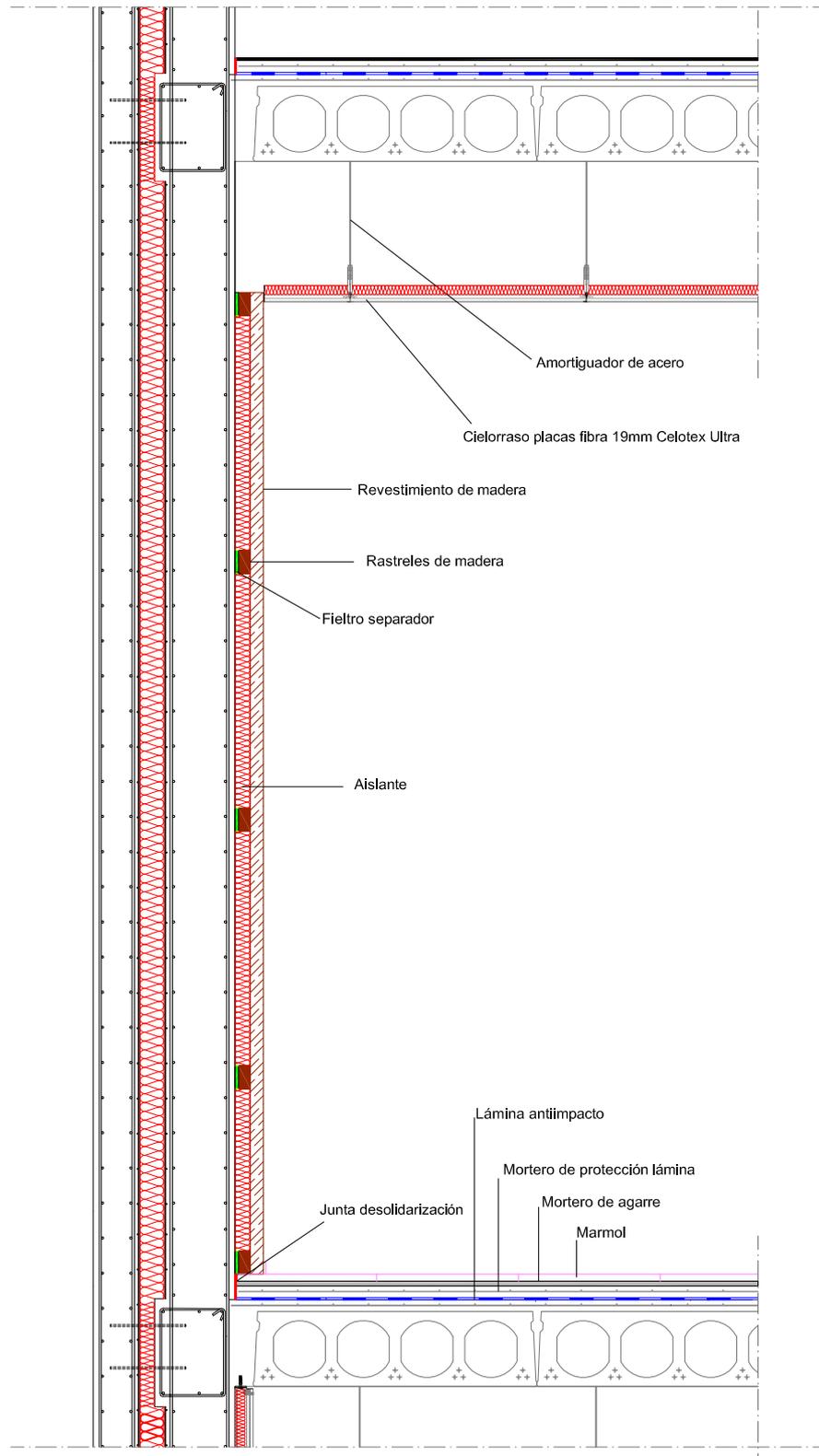
Para la escalera 1 se propone, si fuera necesario, revestir los peldaños con un alfombra de goma.

3.5.4 Plano acondicionamiento planta 1ª



Plano acondicionamiento planta 1ª
E: 1/250

3.5.5 Sección B



Detalle B
E: 1/30

Acondicionamiento acústico planta 2ª

3.6 Estudio acondicionamiento acústico planta 2ª

3.6.1 Estudio acondicionamiento acústico salas de exposiciones 3

- Cálculo reverberación en la sala de exposiciones 3

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 500Hz)

	Superficie	α (500Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	207,39	0,06	12,4434	Alfombra de goma (5mm)
Techo	207,39	0,80	165,912	Cielorraso placas metálicas perforadas 25%
Vidrieras	95,76	0,04	3,8304	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
Paredes	134,98	0,01	1,3498	Hormigón sin pintar
Hueco entrada	17,82	1,00	17,82	Nada
	663,34		201,36	

Volumen de la sala: 871,04m³

- Aplicando la formula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V) / A = (0,162 \cdot 871,04) / 201,36 = 0,70s$$

Los tiempos de reverberación indicados para este tipo de recintos oscila entre 0,4-1.

