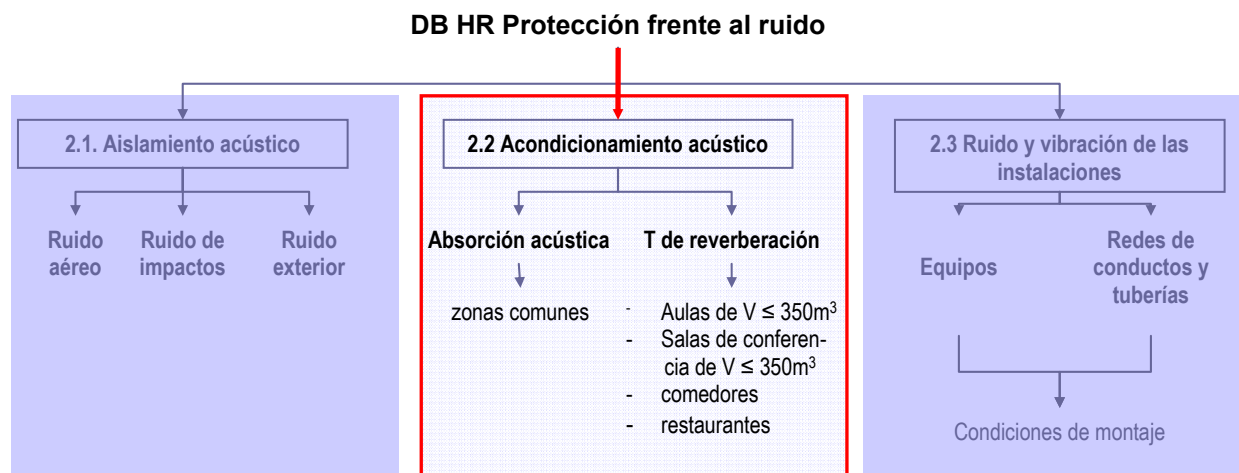


2.2 Acondicionamiento acústico

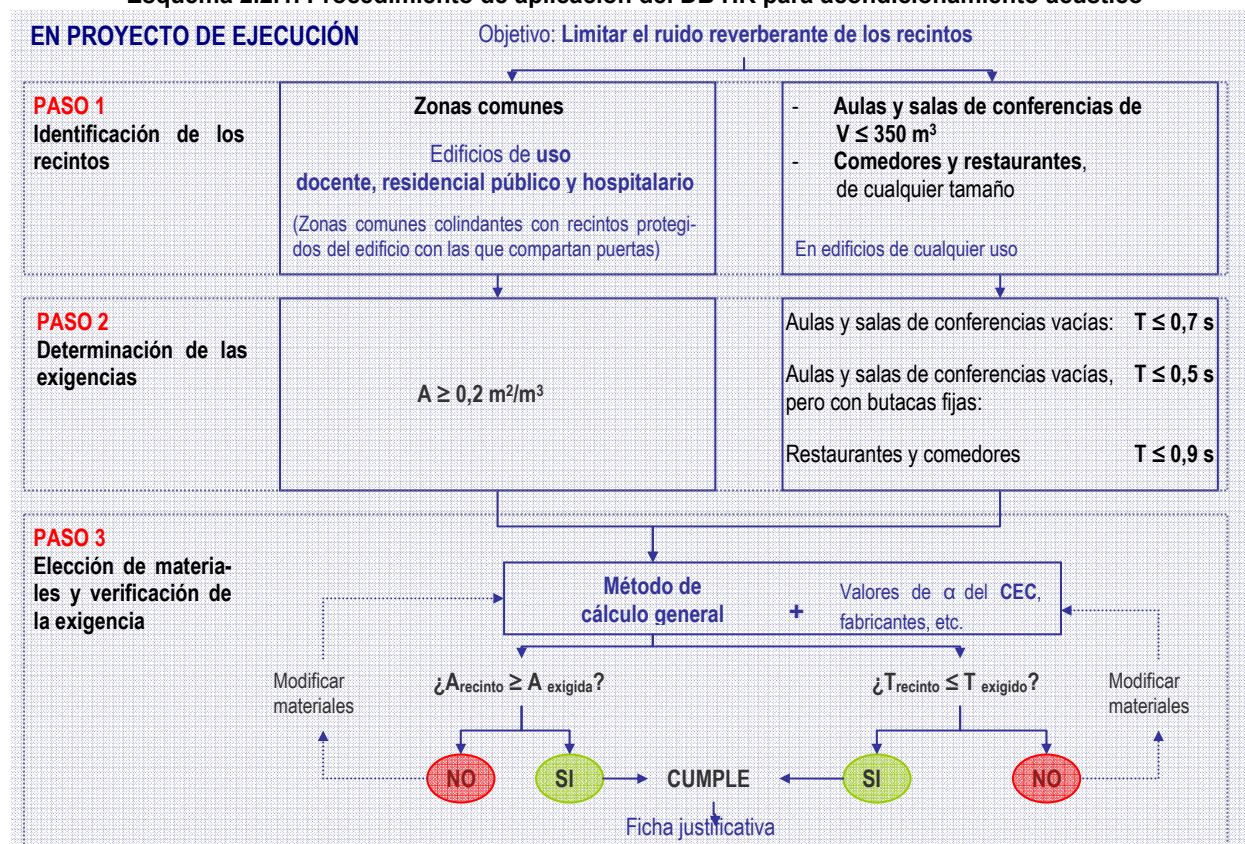


En cuanto al acondicionamiento acústico, el DB HR establece que debe limitarse el ruido reverberante de determinados recintos desde dos vertientes:

- 1 La absorción acústica de las zonas comunes.
- 2 El tiempo de reverberación máximo de aulas y salas de conferencias de $V \leq 350 \text{ m}^3$, comedores y restaurantes.

La siguiente secuencia expresa el procedimiento de aplicación del DB HR para acondicionamiento acústico:

Esquema 2.2.1. Procedimiento de aplicación del DB HR para acondicionamiento acústico



2.2.1 PASO 1. Identificación de los recintos. Aplicación de las exigencias de acondicionamiento acústico del DB HR

2.2.1.1 Zonas comunes

Los valores mínimos de absorción acústica se aplican a las **zonas comunes**¹ de edificios de **uso residencial público, docente y hospitalario**.

Se entiende por **zona común**, aquellos recintos que dan servicio a varias unidades de uso. Los pasillos, vestíbulos, escaleras, etc. dentro de una unidad de uso no se consideran zonas comunes.

Dentro de los edificios citados anteriormente, esta exigencia sólo se aplica a aquellas zonas comunes colindantes con recintos protegidos del edificio con las que compartan puertas², por ejemplo, pasillos que dan accesos a aulas, pasillos de hotel que dan acceso a las habitaciones³, pasillos de hospitales que dan acceso a las habitaciones, etc. (Véase figura 2.2.1)

Esta exigencia no se aplica a las zonas comunes de edificios de viviendas.

