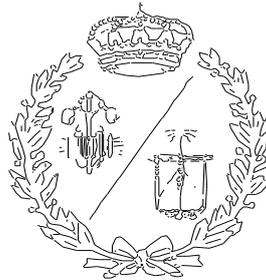


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***Proyecto Fin de Grado***

**ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LA  
BIBLIOTECA DE LA ETSIIT**  
(Acoustic conditioning of the ETSIIT's library)

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

Autor: Javier Saldaña Blanco

Octubre - 2015

|                     |   |       |          |
|---------------------|---|-------|----------|
| TÍTULO              | <b>Acondicionamiento acústico en la biblioteca de la ETSIIT</b> |       |          |
| AUTOR               | <b>Javier Saldaña Blanco</b>                                    |       |          |
| DIRECTOR / PONENTE  | <b>Ana M. De Juan De Luna</b>                                   |       |          |
| GRADO EN INGENIERÍA | <i>Mecánica</i>   | FECHA | 22/10/15 |

## **PALABRAS CLAVE**

Acondicionamiento, acústica, tiempo, reverberación, absorción, paneles.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Un aspecto clave de la ingeniería es la resolución de problemas. Se ha querido centrar el proyecto en el que es el entorno más inmediato durante los últimos años de un estudiante: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación (ETSIIIT).

Es una realidad común a todos los usuarios los problemas acústicos en la biblioteca, para ello simplemente hay que fijarse en las encuestas que la BUC hace anualmente. Por eso el propósito al realizar este proyecto es llevar a cabo una mejora en este aspecto.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El objetivo del presente Proyecto de Fin de Grado es optimizar el acondicionamiento acústico de la biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación (ETSIIIT).

Mediante este proyecto se aborda la mejora técnica de un espacio destinado al estudio para asegurar que reúna las condiciones acústicas óptimas, creando un entorno lo más adecuado posible.

La realización de este trabajo tiene como principal finalidad poseer una utilidad práctica, coger un problema real y aportar una o varias soluciones viables.

Se irá desde el estudio del recinto hasta la propuesta de una única solución. El estudio de la biblioteca será tanto teórico como experimental, mientras que la elección de la solución se hará basándonos en el objetivo de este proyecto: una solución viable y económica.

Por ello, se tendrá un estudio de al menos dos alternativas. En cada una de ellas se profundizará tanto en la elección de materiales, sus propiedades acústicas y apariencia, su distribución dentro del recinto y colocación, y finalmente qué repercusión tiene sobre el tiempo de reverberación dentro de la biblioteca.

## CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

El presupuesto será un factor clave a la hora de escoger solución. Por lo que ambas posibilidades irán acompañadas de un presupuesto detallado. Este presupuesto incluirá tanto el coste de los materiales como el de ejecución.

Este trabajo de fin de grado trata de acercarse a como es un proyecto en realidad, con la intención de que esté listo para ser llevado a cabo.

El presupuesto total para la Solución B: Optima L Canopy + AkustoTM Wall A; asciende a la cantidad de DIECISIETE MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO (17 645'74 €).

## BIBLIOGRAFÍA

MINISTERIO DE VIVIENDA. *Herramienta de Cálculo del Documento Básico de Protección frente al ruido DB HR*. Código Técnico de la Edificación. Versión V.3.0 de Diciembre de 2011.

MINISTERIO DE VIVIENDA. *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*. Código Técnico de la Edificación. Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (CSIC) con la colaboración de CEPCO y AICIA. Marzo de 2010.

MINISTERIO DE VIVIENDA. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido*. Código Técnico de la Edificación. Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (CSIC). Versión V2.0 Septiembre de 2014.

AENOR. 2010. *UNE-EN ISO 5457:2000. Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo*. Madrid: AENOR.

HARRIS, C.M. 1995. *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. 3ª edición. Madrid: McGraw-Hill.

ARMSTRONG SPAIN. *Inspiring Great Spaces*. [Consulta: 04 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.armstrong.es/>

...



*Para mi familia.*

**1.- MEMORIA**

**2.- ANEXO**

**3.- PLANOS**

**4.- PLIEGO DE CONDICIONES**

**5.- MEDICIONES**

**6.- PRESUPUESTO**

**7.- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**



## **1.- MEMORIA**

---

**1. MEMORIA**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO.....       | 8  |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....  | 9  |
| 1.3. ALCANCE DEL PROYECTO.....        | 11 |
| 1.4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO .....  | 12 |
| 1.5. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO ..... | 18 |
| 1.6. PRESUPUESTO .....                | 25 |



## 1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del presente Proyecto de Fin de Grado es optimizar el acondicionamiento acústico de una biblioteca. La biblioteca que será objeto de estudio es la de nuestra propia escuela.

Mediante este proyecto se aborda la mejora técnica de un espacio destinado al estudio para asegurar que reúna las condiciones acústicas óptimas, creando un entorno lo más adecuado posible.

La realización de este trabajo tiene como principal finalidad poseer una utilidad práctica, coger un problema real y aportar una o varias soluciones viables.

Para ello se partirá del proyecto original y será usado:

- La Guía de Aplicación del Documento Básico de Protección frente al ruido, cuyo objeto es facilitar la aplicación práctica del Documento Básico DB HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación, CTE. [19]
- La Herramienta oficial de cálculo del Documento Básico DB HR, diseñada para facilitar la aplicación del método de cálculo propuesto en dicho documento para la parte acústica del código técnico de la edificación. [20]
- La UNE-EN ISO 3382-2 que especifica los métodos de medición del tiempo de reverberación en recintos ordinarios. Describe el procedimiento de medición, el equipo necesario, el número de posiciones de medición requerido y el método para evaluar los datos y presentar el informe de ensayo. [1]



Figura 1.1 Portada de la Guía del DB HR (Septiembre 2014) [19]

## 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Antes de comenzar el desarrollo de este apartado, se dará tres pinceladas básicas sobre el acondicionamiento acústico, de acuerdo al DB HR:

- Por acondicionamiento acústico se entiende una serie de medidas que se toman para conseguir en un recinto unas condiciones acústicas y un ambiente sonoro interior determinados conforme al uso que se le va a dar al recinto.
- Un correcto acondicionamiento acústico está vinculado a los tiempos de reverberación, y, por tanto, a la absorción acústica de las superficies del recinto, y se logrará mediante revestimientos de las superficies interiores, reduciendo las componentes reflejadas del sonido.
- El acondicionamiento acústico pretende crear espacios de calidad o confort acústico para las actividades que se vayan a desarrollar en él.

Un aspecto clave de la ingeniería es la resolución de problemas. Se ha querido centrar el proyecto en el que es el entorno más inmediato durante los últimos años de un estudiante: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación (ETSIIT).

Es una realidad común a todos los usuarios los problemas acústicos en la biblioteca, para ello simplemente hay que fijarse en las encuestas que la BUC hace anualmente. Por eso el propósito al realizar este proyecto es llevar a cabo una mejora en este aspecto.

Como resultado de estos informes se publica una memoria anual en la que se recogen los principales objetivos, cifras... Haciendo un repaso de estos informes vemos que ya en el 2012, en los objetivos anuales de las bibliotecas de la UC se menciona únicamente a la división de Industriales en el apartado de ruido: *“Procurar financiación para acondicionar IND en cuanto al ruido”*. Esto mismo se repite en el año 2013: *“IND: actuaciones arquitectónicas para reducir ruidos”*. [7]

En la encuesta de satisfacción realizada en 2014, este problema pasa a aparecer en la parte de áreas de mejora prioritarias, siendo tratado en esta ocasión de la siguiente forma: *“En IND el problema ya no es abordable por nuestros medios ya que es la propia configuración del espacio y los materiales empleados los que multiplican el ruido; lo único que cabe plantear es un estudio para analizar posibles redistribuciones de los espacios que eventualmente pudieran reducir el ruido o la circulación de personas, pero nada más”*.

Además, en esta encuesta de satisfacción era posible añadir un comentario libre. A continuación se incluyen aquellos que hacen alusión a este problema:

- *“A ciertas horas hay una cantidad de ruido horrorosa, la puerta de salida chirría cada vez que se abre. No hay ambiente de estudio”.*
- *“Es imposible estudiar en la facultad de Industriales debido al excesivo ruido que hay, y muchas veces tengo que ir a estudiar a otras facultades por no poder concentrarme”.*
- *“En IND hace falta salas de estudio como las que hay en económicas y derecho; mesas individuales con silencio para poder estudiar. La biblioteca de industriales es demasiado ruidosa para estudiar”.*
- *“El ambiente de la biblioteca no es el mejor para estudiar, en determinadas horas hay mucho ruido”.*
- *“El ruido y la poca y mala distribución de los puestos de trabajo son los grandes defectos de la división de Industriales”.*
- ...

Por último, la encuesta de este año 2015 vuelve a mencionar el problema y propone una solución provisional que se ha adoptado desde la división de Industriales: *“Se han “silenciado” las patas de las sillas con protección de goma para evitar ruido por arrastre pero no es factible abordar actuaciones más significativas de las que se han hecho hasta ahora ya que es el propio espacio y materiales de la biblioteca los que magnifican cualquier ruido que se produzca”.*



*Figura 1.2 Iniciativa: Pelotas contra el ruido*

Toda esta información se encuentra disponible en la página de la BUC > Conócenos > Misión y Actividad BUC (<http://www.buc.unican.es/mision-y-memoria-anual-de-actividades>).

### 1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

Se irá desde el estudio del recinto hasta la propuesta de una única solución. El estudio de la biblioteca será tanto teórico como experimental, mientras que la elección de la solución se hará basándonos en el objetivo de este proyecto: una solución viable y económica.

Por ello, se tendrá un estudio de al menos dos alternativas. En cada una de ellas se profundizará tanto en la elección de materiales, sus propiedades acústicas y apariencia, su distribución dentro del recinto y colocación, y finalmente qué repercusión tiene sobre el tiempo de reverberación dentro de la biblioteca.

Como ya se ha dicho, el presupuesto será un factor clave a la hora de escoger solución. Por lo que ambas posibilidades irán acompañadas de un presupuesto detallado. Este presupuesto incluirá tanto el coste de los materiales como el de ejecución.

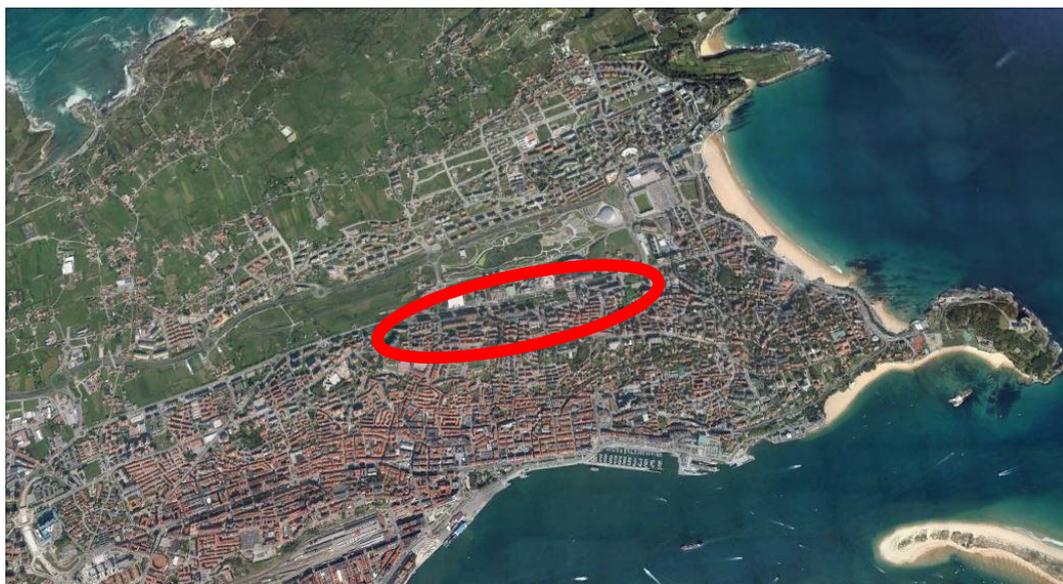
Para llegar al estudio de alternativas al problema detectado en la biblioteca, se partirá de la información incluida en el proyecto original. Tras consultar el proyecto guardado por el Servicio de infraestructuras de la Universidad de Cantabria, la información recabada sobre la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, abarca planos de la biblioteca, dimensiones y superficies de cada una de las áreas de su interior, materiales empleados en paramentos y solados, presupuestos originales,...

Este trabajo de fin de grado trata de acercarse a como es un proyecto en realidad, con la intención de que esté listo para ser llevado a cabo.

## 1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El lugar donde se desarrollará este proyecto, como ya se ha mencionado, es la división de Industriales de la Biblioteca de la Universidad de Cantabria (BUC).

Esta biblioteca se encuentra en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación (ETSIIIT). Edificio perteneciente al Campus de las Llamas en Santander, Universidad de Cantabria.



*Figura 1.3 Mapa de Santander*



*Figura 1.4 Fotografía edificio y biblioteca de la ETSIIIT*

---

Ya situada la ETSIIT geográficamente, se debe hacer en un mapa de ruido. La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental estableció la siguiente definición de mapa estratégico de ruido:

*“Mapa diseñado para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona.”*

La zonificación acústica del territorio queda regulada a nivel nacional el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre (incluidas las modificaciones introducidas por el Real Decreto 1038/2012, de 6 de Julio), por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

De acuerdo con lo establecido en dicho Real Decreto, el PGOU incluye una zonificación acústica del municipio según lo establecido en el Artículo 5 del mismo. Las áreas acústicas vienen definidas por el uso predominante del suelo, ya sea actual o previsto, atendiendo a los siguientes usos:

- a. Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- b. Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- c. Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.
- d. Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en el párrafo anterior.
- e. Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.
- f. Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.
- g. Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

La delimitación territorial de las áreas acústicas y su clasificación se basará en los usos actuales o previstos del suelo, según los criterios del Anexo V del Real Decreto 1367/2007. Por tanto, la zonificación acústica de un término municipal únicamente afectará, excepto en lo referente a las áreas acústicas de los tipos f) y g), a las áreas urbanizadas y a los nuevos desarrollos urbanísticos. En este sentido, el Real Decreto 1367/2007 define el área urbanizada como la superficie del territorio que reúna los requisitos establecidos en la legislación urbanística aplicable para ser clasificada como suelo urbano urbanizado y



La biblioteca está situada en la parte oeste de la ETSIIT, tiene tanto fachada hacia el norte como hacia el sur.



*Figura 1.6 Fotografía fachada norte de la ETSIIT*

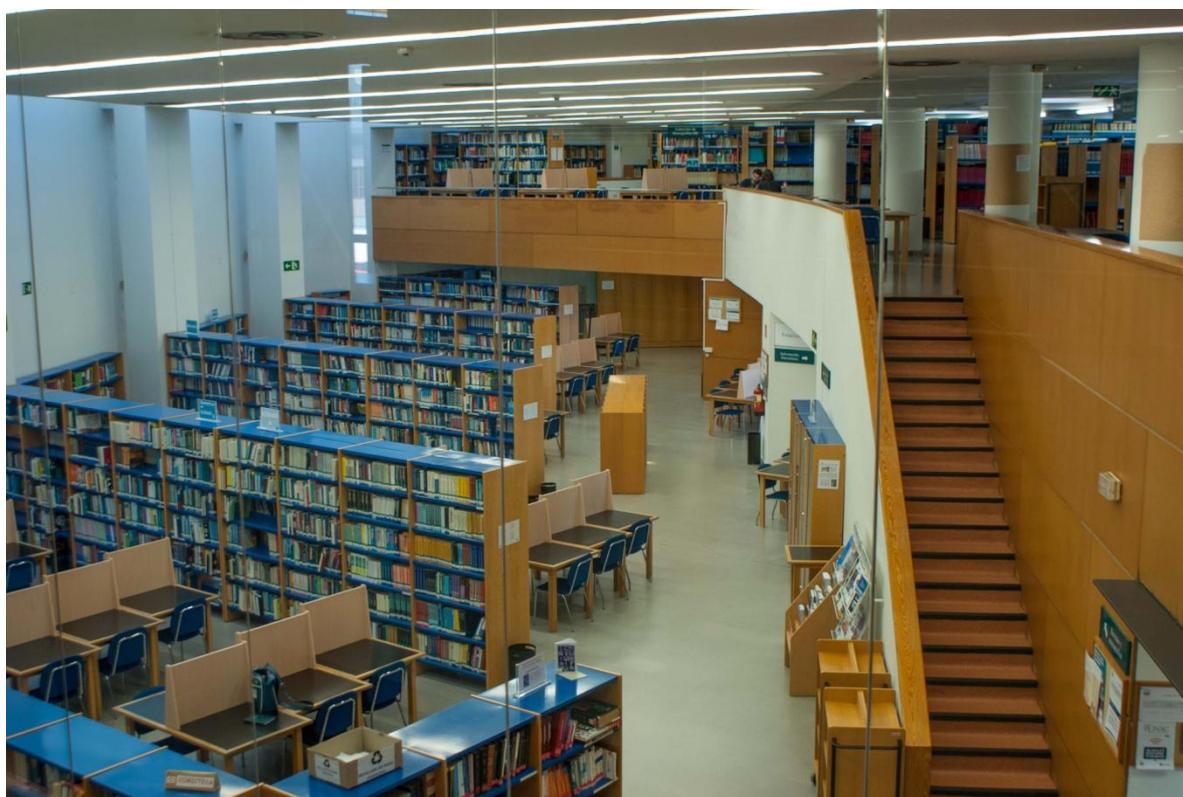


*Figura 1.7 Fotografía fachada sur de la ETSIIT*

Su interior está distribuido en dos plantas (Planta +1 y Planta +2), esta segunda planta no cubre la misma superficie que la primera, sino que lo hace por la parte que da hacia el norte, como podemos ver en los siguientes planos del anexo:

- Ver plano: Alzado Biblioteca (Planta +1 y +2)
- Ver plano: Primera planta (Planta +1)
- Ver plano: Segunda planta (Planta +2)

Es posible encontrar más imágenes de la biblioteca en el ANEXO GALERÍA FOTOGRÁFICA. En las siguientes tres fotografías nos muestran una visión general de la biblioteca:



*Figura 1.8 Vista general superior*



*Figura 1.9 Vista este (Planta +1 y Planta+2)*



*Figura 1.10 Vista oeste (Planta +1 y Planta +2)*

## 1.5 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO



Figura 1.11 Acondicionamiento acústico [19]

La expresión acondicionamiento acústico suele estar asociada a recintos como auditorios o teatros, que tienen una acústica excepcional. Sin embargo, con cierta frecuencia existen recintos de uso cotidiano donde las condiciones acústicas no son las adecuadas. Así por ejemplo, las aulas son a menudo lugares donde es casi imposible seguir una clase o existen restaurantes y comedores demasiado ruidosos donde es difícil entablar una conversación. Esto se debe a que estos establecimientos suelen tener todas sus superficies reflectantes acústicamente y al ser de un tamaño considerable y contar con muy poca absorción, el sonido permanece más tiempo en el ambiente, incrementándose paulatinamente los niveles de ruido de fondo.

En los recintos, el sonido se propaga en forma de ondas en todas direcciones que rebotan en todas las superficies produciéndose numerosas reflexiones. Las reflexiones producen un nivel sonoro suplementario que se suma al principal, por lo que el sonido recibido aumenta, llegando a veces a ser molesto.

Este fenómeno de persistencia de la energía sonora en el espacio, incluso una vez que cesa la fuente que la produce, se conoce como reverberación. Al ser un parámetro relacionado con la velocidad con que la energía sonora es absorbida, se evalúa excitando el recinto con una fuente sonora y midiendo el tiempo que transcurre desde que la fuente cesa su emisión, hasta que la energía acústica presente en el recinto decae 60 dB. Como el ruido de fondo de la sala suele ocultar la parte final de dicha curva, en la práctica se miden el  $Tr_{20}$  el  $Tr_{30}$  que son estimaciones del  $Tr$ .

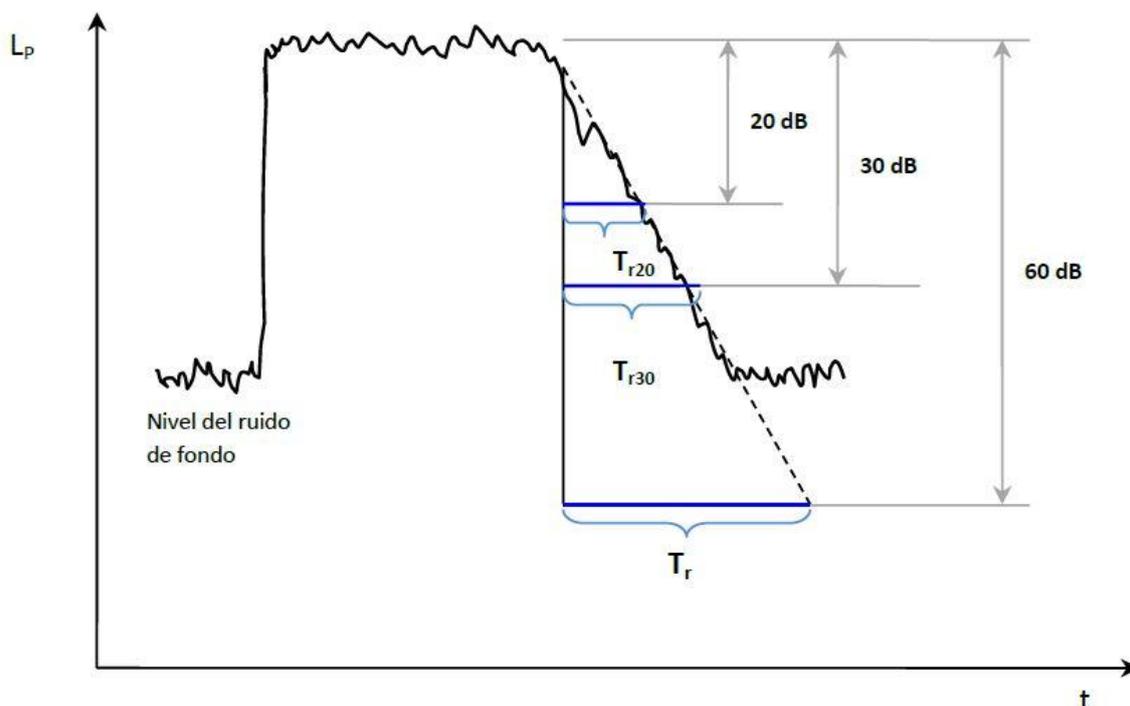


Figura 1.12 Determinación del tiempo de reverberación [19]

Es habitual calcular el tiempo de reverberación mediante ecuaciones basadas en la teoría estadística; de ellas, la más conocida y empleada es la fórmula de Sabine:

$$T_r = \frac{0'16 \cdot V}{A}$$

Ecuación 1.1 Cálculo del tiempo de reverberación ( $T_r$ )

Siendo:

|       |   |
|-------|---|
| $T_r$ | Tiempo de reverberación (s).                |
| $V$   | Volumen del interior del recinto ( $m^3$ ). |
| $A$   | Absorción del recinto ( $m^2$ ).            |

Donde vemos que el tiempo de reverberación, en segundos, depende del volumen del recinto ( $V$  en  $m^3$ ) y de su absorción acústica ( $A$  en  $m^2$ ).

La absorción acústica es la disminución de la energía acústica en un recinto, que se disipa en energía calorífica, al ser absorbida por el medio que atraviesa. Esta pérdida de energía se deberá a la absorción debida al aire, a los materiales y acabados empleados en los elementos constructivos, caracterizados por un coeficiente de absorción, a los objetos y mobiliario presentes en el recinto y a las personas que se encuentren dentro de la sala.

Para calcular la absorción acústica de un recinto es necesario sumar la absorción que aporta cada una de las superficies de distinto material del recinto, así como los objetos o mobiliario que pudiera contener y la absorción del aire.

La absorción de una superficie se obtiene multiplicando su coeficiente de absorción por su superficie:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$$

*Ecuación 1.2 Cálculo superficie de absorción (A)*

Siendo:

|            |  |
|------------|--|
| A          | Absorción (m <sup>2</sup> ).                 |
| $\alpha_i$ | Coefficiente de absorción del elemento i.    |
| $S_i$      | Superficie del elemento i (m <sup>2</sup> ). |

Los coeficientes de absorción sonora de los materiales, indican la proporción de sonido absorbido, respecto del sonido incidente total. Dichos coeficientes se obtienen de ensayos realizados en el laboratorio.

Todos estos cálculos pueden ser encontrados en el ANEXO CÁLCULOS donde está la determinación teórica del tiempo de reverberación ( $T_r = 1'57$  segundos), siguiendo la guía de aplicación del DB HR, junto a su verificación a partir de la herramienta oficial de cálculo del DB HR. Mientras, la determinación experimental del valor del tiempo de reverberación ( $T_r = 1'41$  segundos), se hará cumpliendo con la norma UNE-EN ISO 3382-2 para recintos ordinarios y podrá ser encontrado en el documento MEDICIONES.

A continuación del ANEXO CÁLCULOS se encuentra el ANEXO ESTUDIO DE ALTERNATIVAS, en él se estudian las dos posibles soluciones propuestas:

- **Solución A:** Optima Curved Canopy + Akusto™ Wall A
- **Solución B:** Optima L Canopy + Akusto™ Wall A

Entre las dos posibles soluciones se escogerá la Solución B, debido al mejor comportamiento como absorbente acústico de los paneles Optima L Canopy (Solución B: 0'52 segundos) frente a la gama Optima Curved Canopy (Solución A: 0'61 segundos); y al coste en materiales de la Solución B (15 700'74 €) frente a la Solución A (35 250'47 €).