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 1000Hz)

	Superficie	α (1000Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	207,39	0,08	16,5912	Alfombra de goma (5mm)
Techo	207,39	0,80	165,912	Cielorraso placas metálicas perforadas 25%
Vidrieras	95,76	0,03	2,8728	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
Paredes	134,98	0,02	2,6996	Hormigón sin pintar)
Hueco entrada	17,82	1,00	17,82	Nada
	663,34		205,90	

Volumen de la sala: 871,04m³

- Aplicando la formula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V)/A = (0,162 \cdot 871,04)/205,90 = 0,69s$$

3.6.2 Estudio acondicionamiento acústico salas de exposiciones 4

- Cálculo reverberación en la sala de exposiciones 4

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 500Hz)

	Superficie	α (500Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	161,10	0,06	9,666	Alfombra de goma (5mm)
Techo	161,10	0,80	128,88	Cielorraso placas metálicas perforadas 25%
Vidrieras	55,27	0,03	2,2108	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
Paredes	136,50	0,02	2,73	Hormigón sin pintar
Hueco entrada	29,82	1,00	29,82	Nada
	543,79		171,94	

Volumen de la sala: 676,62m³

- Aplicando la formula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V)/A = (0,162 \cdot 676,62)/171,94 = 0,64s$$

Tabla con las propiedades de los materiales proyectados para acondicionar acústicamente techo, paredes y suelo de la sala objeto de estudio (coeficientes de absorción a 1000Hz)

	Superficie	α (1000Hz)	A (s· α)	Materiales
Suelo	161,10	0,08	12,888	Alfombra de goma (5mm)
Techo	161,10	0,80	128,88	Cielorraso placas metálicas perforadas 25%
Vidrieras	55,27	0,03	1,6581	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños
Paredes	136,50	0,01	1,365	Hormigón sin pintar
Hueco entrada	29,82	1,00	29,82	Nada
	543,79		174,61	

Volumen de la sala: 676,62m³

- Aplicando la formula de Sabine:

$$T_r = (0,162 \cdot V)/A = (0,162 \cdot 676,62)/174,61 = 0,63s$$

3.6.3 Estudio acondicionamiento acústico resto de recintos

Se ha dispuesto un falso techo conformado por un cielorraso de placas metálicas perforadas 25% en los corredores, el despacho de dirección, la zona de secretaría y su zona de espera y en el espacio polivalente. Las paredes de estos recintos serán de hormigón visto y el suelo de mármol

El aseo dispondrá de un falso techo a 4,20m de altura de yeso laminado. Las paredes irán alicatadas hasta el techo. El suelo será de gres porcelánico.

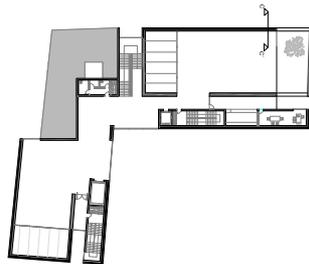
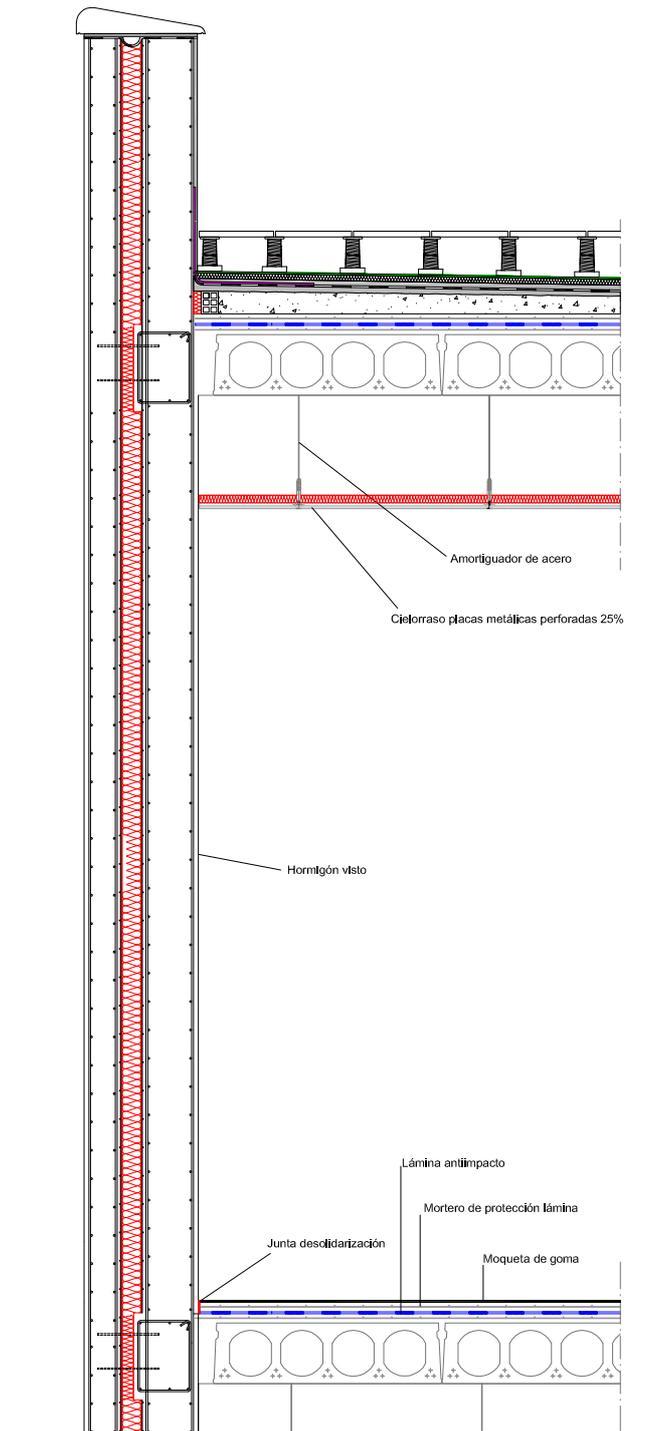
Para la escalera 1 se propone, si fuera necesario, revestir los peldaños con un alfombra de goma.