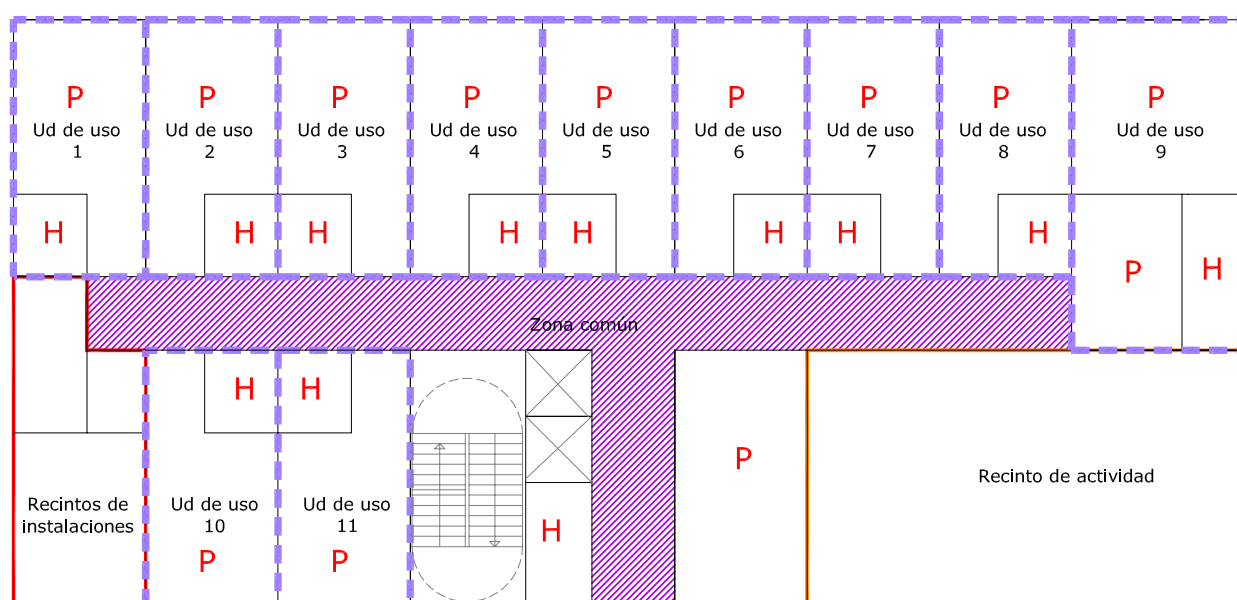


Figura 2.2.1. Esquema en planta de un edificio residencial público. Las exigencias de absorción acústica se aplican al área rallada.

2.2.1.2 Aulas, salas de conferencias, comedores y restaurantes

Los valores máximos de tiempo de reverberación se aplican a:

- 1 Aulas y salas de conferencias de volumen $V \leq 350 \text{ m}^3$
- 2 Comedores y restaurantes de cualquier volumen.

Estas exigencias se aplican a este tipo de recintos en edificios de cualquier uso.

Las exigencias se aplican a los recintos vacíos, sin ocupación y sin mobiliario, exceptuando el mobiliario fijo, como las butacas fijas en las salas de conferencias.

Para aulas y salas de conferencias de volúmenes mayores que 350 m^3 , el DB HR no establece ningún método de cálculo. (Véase apartado 2.0)

¹ Véase definición de zonas comunes (apartado 2.1.2.2.2 de la Guía)

² Dentro de los edificios uso residencial público, docente y hospitalario, no se aplican las exigencias de absorción acústica a las escaleras compartimentadas, protegidas y especialmente protegidas definidas en el DB SI.

³ Si las habitaciones de un hospital o de un hotel, residencia, etc. cuentan con un vestíbulo anterior al dormitorio, este vestíbulo previo es un recinto habitable, por lo tanto no sería necesario aplicar la exigencia de absorción acústica de zonas comunes.

2.2.2 PASO 2. Determinación de las exigencias

2.2.2.1 Valores mínimos de absorción acústica

El área de absorción acústica equivalente, A , de las zonas comunes debe ser al menos $0,2 \text{ m}^2$ por metro cúbico de volumen del recinto.

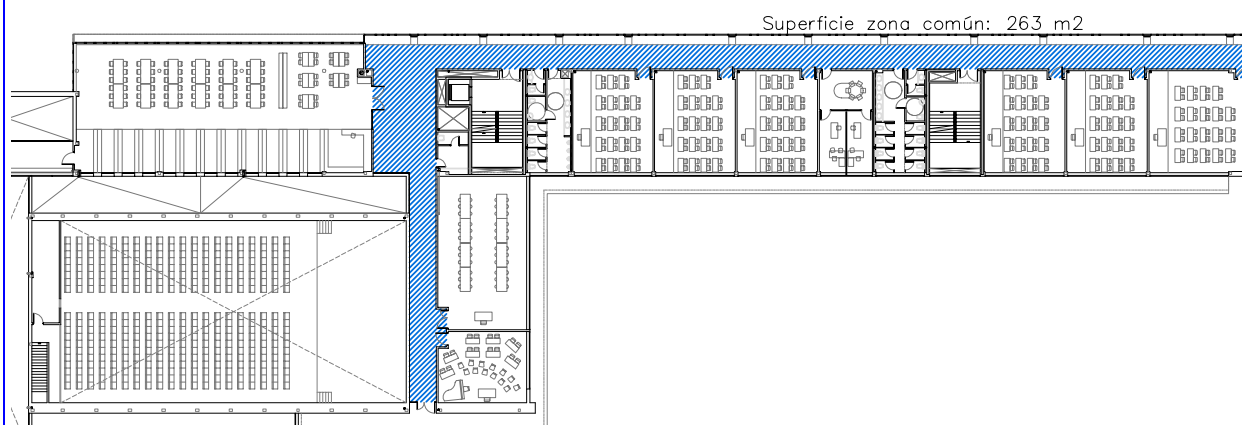
Debe verificarse que la absorción propuesta en el proyecto es mayor o igual a la requerida, $A_{\text{recinto}} \geq A_{\text{requerida}}$, como mínimo, en cada zona común que sea diferente en forma, tamaño y elementos constructivos