**SOLUCIÓN B: Optima L Canopy + Akusto™ Wall A**

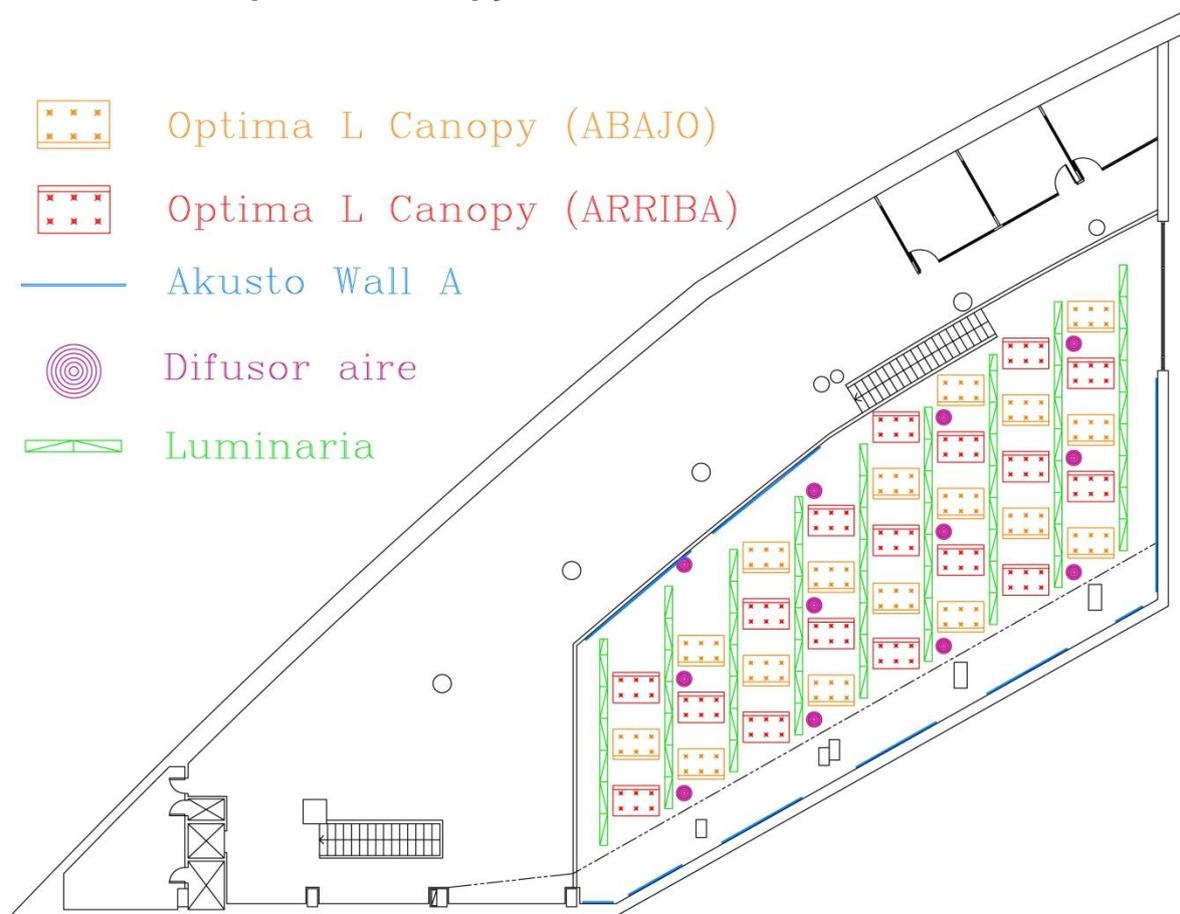


Figura 1.13 Distribución paneles en el recinto

Para esta solución se escogerá los paneles rectangulares Optima L Canopy 1200x1800x40 mm., instalándose un total de 58 paneles, repartidos entre techo y paredes de la siguiente forma:

- OPTIMA L CANOPY: **34**
- AKUSTO™ WALL A: **24**

Para la colocación de los paneles Optima L Canopy se ha tenido en cuenta la línea natural que describe el tragaluz a lo largo de la biblioteca; para ello los paneles se han colocado siguiendo líneas paralelas a la ya mencionada:

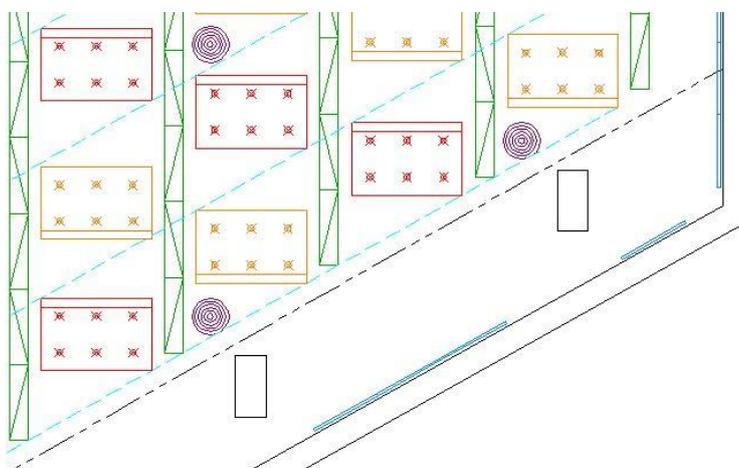


Figura 1.14 Líneas seguidas en el diseño

Estos paneles se alternarán ligeramente en altura, haciendo que su distribución sea visualmente más atractiva. Esta altura vendrá determinada por los sonidos que se propagan por el aire, dentro del rango de frecuencias audibles (los límites de la longitud de onda son de 17m para 20 Hz y 17 mm para 20000 Hz). Haciendo que la onda, una vez haya rebotado, tenga su cresta en el interior o lo más cerca del panel absorbente; ya que la cresta es el punto más alejado de su posición de reposo, es decir, donde la velocidad es máxima.

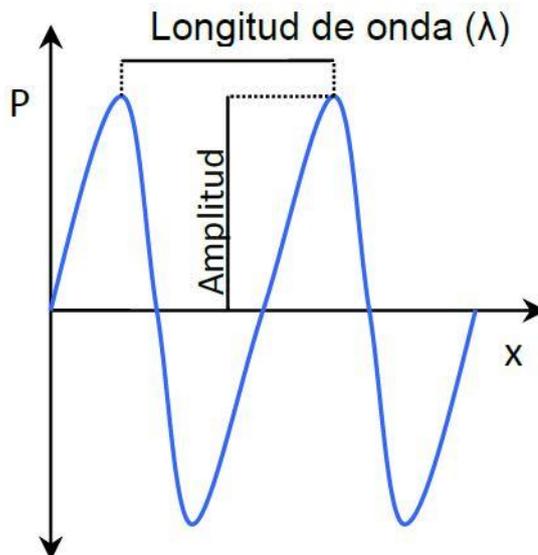


Figura 1.15 Parámetro Longitud de onda [15]

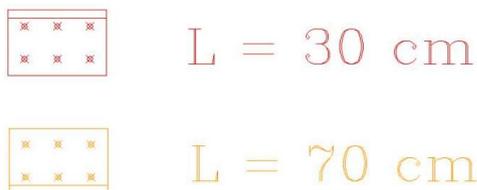


Figura 1.16 Longitud cables de suspensión

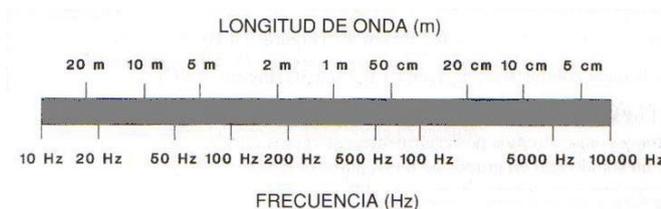


Figura 1.17 Longitud de onda con la frecuencia [15]

El diseño de la biblioteca albergará 34 de estos paneles, cuya colocación se ha visto en la figura en planta de la biblioteca.

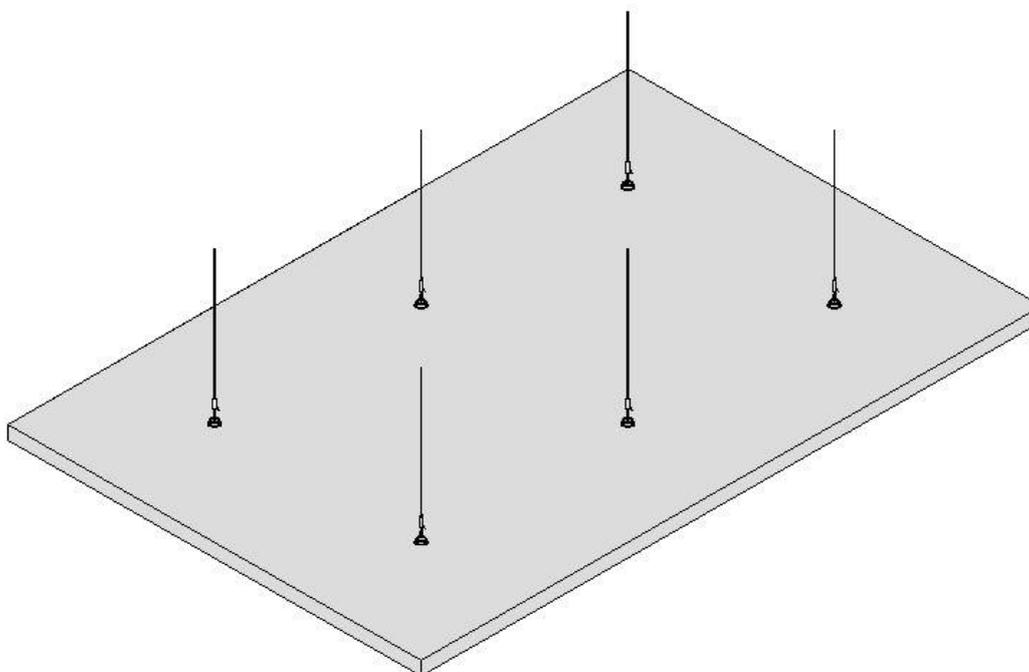


Figura 1.18 Representación 3D del panel Optima L Canopy

Como ya se ha dicho, la solución vertical pasa por colocar 24 paneles modelo Akusto™ Wall A. Sus dimensiones son de 2700x1200 mm, debido a ello se distinguirá para dos superficies distintas, dos orientaciones.

En las paredes de la fachada sur y este se colocarán vertical, llegando a un total de 21 paneles, mientras que en la balaustrada que bordea el recinto central por la norte, irán en horizontal, llevando 4 paneles.

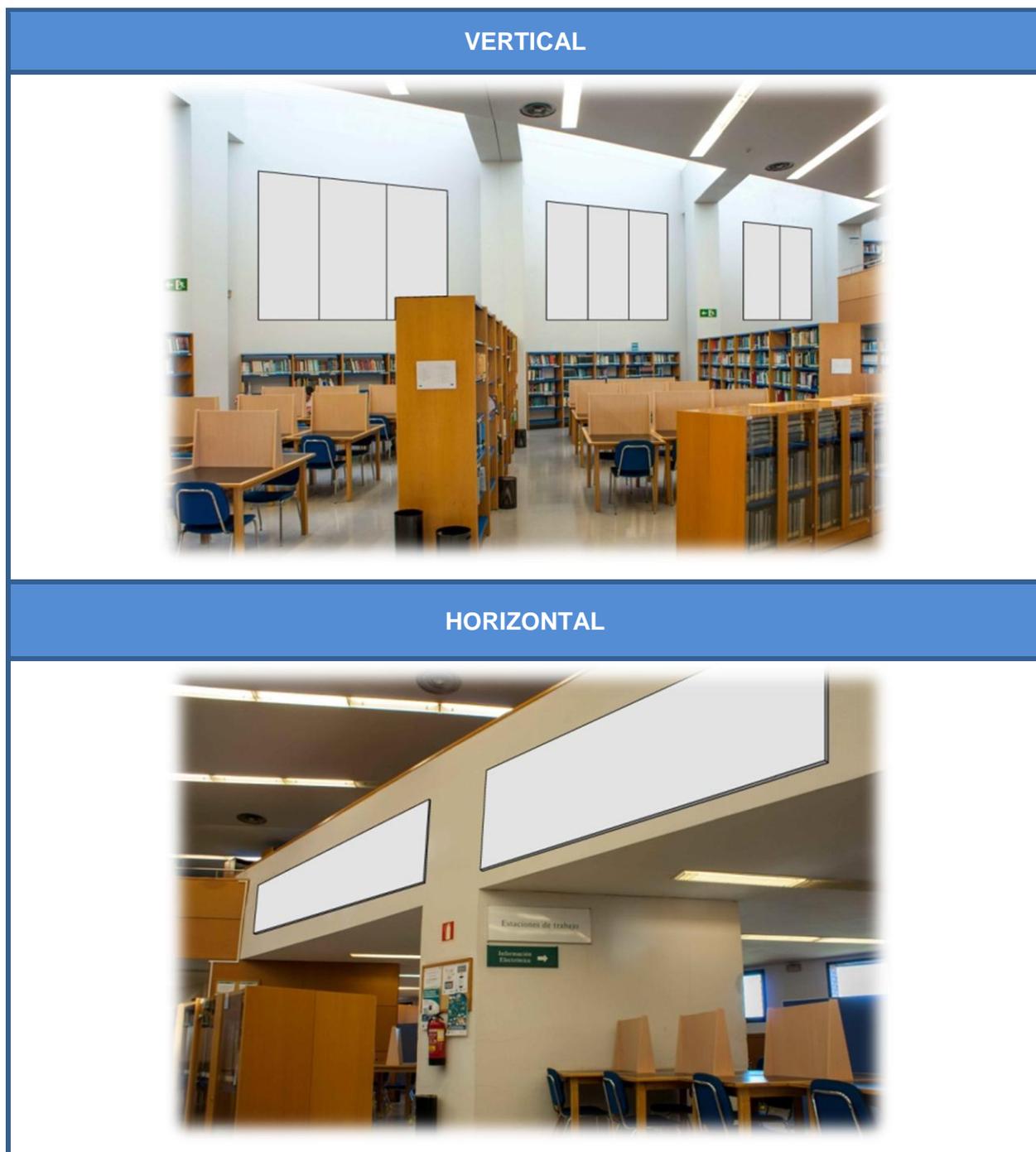


Tabla 1.1 Orientación de paneles Akusto™ Wall A

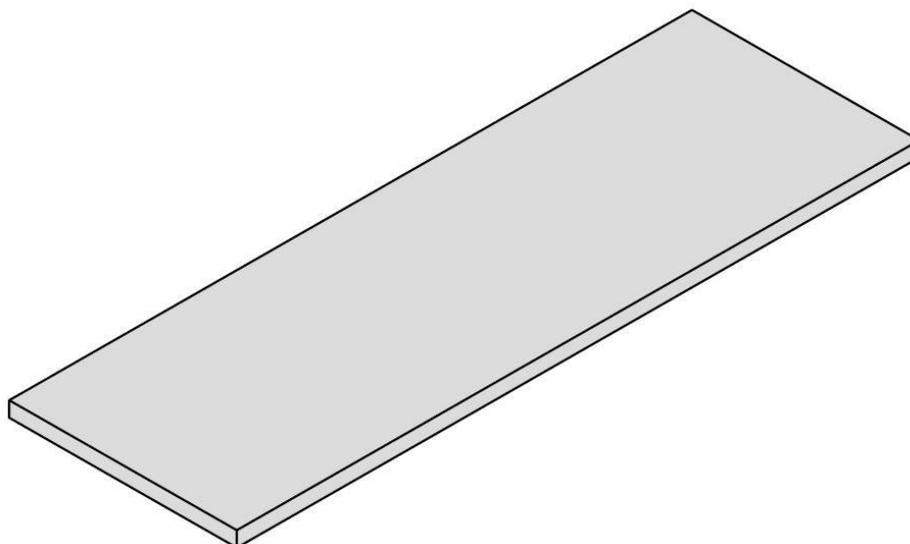


Figura 1.19 Representación 3D del panel Akusto™ Wall A

Una vez incluidas todas las superficies absorbentes en la herramienta oficial del DB HR se obtiene un tiempo de reverberación de 0'52 segundos, por lo tanto CUMPLE.



**CTE**  
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

## Documento básico HR protección frente a ruido

**Cálculo del tiempo de reverberación y la absorción acústica. Método general.**

**Datos de entrada**

**Volumen del recinto**

Volumen  $V_r$  (m<sup>3</sup>)

Tipo de recinto Aulas y salas de conferencia vacías

**Resultado**

Área equivalente  $A$  (m<sup>2</sup>) 556.552

|                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Resultado<br>Cálculo $T_{60}$ (s) | Requisito CTE<br>$T_{60}$ (s) |
| <b>0.52</b>                       | <b>0.7</b>                    |

Tiempo de reverberación  $T$  (s) 0.52 0.52 ≤ 0.7 CUMPLE

**Paramentos**

|   | Paramentos                   | $\alpha_{m,i}$ | $S_j$ (m <sup>2</sup> ) | $\alpha_{m,i} \cdot S_j$ |
|---|------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | Terrazo                      | 0.02           | 305.82                  | 6.1164                   |
| 2 | Enlucido de yeso             | 0.01           | 401.1                   | 4.011                    |
| 3 | Vidrio                       | 0.04           | 62.65                   | 2.506                    |
| 4 | Madera y paneles de madera   | 0.08           | 78.23                   | 6.2584                   |
| 5 | Hormigón pintado             | 0.07           | 6.35                    | 0.4445                   |
| 6 | Placa de yeso laminado (PYL) | 0.06           | 185.84                  | 11.1504                  |
| 7 | -                            | -              | 0                       | 0                        |

**Muebles fijos absorbentes**

|   | Muebles         | $A_{O,m,i}$ |
|---|-----------------|-------------|
| 1 | Estanterías     | 38          |
| 2 | Muebles         | 1.92        |
| 3 | Mesas           | 5.6         |
| 4 | Sillas          | 27.2        |
| 5 | Huecos          | 33.74       |
| 6 | Optima L Canopy | 298.9       |
| 7 | Akusto Wall A   | 77.26       |



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE FOMENTO

Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR protección frente a ruido, del CTE

Figura 1.20 Compobación cálculos Solución B con la herramienta oficial del DB HR [20]

## 1.6 PRESUPUESTO

El presupuesto total para la Solución B: Optima L Canopy + AkustoTM Wall A; asciende a la cantidad de DIECISIETE MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO (17 645'74 €).

Santander, Octubre 2015  
JAVIER SALDAÑA BLANCO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Javier', is written over a large, stylized blue scribble that resembles a signature or a set of initials.



## **2.- ANEXOS**

---

**2. ANEXO**

|  |    |
|--|----|
| 2.1. CONCEPTOS APLICADOS .....                                   | 30 |
| 2.1.1.    Conceptos previos                                      |    |
| 2.1.2.    El sonido y la presión sonora                          |    |
| 2.1.3.    El sonido en un recinto                                |    |
| 2.1.4.    Descripción de los elementos constructivos             |    |
| 2.1.5.    Confort acústico                                       |    |
| 2.1.6.    Contaminación acústica y sus efectos                   |    |
| 2.2. CÁLCULOS .....  | 55 |
| 2.2.1.    Determinación teórica del tiempo de reverberación      |    |
| 2.2.2.    Determinación experimental del tiempo de reverberación |    |
| 2.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....                               | 70 |
| 2.3.1.    Productos empleados                                    |    |
| 2.3.2.    Solución A: Optima Curved Canopy + Akusto™ Wall A      |    |
| 2.3.3.    Solución B: Optima L Canopy + Akusto™ Wall A           |    |
| 2.4. GALERÍA FOTOGRÁFICA .....                                   | 84 |
| 2.5. REFERENCIAS .....   | 93 |
| 2.6. CATÁLOGOS .....   | 96 |
| 2.6.1.    ARMSTRONG: Optima Curved Canopy                        |    |
| 2.6.2.    ARMSTRONG: Optima L Canopy                             |    |
| 2.6.3.    ECOPHON: Akusto™ Wall A                                |    |



## 2.1 CONCEPTOS APLICADOS

### 2.1.1 Conceptos previos

Al estudiar el aislamiento de un recinto y conseguir un adecuado confort acústico, es necesario conocer los conceptos básicos de acústica, los cuales a continuación se desarrollan.

El **sonido** puede considerarse como una alteración física que se propaga por un medio, por ejemplo el aire, que puede ser detectada por el oído humano dentro del rango de frecuencias comprendidas entre 20Hz y 20kHz.

El **timbre** es la cualidad mediante la cual podemos distinguir dos sonidos de igual intensidad e idéntico tono que han sido emitidos por focos sonoros diferentes.

El **tono** es una cualidad mediante la cual distinguimos los sonidos graves de los agudos, de forma que la sensación sonora aguda procede de sonidos producidos por focos sonoros que vibran a frecuencias elevadas, mientras que la sensación sonora grave procede de sonidos producidos por focos sonoros que vibran a frecuencias bajas.

La **intensidad** es el volumen (amplitud) del sonido, y nos permite distinguir entre sonidos fuertes y suaves. Esta intensidad mide en nivel de presión sonora en (dB), esta presión es la que ejerce la onda de sonido sobre las partículas del medio por el que se propaga. Una intensidad alta del sonido puede resultar incluso perjudicial para la salud humana. El umbral del dolor se puede situar entre los 120-130dB, mientras que el de la audición se sitúa en 0dB. Una exposición prolongada a sonidos por encima del umbral del dolor puede llegar a producir lesiones irreversibles en el oído humano.

La **potencia** ( $W$ ) es la energía emitida por la fuente acústica por unidad de tiempo.

El **nivel de potencia acústica** ( $LW$ ) es un parámetro que mide la forma en que es percibida la potencia acústica, es decir, el volumen. La percepción de la potencia es una sensación que es proporcional al logaritmo de esa potencia.

La **frecuencia** es el número de repeticiones de cualquier suceso periódico en un segundo. Para calcular la frecuencia de un evento, se cuenta el número de veces que ocurre en un periodo de tiempo, y seguidamente se dividen estas repeticiones por el tiempo transcurrido. La unidad utilizada para medir la frecuencia es el Hercio (Hz). El oído humano puede llegar a percibir frecuencias desde 20Hz hasta 20.000Hz. El oído humano es sensible a las frecuencias y su nivel de presión sonora, pudiéndose recrear su respuesta mediante la ponderación de frecuencia, siendo el filtro "A" el que simula como se perciben desde el punto de vista de los seres humanos. Si quisiéramos medir los dB sin correcciones, habría

que hacerlo en “lineal”. También se pueden obtener los dBA midiendo en “lineal”, si después hacemos una corrección para cada frecuencia.

**Bandas de octava.** La octava es un intervalo de frecuencias para el oído. Tres bandas de un tercio de octava forman una octava y la resolución de este tipo de espectro es tres veces mejor que la del espectro de la banda de octava.

El **ruido** puede definirse objetivamente, en cuanto que implica el mismo fenómeno físico que constituye un sonido, aunque suele definirse de una manera más subjetiva, considerándose como un sonido molesto o un sonido no deseado. Es decir, el ruido es una apreciación subjetiva del sonido considerándose toda energía acústica susceptible de alterar el bienestar fisiológico o psicológico, interfiriendo y perturbando el desarrollo normal de las actividades cotidianas. Por lo tanto, un mismo sonido puede ser considerado como molesto o agradable, dependiendo de la sensibilidad o actividad que esté desarrollando el receptor.

En los edificios existen dos **fuentes de ruido** principales, y que serán objeto de nuestro estudio, que serán contra los que se aislarán, son las siguientes:

- Fuentes de ruido aéreo externas o internas.
- Fuentes de ruido de impacto y vibraciones.

Entre las fuentes de **ruido aéreo** externas se encuentra el ruido de tráfico, mientras que internas pueden ser producidas, entre otros, por personas, radio, TV, electrodomésticos, ruido de maquinaria.

Las fuentes de **ruido de impacto** pueden ser pisadas, arrastre de sillas o caídas de objetos, por ejemplo. Y las **vibraciones** pueden ser producidas por maquinaria e instalaciones del edificio, como aparatos de aire acondicionado, grupos de presión, ascensor o puerta de garaje, entre otros.

Llamamos **ruido de fondo** al que se percibe en un recinto cuando no se está realizando ningún tipo de actividad en él. Este ruido puede provenir de las mismas instalaciones del edificio o cualquiera de los tipos de ruido descritos.

El **ruido blanco** es una señal que contiene todas las frecuencias con la misma intensidad. Su espectro en tercios de octava es una recta de pendiente 3 dB por octava.

El **ruido rosa** tiene un espectro plano, medido en bandas de tercios de octava. Es por ello que es el que utilizaremos para hacer las mediciones acústicas. Se utilizan tercios de octava ya que es a partir de ahí cuando el oído es capaz de detectar irregularidades en la respuesta en frecuencia.

El **aislamiento acústico** implica impedir que los sonidos generados dentro del mismo recinto trasciendan hacia el exterior y viceversa, haciendo que los ruidos externos no se perciban desde su interior.

El objetivo del **acondicionamiento acústico** de un recinto es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo, mejorando así las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del local. Es gracias al profesor W. C. Sabine, quien fue pionero en 1895. Sabine definió entonces que las propiedades acústicas de un recinto están determinadas por la proporción de energía sonora absorbida por paredes, techos, suelos y objetos, y que la proporción de sonido absorbido está ligado al tiempo que un sonido emitido en el local desaparezca después de suprimir el foco sonoro.

La **contaminación acústica** es el exceso de ruido que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona. Se trata de un problema que afecta a la sociedad en general, provocado como consecuencia directa y no deseada de las actividades humanas (tráfico, actividades industriales, de ocio, etc.) y que tiene efectos negativos tanto en la salud de las personas como a nivel social y económico.

La Directiva de Productos de Construcción considera la protección contra el ruido como un requisito esencial y la Ley de Ordenación de la Edificación como un requisito básico, en coherencia con la anterior. En todas las sociedades avanzadas se regula reglamentariamente, y en España se hace desde el año 1981 con la aprobación de la primera NBE CA. En la actualidad, con la aprobación del Código Técnico de la Edificación, se ha dado un avance cualitativo en esta materia, tanto por la significativa elevación de los niveles de exigencia, realizada para dar respuesta a una demanda social, como por la adecuación de los métodos de predicción a la realidad física del problema incluyendo la transmisión por flancos.

El **tiempo de reverberación** mide la velocidad a la que decae un sonido en un ambiente cerrado en un tiempo. Depende del volumen del local y de los materiales superficiales interiores de paredes, techo y suelo. El tiempo de reverberación aumenta con el tamaño del local, y puede producir sonidos de difícil comprensión, ininteligibles.

Por **campo sonoro** se entiende el valor que adquiere la presión sonora en cada punto del espacio. A los efectos del análisis, el campo sonoro se divide en dos componentes: el campo directo y el campo reverberante. El campo directo contiene la parte del sonido que acaba de ser emitido por la fuente, y que por lo tanto aún no experimentó ninguna reflexión, y el campo reverberante, en cambio, incluye el sonido después de la primera reflexión.

La **absorción acústica**: las superficies de un recinto reflejan sólo parcialmente el sonido que incide sobre ellas; el resto es absorbido. Según el tipo de material o recubrimiento de una pared, ésta podrá absorber más o menos el sonido.

La **reverberación** y el **eco** son fenómenos producidos por la reflexión del sonido, pero la reverberación la percibimos como una prolongación del sonido, mientras que el eco como una repetición del mismo. Para el tiempo de reverberación se tiene en cuenta el sonido directo y el reflexionado.