3.6.4 Plano acondicionamiento planta 2ª



Plano acondicionamiento planta 2ª
E: 1/250

3.7.5 Sección C



Detalle C
E: 1/40

Acondicionamiento acústico planta 3ª

3.8 Estudio acondicionamiento acústico planta tercera

Todos los recintos no habitables (almacenes ,recinto de instalaciones y recinto destinado a mantenimiento) dispondrán de un falso techo a 4,20m de altura de yeso laminado, ya que para este tipo de recintos no se precisan actuaciones en lo que al acondicionamiento acústico se refiere.

El suelo y las paredes serán de hormigón visto.

El aseo dispondrá de un falso techo a 4,20m de altura de yeso laminado. Las paredes irán alicatadas hasta el techo y el suelo será de gres porcelánico.

Para la escalera 1 se propone, si fuera necesario, revestir los peldaños y el descansillo previo a la salida a la azotea con un alfombra de goma.

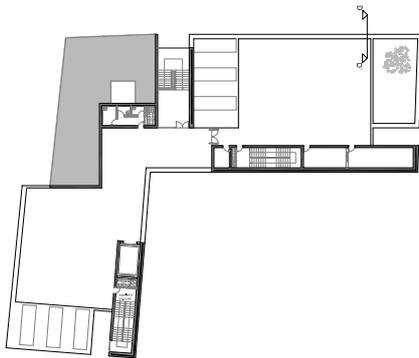
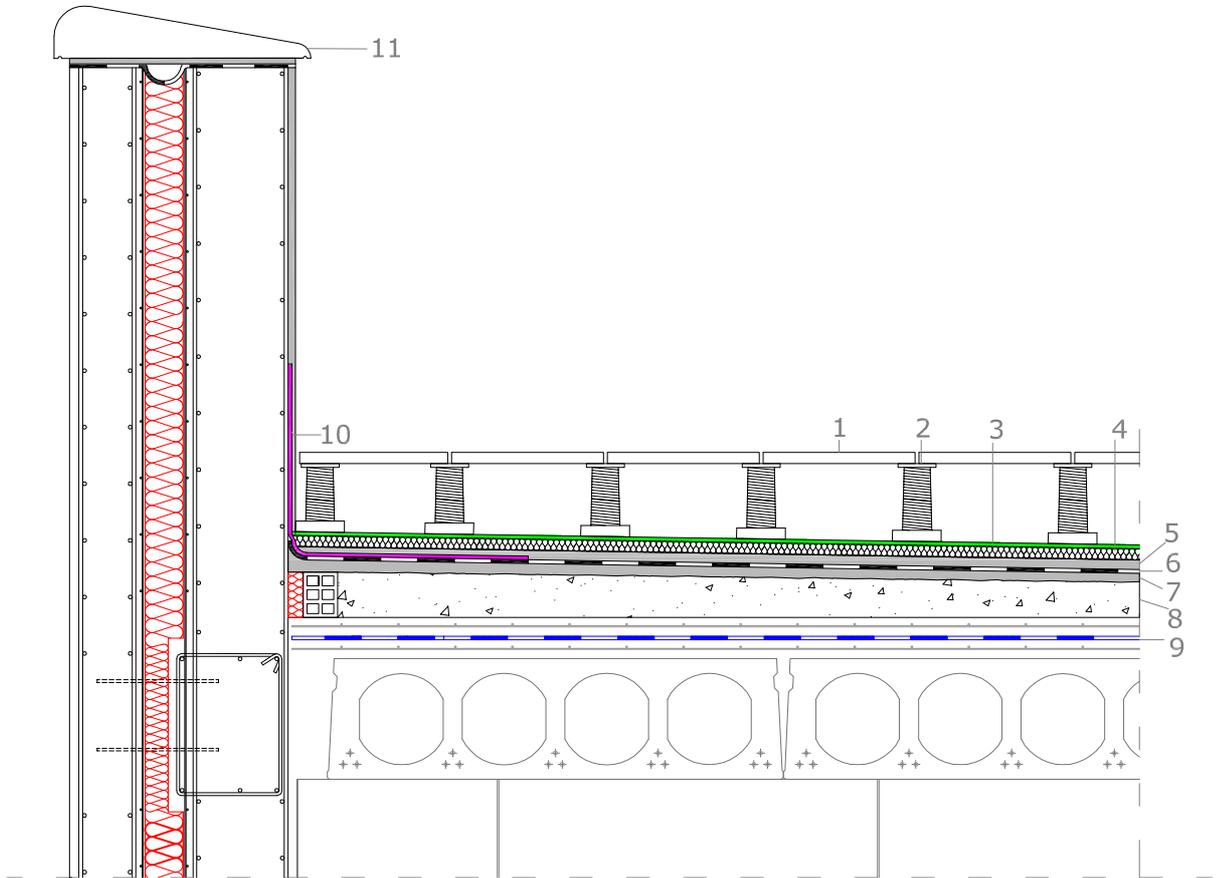