Ejemplo: El siguiente ejemplo muestra la planta de un colegio. En azul se ha rayado la zona común.

Área de la zona común = $263,8 \text{ m}^2$

Volumen = $659,5 \text{ m}^3$

$$A_{\text{requerida}} = 0,2 \cdot V = 0,2 \cdot 659,5 = 131,9 \text{ m}^2$$



2.2.2.2 Valores máximos de tiempo de reverberación

La tabla siguiente muestra los valores máximos de tiempo de reverberación:

Tabla 2.2.1. Valores máximos de tiempo de reverberación

Recinto ⁴	Tiempo de reverberación
Aulas y salas de conferencias vacías	$T \leq 0,7 \text{ s}$
Aulas y salas de conferencias vacías, pero con butacas fijas	$T \leq 0,5 \text{ s}$
Comedores y restaurantes	$T \leq 0,9 \text{ s}$

De cada uno de los diferentes tipos de recintos especificados en la tabla, debe verificarse que $T_{\text{recinto}} \leq T_{\text{límite exigido}}$, como mínimo, en cada recinto que sea diferente en forma, tamaño y elementos constructivos.

⁴ Las aulas y salas de conferencias se consideran vacías, sin mobiliario, ocupación, objetos, mantelerías, etc. Sólo se considera el mobiliario fijo, como las butacas fijas en las salas de conferencias.

2.2.3 PASO 3. Elección de materiales y verificación de la exigencia

El procedimiento de cálculo propuesto en el DB HR para el cálculo del tiempo de reverberación y de la absorción acústica es básicamente el mismo, ya que la evaluación del tiempo de reverberación se realiza a partir del cálculo de la absorción acústica.

El método de cálculo propuesto por el DB HR es aplicable sólo a aulas y salas de conferencias con formas prismáticas rectas o asimilables. En el caso de recintos con formas abovedadas, el método no garantiza un confort acústico, ya que pueden producirse concentraciones de sonido. En estos casos sería necesario un estudio específico que garantice las condiciones acústicas del recinto. (Véase figura 2.2.2)

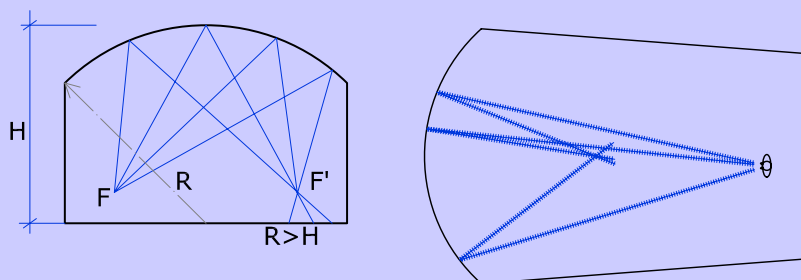


Figura 2.2.2. Vista en sección (izquierda) y en planta (derecha) de aulas con paramentos curvos donde se dan concentraciones en determinados puntos del recinto.

2.2.3.1 Datos previos

Para el cálculo del tiempo de reverberación y de la absorción acústica es necesario conocer los valores del coeficiente de absorción acústica⁵, α de los acabados y el área de absorción acústica de los objetos, A_o .

El coeficiente α suele aparecer expresado para bandas de octava, por lo que para hallar α_m e introducirlo en las fórmulas sería necesario hacer la media aritmética de las bandas de 500, 1000 y 2000.