La **inteligibilidad** es el porcentaje de palabras correctamente interpretadas por el oyente. Se aconseja en general, que el índice de inteligibilidad sea superior al 80%. La inteligibilidad está relacionada con el tiempo de reverberación TR y con el ruido de fondo BNL.

## 2.1.2 El sonido y la presión sonora

### 2.1.2.1 El sonido y la presión sonora

Otra posible definición de **sonido**, sería como la percepción humana o animal, por extensión, consecuencia del estímulo de sus órganos auditivos fruto del choque de las moléculas del fluido entorno a los mismos, en forma de ondas de presión.

Estrictamente el sonido no viaja de ningún lugar a otro, puesto que **el sonido es “generado” en nuestro cerebro**. En realidad cuando usamos comúnmente los términos sonido, propagación del sonido, nos estamos refiriendo a la propagación de las ondas de presión a través de un medio material.

Así, un cuerpo vibrante excitado, comunica parte de su energía, al fluido circundante en forma de choques entre sus moléculas, de tal forma que las sucesivas oscilaciones son comunicadas a las moléculas del fluido, produciéndose la onda de presión que se transmite en la distancia. Por lo tanto, para que se pueda dar la propagación de las ondas de presión es **indispensable la existencia de un medio material** (aire, agua), a través del cual puedan transmitirse las ondas de presión.

Entre los parámetros característicos de una onda para un tono puro, destacan:

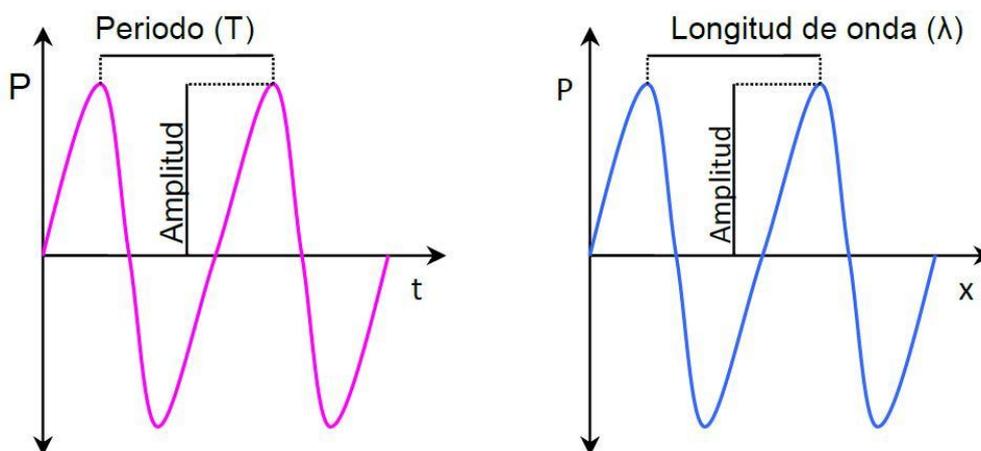


Figura 2.1 Parámetros fundamentales de una onda de presión [15]

- El **periodo**, que es el tiempo necesario para que tenga lugar una oscilación completa. Está relacionado con la naturaleza de la fuente emisora, y su inversa es la frecuencia, medida en Hz. Un periodo pequeño implica una frecuencia alta, que se asocia a los tonos agudos, mientras que un periodo mayor implica una frecuencia baja, que se asocia a los tonos más graves. El periodo está directamente relacionado con la longitud de onda ( $\lambda$ ) a través de la velocidad de propagación de la onda de presión, por ello, es equivalente hablar en términos de periodo o de longitud de onda.

- La **amplitud**, que se asocia a la sonoridad. Para dos ondas de presión de la misma forma y frecuencia, se percibe una mayor sonoridad (“volumen”), en la onda de presión de mayor amplitud.

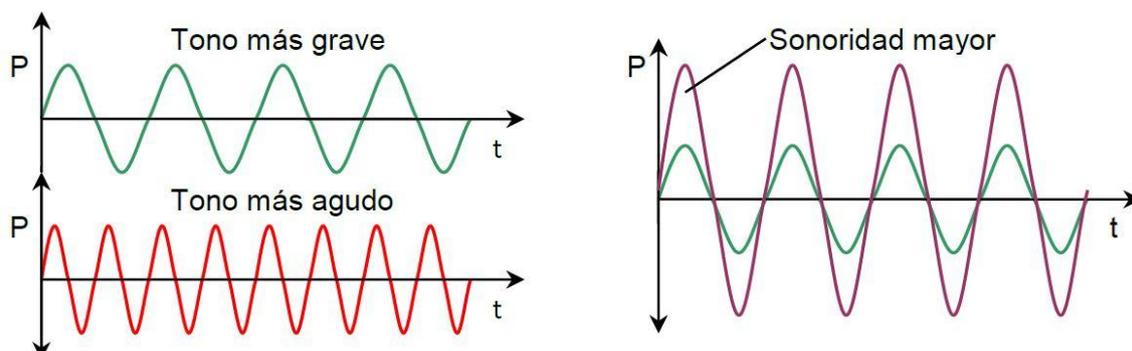


Figura 2.2 Variaciones de frecuencia y amplitud [15]

A continuación se muestran las **relaciones** existentes entre los **parámetros** característicos de una onda de presión para un tono puro, así como sus unidades según el sistema internacional.

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <u>Presión</u> (Amplitud)    | <u>Periodo</u>  |
| <b>P</b> en (N/m) o (Pa)     | <b>T</b> en (s)   |
| <u>Frecuencia</u>            | <u>Velocidad de propagación</u>   |
| <b>f</b> = 1/T en (Hz)       | <b>c</b> en (m/s)*  |
| <u>Longitud de onda</u>      | * La velocidad de propagación de las ondas de presión depende de la densidad del medio. Para el caso del aire al nivel del mar y en condiciones normales y de campo libre c es igual a 340 m/s. |
| $\lambda = c \cdot T$ en (m) |   |

Figura 2.3 Relaciones entre parámetros característicos de una onda de presión [15]

### 2.1.2.2 El decibelio

Cuando se toman en consideración los valores de presión sonora que el oído humano es capaz de percibir, en las **unidades del sistema internacional**, N/m, se da la circunstancia de que el rango audible va desde los 20  $\mu\text{Pa}$ , para el límite inferior, hasta más allá de los 100 Pa, donde se encuentra el umbral del dolor. Trabajar con valores numéricos que pueden llegar a diferenciarse en valor, en un orden de 108 es francamente engorroso y por este motivo se recurre al decibelio (dB).

El **decibelio** es una unidad de tipo logarítmico, lo que permite que todo el rango de niveles de presión audibles queden comprendidos entre los valores 0 y 140 dB.

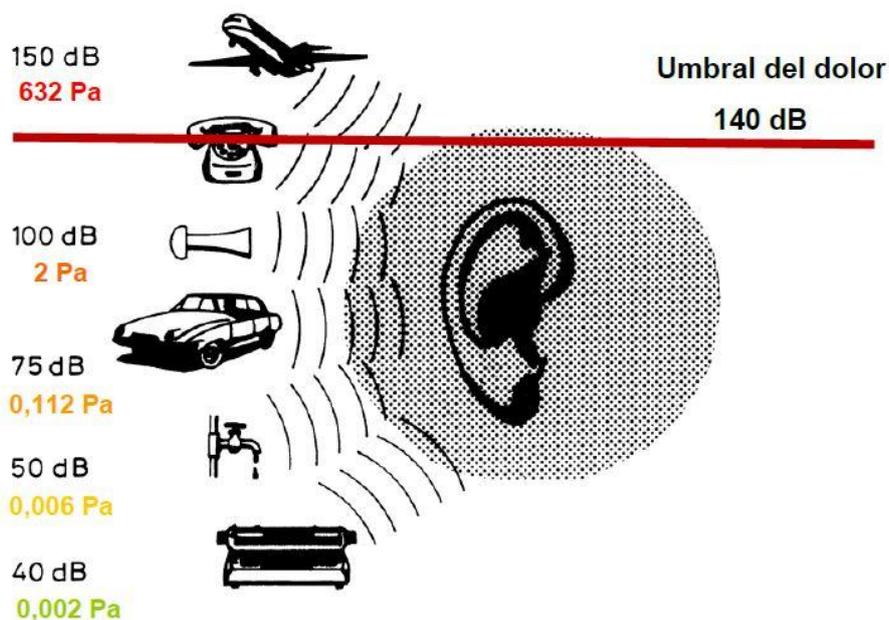


Figura 2.4 Comparativo de niveles de presión sonora [15]

### 2.1.2.3 Filtros de octava y tercio de octava (espectros)

Una **octava**, comprende un rango de frecuencias, tales que, se corresponden aproximadamente con el intervalo de frecuencias que comprende una octava en la escala musical. Si dividimos todo el rango de frecuencias audibles en bandas de octava, tenemos que, con ocho octavas se cubre todo el rango de frecuencias.

La frecuencia central de cada banda es la que da nombre a la octava y se cumple que, cuando se pasa de una octava a la siguiente, se duplica el valor de la frecuencia.

Para estrechar más aun los rangos de frecuencias, se recurre a la división en bandas de **tercio de octava** con lo que cada octava a su vez se subdivide en tres regiones. De este modo todo el rango de frecuencias audibles queda dividido en veinticuatro tercios de octava.

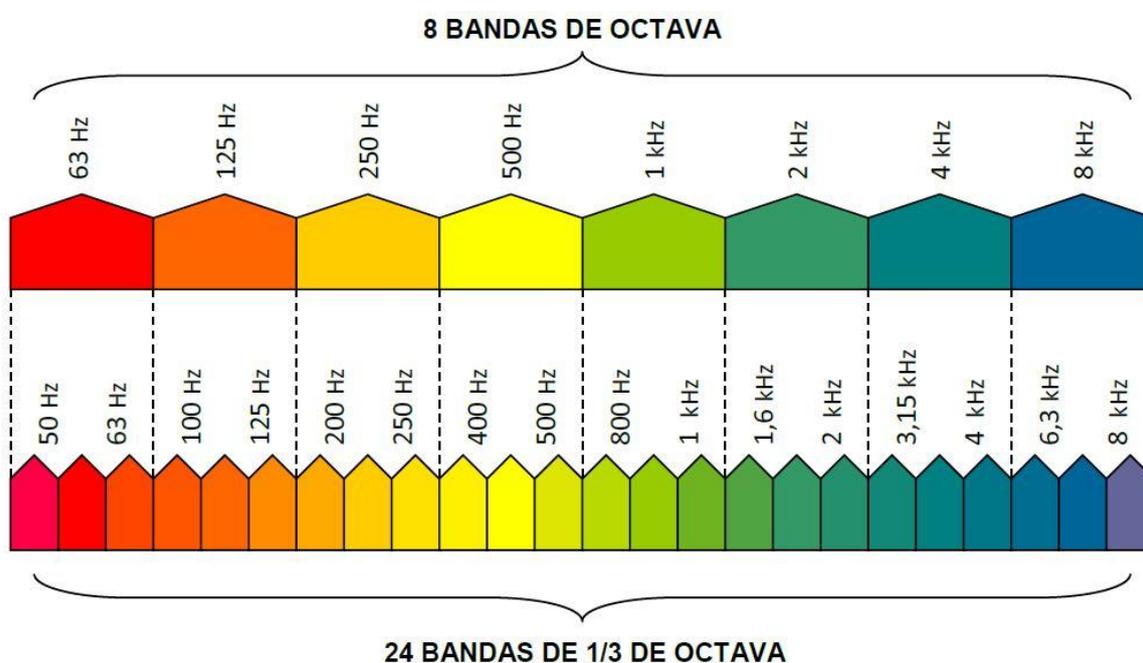
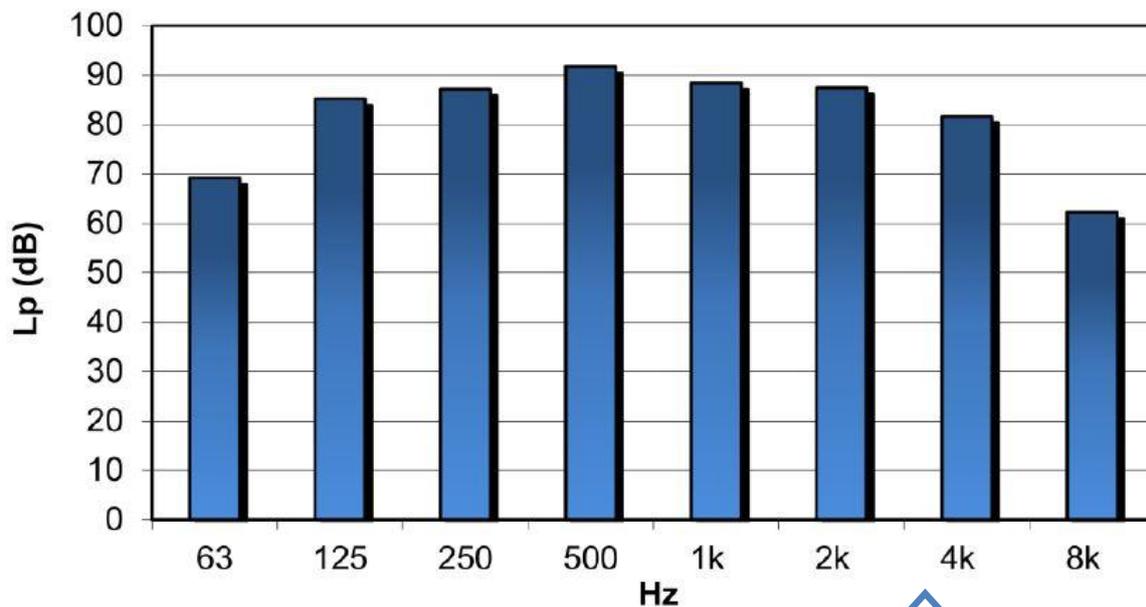


Figura 2.5 Bandas de octava y de 1/3 de octava [15]

Mediante la aplicación de filtros que restringen la medida de los niveles de presión sonora, permitiendo únicamente, que cada componente frecuencial contribuya al nivel medido dentro de su octava o 1/3 de octava correspondiente, se pueden obtener los espectros.

Un **espectro en bandas de octava**, no es más que la representación gráfica en forma de barras, de los niveles medidos para cada banda, cuando se emplea el filtrado frecuencial. Además, se cumple que, de la suma de los niveles de cada una de las octavas, resulta el valor global que se obtendría tratando todas las frecuencias de manera conjunta.

Un **espectro en tercios de octava**, es análogo al de octava salvo en que proporciona veinticuatro valores y por consiguiente aporta un mayor detalle.



ESPECTRO EN BANDAS DE OCTAVA



ESPECTRO EN BANDAS DE 1/3 DE OCTAVA

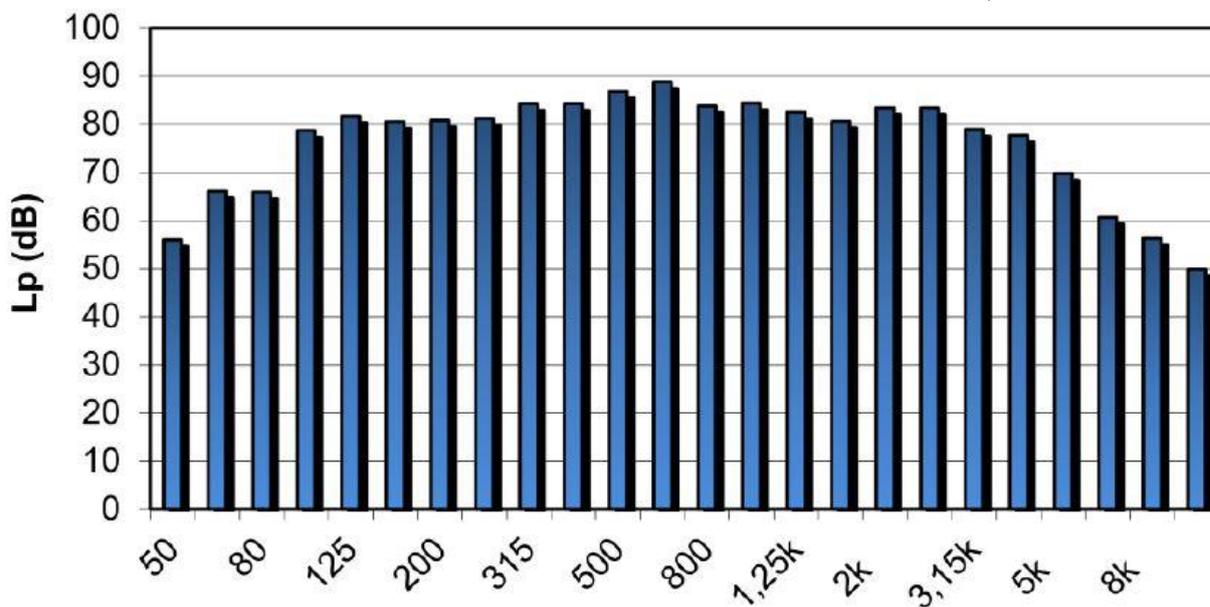


Figura 2.6 Espectros en banda de octava y 1/3 de octava [15]

### 2.1.2.4 Ponderación frecuencial A

Ocurre, que la **relación entre la sonoridad percibida en la audición y la presión sonora medida, no es la misma** para todas las frecuencias, sino que, el oído humano a igualdad de nivel de presión sonora percibe mayor o menor sonoridad, según, la frecuencia de que se trate. Esta peculiaridad de nuestro sentido de la audición hace que ciertos tonos sean especialmente molestos con respecto a otros.

Para tener en cuenta esta circunstancia y obtener un valor de  $L_{eq}$  que considere la distinta sensibilidad del oído a la frecuencia, lo que se hace, es medir los niveles en bandas de octava o 1/3 de octava y una vez obtenido el espectro, **cada valor es corregido**, sumándosele o restándosele una cantidad en decibelios, según la **curva de ponderación A**. Sumando los valores corregidos, ponderados A, para cada banda, se obtiene el valor  $L_{eq}(A)$ .

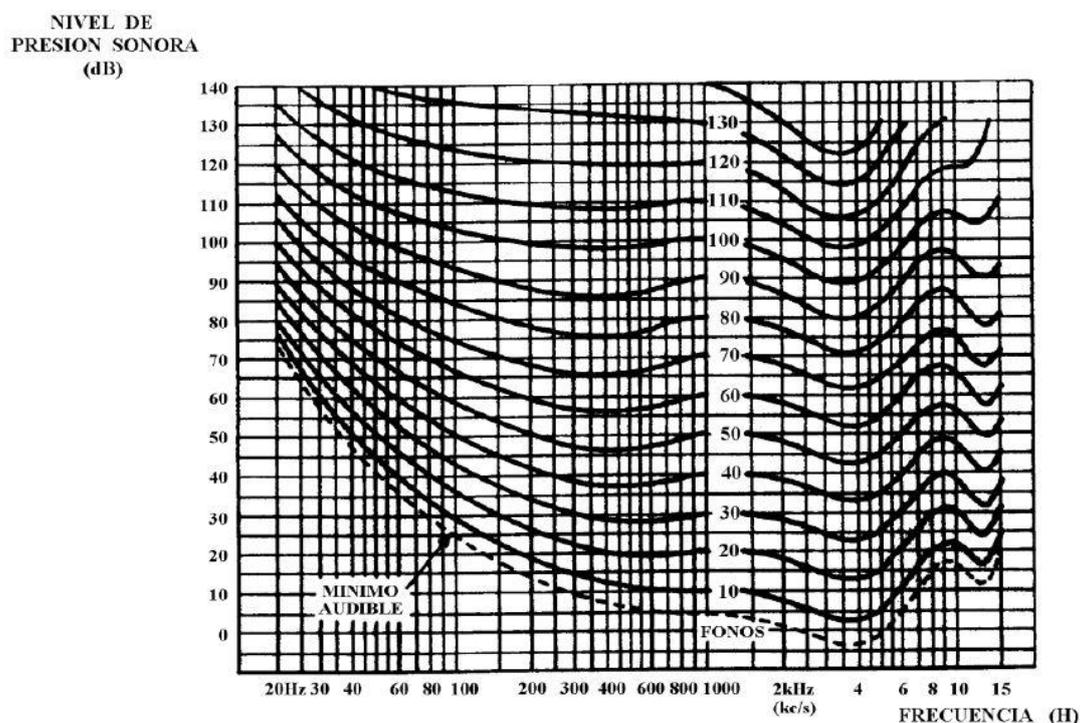


Figura 2.7 Curvas de isosonoridad, respecto del tono puro de 1 kHz [13]

La **curva de ponderación A** se ha obtenido mediante tests sobre grupos de personas representativas estadísticamente del conjunto de la población.

Existen otros tipos de ponderaciones frecuenciales, como la ponderación B o la C, que tienen en cuenta otros factores con los que corregir los espectros lineales medidos, pero no serán consideradas en este estudio.

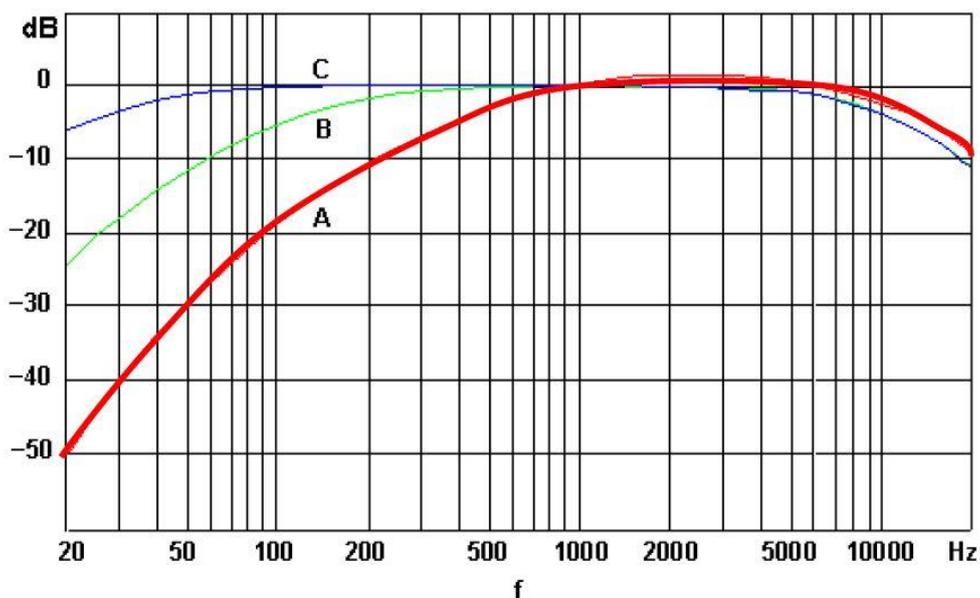


Figura 2.8 Curvas de ponderación frecuencial A, B y C [15]

A continuación se muestra la **tabla con las correcciones** en decibelios en bandas de tercio de octava según la **ponderación A** en el intervalo entre 100 Hz y 5 kHz.

| <b>f 1/3 octava (Hz)</b> | 100   | 125   | 160   | 200   | 250  | 315  | 400  | 500  | 630 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----|
| <b>Pond. A (dB)</b>      | -19,1 | -16,1 | -13,4 | -10,9 | -8,6 | -6,6 | -4,8 | -3,2 | -1  |

|      |    |       |      |     |      |       |    |     |
|------|----|-------|------|-----|------|-------|----|-----|
| 800  | 1k | 1,25k | 1,6k | 2k  | 2,5k | 2,15k | 4k | 5k  |
| -0,8 | 0  | 0,6   | 1    | 1,2 | 1,3  | 1,2   | 1  | 0,5 |

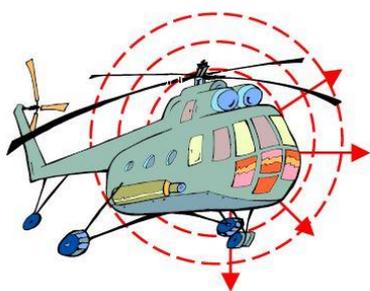
Tabla 2.1 Corrección según la ponderación A en bandas de 1/3 de octava [19]

## 2.1.3 El sonido en un recinto

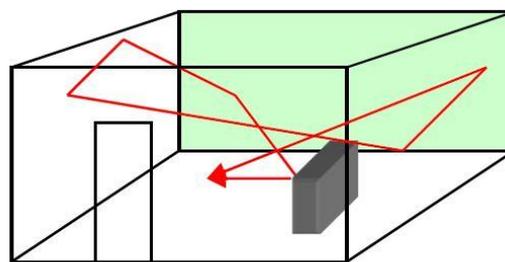
### 2.1.3.1 Comportamiento del sonido en un recinto

En el interior de un recinto el comportamiento de las ondas de presión es bien **distinto del que se da en campo abierto** (campo libre).

En un **recinto** las ondas de presión procedentes de la fuente sonora, al encontrarse con una barrera de dimensiones superiores a la longitud de onda incidente, son reflejadas en parte, produciéndose sucesivos rebotes con las paredes. Cuando dichas reflexiones llegan a ser indistinguibles, unas de otras se dice que se da la situación de campo reverberante. Así en estas condiciones, el nivel de presión sonora medido es mayor que el que le correspondería en condiciones de campo libre.



**Campo libre.** Un helicóptero suspendido en el aire.



**Campo reverberante.** Una fuente confinada en un recinto.

*Figura 2.9 Campo libre y campo reverberante [15]*

Cuando una **onda sonora se encuentra con una barrera**, parte de la energía incidente es reflejada, parte es transmitida al otro lado y parte es absorbida por el elemento separador, disipándose en forma de calor. Por este motivo el nivel de presión sonora que se mide, desde el momento en que se conecta la fuente sonora, comienza a aumentar, fruto de la energía aportada por las reflexiones, hasta que comienza a aumentar la energía que se transmite a través de las paredes y se alcanza una situación de equilibrio, donde el nivel de presión sonora permanece estable para cada posición del recinto.