La sala de exposiciones 5 será exterior, y sólo se tendrá en cuenta la actuación a efectos de aislamiento acústico, así como la parte de la azotea transitable destinada a albergar los equipos de climatización, cuyo estudio se desarrolla de una manera minuciosa en el apartado 4.2.

3.8.1 Plano acondicionamiento planta 3ª



Plano acondicionamiento planta 3ª
E: 1/250

3.8.2 Sección D



1	Baldosa armada a flexion
2	Plot o Soporte
3	Geotextil Antipunzonante
4	Aislante Térmico tipo XPS
5	Mortero de Protecion . dosif 1:6
6	Lamina Impermeabilizante
7	Mortero de Regularizacion. dosif 1:6
8	Formacion Pte: Hormigon Celular
9	Lamina anti-impacto
10	Lamina Bituminosa Autoprotegida
11	Albardilla

Detalle D
E: 1/20

4. Instalaciones

4.1 Instalaciones de iluminación

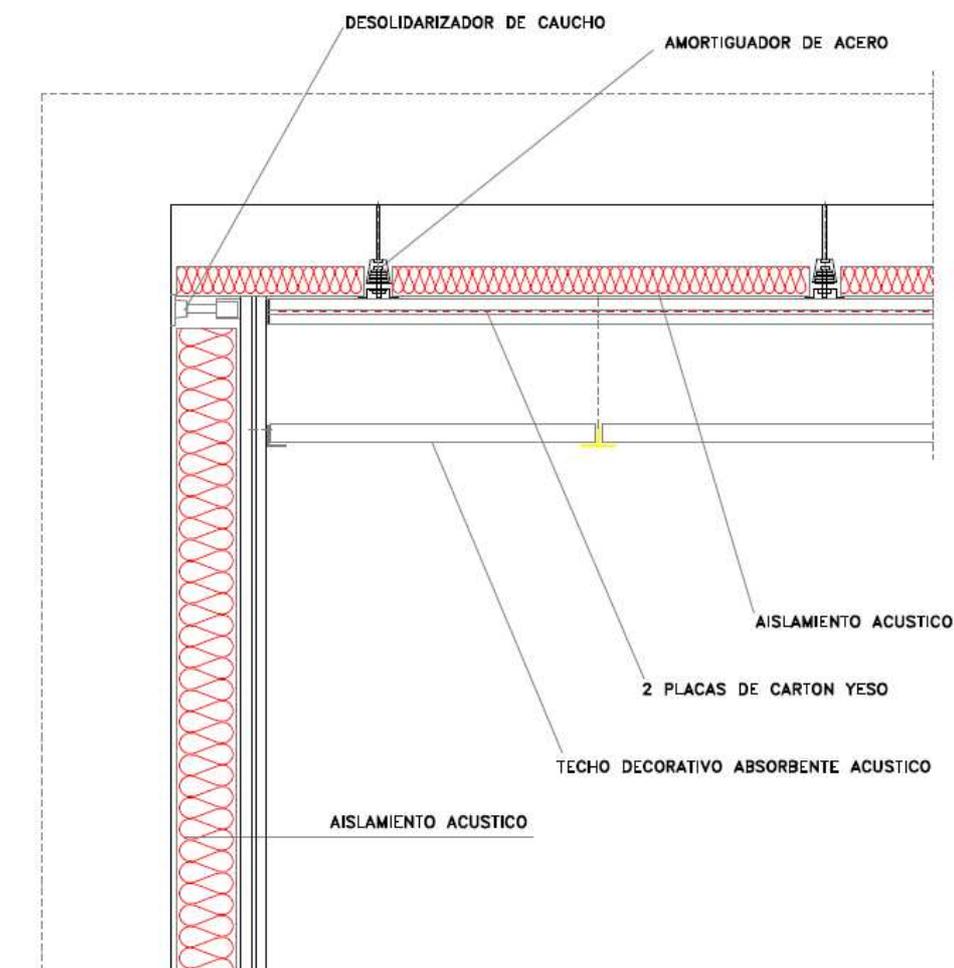
El falso techo suele presentar perforaciones como el empotramiento de luminarias, rejillas de aire acondicionado, etc. Estas perforaciones constituyen puentes acústicos que disminuyen el aislamiento del techo y que, en determinados casos, puede hasta llegar a casi anularlo.