En general, los materiales más comúnmente utilizados como acabados, por ejemplo el enlucido de yeso, el gres, el vidrio, el granito, etc., tienen un coeficiente de absorción bastante pequeño, entre 0,05 y 0,15. Los valores de estos materiales se pueden obtener en el CEC.

A veces el coeficiente de absorción de un material puede expresarse como α_w , que es el coeficiente de absorción acústica ponderado según la norma UNE EN ISO 11654⁶. En este caso, en ausencia de más datos, puede utilizarse el coeficiente α_w en los cálculos, sabiendo que, debido al procedimiento de ponderación de dicha norma UNE, α_w es más pequeño que el valor medio α_m para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz, y por lo tanto el cálculo estaría del lado de la seguridad.

El área de absorción acústica de los objetos, A_o , en m^2 , es la absorción de una superficie con coeficiente de absorción acústica igual que 1, pero con área igual a la absorción total del elemento. Este es un índice se utiliza en el DB HR para el mobiliario fijo, es decir, para las butacas fijas de las aulas y salas de conferencias⁷. En una zona común, este coeficiente puede despreciarse, ya que en raras ocasiones, estos espacios tienen unos muebles o decoración que aporte una mejora a la absorción.

⁵ El coeficiente de absorción acústica es una propiedad superficial propia de cada material y se obtiene mediante ensayo según la norma UNE EN ISO 354: Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante. Evaluación de la absorción acústica.

⁶ UNE EN ISO 11654: Acústica. Absorbentes acústicos para su utilización en edificios

⁷ A_o suele utilizarse para caracterizar la absorción producida por el mobiliario, la decoración o el público en estudios acústicos de auditorios, teatros, etc.

2.2.3.2 Cálculo de la absorción acústica

La absorción acústica, A, se calculará a partir de la expresión:

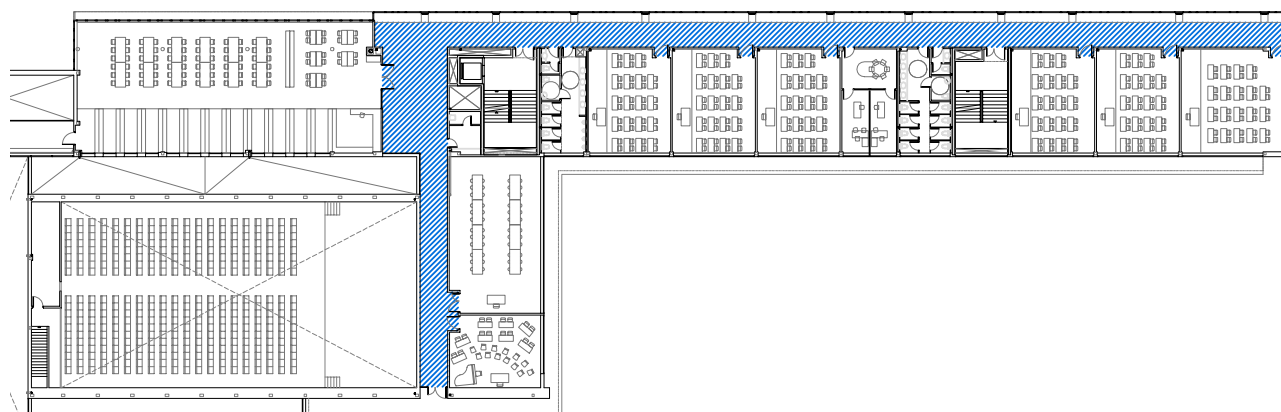
$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{o,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V \quad [\text{m}^2]$$

Donde:

- $\alpha_{m,i}$ coeficiente de absorción acústica medio de cada paramento, para las bandas de tercio de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz;
- S_i área de paramento cuyo coeficiente de absorción es α_i , [m^2];
- $A_{o,m,j}$ área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente [m^2];
- V volumen del recinto, [m^3].
- $\overline{m_m}$ coeficiente de absorción acústica medio en el aire, para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y de valor $0,006 \text{ m}^{-1}$.

Ejemplo: Colegio.