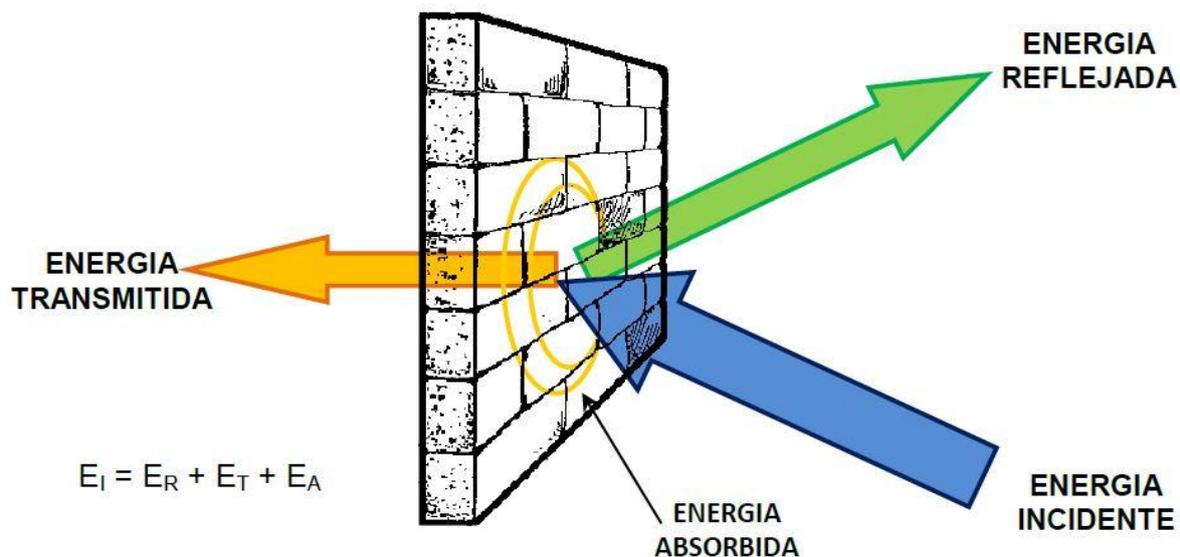


Figura 2.10 Balance energético en un elemento constructivo [15]

Básicamente **los elementos de construcción se clasifican en dos grupos según la finalidad que persigan**. Si el objetivo buscado es la reducción del sonido transmitido se recurre al empleo de los materiales llamados, **aislantes**, mientras que, si se busca una disminución en el sonido reflejado, los materiales absorbentes serán los empleados.

### 2.1.3.2 Tiempo de reverberación o absorción acústica

En los recintos, el sonido se propaga en forma de ondas en todas direcciones que rebotan en todas las superficies produciéndose numerosas reflexiones. Las reflexiones producen un nivel sonoro suplementario que se suma al principal, por lo que el sonido recibido aumenta, llegando a veces a ser molesto.

Este fenómeno de persistencia de la energía sonora en el espacio, incluso una vez que cesa la fuente que la produce, se conoce como **reverberación**. Al ser un parámetro relacionado con la velocidad con que la energía sonora es absorbida, se evalúa excitando el recinto con una fuente sonora y midiendo el tiempo que transcurre desde que la fuente cesa su emisión, hasta que la energía acústica presente en el recinto **decae 60 dB**. El proceso de decaimiento de la energía es diferente para cada posición dentro del recinto y además, varía con la frecuencia. Como el ruido de fondo de la sala suele ocultar la parte final de dicha curva, en la práctica se miden el  $T_{r20}$  el  $T_{r30}$  que son estimaciones del  $T_r$ .

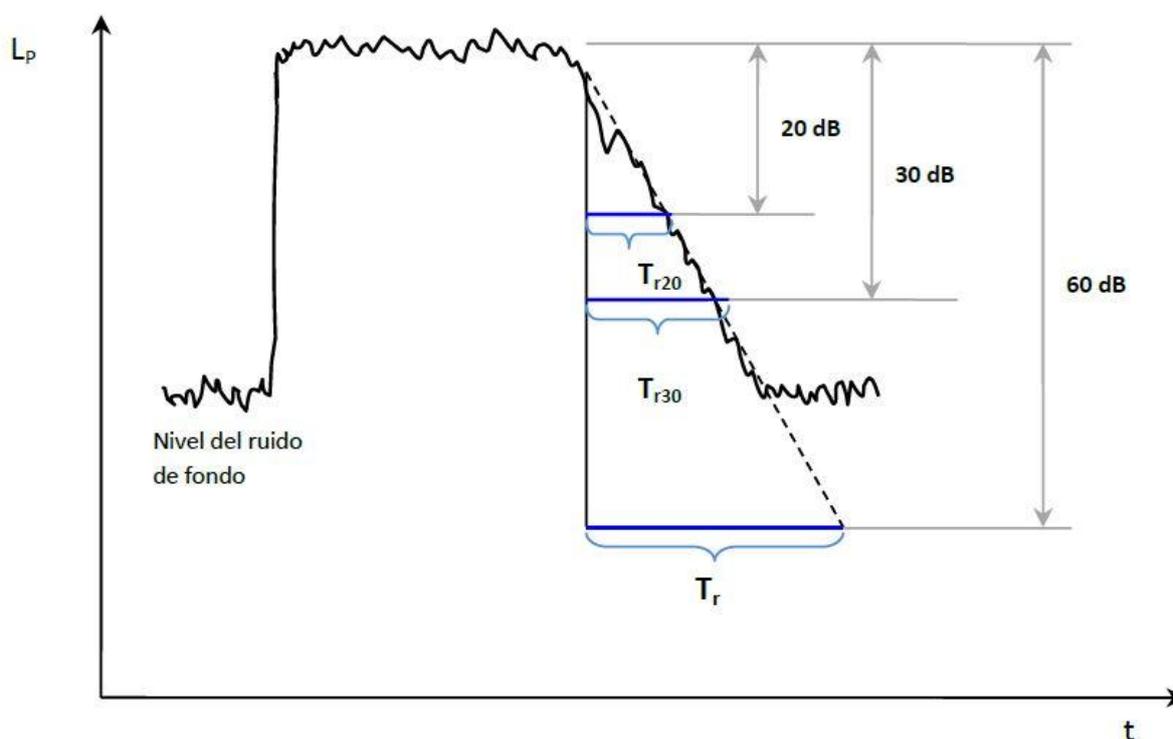


Figura 2.11 Determinación del tiempo de reverberación [19]

Es habitual calcular el tiempo de reverberación mediante ecuaciones basadas en la teoría estadística; de ellas, la más conocida y empleada es la fórmula de Sabine:

$$T_r = \frac{0'16 \cdot V}{A}$$

*Ecuación 2.1 Cálculo del tiempo de reverberación ( $T_r$ ) [19]*

Siendo:

|       |   |
|-------|---|
| $T_r$ | Tiempo de reverberación (s).                |
| $V$   | Volumen del interior del recinto ( $m^3$ ). |
| $A$   | Absorción del recinto ( $m^2$ ).            |

Donde vemos que el tiempo de reverberación, en segundos, depende del volumen del recinto ( $V$  en  $m^3$ ) y de su absorción acústica ( $A$  en  $m^2$ ).

La absorción acústica es la disminución de la energía acústica en un recinto, que se disipa en energía calorífica, al ser absorbida por el medio que atraviesa. Esta pérdida de energía se deberá a la absorción debida al aire, a los materiales y acabados empleados en los elementos constructivos, caracterizados por un coeficiente de absorción, a los objetos y mobiliario presentes en el recinto y a las personas que se encuentren dentro de la sala.

Para calcular la absorción acústica de un recinto es necesario sumar la absorción que aporta cada una de las **superficies** de distinto material del recinto, así como los objetos o mobiliario que pudiera contener y la absorción del aire.

La absorción de una superficie se obtiene multiplicando su coeficiente de absorción por su superficie:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$$

*Ecuación 2.2 Cálculo superficie de absorción ( $A$ ) [19]*

Siendo:

|            |  |
|------------|--|
| $A$        | Absorción ( $m^2$ ).                       |
| $\alpha_i$ | Coficiente de absorción del elemento $i$ . |
| $S_i$      | Superficie del elemento $i$ ( $m^2$ ).     |

Desarrollando la fórmula:

$$A = A_{paramentos} + A_{objetos} + A_{aire} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i + \sum_{j=1}^N N \cdot A_o + 4 \cdot m \cdot V$$

*Ecuación 2.3 Desarrollo del cálculo de la superficie de absorción (A) [19]*

Siendo:

$\alpha_i$  Coeficiente de absorción acústica de cada paramento en bandas de frecuencia.

$S_i$  Área de paramento cuyo coeficiente de absorción es  $\alpha_i$  (m<sup>2</sup>).

$A_o$  Área de absorción acústica media equivalente de cada objeto absorbente diferente en bandas de frecuencias (m<sup>2</sup>). La absorción acústica de objetos se define como el área de absorción acústica equivalente, que es el área que tendría el objeto si su coeficiente de absorción fuera 1.

$4mV$  Absorción en el seno del aire (m<sup>2</sup>).

$M$  Coeficiente de absorción acústica medio en el aire.

$V$  Volumen del recinto (m<sup>3</sup>).

Los **coeficientes de absorción sonora de los materiales, indican la proporción de sonido absorbido**, respecto del sonido incidente total. Dichos coeficientes se obtienen de ensayos realizados en el laboratorio.

Mediante la **fórmula de Sabine**, puede obtenerse un **valor aproximado del tiempo de reverberación** que se conseguirá en una sala determinada, en el mismo momento del diseño de la misma sobre el papel. Es por tanto una herramienta muy útil en el diseño y acondicionamiento de recintos. El inconveniente que presenta es la determinación de la absorción real de la sala, ya que es necesario conocer los coeficientes de absorción sonora, “ $\alpha$ ”, para cada elemento del recinto, lo cual no es siempre una tarea fácil.

Desde el punto de vista del aislamiento acústico, la fórmula de Sabine es de gran utilidad, ya que, permite obtener la absorción mediante la determinación de tiempo de reverberación de la sala “in situ”. Se trata pues, del paso inverso. Partiendo del tiempo de reverberación medido, se despeja el término de absorción de la sala. De este modo no es necesario conocer cada uno de los coeficientes de absorción de los materiales de la sala para obtener la absorción.

$$A = \frac{0'16 \cdot V}{Tr}$$

*Ecuación 2.4 Aplicaciones de la fórmula de Sabine [19]*

Siendo:

|    |   |
|----|---|
| A  | Absorción del recinto (m <sup>2</sup> ).            |
| Tr | Tiempo de reverberación (s).                        |
| V  | Volumen del interior del recinto (m <sup>3</sup> ). |

### **2.1.3.3 Medidas en laboratorio y en campo**

Cuando se realiza una medida del aislamiento acústico se pueden distinguir dos ámbitos de aplicación:

- Las **medidas de laboratorio**, las cuales son útiles para describir el comportamiento acústico de los diversos materiales que se emplean habitualmente en la edificación o para el estudio del comportamiento de nuevas soluciones constructivas desarrolladas. Las medidas en estos casos, se realizan en unos laboratorios especialmente acondicionados para evitar la aparición de ruidos parásitos o transmisiones del sonido no deseadas. Los requerimientos para la validación de las medidas de laboratorio son los más exigentes.
- Por otro lado, nos encontramos las **medidas de campo**, o lo que es lo mismo, el estudio del comportamiento del material una vez montado en la edificación. A estas medidas se las denomina como, medidas “in situ”. El comportamiento del material instalado difiere siempre del comportamiento medido en el laboratorio, ya que el material no se encuentra aislado, sino que forma parte de la estructura de la edificación, constituida por diversos materiales, donde además, se originan pérdidas indirectas del aislamiento por transmisión por flancos o por “pérdidas” acústicas en habitaciones adyacentes. En este ámbito de aplicación los requisitos de validación son menos exigentes que en el laboratorio pero se puede decir que es más difícil la validación de las medidas ya que nos encontramos en unos recintos normalmente sometidos a ruido parásito de diversa índole lejos del ambiente controlado del laboratorio.

---

### 2.1.4 Descripción de los elementos constructivos

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:
  - 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.
  - 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.

### 2.1.5 Confort acústico

El estado de confort, en términos generales, hace referencia a un estado ideal de las personas que supone unas condiciones de bienestar, salud y comodidades que permitan la realización de sus actividades sin distracciones y sin ningún tipo de estrés. Cualquier sensación, sea agradable o desagradable, que impida la concentración en la tarea que se realiza va contra el confort; algunas opiniones van en el sentido de que la mejor sensación global durante la actividad es la indiferencia frente al ambiente. Así, el confort es una sensación compleja que depende de factores físicos, fisiológicos, sociológicos y psicológicos, donde la persona se siente satisfecha y no necesita intervenir usando mecanismos propios para lograr un equilibrio con su entorno (Simancas, 2003).

Para facilitar su estudio e integración en el diseño, Simancas (2003) agrupa los componentes del confort en parámetros y factores. Los parámetros de confort son aquellas condiciones propias del lugar que inciden en la percepción de los ocupantes, que a su vez pueden ser clasificados en:

- Ambientales: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del aire, temperatura radiante, radiación solar, niveles de ruido.
- Arquitectónicos: adaptabilidad del espacio, contacto visual y auditivo.

Para los parámetros ambientales, que son fácilmente cuantificables y tienen una clara influencia tanto en las sensaciones de las personas como en las características físicas de un espacio, se han determinado rangos dentro de los cuales se pueden mantener unas condiciones de bienestar. Por su parte, los parámetros arquitectónicos se relacionan con las características de las edificaciones que facilitan la adaptabilidad, así como el contacto visual y auditivo de sus ocupantes.

Los factores de confort son aquellas condiciones propias del usuario que determinan su respuesta al ambiente; son independientes de éste último, pues están en función de las características biológicas, fisiológicas, sociológicas o psicológicas individuales, y a su vez, pueden clasificarse en personales o socio-culturales. Dentro de esta clasificación, los más estudiados son los factores personales por ser más fáciles de observar y cuantificar. Los socio-culturales, por tener un alto componente de subjetividad, resultan más difíciles de medir, por lo que las aproximaciones que hacen de ellos se dan con un enfoque sociológico, lo que asegura una marcada influencia de estos factores en la sensación de confort.

Aun cuando los parámetros y factores que constituyen al confort son diversos y complejos de estudiar, en función de lo dicho con anterioridad se puede explicar por qué es

---

valioso el análisis del confort acústico para esta investigación; aun siendo breve, su estudio permite tener en cuenta los principales parámetros que intervienen en la edificación con objeto de lograr que la vivienda proporcione un ambiente acústico adecuado mediante el diseño y aplicación de soluciones constructivas más pertinentes.

La sociedad actual se desarrolla en un medio ambiente cuantitativa y cualitativamente diferente al de épocas pasadas; aunque el ruido ha estado presente en todo momento, hasta fechas recientes había sido una preocupación secundaria respecto a otros tipos de contaminación, lo que podría deberse al hecho de que para mucha gente que habita en las ciudades, el ruido es un elemento característico de la vida cotidiana; se llegó a considerar que el ruido era una consecuencia del progreso con la que se tenía que convivir, ya que se encuentra vinculado a actividades habituales e indispensables. El estilo de vida actual y el crecimiento urbano han traído un incremento considerable de los niveles de ruido a los que se ve expuesta la población, que se ve afectada tanto por la intensidad del ruido (debido al aumento de sus fuentes) como por el ámbito territorial que abarca (se percibe aun en el medio rural), e incluso por los espacios de tiempo en que se produce (algunos de sus efectos más perniciosos se dan en horario nocturno).

Estas condiciones han tenido como consecuencia una alteración del confort que la población experimenta en los espacios urbanos. En la actualidad existe un consenso más o menos generalizado que considera al ruido como uno de los elementos que perturban de manera más negativa la calidad de vida y que degrada con mayor intensidad el medio en que las personas desarrollan sus actividades. La industrialización y la urbanización han incrementado la contaminación acústica provocando preocupación social y política, poniendo en duda algunas de las variables en las que se asienta el desarrollo, de manera que el ruido, que durante algún tiempo fue una muestra de la vitalidad urbana, es en la actualidad revalorado como un producto nocivo que deteriora cada vez más la calidad de vida, constituyéndose en un problema que tiene importancia económica para la sociedad.

El análisis de los componentes del sonido muestra que el confort acústico se ve muy afectado por el tipo de fuente. Cuando un sonido agradable domina el paisaje sonoro, la relación entre la evaluación del confort acústico y el nivel de sonido es considerablemente más débil que la de otras fuentes tales como los ruidos del tráfico y la demolición. La percepción de los entornos acústicos es posible que se vea influida por los patrones culturales y ambientales. Yang y Kang (2005), en su estudio de 14 espacios urbanos de cinco países europeos, encontraron que para niveles similares de ruido ( $L_{eq}$ ) la respuesta era diferente, lo que explican a través de la posible adaptación que experimentan aquellas personas que viven en ambientes que son más ruidosos, a las diferencias culturales y de estilo de vida; quizá las personas que habitan en climas más gélidos son menos tolerantes

al ruido que aquellas que habitan en sitios con clima más cálido, en donde las ventanas tienen que estar abiertas, por lo que aprenden a ser más tolerantes.

En general, el análisis anterior muestra que la evaluación de la gente hacia los cambios de nivel de sonido se corresponde con los cambios de los niveles sonoros medidos, mientras que la evaluación del confort acústico es mucho más compleja; las personas tienden a ser más tolerantes en este sentido, tal vez porque el confort acústico es determinado por otros factores, no sólo el nivel de sonido. Estos factores pueden estar asociados a componentes visuales: la investigación de Yang y Kang confirma los hallazgos de otros autores con respecto a que estos dos aspectos pueden tener ciertas interacciones, trabajando juntos como un factor de comodidad estética. Las interacciones entre la percepción visual y auditiva, especialmente cuando los sonidos se relacionan con las escenas, parecen dar a la gente un sentido de participación y generar una sensación de confort.

En el año 2007, el equipo de investigadores dirigido por Gidlöf-Gunnarsson realizó un experimento en la Universidad de Gotemburgo en el que participaron 24 personas (12 hombres, 12 mujeres con pago de 600 coronas suecas por sus servicios). Para su realización se recurrió a la auralización y a la recreación visual de los espacios con el objetivo de estudiar qué combinación de patio y sonidos (tráfico o canto de los pájaros) resultaba más satisfactoria para los usuarios, además de observar cómo influyen estos factores en la percepción de molestia, en el estado de ánimo, en las oportunidades de relajación y en el descanso. Los resultados fueron que la calidad del paisaje sonoro y la molestia se vieron fuertemente afectadas por la exposición a ruido del tráfico rodado; se constató que sus efectos pueden modificarse por la presencia de factores que resulten agradables, pues en general se disminuyeron las molestias cuando se percibían sonido positivo acompañados de un entorno que resultaba atractivo visualmente. Sin embargo, cuando se presentaban niveles de ruido más intensos, el efecto visual parecía disminuir: el paisaje sonoro se percibió más estresante en el espacio atractivo que en el poco atractivo. Esto puede indicar que el paisaje sonoro percibido no está acorde con las expectativas asociadas a la impresión visual del espacio; lo anterior se traduce en que al ver un sitio atractivo, las expectativas probables son las de oír sonidos que resulten agradables, y no el ruido constante del tráfico enmascarando las fuentes de sonido positivo.

En el caso de que las mejoras se dispongan al interior de la edificación, se establecen dos criterios fundamentales: la absorción y el aislamiento. La absorción acústica permite disminuir el ruido emitido en un mismo local y proporciona un confort acústico in-situ reduciendo la reflexión que genera una molestia. Por su parte, el aislamiento acústico permite controlar la transmisión de ruido entre dos recintos (o espacios bien definidos); en

este caso se actúa en la vía de transmisión, ya que el sonido proveniente de otro recinto genera molestia debido a las infiltraciones que permiten los materiales. Una adecuada combinación de aislamiento y absorción proporciona confort acústico en las edificaciones; para la evaluación de sus niveles es necesario considerar el contenido informativo del sonido para distinguir si es deseado, o no, y tener en cuenta parámetros acústicos como el tono, la intensidad y la velocidad de propagación, ya que permiten identificar el tipo de ruido por su nivel y espectro (Simancas, 2003).

---

### 2.1.6 Contaminación acústica y sus efectos

El término contaminación acústica hace referencia un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. La contaminación acústica es definida en la Ley 37/2003 como “la presencia en el ambiente de ruido o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que implique molestias, riesgos o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, incluso cuando su efecto sea perturbar el disfrute de los sonidos de origen natural, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente”. Por su parte, en la Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido (2009) se le considera como un exceso de ruido que altera las condiciones normales del medio ambiente, el cual tiene su origen en las actividades humanas (tráfico, actividades industriales, de ocio, etc.) y que puede tener efectos negativos tanto individuales como socio económicos.

La sociedad actual se desarrolla cuantitativa y cualitativamente diferente con respecto a otras épocas, de manera que hasta fechas recientes el ruido fue una preocupación secundaria respecto a otros tipos de contaminación; por encontrarse vinculado a actividades cotidianas, muchas de ellas indispensables, se llegó a considerar que era una consecuencia del progreso con la que se tenía que convivir. En la actualidad, para un sector creciente de la población, el ruido es percibido como uno de los factores más negativos de la calidad de vida en las ciudades (García y Garrido, 2003; Vida et al., 2006; López Barrios, 1998; Martimportugués et al., 2003; Herranz et al., 1999; Marmolejo, 2008).

El ruido es un contaminante barato, pero complejo de estudiar: al cesar la fuente desaparece, no deja residuos, no tiene efecto acumulativo y no se traslada en el ambiente (Martínez, 2005); además, la simple medición de la energía acústica presenta limitaciones si no se traduce a una reacción biológica o psicológica en las personas, por lo que resulta significativo que en ámbitos diversos se realicen inversiones considerables para lograr condiciones de silencio, aun cuando la relación entre el ruido y sus efectos en las personas no siempre es explícita. Como señalan García y Garrido (2003), “es la posibilidad de que el ruido ambiental provoque efectos negativos sobre la salud humana lo que ha estimulado en gran medida las investigaciones en este campo, de manera que la mayoría de los estudios se han centrado en conocer cuáles son los niveles de contaminación acústica del medio ambiente y en qué medida afectan a la salud y al bienestar de las personas”. Por lo tanto, el estudio de la contaminación acústica involucra campos muy diversos como la física, la psicología, la medicina, la sociología o el urbanismo, lo que implica conjuntar aspectos de

---

tipo técnico relacionadas con las ciencias naturales, con otros de carácter socioeconómico y político.

Los efectos del ruido son difíciles de cuantificar, dado que la tolerancia de los individuos ante los diferentes niveles y tipos de ruido varía considerablemente (CCE, 1996, COITT, 2008). Esta condición está altamente relacionada con las normas de comportamiento personal, por lo que es probable que la valoración que se realiza varíe considerablemente en función de las circunstancias locales; en algunos países escandinavos, la provisión de un alto nivel de aislamiento acústico en las edificaciones puede reflejarse en una aparente menor preocupación por el ruido, mientras que en los países del sur el estilo de vida mediterráneo y los sistemas de aislamiento menos eficientes pueden haber conducido a una mayor tolerancia a este contaminante (DEFRA, 2002). Sin embargo, a pesar de las aparentes diferencias, la documentación científica sobre contaminación acústica muestra que las personas expuestas a este contaminante pueden experimentar afectaciones que, de manera general, pueden dividirse en daños a la salud, interferencias en el rendimiento y molestias.

Se ha escrito mucho sobre los efectos fisiológicos del ruido, pero también se han observado y estudiado los efectos en el rendimiento y la productividad de las personas. Estos efectos, sin llegar a deteriorar la salud, sí pueden afectar negativamente el régimen ordinario de vida, ya que la presencia de ruido puede incidir en los estados de estrés e irritabilidad, lo que a su vez puede reflejarse en la capacidad de concentración y aprendizaje, en la productividad, la siniestralidad laboral e incluso en los accidentes de tráfico.

Inicialmente, existen diferencias con las molestias y los efectos fisiológicos: la persona podría presentar una reacción violenta o un cambio fisiológico ante la presencia de un ruido, pero este estado podría no afectar la eficacia en el desarrollo de las actividades, en tanto que la eficiencia puede disminuir aunque la persona considere que se encuentra en un ambiente aceptable. Este grado de independencia previene contra el estudio exclusivo de los entornos en donde existen quejas, pero también contra el descuido de aquellos ambientes en donde no existe evidencia de cambio en el rendimiento.

Los sonidos, dependiendo de la exigencia de la tarea y el tipo de estímulo auditivo, producen una serie de efectos tanto positivos como negativos en el rendimiento. El nivel de familiaridad con el trabajo, el grado en que la tarea requiera de la comunicación verbal, el tiempo de ejecución, entre otros, determinan el grado de alteración que los sonidos pueden causar. Cuando el ruido es esperado y familiar, es improbable que incida en el rendimiento, lo que es especialmente cierto si la tarea no es exigente; por lo general, el rendimiento

decae cuando se oye un sonido por primera vez; sin embargo, cuando se pasa de silencio a ruido, o viceversa, se provoca un deterioro temporal del rendimiento<sup>9</sup>.

En tareas donde se utiliza la memoria, se observa un mejor rendimiento en las personas que no han estado sometidas al ruido, ya que con su presencia crece el nivel de activación del sujeto y esto, que en un principio puede ser ventajoso, en cierto tipo de tareas resulta perjudicial por la sobreactivación y el consecuente descenso en el rendimiento. En cuanto a la atención, si hay que realizar más de una tarea, el ruido la focalizará hacia las más importantes, en detrimento de aquellas consideradas de menor relevancia; la eficacia de un elemento de la ejecución puede mejorar con el ruido a costa del de menor prioridad, al que no se responderá o se hará lentamente.

En la industria, cuando los trabajadores son expuestos a ruido, podría reducirse la productividad y aumentar la siniestralidad, pero sólo con niveles sonoros por encima de 95 dB(A); en éste caso la ponderación es (A), que fue creada para modelar la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad.

## 2.2 CÁLCULOS

### 2.2.1 Determinación teórica del tiempo de reverberación

En la parte I del CTE se establece que para cumplirse las exigencias de protección frente al ruido, debe limitarse el ruido reverberante de los recintos. Esta exigencia tiene dos motivos:

1. La disminución de los niveles de ruido en el interior de los edificios.
2. Una mayor inteligibilidad de la palabra, que es especialmente importante en recintos como aulas y salas de conferencias.

Tal y como está planteado en el DB-HR, el acondicionamiento acústico es un problema de la elección de los acabados de las superficies de los elementos constructivos.

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.