Existen varias formas de resolver el problema de la colocación de luminarias sin mermar las cualidades acústicas de los falsos techos. Se ha propuesto cual sería la solución propuesta en función de las necesidades analizadas en los diversos recintos que componen el edificio.

Las propuestas son las siguientes:

1) La solución a adoptar consistiría en la colocación del falso techo acústico sin perforar por las instalaciones, de esta manera no resultarían mermadas sus propiedades aislantes. Bajo este techo se dispondrán las instalaciones necesarias, y después se colocaría otro falso techo que no precisa reunir propiedades acústicas y en el cual se pueden ejecutar las perforaciones pertinentes para el paso de instalaciones.

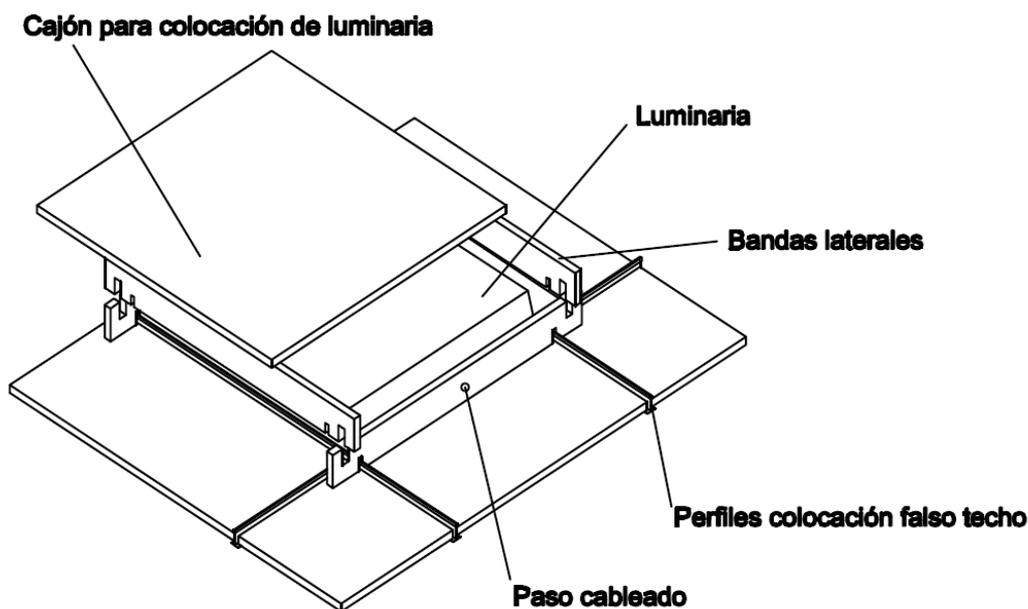
La solución a base de doble techo aporta otra ventaja: permite realizar las modificaciones en las instalaciones que no hayan estado previstas inicialmente, sin que afecte al aislamiento.