A requerida = $0,2 \cdot V = 0,2 \cdot 659,5 = 131,9 \text{ m}^2$ (Véase apartado 2.2.2.1)



Es necesario conocer los acabados del recinto y sus valores medios del coeficiente de absorción, α . Para ello, puede consultarse el Catálogo de Elementos Constructivos. El apartado de Acabados superficiales interiores contiene los valores de α para acabados convencionales (enlucido, gres, enfoscado, etc.), que son acabados duros y poco absorbentes.

En el apartado de techos para acondicionamiento acústico del CEC se recogen algunos valores para techos acústicos que son meramente orientativos, ya que en estos sistemas la absorción acústica depende de una gran cantidad de variables específicas del sistema constructivos: Ancho de la cámara, porcentaje de perforación, geometría y distribución de las perforaciones, tipo de material absorbente en la cámara, tipo de anclaje, etc.

Para cumplir las exigencias del DB HR, se ha optado por concentrar la absorción en el techo, la solución por la que se ha optado es la de utilizar un falso techo de placas de yeso laminado perforadas con un velo de fibra de vidrio adherido en el trasdós de las placas. Los valores de α_m se han consultado en un catálogo de un fabricante. La tabla siguiente muestra la información necesaria para aplicar el método de cálculo.

Paramento	Material	Superficie total m^2	Coeficiente α_m
Particiones	Enlucido de yeso	400,25	0,01
Ventanas	Vidrio	119,96	0,04
Puertas	Tablero contrachapado	45,67	0,08
Suelo	Terrazo	263,8	0,02
Techo	Placas de yeso laminado perforadas de 15 mm de espesor, con un porcentaje de perforación del 12%, con velo de fibra de vidrio adherido. Cámara 30 cm.	263,8	0,48

Tipo de recinto: <i>ZONA COMÚN colegio</i>					Volumen, V (m³):		659,5
Elemento	Acabado	S Área, (m²)	Coeficiente de absorción acústica, α				Absorción acústica (m²) α _m ·S
			500	1000	2000	α _m	
Suelo	<i>Terrazo</i>	263,8	0,01	0,02	0,02	0,02	5,27
Paramentos	<i>Enlucido de yeso</i>	400,25	0,01	0,01	0,02	0,01	4,00
	<i>Vidrio</i>	119,96	0,05	0,04	0,03	0,04	4,79
	<i>Puertas de madera</i>	45,67	0,08	0,08	0,08	0,08	3,65
Techo	<i>Placas de yeso laminado perforadas P = 12% Velo de fibra de vidrio adherido Cámara 30 cm</i>	263,8	0,56	0,52	0,37	0,48	126,62
Objetos ⁽¹⁾	Tipo	N número	Área de absorción acústica equivalente, A _O (m²)				A _{O,m} · N
			500	1000	2000	A _{O,m}	
-----			---	---	---	---	-----
Absorción aire ⁽²⁾			Coeficiente de atenuación del aire, m̄ _m (m ⁻¹)				4 · m̄ _m · V
			500	1000	2000	m̄ _m	
<i>T^a = 20 °C HR = 50 %</i>			---	---	---	0,006	15,82
A, (m²) 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 (apartado 2.4)				
A (m²)=			160,16	≥	131,9	=0,2·V	

2.2.3.3 Cálculo del tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación, T, de un recinto se calcula mediante la expresión:

$$T = \frac{0,16 V}{A} \quad [s]$$

Donde:

V volumen del recinto, [m³].

A absorción acústica total del recinto, [m²], (véase apartado 2.2.3.2)

2.2.3.4 Consideraciones sobre los materiales

Generalmente, el problema del acondicionamiento acústico en el DB HR, es un problema de la **elección de los revestimientos o los acabados de las superficies** de los recintos.

De los materiales absorbentes acústicos, los más utilizados en construcción son:

- **Los materiales porosos**, en los que la absorción acústica se produce por la disipación de la energía acústica por fricción entre el aire en el interior de los poros, que vibra debido a las ondas incidentes y el propio material.