Este es el procedimiento de aplicación del DB HR para acondicionamiento acústico:

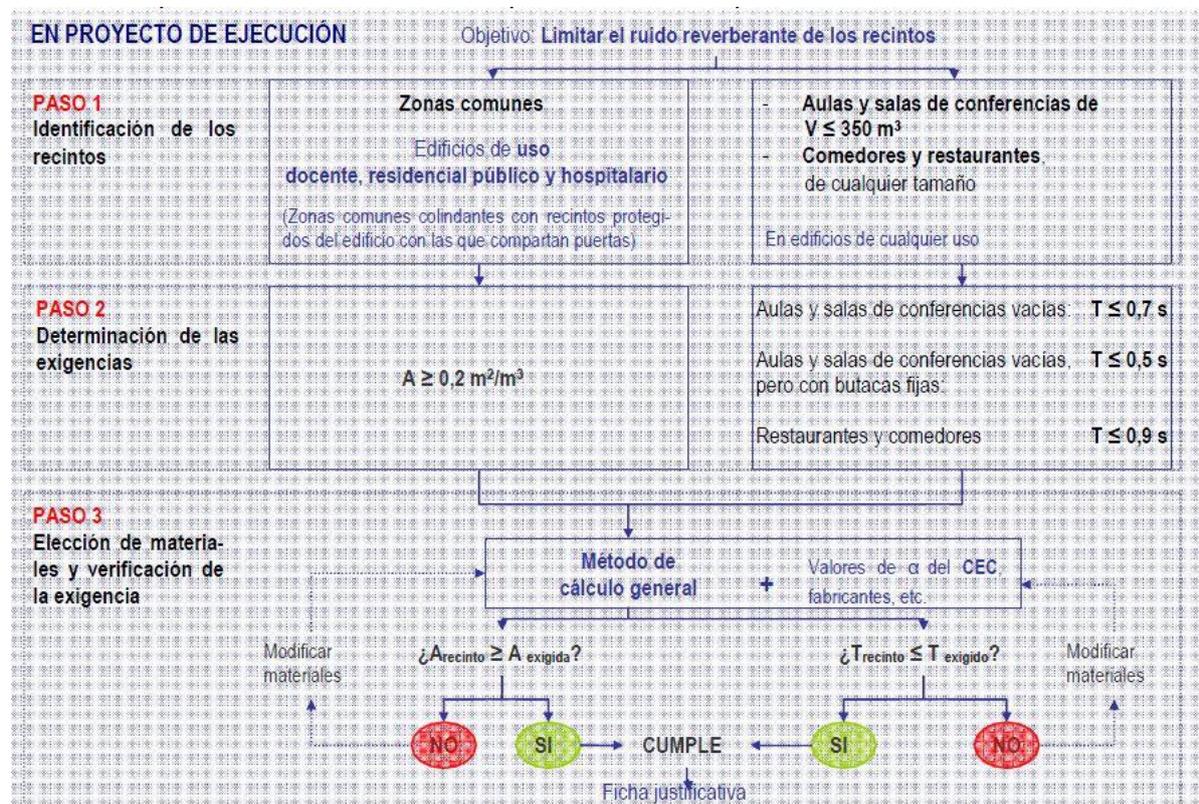


Figura 2.12 Procedimiento de aplicación del DB HR para acondicionamiento acústico [19]

### 2.2.1.1 Paso 1: Identificación de los recintos

El recinto a estudiar se encuentra dentro del apartado “Aulas, salas de conferencias, comedores y restaurantes”.

A pesar de que el DB HR no establece ningún tipo de cálculo para volúmenes mayores de  $350 \text{ m}^3$ , y el nuestro tiene  $1810'2 \text{ m}^3$ , se seguirán los pasos recogidos en dicho documento.

Para realizar los cálculos en este proyecto se considerará únicamente la parte central de la biblioteca, conocida como Sala Básica, ya que es la parte con mayor volumen y mayor concentración de gente, por lo tanto, principal foco de ruido. Además, se considerará mobiliario fijo a las: Estanterías, Muebles, Mesas y Sillas.

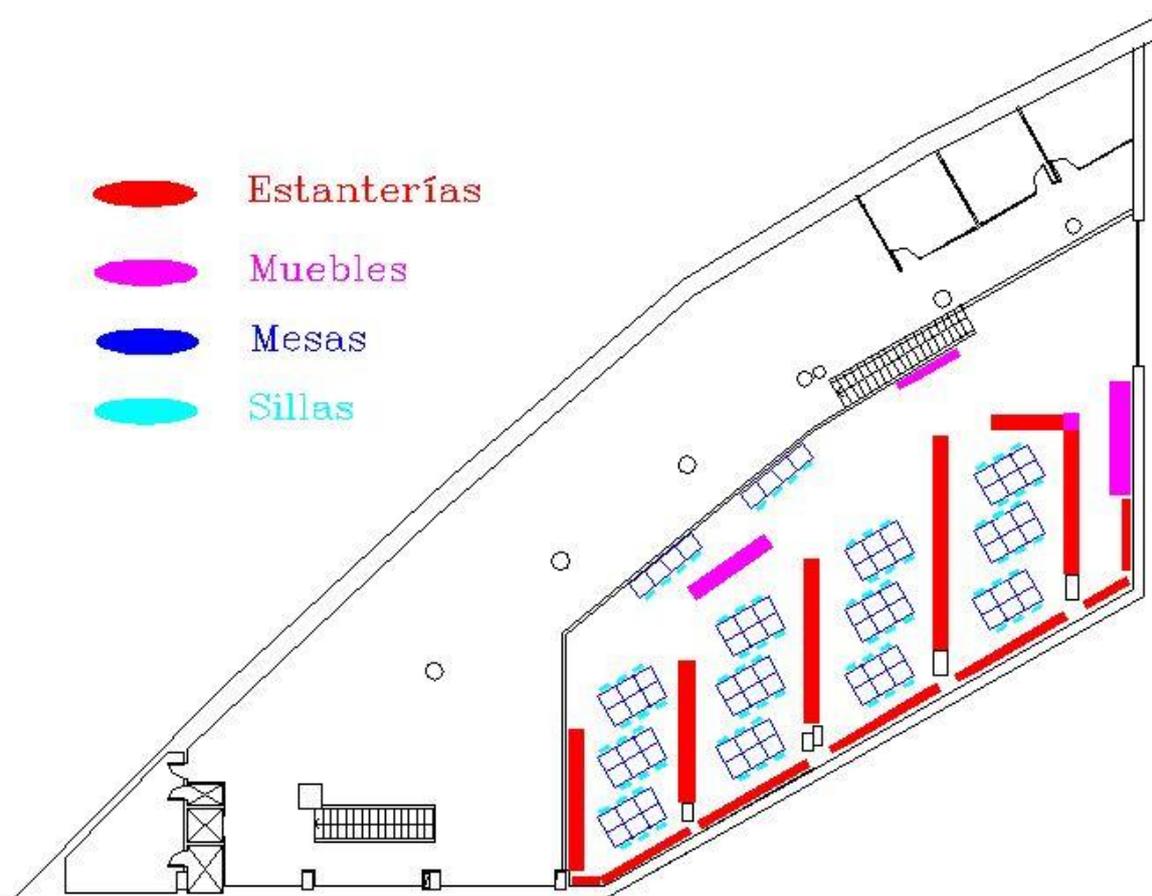


Figura 2.13 Distribución del mobiliario dentro del recinto

### 2.2.1.2 Paso 2: Determinación de las exigencias

#### Valores mínimos de absorción acústica

El área de absorción acústica equivalente ( $A_{\text{recinto}}$ ) debe ser al menos  $0,2 \text{ m}^2$  por metro cúbico de volumen del recinto.

Además, debe verificarse que la absorción propuesta en el proyecto es mayor o igual a la requerida,  $A_{\text{recinto}} \geq A_{\text{requerida}}$ .

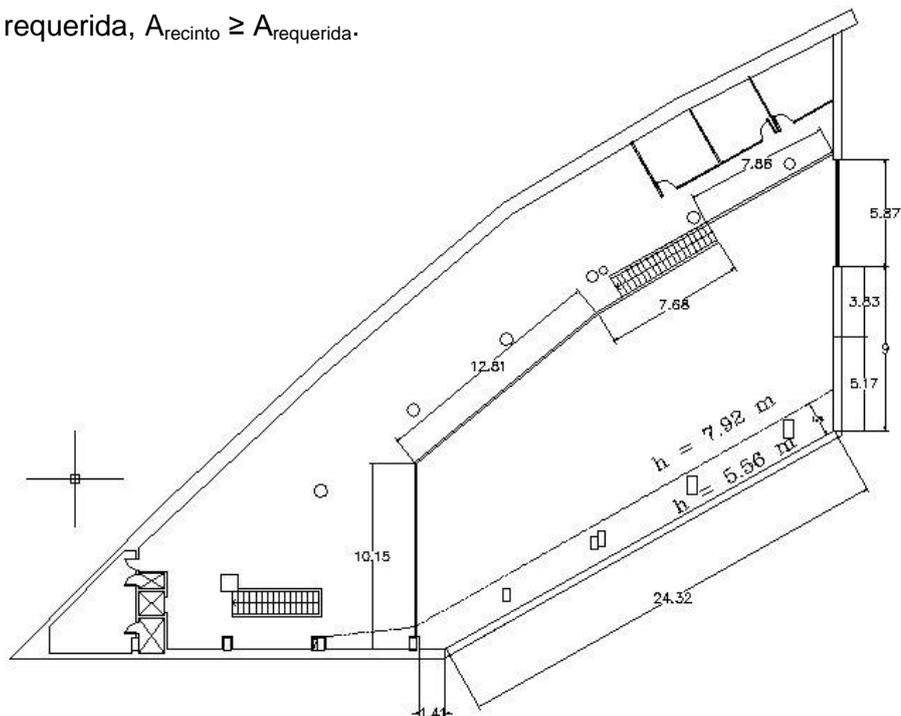


Figura 2.14 Cotas del recinto a estudiar

Cálculo del volumen del recinto,  $V_{\text{recinto}}$ :

- Techo 5'56 m =  $5'56 \cdot 259'28 = 1441'6 \text{ m}^3$
- Techo 7'92 m =  $7'92 \cdot (307'26 - 259'28) = 380 \text{ m}^3$

$$V_{\text{recinto}} = \text{Techo } 5'56 + \text{Techo } 7'92 = 1441'6 + 380$$

$$V_{\text{recinto}} = 1821'6 \text{ m}^3$$

Cálculo del área del recinto,  $A_{\text{recinto}}$ :

- Área superficie =  $307'26 \text{ m}^2$
- Área columnas =  $0.287 \cdot 5 = 1'44 \text{ m}^2$

$$A_{\text{recinto}} = \text{Área superficie} - \text{Área columnas} = 307'26 - 1'44$$

$$A_{\text{recinto}} = 305'82 \text{ m}^2$$

Cálculo del área requerida:

$$A_{requerida} = 0'2 \cdot V_{recinto} = 0'2 \cdot 1821'6$$

$$A_{requerida} = 364'32 \text{ m}^2$$

Comprobamos si cumple o no la condición  $A_{recinto} \geq A_{requerida}$ :

$$305'82 \text{ m}^2 \geq 364'32 \text{ m}^2 \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

**Valores máximos de tiempo de reverberación**

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

Tabla 2.2 Valores máximos de tiempo de reverberación [19]

De los distintos tipos de recintos especificados en la tabla, nos interesa “Aulas y salas de conferencias vacías”. Debe verificarse que  $T_{recinto} \leq T_{limite}$  exigido, como mínimo, en cada recinto que sea diferente en forma, tamaño y elementos constructivos.

**Valores de la inteligibilidad de la palabra**

|                 |           |             |            |             |             |
|-----------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|
| STI             | 1 – 0'88  | 0'87 – 0'66 | 0'65 – 0'5 | 0'49 – 0'36 | 0'35 – 0'24 |
| Inteligibilidad | Excelente | Buena       | Aceptable  | Pobre       | Mala        |

Tabla 2.3 Valores del Speech Transmission Index (STI) [19]

### **2.2.1.3 Paso 3: Elección de materiales y verificación de la exigencia**

El procedimiento propuesto 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.

Nuestro recinto cumple la condición de este método, que dice: “El método de cálculo propuesto por el DB HR es aplicable sólo a aulas y salas de conferencias con formas prismáticas rectas o asimilables”.

#### **Datos previos**

Para el cálculo del tiempo de reverberación y de la absorción acústica es necesario conocer los valores del coeficiente de absorción acústica,  $\alpha$  de los acabados y el área de absorción acústica de los objetos,  $A_0$ .

El coeficiente  $\alpha$  suele aparecer expresado para bandas de octava, por lo que para hallar  $\alpha_m$  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 (Catálogo de Elementos Constructivos).

A veces el coeficiente de absorción de un material puede expresarse como  $\alpha_w$ , que es el coeficiente de absorción acústica ponderado según la norma UNE EN ISO 11654. Es este caso, en ausencia de más datos, puede utilizarse el coeficiente  $\alpha_w$  en los cálculos, sabiendo que, debido al procedimiento de ponderación de dicha norma UNE,  $\alpha_w$  es más pequeño que el valor medio  $\alpha_m$  para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz, y por lo tanto el cálculo estaría del lado de la seguridad.

### Cálculo de la absorción acústica

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

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \bar{m}_m \cdot V \quad (m^2)$$

*Ecuación 2.5 Desarrollo del cálculo de la superficie de absorción (A) [19]*

Siendo:

|                |  |
|----------------|--|
| $\alpha_{m,i}$ | Coefficiente 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 $\alpha_i$ ( $m^2$ ).   |
| $A_{O,m,j}$    | Área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente ( $m^2$ ).   |
| V              | Volumen del recinto ( $m^3$ ).   |
| $\bar{m}_m$    | coeficiente de absorción acústica medio en el aire, para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y de valor $0,006 m^{-1}$ .                          |

Es necesario conocer los acabados del recinto y sus valores medios del coeficiente de absorción,  $\alpha$ . Para ello, puede consultarse el Catálogo de Elementos Constructivos (CEC). El apartado de Acabados superficiales interiores contiene los valores de  $\alpha$  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.

Consultando el proyecto original de la ETSIIT podemos obtener qué materiales se usaron para su construcción, los cuales son:

- **Pino de Oregón o Pino Norte**, usado en la carpintería tanto en puertas como en recubrimientos de ciertos tramos de las paredes.
- Se proyecta un suelo de **baldosa de terrazo** de microgramo de 40x40 cm, para conseguir una correcta adaptación de la losa a la geometría curva del edificio.

- Se proyecta un revestimiento general de los paramentos interiores de **guarnecido de yeso Y-12** y posterior enlucido con yeso fino Y-25F.
- Se proyecta un **falso techo** de panel acústico blanco sobre perfilera oculta.

La tabla siguiente muestra la información necesaria para aplicar el método de cálculo:

| Paramento                    | Material                   | Superficie total      | Coefficiente $\alpha_m$ |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Revestimientos y Particiones | Enlucido de yeso           | 401'1 m <sup>2</sup>  | 0'01                    |
| Luminaria y Ventanas         | Vidrio                     | 62'65 m <sup>2</sup>  | 0'04                    |
| Carpintería y Puertas        | Madera y paneles de madera | 78'23 m <sup>2</sup>  | 0'08                    |
| Suelo                        | Terrazo                    | 305'82 m <sup>2</sup> | 0'02                    |
| Techo                        | Placas de yeso laminado    | 259'28 m <sup>2</sup> | 0'06                    |

Tabla 2.4 Materiales usados en el recinto a estudiar

A continuación desglosaremos con más detalle las superficies recogidas en la tabla anterior, estas superficies se han obtenido a partir de los planos (planta y alzado):

- **Paramento 1'41 m** →  $\text{Yeso} = 1'41 \cdot 7'92 = 11'17 \text{ m}^2$
- **Paramento 24'32 m** →  $\text{Yeso} = 24'32 \cdot 7'92 = 192'61 \text{ m}^2$
- **Paramento 9 m** →  $\text{Yeso} = 5'17 \cdot 7'92 + 3'83 \cdot 5'56 = 40'95 + 21'29 = 62'24 \text{ m}^2$
- **Paramento 5'87 m** →  $\text{Madera} = 5'87 \cdot 2'56 = 15'03 \text{ m}^2$   
 $\text{Vidrio} = 5'87 \cdot 2'5 = 14'67 \text{ m}^2$
- **Paramento 7'88 + 7'68 + 12'81 + 10'15 m** →  
 $\text{Yeso} = 80'72 + 24'6 + 20'84 + 3'3 + 5'12 = 134'58 \text{ m}^2$   
 $\text{Madera} = 18'28 + 37'1 + 6'2 + 1'62 = 63'2 \text{ m}^2$   
 $\text{Hormigón pintado} = 6'35 \text{ m}^2$
- **Techo 5'56 m** →  $\text{Yeso} = 259'28 \text{ m}^2$
- **Techo 7'92 m** →  $\text{Vidrio} = (307'26 - 259'28) = 47'98 \text{ m}^2$
- **Suelo** →  $\text{Terrazo} = 307'26 - 1'44 = 305'82 \text{ m}^2$

| Tipo de recinto: <b>Biblioteca ETSIT</b>                            |                         |   |                                      | Volumen, V (m <sup>3</sup> ): <b>1821'6</b>         |                  |                      |   |
|---|-------------------------|---|--------------------------------------|---|------------------|----------------------|---|
| Elemento  | Acabado                 | Área, S (m <sup>2</sup> )   | Coeficiente de absorción acústica, α |   |                  |                      | Absorción acústica, α <sub>m</sub> ·S (m <sup>2</sup> ) |
|   |                         |   | 500                                  | 1000  | 2000             | α <sub>m</sub>       |   |
| Suelo   | Terrazo                 | 305'82  | 0'01                                 | 0'02  | 0'02             | 0'02                 | <b>6'12</b>   |
| Paramentos  | Enlucido de yeso        | 401'1   | 0'01                                 | 0'01  | 0'02             | 0'01                 | <b>4'01</b>   |
|   | Vidrio                  | 62'65   | 0'05                                 | 0'04  | 0'03             | 0'04                 | <b>2'51</b>   |
|   | Madera                  | 78'23   | 0'08                                 | 0'08  | 0'08             | 0'08                 | <b>6'26</b>   |
|   | Hormigón pintado        | 6'35  | 0,06                                 | 0'07  | 0'09             | 0'07                 | <b>0'44</b>   |
| Techo   | Yeso laminado           | 259'28  | 0'05                                 | 0'09  | 0'04             | 0'06                 | <b>15'56</b>  |
| Objetos   | Tipo                    | Área de absorción acústica equivalente, A <sub>o</sub> (m <sup>2</sup> )  |                                      |   |                  | A <sub>o,m</sub> · N |   |
|   |                         | N   | A <sub>o</sub>                       | α <sub>m</sub>                                      | A <sub>o,m</sub> |                      |   |
| Estanterías   | PVC y Libros            | 60  | 2'1                                  | 0'3   | 0'6              | <b>38</b>            |   |
| Muebles   | Madera                  | 3   | 8                                    | 0'08  | 0'32             | <b>1'96</b>          |   |
| Mesas   | Madera                  | 80  | 0'88                                 | 0'08  | 0'07             | <b>5'6</b>           |   |
| Sillas  | Revestimientos textiles | 80  | 2                                    | 0'17  | 0'34             | <b>27'2</b>          |   |
| Huecos  | Aire                    | 1   | 67'47                                | 0'5   | 33'74            | <b>33'74</b>         |   |
| Absorción aire  |                         | Coeficiente de atenuación del aire, $\bar{m}_m$ (m <sup>-1</sup> )  |                                      |   |                  | 4 · $\bar{m}_m$ · V  |   |
|   |                         | 500   | 1000                                 | 2000  | $\bar{m}_m$      |                      |   |
| T = 20°C  | HR = 50%                | ...   | ...                                  | ...   | 0'006            | <b>43'72</b>         |   |
| <b>Absorción acústica del recinto resultante, A (m<sup>2</sup>)</b> |                         | $A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{o,m,j} + 4 \cdot \bar{m}_m \cdot V$ $A = (6'12 + 4'01 + 2'51 + 6'26 + 0'44 + 15'56) + (38 + 1'96 + 5'6 + 27'2 + 33'74) + 43'72 = 185.12$ |                                      |   |                  |                      |   |
| <u>Absorción acústica media resultante de la zona común</u>         |                         |   |                                      | <u>Absorción acústica exigida</u>                   |                  |                      |   |
| <b>A = 185'12 m<sup>2</sup></b>                                     |                         |   |                                      | <b>A<sub>requerida</sub> = 364'32 m<sup>2</sup></b> |                  |                      |   |

Tabla 2.5 Cálculo DB HR

### Cálculo del tiempo de reverberación

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

$$T = \frac{0'16 \cdot V}{A} \text{ (s)}$$

*Ecuación 2.6 Fórmula de Sabine*

Siendo:

|     |  |
|-----|--|
| $V$ | Volumen del recinto ( $\text{m}^3$ ).                  |
| $A$ | Absorción acústica total del recinto ( $\text{m}^2$ ). |

Por lo tanto, el tiempo de reverberación aplicando el método planteado en el DB HR quedará:

$$T = \frac{0'16 \cdot 1821'6}{185'12} = 1'57 \text{ (s)}$$

Para finalizar, hay que fijarse en este tiempo de reverberación 1'57 segundos, ya que el DB HR establece que ha de ser menor a 0'7 segundos. También hay que decir que este es el tiempo establecido para aulas y salas de conferencia; buscando en bibliografía específica para bibliotecas, hay autores que establecen este tiempo en 1 segundo o menos.

Una de las ventajas que se puede ver en este método es que se calcula el  $A_{\text{requerida}}$ , que es el área de absorción que debemos tener para que nuestro tiempo de reverberación cumpliera con lo exigido en el DB HR. Por lo que la solución pasaría por aumentar el  $A = 185'12 \text{ m}^2$  hasta  $A_{\text{requerida}} = 364'32 \text{ m}^2$  en la medida de lo posible, a través del uso de materiales acústicos absorbentes.

### 2.2.1.4 Paso 4: Verificación cálculos con la herramienta oficial del DB HR

La Herramienta oficial de cálculo del Documento Básico DB HR (versión 3.0), ha sido diseñada para facilitar la aplicación del método de cálculo propuesto en dicho documento para la parte acústica del código técnico de la edificación.



## Documento básico HR protección frente a ruido

Cálculo del tiempo de reverberación y la absorción acústica. Método general.

Datos de entrada

Volumen del recinto

Volumen  $V_r$  (m<sup>3</sup>)

Tipo de recinto Aulas y salas de conferencia incluyendo las butacas

Resultado

Área equivalente  $A$  (m<sup>2</sup>) 184.799

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| Resultado            | Requisito CTE |
| Cálculo $T_{60}$ (s) | $T_{60}$ (s)  |

Tiempo de reverberación  $T$  (s) 1.57     1.57 ≤ 0,9     NO CUMPLE

Paramentos

|   | Paramentos                   | $\alpha_{m,i}$ | $S_i$ (m <sup>2</sup> ) | $\alpha_{m,i} \cdot S_i$ |
|---|------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | Terrazo                      | 0.02           | 305.82                  | 6.1164                   |
| 2 | Enlucido de yeso             | 0.01           | 401.1                   | 4.011                    |
| 3 | Vidrio                       | 0.04           | 62.65                   | 2.506                    |
| 4 | Madera y paneles de madera   | 0.08           | 78.23                   | 6.2584                   |
| 5 | Hormigón pintado             | 0.07           | 6.35                    | 0.4445                   |
| 6 | Placa de yeso laminado (PYL) | 0.06           | 259.28                  | 15.5568                  |

Muebles fijos absorbentes

|   | Muebles     | $A_{O,m,i}$ |
|---|-------------|-------------|
| 1 | Estanterías | 38          |
| 2 | Muebles     | 1.92        |
| 3 | Mesas       | 5.6         |
| 4 | Sillas      | 27.2        |
| 5 | Huecos      | 33.74       |
| 6 |             | 0           |



GOBIERNO DE ESPAÑA    MINISTERIO DE FOMENTO

Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR protección frente a ruido, del CTE

Figura 2.15 Compobación cálculos iniciales con la herramienta oficial del DB HR [20]

### 2.2.1 Determinación experimental del tiempo de reverberación

El último método que se usará para evaluar el tiempo de reverberación será una medición in-situ de la biblioteca. Para ello se seguirá la norma UNE-EN ISO 3382, concretamente su segunda parte que es aplicable a cualquier tipo de recintos.

La norma define dos rangos de evaluación diferentes, 20 dB y 30 dB. Nosotros daremos preferencia al rango de evaluación de 20 dB por varias razones:

- La evaluación subjetiva de la reverberación está relacionada con la primera parte del decrecimiento del sonido.
- Para estimar el nivel acústico estacionario en un recinto a partir de su tiempo de reverberación, conviene utilizar la primera parte del decrecimiento.
- La relación señal/ruido representa a menudo un problema en las mediciones de campo, y a veces es difícil o imposible obtener un rango de evaluación de más de 20 dB. Esto requiere un nivel de señal/ruido de al menos 35 dB.

Toda la información necesaria para identificar el recinto de ensayo puede ser encontrada en los apartados anteriores, junto al esquema correspondiente del recinto y su volumen.

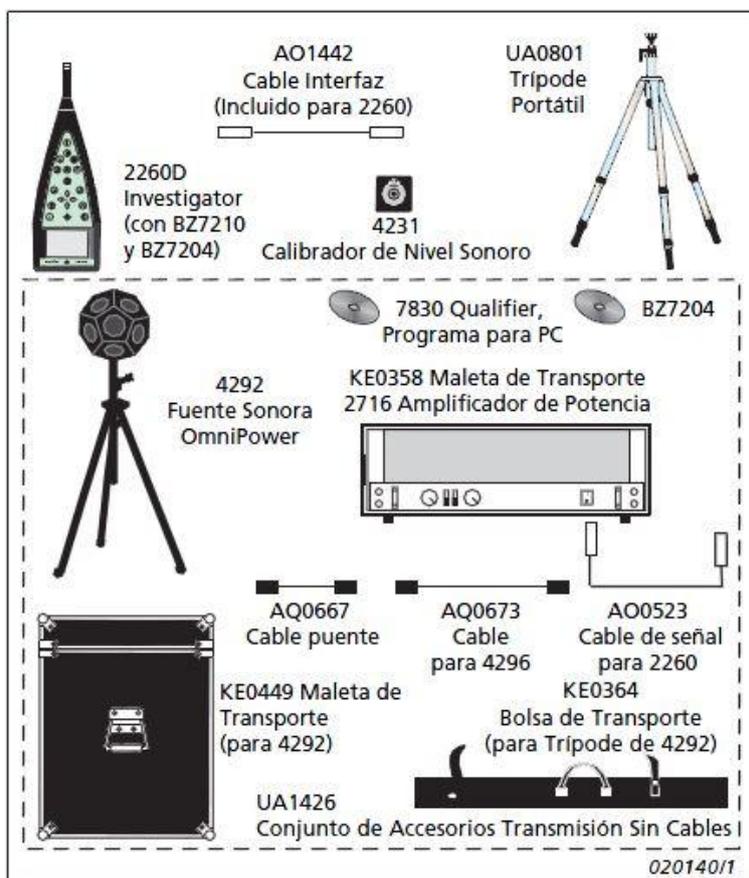


Figura 2.16 Equipo y modelos [14]

El equipo utilizado para las mediciones ha sido gracias al departamento de Ingeniería Mecánica de la UC, y es el que sigue:

- Analizador marca Brüel & Kjær Modelo 2260D Investigator.
- Calibrador marca Brüel & Kjær, Modelo 4230.
- Fuente Sonora Omnipower marca Brüel&Kjær, Modelo 4296.
- Amplificador de Potencia Modelo 2716.