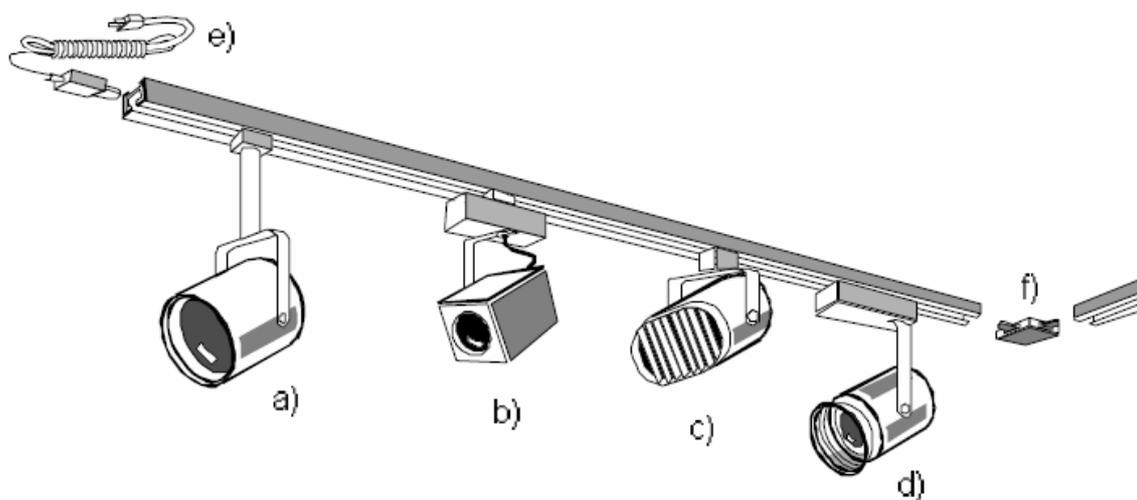
Ejemplo doble techo

El encuentro de las placas que constituyen el falso techo con los paramentos verticales se realizará de forma elástica, mediante un burlete perimetral de 2mm de espesor de polietileno reticulado. Dicho encuentro se sellará con una banda de celulosa microperforada para mantener la elasticidad en la junta.

2) Otra solución consiste en crear un cajón en el falso techo en el que se colocaría la luminaria como se detalla en el esquema adjunto:



3) Colocación de luminarias sobre rieles como se detalla en el esquema adjunto:



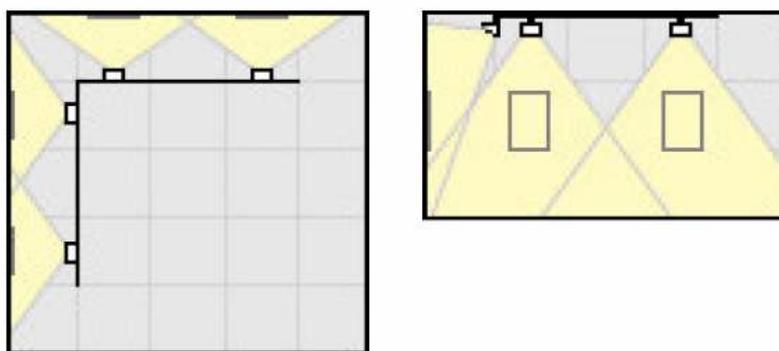
Luminarias para riel y accesorios:

- a) proyector para lámpara halógena para tensión de red
- b) proyector para lámpara halógena de baja tensión con transformador incorporado

- c) proyector para fluorescentes compacta con louver tipo persiana
- d) proyector para lámpara halógena de baja tensión con accesorios
- e) accesorio para iluminación
- f) unión en L

- Cuando una luminaria es aplicada al cielorraso, no queda espacio entre ambos entre el techo y la luminaria. Es apta para la iluminación directa y para locales de baja altura. Cuanto más bajo es el cielorraso, mayor control del deslumbramiento se debe realizar, lo cual se logra disminuyendo la luminancia en aquellos ángulos expuestos a la visión (45° a 90°).

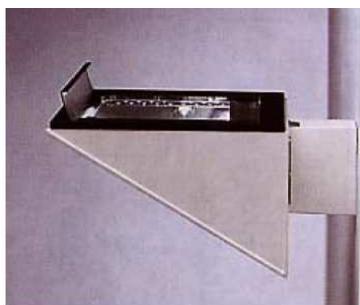
Esta solución es muy apropiada para la sala de exposiciones, ya que se requiere una iluminación directa sobre los elementos expuestos.



Esquema posición luminarias en sala de exposiciones

4) La luminaria que se aplica a la pared es apropiada cuando se requiere iluminar una zona limitada, ya sea porque se carece de otro medio de fijación o por razones decorativas.

Esta solución podría emplearse en los corredores, ya que si el techo es alto (4,20m) conviene que la luz sea lateral.



Bañadores de techo

5) Las luminarias suspendidas son adecuadas para crear un plano de iluminación más próximo al plano de trabajo cuando el cielorraso está muy alto o bien tiene forma irregular.

Los elementos de suspensión pueden ser alambres o cadenas, amurados en techos o paredes. Los elementos de suspensión serán de pequeña sección para que no resulten intrusivos en el espacio y para permitir su correcta disposición.