Los materiales porosos que son buenos absorbentes acústicos son aquellos que tienen poros, pero que están interconectados. **No son buenos absorbentes acústicos los aislantes de célula cerrada.**

Ejemplos de materiales absorbentes son: Las moquetas, los revestimientos textiles, los paneles de lanas minerales, los yesos y morteros acústicos, etc.

- **Los paneles resonadores**, que se utilizan en aplicaciones específicas ya que su absorción es selectiva en un rango determinado de frecuencias. De entre los paneles resonadores, los más utilizados en construcción son:
 - o **Resonadores de membrana**, que son paneles separados de una partición, techo, etc., en las que la cámara puede estar parcial o totalmente rellena de material absorbente poroso flexible, como una lana mineral. Un ejemplo típico es el de un contrachapado de madera anclado a una estructura o bastidor.
 - o **Paneles perforados** separados de la pared una cierta distancia, en las que la cámara puede estar rellena total o parcialmente de un material absorbente acústico. Es una de las opciones más utilizadas en edificación, ya que si el porcentaje de perforaciones es superior al 12%, el panel es transparente y entonces la absorción es la misma que la del material dispuesto en la cámara. Un ejemplo son los techos perforados para acondicionamiento acústico.

En cuanto a la **colocación** de los materiales absorbentes, una de las soluciones más eficaces es **la distribuir la absorción acústica de forma uniforme en el techo**, lo que además tiene la ventaja que los materiales absorbentes, generalmente materiales blandos que se ensucian o degradan con el roce, se colocan, por razones de mantenimiento, en aquellos paramentos menos accesibles.

2.2.3.5 Recomendaciones de diseño de aulas y salas de conferencias.

Las siguientes recomendaciones sobre el diseño (geometría de los *recintos* y la distribución de los materiales absorbentes) de aulas y salas de conferencias tienen el objeto de mejorar la inteligibilidad de la palabra:

- Deben evitarse los *recintos* cúbicos o con proporciones entre lados que sean números enteros.
- Para valores iguales de absorción acústica total de los elementos que componen el recinto, es más recomendable disponer un pasillo central que dos pasillos laterales para el acceso de alumnos.
- En cuanto a la distribución de los materiales absorbentes, se recomienda una de las dos opciones de diseño siguientes, que son igualmente válidas desde el punto de vista acústico (Véase figura 2.2.3):
 - o Opción 1. Se dispondrá un material absorbente acústico en toda la superficie del techo, la pared frontal será reflectante y la pared trasera será absorbente acústica para minimizar los ecos tardíos.
 - o Opción 2. Se dispondrá un material absorbente acústico en el techo, pero sólo se cubrirá la parte trasera del techo, dejando una banda de 3 m de ancho de material reflectante en la parte delantera del techo. La pared frontal será reflectante y en la pared trasera se dispondrá un material absorbente acústico de coeficiente de absorción acústica similar al del techo.

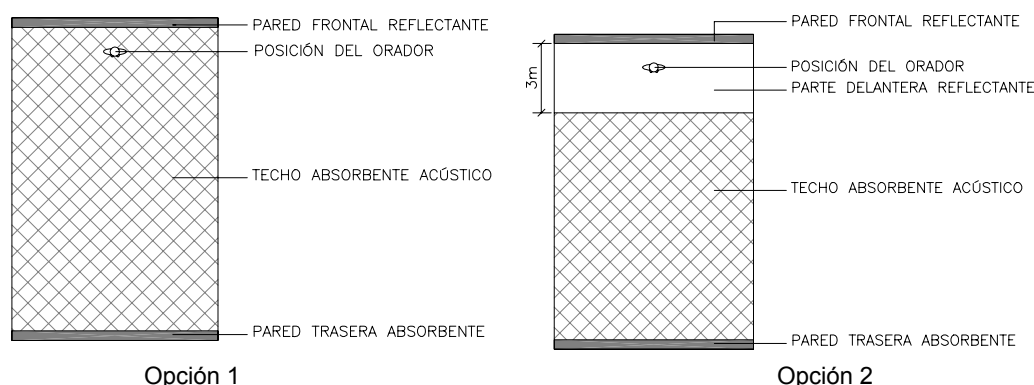


Figura 2.2.3. Vista en planta de las opciones 1 y 2