Para las mediciones se usarán 3 posiciones de la fuente omnidireccional, haciendo un total de 3 decrecimientos en cada una de las 5 posiciones fijas distribuidas uniformemente a lo largo de la biblioteca,

Las posiciones de la fuente serán donde suele estar la fuente sonora original, en nuestro caso suele ser a la entrada de la biblioteca, ya que la gente entra muchas veces hablando y no se da cuenta que están ya dentro de ella. Y la otra posición sería donde principalmente se localizan las mesas para el estudio, que a pesar de ser individuales, suele haber conversación cuando alguien se acerca a preguntar dudas a otra persona.

En el siguiente esquema de la biblioteca podemos ver las posiciones elegidas para realizar las mediciones y de la fuente:

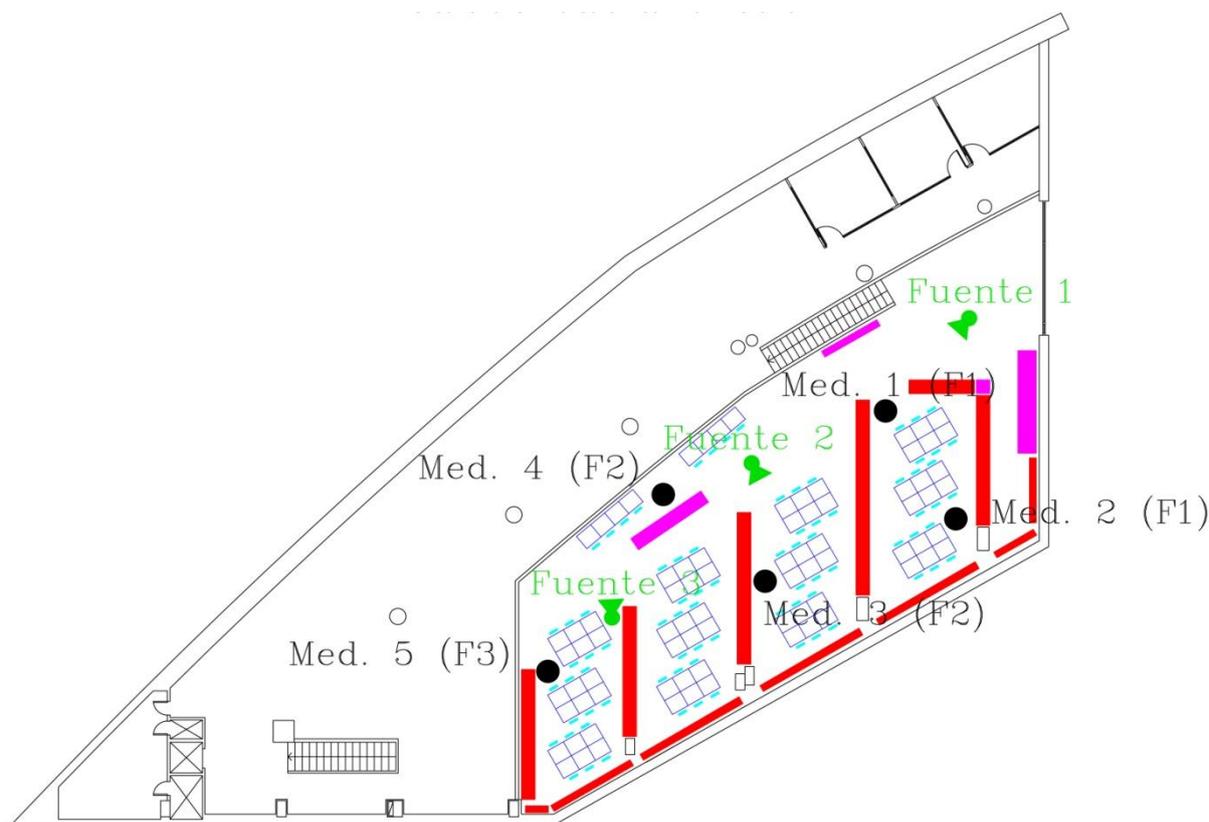


Figura 2.17 Puntos de interés a la hora de realizar las mediciones

Para evitar la influencia del sonido directo, la distancia mínima entre la posición de la fuente y el micrófono, se calculará:

$$d_{min} = 2 \sqrt{\frac{V}{c \cdot T}} = 2 \sqrt{\frac{1810'23}{343 \cdot 1'92}} = 3'32 \text{ m}$$

Ecuación 5.1 Distancia mínima fuente-micrófono [1]

Siendo:

- V Volumen del recinto (m<sup>3</sup>).
- c Velocidad del sonido (m/s).
- T Estimación del tiempo de reverberación esperado (s).

El procedimiento de medición empleado será el método de ruido interrumpido. Para el método del ruido interrumpido se debe utilizar un altavoz y la señal que recibe debe proceder de un ruido eléctrico de banda ancha aleatorio o pseudoaleatorio, a continuación deberemos colocar la fuente omnidireccional sobre el trípode en la posición escogida.

La fuente debe de ser capaz de producir un nivel de presión acústica suficiente para garantizar una curva de decrecimiento que empiece al menos 35 dB por encima del ruido de fondo en la banda de frecuencias correspondiente.

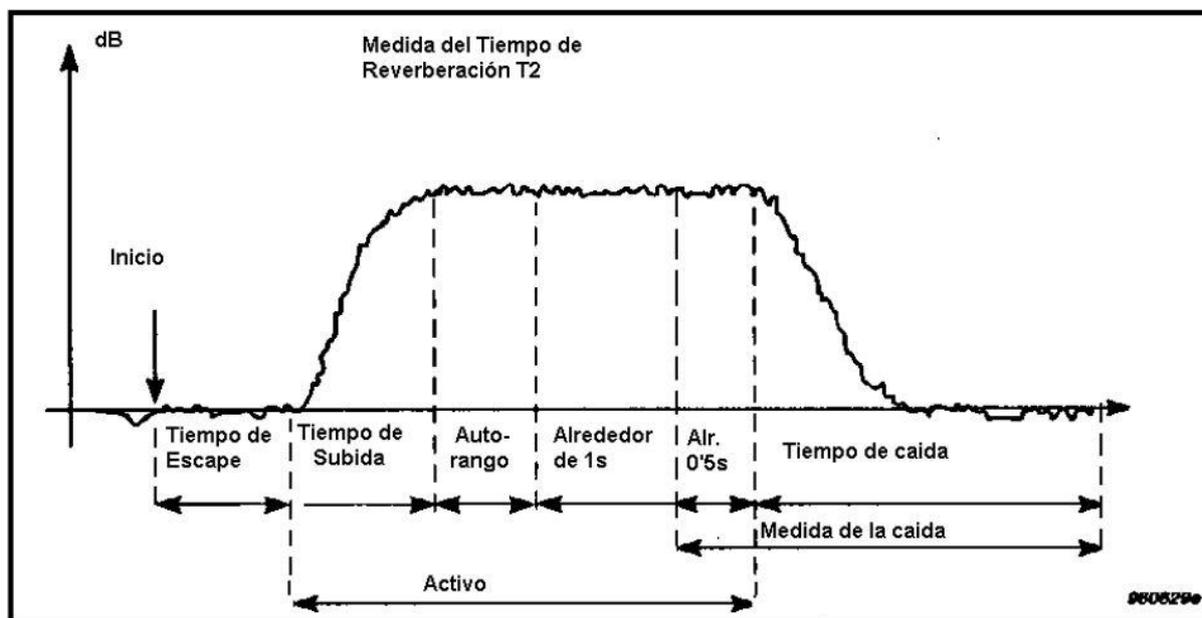


Figura 2.18 Ciclo típico de un T20 [1]

Una vez encendido el analizador, se deberá calibrar. Para ello será usado el calibrador acoplándolo al micrófono y calibrando a 93'8 dB (aprox. 94 dB). Para mayor seguridad, se comprobará al final de las mediciones que el analizador sigue bien calibrado.



Figura 2.19 Configuración predeterminada del Menú Definir Trabajo y Opciones Medida [4]

El siguiente paso será seleccionar un trabajo, en el cual se irá almacenando los distintos valores para las distintas posiciones. El modo seleccionado será el de tiempo de reverberación, dejando la configuración de la siguiente forma:

- **Nº de caídas:** Número de veces que se mide una caída de reverberación en un sólo ciclo de medida. Se establece como predeterminado 03 para tres caídas.
- **Tiempo de caída:** Se establece como predeterminado 03s para un tiempo de caída de 3 segundos.
- **Partición:** Denominaremos nuestra partición con la letra A
- **Generador:** Se ha predeterminado Interno para generador de ruido interno.
- **Ruido:** Aparece ruido Rosa como predeterminado.



Figura 2.20 ¡Mediciones acústicas!



Figura 2.21 Medición in-situ

Se procede a realizar las mediciones dentro de la biblioteca con permiso de la división de Industriales (María Rodríguez) y la ayuda del departamento de Mecánica (Pablo García). Como ya se ha dicho, en cada punto se realizarán 3 mediciones, para cada bloque de medidas se obtendrá un tiempo de reverberación concreto.

Se comprobará si es un valor válido, y si es así, se pasará al siguiente punto de medición. Hay que añadir que en todo momento se respetará las distancias entre el analizador y la superficie reflectante más cercana (aprox. 1 m), la distancia entre el analizador y la fuente sonora (aprox. 2'5 m), entre las sucesivas posiciones del analizador (2m), la altura mínima de la fuente (1'5 m) y la del micrófono (1'2 m). Al igual que e DB HR las bandas de octava a tener en cuenta serán las de 500, 1000 y 2000 Hz. Finalmente, los resultados obtenidos son:

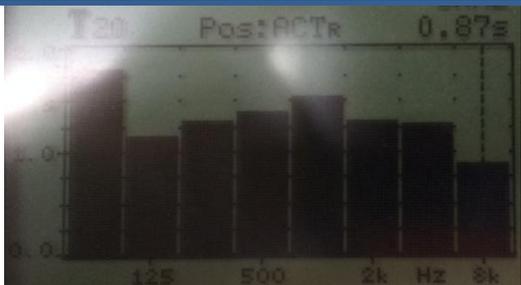
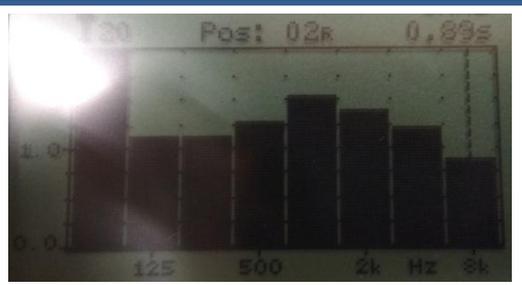
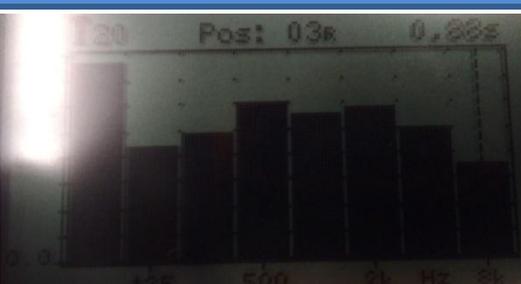
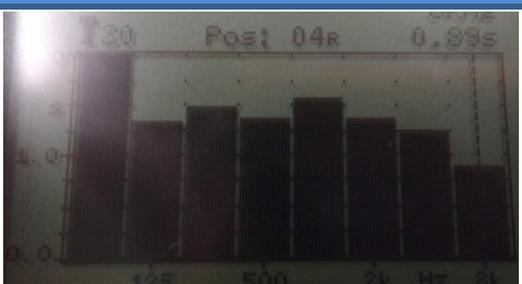
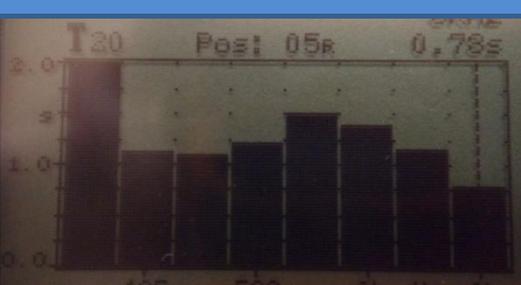
| Posición 1  | Posición 2   |
|---|--|
|   |   |
| Posición 3  | Posición 4   |
|  |  |
| Posición 5  | Promedio   |
|  |  |
| <p><b>Tiempo de reverberación = 1'41 segundos</b></p>                               |  |

Tabla 5.1 Mediciones en bandas de octava realizadas en la biblioteca

## 2.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

### 2.3.1 Productos empleados

Una vez obtenidos los valores del tiempo de reverberación, se deberá poner solución. Para cumplir las exigencias del DB HR, se ha optado por concentrar la absorción en dos superficies: techo y paredes, ya que son las superficies libres que mayor facilidad dan a la hora de ser tratadas.

Para ello, se han consultado los catálogos de fabricantes como Ecophon, ISOVER, Saint-Gobain, Rockfon, Armstrong, FabricWall, Offecct, Texaa... optando por dos tipos de soluciones, de distintos fabricantes y para las dos superficies a tratar:

| TECHOS  | PAREDES   |
|---|---|
|  |  |

Tabla 2.22 Superficies y fabricantes empleados

En primer lugar se verá cada uno de los dos productos. Con ello será posible hacerse una idea de su apariencia y se pondrá de relieve sus propiedades acústicas.

Después se detallará, para las dos soluciones propuestas, la cantidad y la situación de estos paneles dentro de la biblioteca, viendo como el aumento de la superficie absorbente nos llevará a movernos de un entorno reverberante a uno que cumple lo exigido por el DB HR.



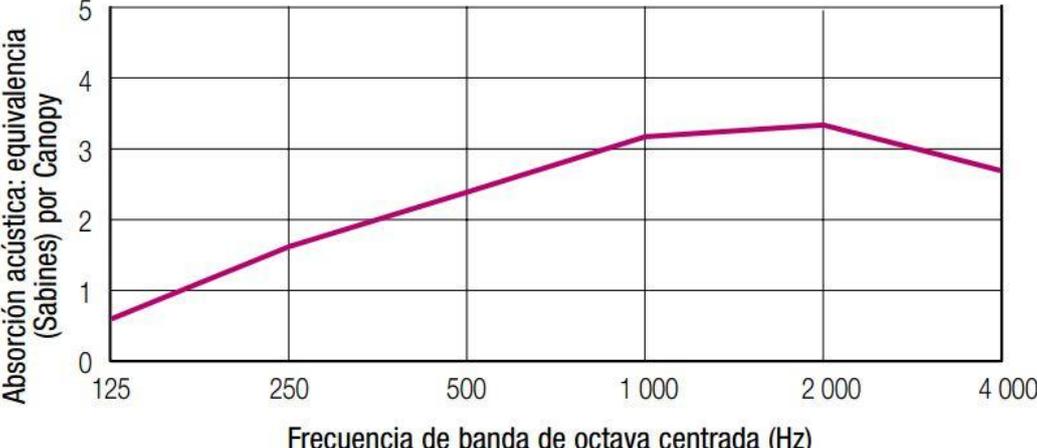
Figura 2.23 Antes y después del acondicionamiento

El fabricante Armstrong posee una amplia gama para techos flotantes, nos centraremos en la gama CANOPY. En el siguiente cuadro podemos ver de una forma más visual sus propiedades acústicas y un ejemplo con de distribución:

OPTIMA CURVED CANOPY

- **DISEÑO:** Es un producto que se puede instalar tanto como un elemento cóncavo como convexo, dando una versatilidad a la hora de decidir su distribución.
- **LUMINOSIDAD:** Tiene un acabado que aporta una alta reflexión de la luz.
- **ABSORCIÓN:** Fabricados en lana mineral tienen un  $\alpha_m = 2'93$





| Frecuencia de banda de octava centrada (Hz) | Absorción acústica: equivalencia (Sabines) por Canopy |
|---|---|
| 125   | 0.6   |
| 250   | 1.7   |
| 500   | 2.4   |
| 1000  | 3.2   |
| 2000  | 3.4   |
| 4000  | 2.8   |

Tabla 2.7 Principales características de OPTIMA CURVED CANOPY [4]

Lo mismo se hará con el otro modelo de la marca Armstrong, en este caso es el OPTIMA L CANOPY:

### OPTIMA L CANOPY

- **DISEÑO:** Mantiene el diseño estilizado, siendo una solución más económica y con mayor absorción que la gama Curved.
- **LUMINOSIDAD:** Tiene un acabado que aporta una alta reflexión de la luz.
- **ABSORCIÓN:** Fabricados en lana mineral tienen un  $\alpha_m = 4'07$

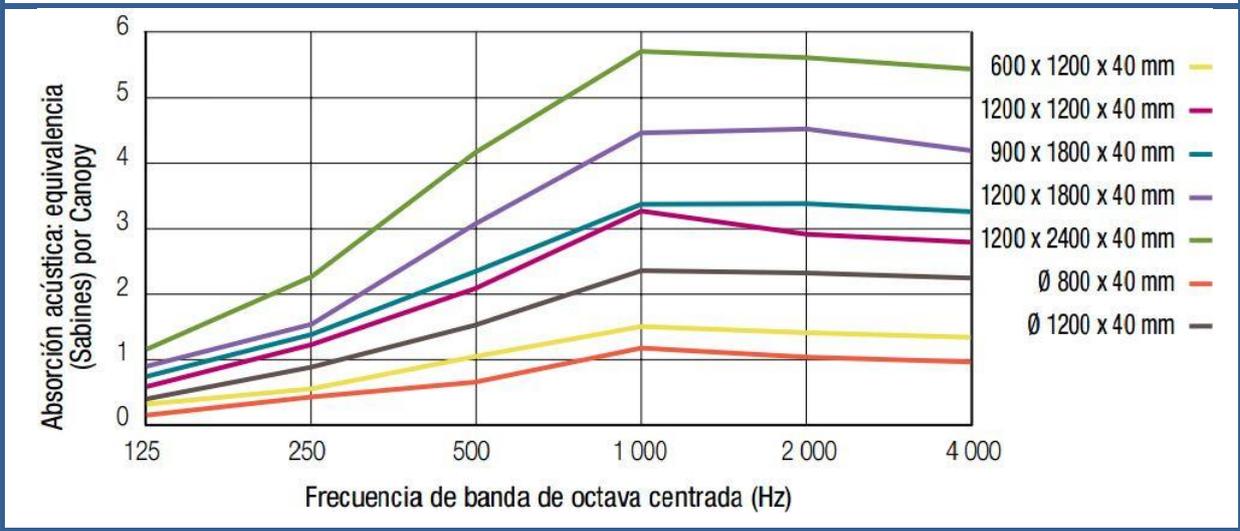
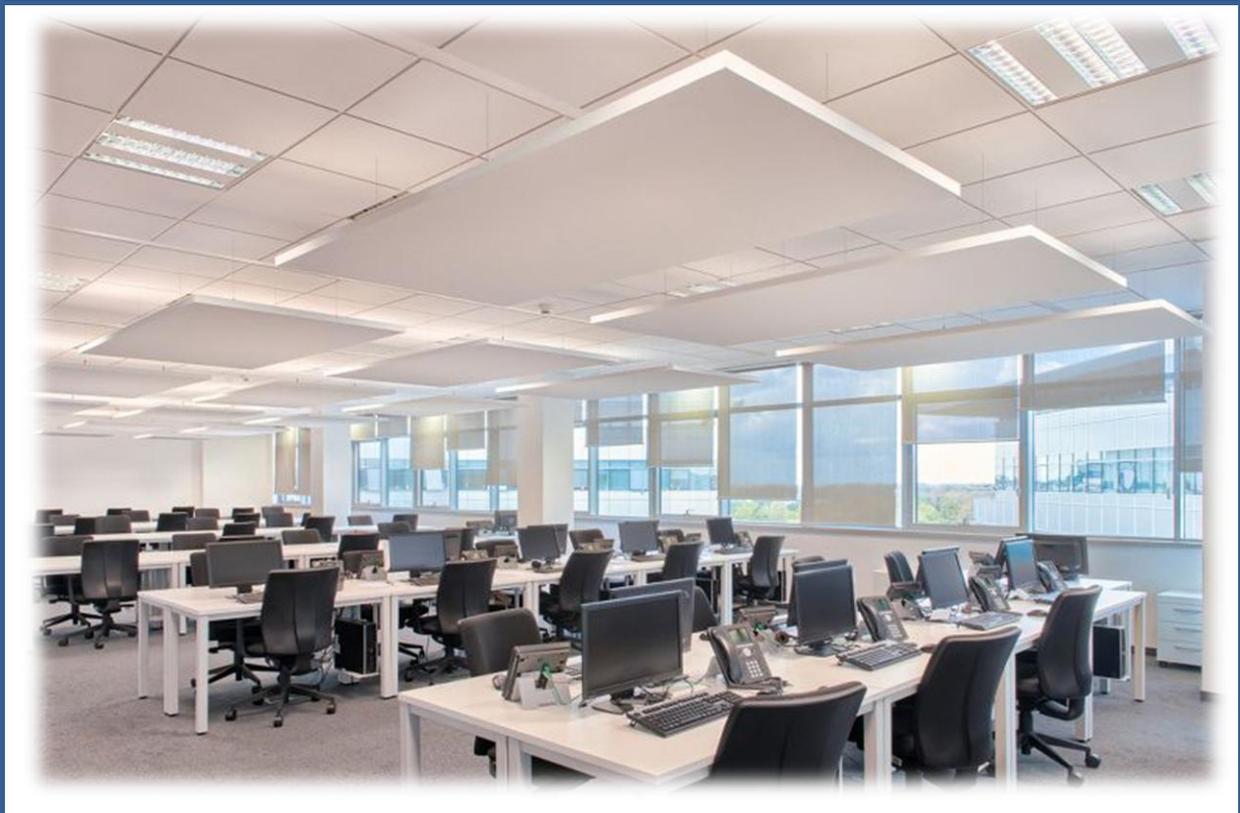


Tabla 2.8 Principales características de OPTIMA L CANOPY [5]

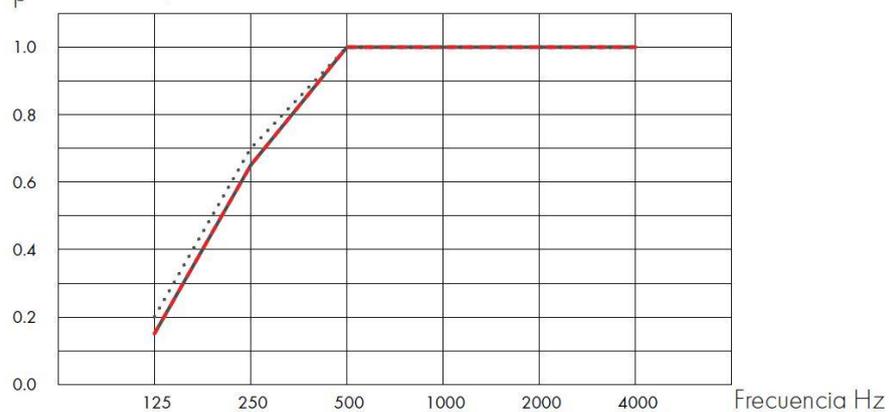
A continuación se verán los paneles Akusto™ Wall A. Fabricados por Ecophon, empresa perteneciente al grupo Saint-Gobain. Estos paneles absorbentes serán empleados como complemento al techo, alcanzando finalmente la superficie absorbente requerida.