Ejemplo luminarias suspendidas

Se ha previsto la ubicación de este tipo de luminarias en la cafetería y la tienda situadas en la planta baja del edificio.

6) Luminarias de integración arquitectónica: en algunos casos se utilizan elementos de arquitectura como componente luminotécnico efectivo, como por ejemplo techos luminosos, iluminación de molduras o contornos que reciben luz indirecta. En estos casos se pueden usar luminarias convencionales con lámparas fluorescentes.

Este tipo de propuestas de iluminación integrada en la arquitectura son muy poco eficientes y muy difíciles de controlar desde el punto de vista luminotécnico. Se conciben con la finalidad de destacar ciertos elementos de la arquitectura y no para brindar iluminación general.

7) Sistemas de iluminación con fibras ópticas.

4.2 Instalaciones de climatización

Diseñar y ejecutar una instalación de climatización llevará implícita la consecución de los objetivos de confort acústico.

Las consideraciones que garantizarán un confort acústico óptimo son:

- Soluciones eficientes en fase de diseño.
- Minimizar ruido en el origen.
- Buen montaje e instalación de los diferentes componentes.
- Analizar el comportamiento del aire en el interior de los conductos.
- Estudio de los apoyos antivibración.

Los elementos que son susceptibles de producir un impacto sonoro sobre los usuarios de la instalación o personas ajenas a la misma son:

- Sistemas de ventilación.
- Unidades exteriores.
- Conductos.
- Rejillas y difusores.

Equipos instalados en espacios abiertos (unidades exteriores)

El Real Decreto 1367/2007 que aplica la Ley del Ruido establece que el nivel de potencia acústica máximo de los equipos situados en cubiertas y zonas exteriores anejas será tal que el entorno del equipo y en los recintos habitables y protegidos no se superen los objetivos de calidad acústica correspondientes reflejados en la tabla siguiente:

Uso del edificio	Tipo de recinto	Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
Vivienda o uso residencial	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Hospitalario	Zonas de estancia	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Educativo o cultural	Aulas	40	40	40
	Salas de lectura	35	35	35

siendo:

- Ld: mañana
- Le: tarde
- Ln: noche

Se contemplan una serie de recomendaciones para tratar de evitar los posibles problemas sonoros resultantes del funcionamiento de unidades exteriores y que se resumen a continuación:

- Tratar de orientar el equipo consiguiendo que el área de máxima emisión (puntos de flujos de entrada y de salida) quede encarada a áreas abiertas en las que no se encuentren vecinos o áreas potencialmente sensibles al ruido.
- Se recomienda el uso de silenciadores en las canalizaciones de entrada y salida de aire.



Ejemplo de silenciador

- Aprovechar, en la medida de lo posible, las barreras naturales que ofrece el entorno en que se instalará el equipo materializando mediante su presencia la reducción de los niveles de inmisión.

Tipo de área acústica	Índices de ruido		
	L _d	L _e	L _n
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en *	70	70	60
* Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	6
Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que las reclamen	-	-	-

Objetivos de calidad acústica exterior, RD 1367/2007, para las franjas horarias de día, L_d, tarde, L_e, y noche, L_n

- Soluciones propuestas:

· Pantallas acústicas:

Compuestas por los siguientes elementos (según catálogo de fabricante):

- Chapa lisa de 1mm de espesor por la parte exterior.
- Chapa perfora de 0,8mm de espesor por la parte interior (lado de emisión de ruido).
- Entre ambas caras se colocarán dos lanas de roca de 70kg/m³ de densidad rematada con velo mineral negro y otra lana de 50kg/m³ de densidad.
- Para su sujeción, se utilizan pilares HEB, cada 3 metros, anclados al suelo mediante tornillos para la colocación de paneles.



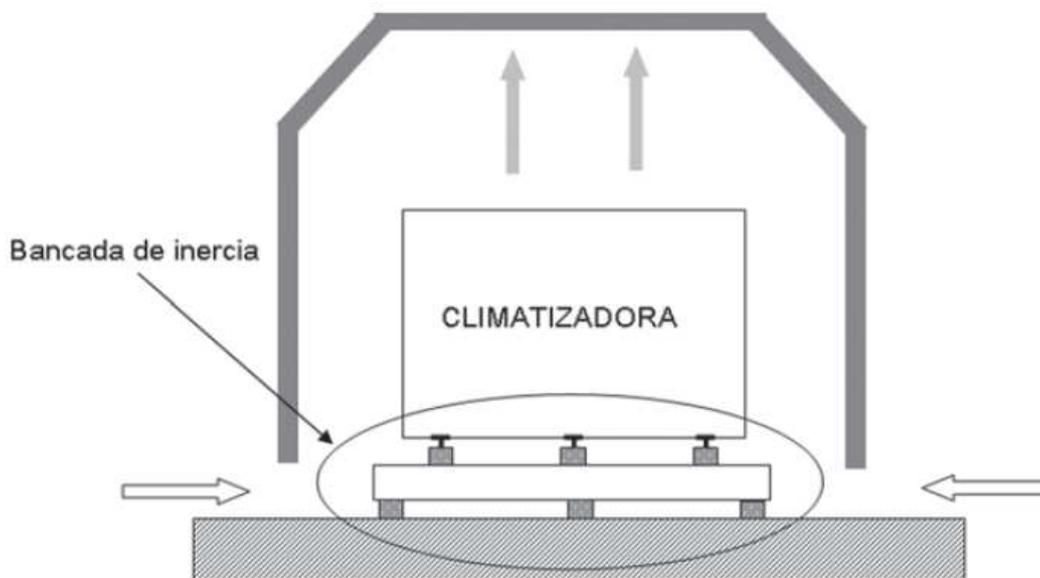
Ejemplo de pantalla acústica extraída de catálogo de IR. SL

· Encapsulado:

Tiene como objeto el aislamiento físico de la fuente del entorno en el que inicialmente se encuentra, consiguiendo de este modo reducir los niveles sonoros en el exterior debido al aislamiento intrínseco de las paredes que componen el cerramiento.

Se propondrá esta solución como alternativa a las pantallas acústicas cuando la atenuación deseada sea superior a 15dB.

Para este sistema es necesaria la instalación de silenciadores tanto para la ventilación propia del espacio encapsulado como para la entrada y salida de aire de equipos generadores de ruido.



Ejemplo de climatizadora encapsulada y montada sobre bancada de inercia

Los sistemas de climatización constituyen focos naturales de vibraciones por sus características mecánicas. Para evitar, en la medida de lo posible, esta transmisión vibracional los equipos irán dispuestos con un sistema antivibración conformado por soportes elásticos, muelles metálicos o bancadas de inercia capaces de garantizar un porcentaje de transmisibilidad entre instalación y soporte adecuado.

El equipo se instalará sobre una bancada de inercia, la cual será de hormigón o acero, de tal forma que tenga la suficiente masa e inercia para evitar el paso de vibraciones al edificio.

Conductos y rejillas

El proceso para evitar los problemas de generación y transmisión de ruidos pasa por un correcto montaje, evitando conexiones rígidas entre los conductos y sus puntos de sujeción, y el uso de conductos y rejillas revestidas con materiales absorbentes.

Por otra parte, el apropiado diseño de la sección del conducto evitaría que el flujo del aire alcance velocidades elevadas y, motivado por este hecho, el nivel de potencia sonora en los tramos rectos y bifurcaciones sería prácticamente despreciables.

Coeficientes de absorción de distintos tipos de conductos					
Conducto	125	250	500	1000	2000
Conducto metálico sin aislar	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Conducto autoportante realizado con lana de vidrio y revestimiento de aluminio en su interior	0,20	0,20	0,20	0,60	0,50
Conducto autoportante realizado con lana de vidrio y revestimiento de tejido de vidrio en su interior	0,25	0,60	0,65	0,95	1,00

Tabla que refleja la importancia de la elección de un conducto para obtener buenas prestaciones

El anclaje de los conductos al elemento resistente se materializara mediante amortiguadores de caucho para suspender. De esta manera se evitará la transmisión de vibraciones.

4.3 Recinto del ascensor

El ascensor es hidráulico y su maquinaria se encuentra ubicada en un armario acondicionado para tal fin en el sótano, por lo tanto el ruido generado por el mismo no afectara al normal desarrollo de la actividad en el edificio.

Se seguirán las pautas en lo referente a ascensores y montacargas que establece el DB HR:

- Los sistemas de tracción de los ascensores se anclarán a los sistemas estructurales del edificio mediante amortiguadores de vibraciones. No se considera recinto de instalaciones por no estar la maquinaria incorporada en el mismo (ascensor tipo mochila).
- Las puertas de acceso al ascensor en los distintos pisos tendrán topes elásticos que aseguren la práctica anulación del impacto contra el marco en las operaciones de cierre.
- El cuadro de mandos, que contiene los relés de arranque y parada, estará montado elásticamente asegurando un aislamiento adecuado de los ruidos de impactos y de las vibraciones.

5. Bibliografía

5.1 Bibliografía

Carrion Isbert, Antoni: *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*; UPC; 1998

Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración; *Guía práctica sobre acústica en instalaciones de climatización*

Documento Básico HR – Protección frente al ruido

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

Recuero López, Manuel; *Acústica arquitectónica aplicada*

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

Ampliación de física acústica; Editorial UPV

Armstrong soluciones acústicas