### AKUSTO™ WALL A

- **DURABILIDAD:** Fabricado con lana de vidrio.
- **LUMINOSIDAD:** El panel en blanco tiene una alta reflectancia de la luz.
- **ABSORCIÓN:** Su coeficiente de absorción medio es:  $\alpha_m = 1$



$\alpha_p$ , Coeficiente práctico de absorción de sonido



$\alpha_w$   
1,00

Tabla 2.9 Principales características de AKUSTO™ WALL A [11]

### 2.3.2 SOLUCIÓN A: Optima Curved Canopy + Akusto™ Wall A

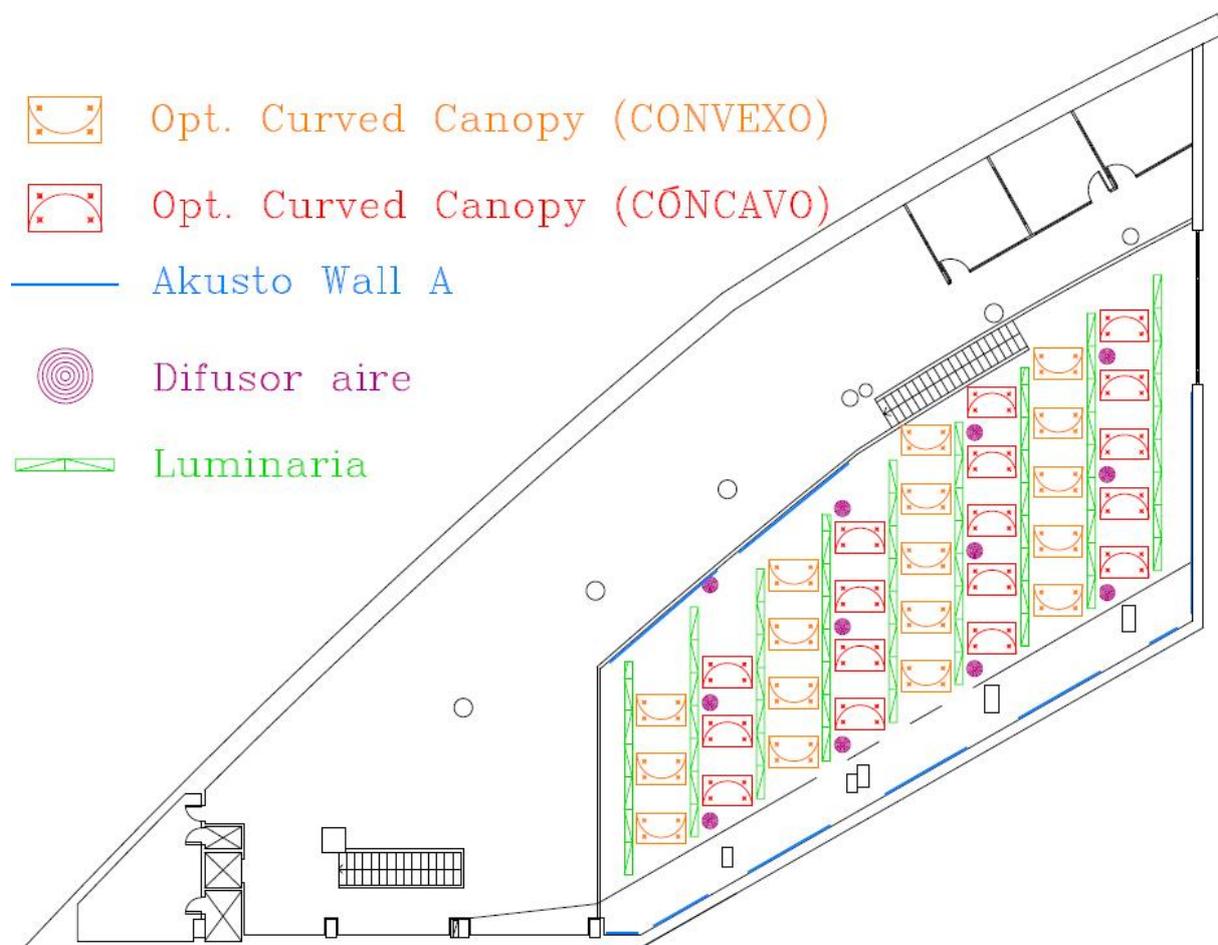


Figura 2.24 Distribución paneles en el recinto

En total se instalarán 58 paneles, repartiéndose entre techo y paredes de la siguiente forma:

- OPTIMA CURVED CANOPY: **34**
- AKUSTO™ WALL A: **24**

Para la colocación de los paneles Optima Curved Canopy se ha tenido en cuenta la línea natural que describe el tragaluz a lo largo de la biblioteca; para ello los paneles se han colocado siguiendo líneas paralelas a la ya mencionada:

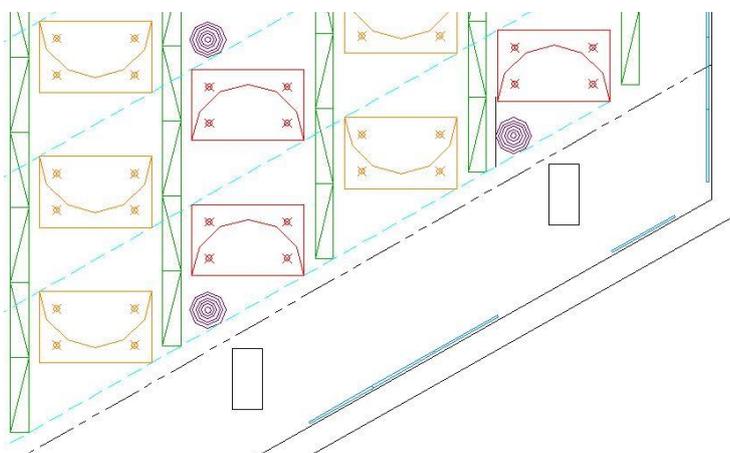


Figura 2.25 Líneas seguidas en el diseño

Los paneles curvos se alternarán (cóncavos y convexos), haciendo que su distribución sea visualmente más atractiva. Para diferenciarlos con mayor facilidad en el plano, han sido dibujados de distinta forma:

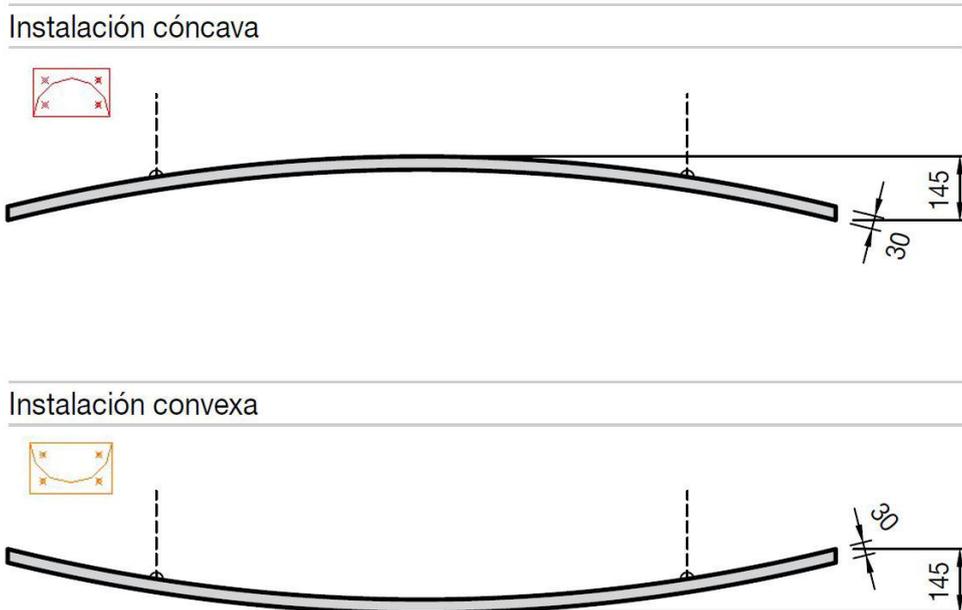


Figura 2.26 Posiciones de los paneles Optima Curved Canopy [4]

El sistema de anclaje podrá ser encontrado en el ANEXO DOCUMENTOS, en la documentación propia de este modelo de panel. Además, la longitud de los cables de suspensión será de 0'5 m.

Vista del plano

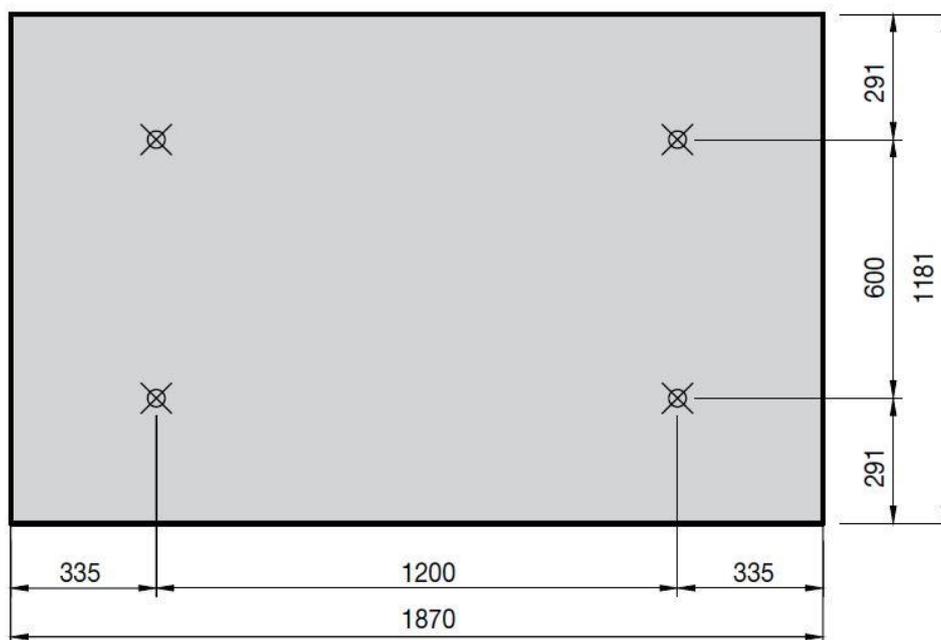


Figura 2.27 Diseño panel Optima Curved Canopy [4]

El diseño de la biblioteca albergará 34 de estos paneles, cuya colocación se ha visto en la figura en planta de la biblioteca. Ahora, se debe calcular a cuanta superficie absorbente equivale:

$$\text{OPTIMA CURVE CANOPY} = 34 \cdot 1'87 \cdot 1'181 \cdot 2'93$$

$$\text{OPTIMA CURVE CANOPY} = 220 \text{ m}^2$$

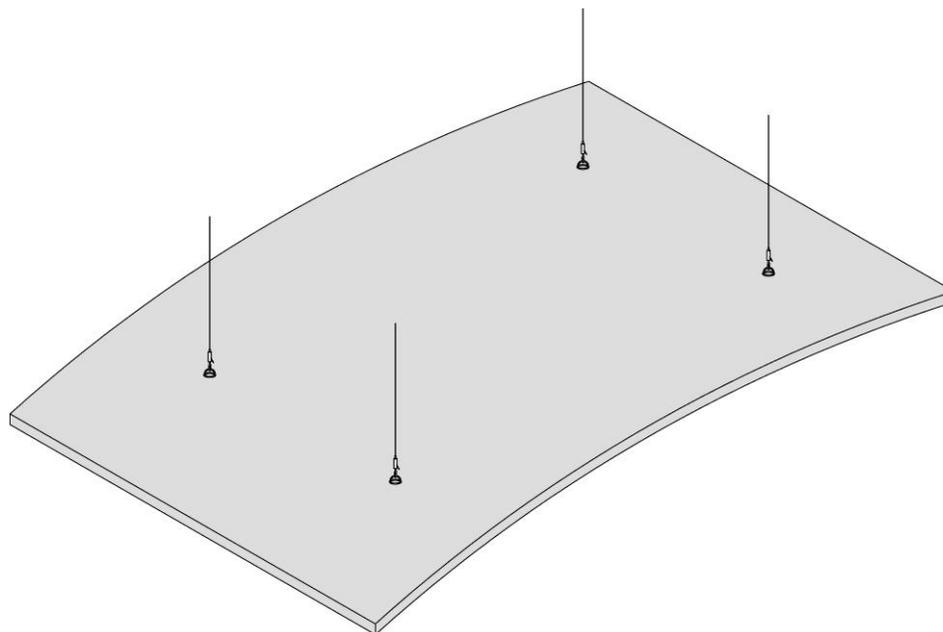
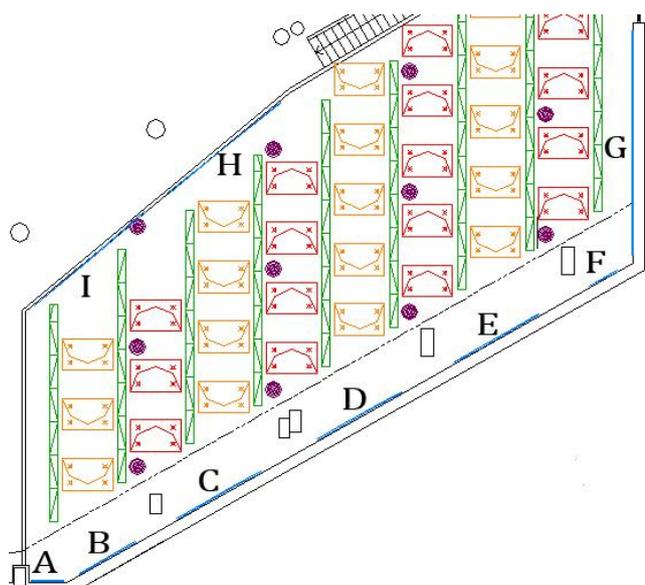


Figura 2.28 Representación 3D del panel Optima Curved Canopy



Como ya se ha dicho, la solución vertical pasa por colocar 24 paneles modelo Akusto™ Wall A. Sus dimensiones son de 2700x1200 mm, debido a ello se distinguirán para dos superficies distintas, dos orientaciones.

En las paredes de la fachada sur y este se colocarán vertical, llegando a un total de 21 paneles, mientras que en la balaustrada que bordea el recinto central por la parte norte, irán en horizontal, llevando 4 paneles.

Figura 2.29 Conjuntos de paneles Akusto™ Wall A

| VERTICAL (V) | HORIZONTAL (H) |
|--------------|----------------|
|              |                |

Tabla 2.10 Orientación de paneles Akusto™ Wall A

| Letra       | A | B | C | D | E | F | G | H | i |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cantidad    | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 7 | 2 | 2 |
| Orientación | V | V | V | V | V | V | V | H | H |

Tabla 2.11 Cantidad y orientación de paneles Akusto™ Wall A

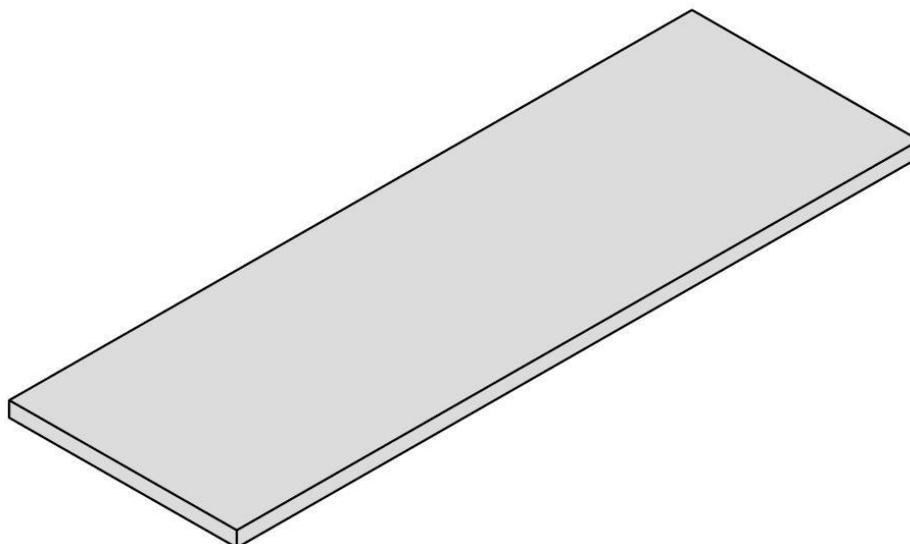


Figura 2.30 Representación 3D del panel Akusto™ Wall A

La superficie absorbente que aportarán estos paneles distribuidos por todo el recinto central de la biblioteca será:

$$AKUSTO^{TM} WALL A = 24 \cdot 2'7 \cdot 1'2 \cdot 1$$

**AKUSTO™ WALL A = 77'76 m<sup>2</sup>**



**CTE**  
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

## Documento básico HR protección frente a ruido

**Cálculo del tiempo de reverberación y la absorción acústica. Método general.**

**Datos de entrada**

**Volumen del recinto**

Volumen  $V_r$  (m<sup>3</sup>)

Tipo de recinto Aulas y salas de conferencia vacías

**Resultado**

Área equivalente  $A$  (m<sup>2</sup>) 478.318

|                                |             |                            |     |
|--------------------------------|-------------|----------------------------|-----|
| Resultado Cálculo $T_{60}$ (s) | <b>0.61</b> | Requisito CTE $T_{60}$ (s) | 0.7 |
|--------------------------------|-------------|----------------------------|-----|

0.61 ≤ 0.7 CUMPLE

**Paramentos**

|   | Paramentos                   | $\alpha_{m,i}$ | $S_i$ (m <sup>2</sup> ) | $\alpha_{m,i} \cdot S_i$ |
|---|------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | Terrazo                      | 0.02           | 305.82                  | 6.1164                   |
| 2 | Enlucido de yeso             | 0.01           | 401.1                   | 4.011                    |
| 3 | Vidrio                       | 0.04           | 62.65                   | 2.506                    |
| 4 | Madera y paneles de madera   | 0.08           | 78.23                   | 6.2584                   |
| 5 | Hormigón pintado             | 0.07           | 6.35                    | 0.4445                   |
| 6 | Placa de yeso laminado (PYL) | 0.06           | 188.61                  | 11.3166                  |
| 7 | -                            | -              | 0                       | 0                        |

**Muebles fijos absorbentes**

|   | Muebles              | $A_{0,m,i}$ |
|---|----------------------|-------------|
| 1 | Estanterías          | 38          |
| 2 | Muebles              | 1.92        |
| 3 | Mesas                | 5.6         |
| 4 | Sillas               | 27.2        |
| 5 | Huecos               | 33.74       |
| 6 | Optima Curved Canopy | 220         |
| 7 | Akusto Wall A        | 77.76       |



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE FOMENTO

Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR protección frente a ruido, del CTE

Figura 2.31 Compilación cálculos Solución A con la herramienta oficial del DB HR [20]

### 2.3.3 SOLUCIÓN B: Optima L Canopy + Akusto™ Wall A

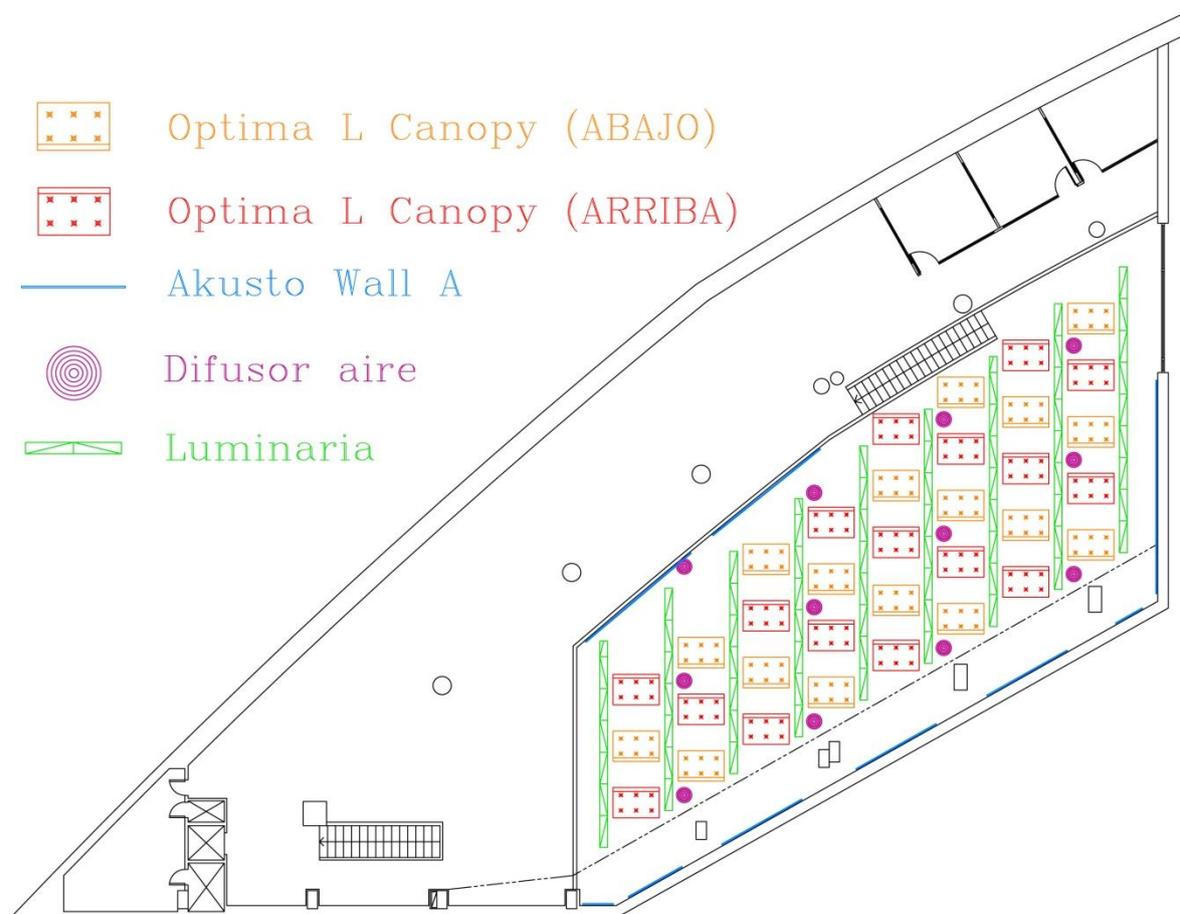


Figura 2.32 Distribución paneles en el recinto

Para esta solución se escogerá los paneles rectangulares Optima L Canopy 1200x1800x40 mm., instalándose un total de 58 paneles, repartidos entre techo y paredes de la siguiente forma:

- OPTIMA L CANOPY: **34**
- AKUSTO™ WALL A: **24**

Al igual que en la SOLUCIÓN A, para la colocación de los paneles Optima L Canopy se ha tenido en cuenta la línea natural que describe el tragaluz a lo largo de la biblioteca; para ello los paneles se han colocado siguiendo líneas paralelas a la ya mencionada:

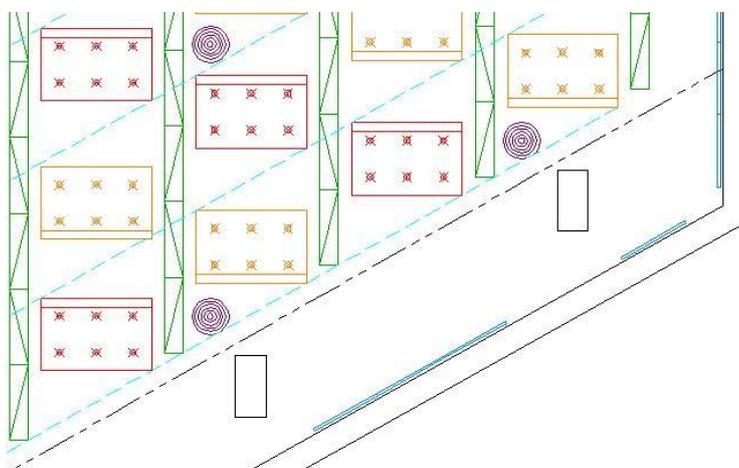
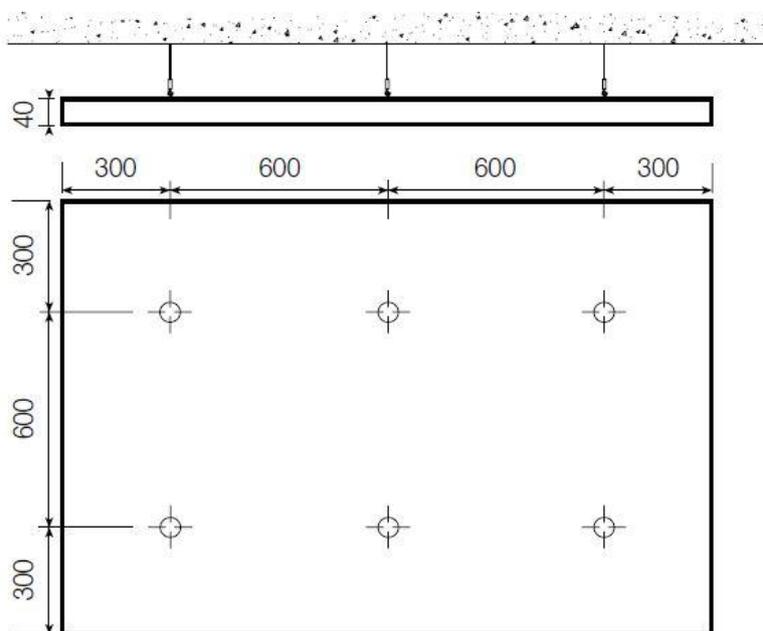


Figura 2.33 Líneas seguidas en el diseño

Estos paneles se alternarán ligeramente en altura, haciendo que su distribución sea visualmente más atractiva. Para diferenciarlos con mayor facilidad en el plano, han sido dibujados de distinta forma:



## Rectangular mediano B

1200 x 1800 x 40 mm

Figura 2.34 Diseño panel Optima L Canopy [5]

El sistema de anclaje podrá ser encontrado en el ANEXO DOCUMENTOS, en la documentación propia de este modelo de panel.

Como se ha mencionado antes, estos paneles irán alternando sus alturas, por lo que es necesario determinar cuál será la longitud de los cables de suspensión. En la siguiente imagen vemos de una forma más clara las figuras usadas para diferenciar las dos alturas de paneles, junto a la longitud de estos cables.

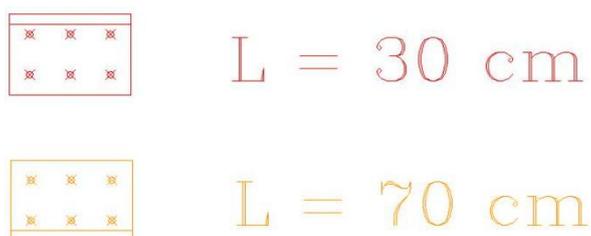


Figura 2.35 Longitud cables de suspensión

El diseño de la biblioteca albergará 34 de estos paneles, cuya colocación se ha visto en la figura en planta de la biblioteca. Ahora, se deberá calcular a cuanta superficie absorbente equivale:

$$\text{OPTIMA L CANOPY} = 34 \cdot 1'8 \cdot 1'2 \cdot 4'07$$

$$\text{OPTIMA L CANOPY} = 298'9 \text{ m}^2$$

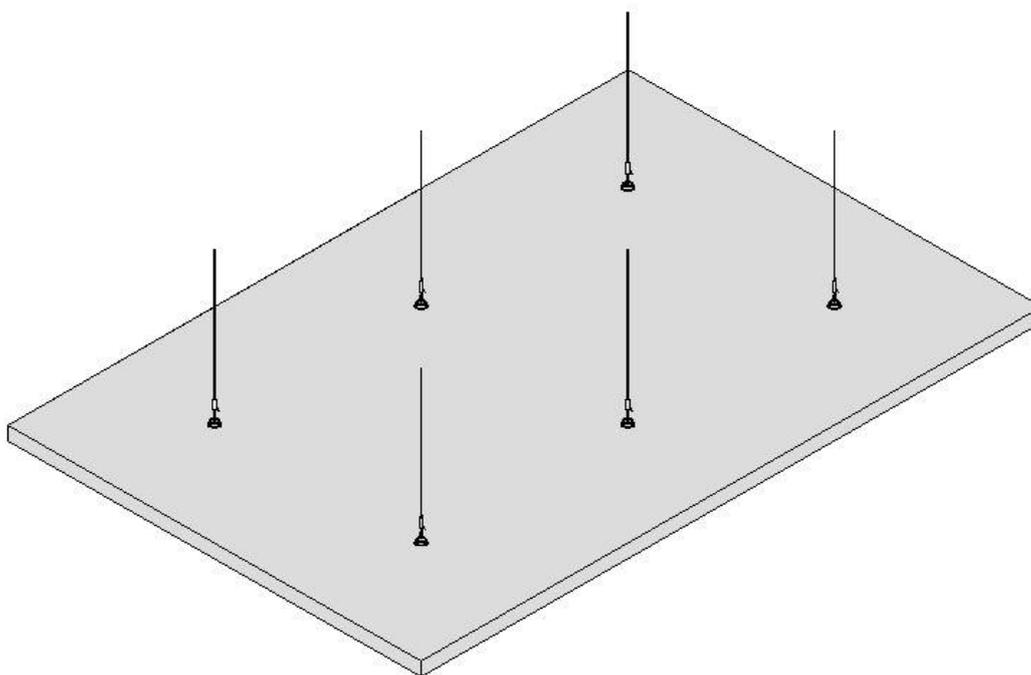


Figura 2.36 Representación 3D del panel Optima L Canopy

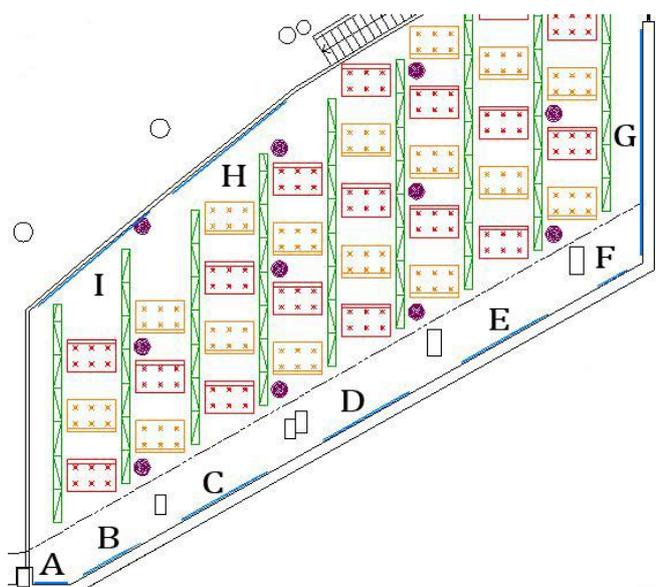


Figura 2.37 Conjuntos de paneles Akusto™ Wall A

Como ya se ha dicho, la solución vertical pasa por colocar 24 paneles modelo Akusto™ Wall A. Sus dimensiones son de 2700x1200 mm, debido a ello se distinguirán para dos superficies distintas, dos orientaciones.

En las paredes de la fachada sur y este se colocarán vertical, llegando a un total de 21 paneles, mientras que en la balaustrada que bordea el recinto central por la parte norte, irán en horizontal, llevando 4 paneles.



Tabla 2.12 Orientación de paneles Akusto™ Wall A

| Letra       | A | B | C | D | E | F | G | H | i |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cantidad    | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 7 | 2 | 2 |
| Orientación | V | V | V | V | V | V | V | H | H |

Tabla 2.13 Cantidad y orientación de paneles Akusto™ Wall A

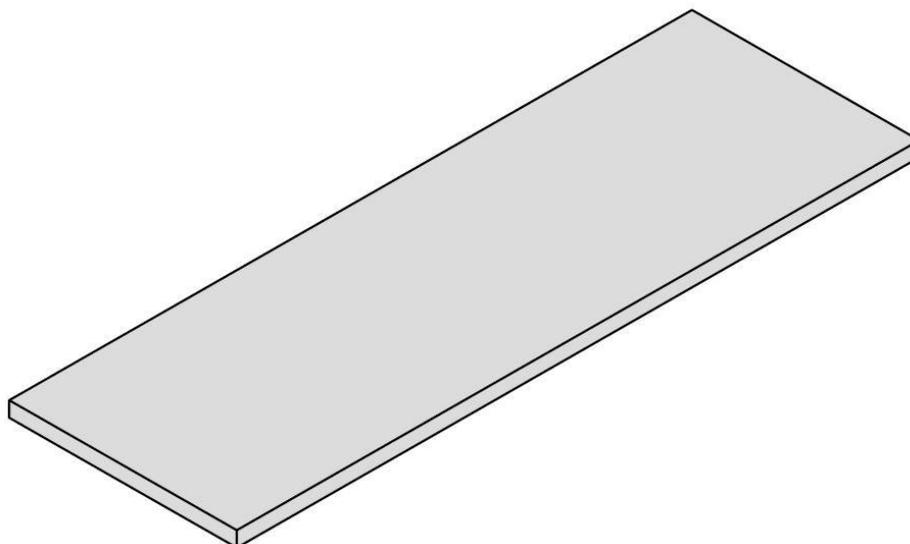


Figura 2.38 Representación 3D del panel Akusto™ Wall A

La superficie absorbente que aportarán estos paneles distribuidos por todo el recinto central de la biblioteca será:

$$AKUSTO^{TM} WALL A = 24 \cdot 2'7 \cdot 1'2 \cdot 1$$

$$AKUSTO^{TM} WALL A = 77'76 \text{ m}^2$$



**CTE**  
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

### Documento básico HR protección frente a ruido

**Cálculo del tiempo de reverberación y la absorción acústica. Método general.**

**Datos de entrada**

**Volumen del recinto**

Volumen  $V_r$  (m<sup>3</sup>)

Tipo de recinto Aulas y salas de conferencia vacías

**Resultado**

Área equivalente  $A$  (m<sup>2</sup>)

|                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Resultado<br>Cálculo $T_{60}$ (s) | Requisito CTE<br>$T_{60}$ (s) |
| 0.52                              | 0.7                           |

Tiempo de reverberación  $T$  (s) 0.52 ≤ 0.7 CUMPLE

**Paramentos**

|   | Paramentos                   | $\alpha_{m,i}$ | $S_i$ (m <sup>2</sup> ) | $\alpha_{m,i} \cdot S_i$ |
|---|------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | Terrazo                      | 0.02           | 305.82                  | 6.1164                   |
| 2 | Enlucido de yeso             | 0.01           | 401.1                   | 4.011                    |
| 3 | Vidrio                       | 0.04           | 62.65                   | 2.506                    |
| 4 | Madera y paneles de madera   | 0.08           | 78.23                   | 6.2584                   |
| 5 | Hormigón pintado             | 0.07           | 6.35                    | 0.4445                   |
| 6 | Placa de yeso laminado (PYL) | 0.06           | 185.84                  | 11.1504                  |
| 7 | -                            | -              | 0                       | 0                        |

**Muebles fijos absorbentes**

|   | Muebles         | $A_{O,m,i}$ |
|---|-----------------|-------------|
| 1 | Estanterías     | 38          |
| 2 | Muebles         | 1.92        |
| 3 | Mesas           | 5.6         |
| 4 | Sillas          | 27.2        |
| 5 | Huecos          | 33.74       |
| 6 | Optima L Canopy | 298.9       |
| 7 | Akusto Wall A   | 77.26       |



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE FOMENTO

Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR protección frente a ruido, del CTE

Figura 2.39 Compobación cálculos Solución B con la herramienta oficial del DB HR [20]

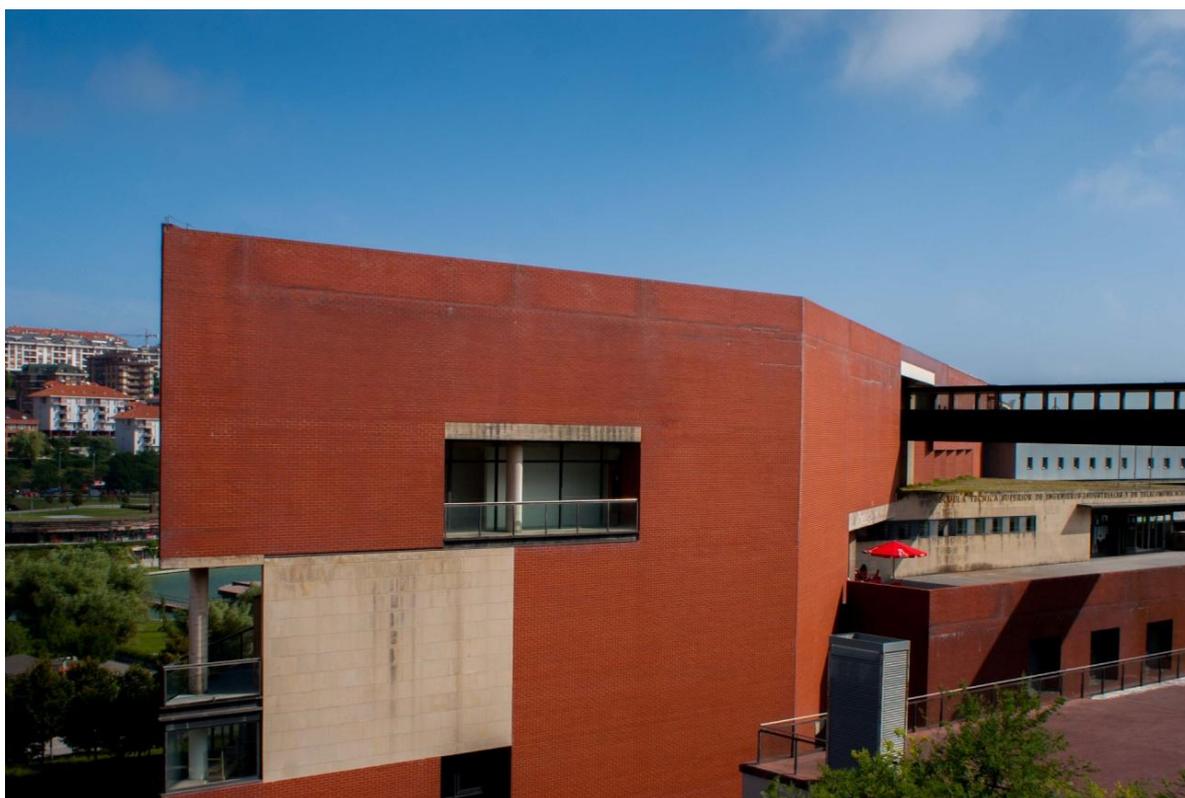
## 2.4 GALERÍA FOTOGRÁFICA



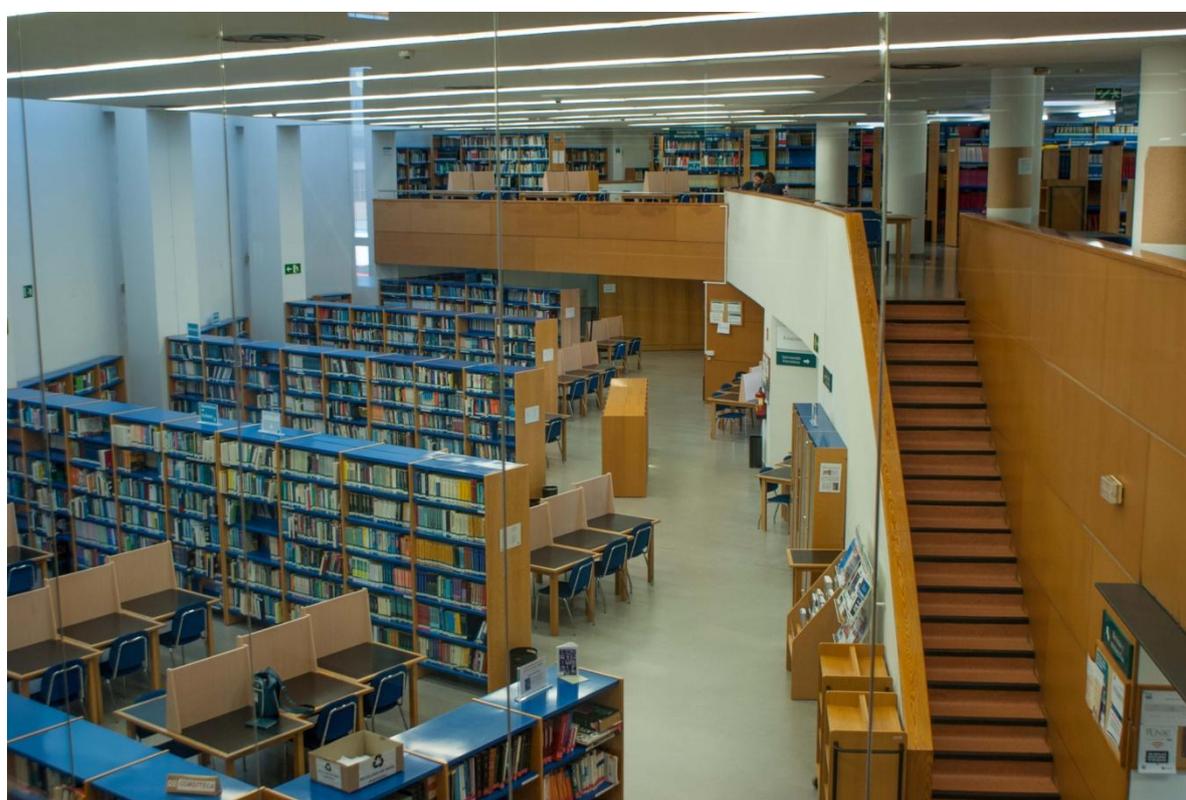
*Figura 2.40 Fotografía edificio y biblioteca de la ETSIT*



*Figura 2.41 Fotografía fachada norte de la ETSIT*



*Figura 2.42 Fotografía fachada sur de la ETSIT*



*Figura 2.43 Vista general superior*



*Figura 2.44 Vista general inferior derecha*



*Figura 2.45 Vista general inferior izquierda*



*Figura 2.46 Vista este (Planta +1 y Planta+2)*



*Figura 2.47 Vista este (Planta +2)*



*Figura 2.48 Vista oeste (Planta +1 y Planta +2)*



*Figura 2.49 Vista oeste (Planta +2)*



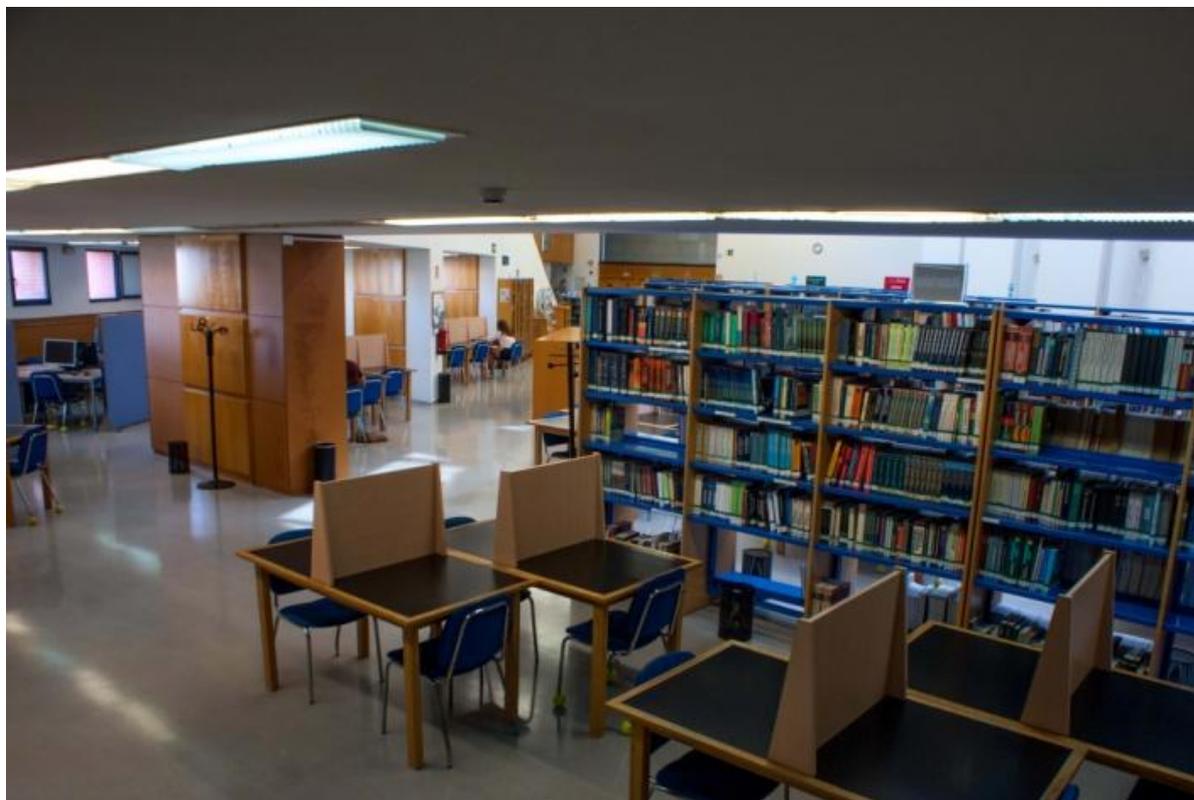
*Figura 2.50 Tragaluz (Planta +2)*



*Figura 2.51 Vista este fondo (Planta +2)*



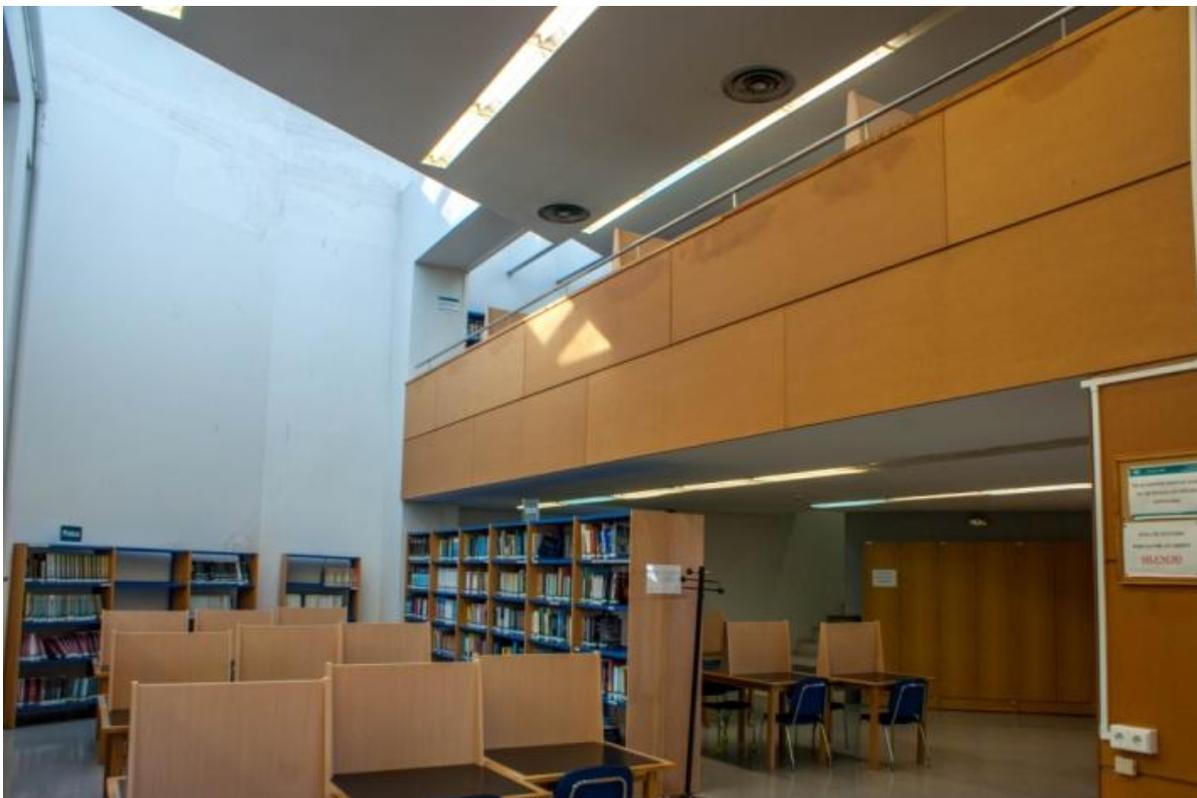
*Figura 2.52 Escaleras del fondo (Planta +2)*



*Figura 2.53 Vista oeste (Planta +1)*



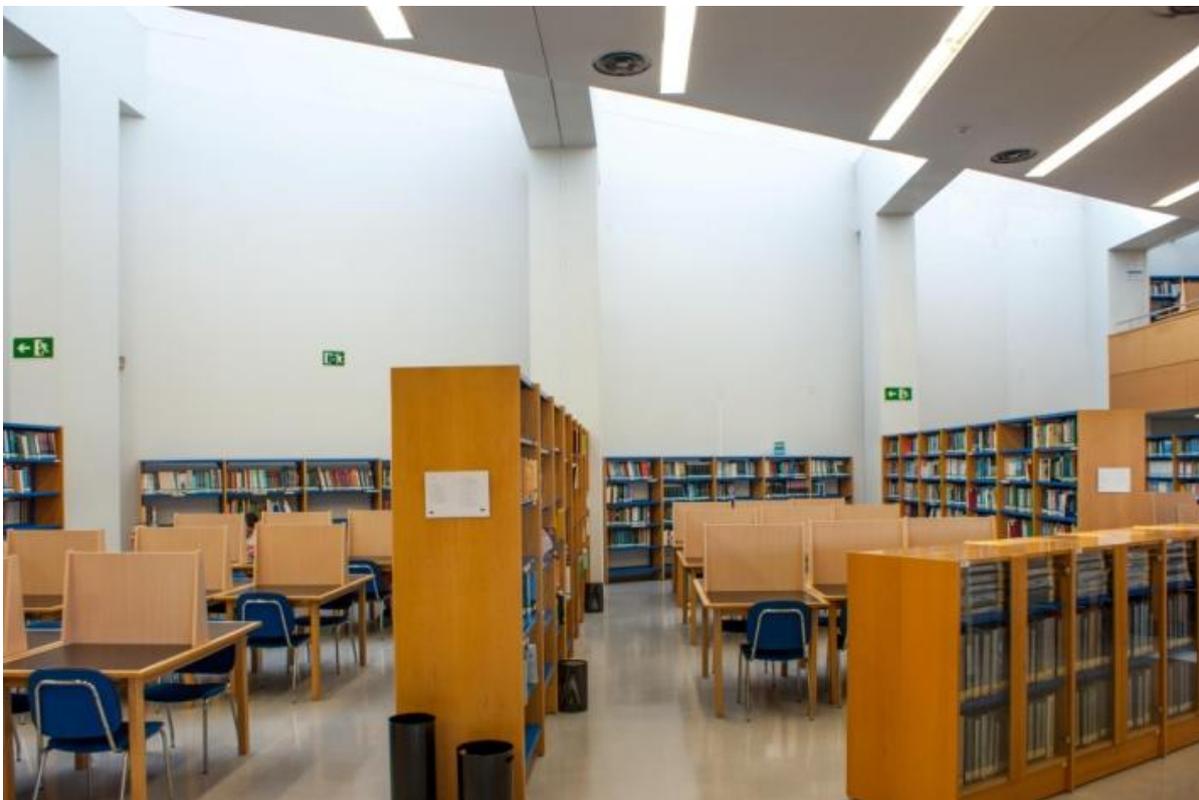
*Figura 2.54 Zona de ordenadores (Planta +1)*



*Figura 2.55 Vista este (Planta +1)*



*Figura 2.56 Vista sur (Planta +1)*



*Figura 2.57 Vista norte (Planta +1)*

---

## 2.5 REFERENCIAS

- [1] AENOR. 2008. *UNE-EN ISO 3382-2:2008. Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios*. Madrid: AENOR.
- [2] AENOR. 2010. *UNE-EN ISO 5457:2000. Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo*. Madrid: AENOR.
- [3] ARMSTRONG SPAIN. *Inspiring Great Spaces*. [Consulta: 04 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.armstrong.es/>
- [4] ARMSTRONG SPAIN. *Optima Curved Canopy*. [Consulta: 10 de Octubre de 2015]. Disponible en: [http://www.armstrong.es/commclgeu/es-es/ceilings/optima-curved-canopy/canopy/\\_/N-1z13zvjZ1z141f2Z1z1405v](http://www.armstrong.es/commclgeu/es-es/ceilings/optima-curved-canopy/canopy/_/N-1z13zvjZ1z141f2Z1z1405v)
- [5] ARMSTRONG SPAIN. *Optima L Canopy*. [Consulta: 10 de Octubre de 2015]. Disponible en: [http://www.armstrong.es/commclgeu/es-es/ceilings/optima-l-canopy/fibra-mineral/canopy/\\_/N-1z13zvgZ1z141feZ1z141f2Z1z1405v](http://www.armstrong.es/commclgeu/es-es/ceilings/optima-l-canopy/fibra-mineral/canopy/_/N-1z13zvgZ1z141feZ1z141f2Z1z1405v)
- [6] AYUNTAMIENTO DE SANTANDER. 2012. *Plan General de Ordenación Urbana de Santander*. [Consulta: 04 de Octubre de 2015]. Disponible en: [http://portal.ayto-santander.es/portal/page/portal/inet\\_santander/ciudad/plan\\_ordenacion/plan\\_general\\_2012/planeamiento\\_vigente/plan\\_general/2\\_contenido](http://portal.ayto-santander.es/portal/page/portal/inet_santander/ciudad/plan_ordenacion/plan_general_2012/planeamiento_vigente/plan_general/2_contenido)
- [7] BUC UNICAN [Sitio Web]. 2012-2015. *Encuesta de satisfacción de usuarios*. Santander. [Consulta: 04 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.buc.unican.es/mision-y-memoria-anual-de-actividades>
- [8] CAPRA, R.M. 2013. *Optimización del Proyecto Acústico de un Recinto Multiuso*. Trabajo fin de máster. Universidad de Valladolid.
- [9] CASADO GARCÍA, M.E. *Cálculo del aislamiento acústico y determinación del tiempo de reverberación de un recinto mediante la herramienta de cálculo del DB HR*. Tesis de máster. Universidad de León y Valladolid.

- 
- [10] DISATE SPAIN. The best building work products. [Consulta: 04 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.disate.es/>
- [11] ECOPHON SPAIN. *Akusto™ Wall A*. [Consulta: 10 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.ecophon.com/es/products/Aplicaciones-Verticales/Akusto/Akusto--Wall-A/>
- [12] FERNÁNDEZ, L.; MARTÍN, T.; CASTILLO, J.; VALLINO, E. 2011. *Proyecto de acondicionamiento de local*. C/San Agustín N° 2, 8º. Zaragoza.
- [13] HARRIS, C.M. 1995. *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. 3ª edición. Madrid: McGraw-Hill.
- [14] INVESTIGATOR BRÜEL & KJÆR. 2260 Investigator, la solución flexible y eficaz. [Consulta: 21 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://bksv.es/doc/Bg1253.pdf>
- [15] LIARTE GARCÍA, S. 2013. *Procedimientos para la verificación in situ del aislamiento acústico según el DB-HR del Código Técnico de la Edificación*. Trabajo fin de carrera. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [16] MAÑÓ FRASQUET, J. 2010. *Aislamiento y acondicionamiento acústico de un auditorio para actuaciones en directo de bandas de música*. Tesis de máster. Universidad Politécnica de Valencia.
- [17] MENOCA MONTERO, M. *Estudio profesional de grabación*. Trabajo fin de carrera. Universidad de Cantabria.
- [18] MINISTERIO DE VIVIENDA. *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*. Código Técnico de la Edificación. Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (CSIC) con la colaboración de CEPCO y AICIA. Marzo de 2010.
- [19] MINISTERIO DE VIVIENDA. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido*. Código Técnico de la Edificación. Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (CSIC). Versión V2.0 Septiembre de 2014.

- [20] MINISTERIO DE VIVIENDA. *Herramienta de Cálculo del Documento Básico de Protección frente al ruido DB HR*. Código Técnico de la Edificación. Versión V.3.0 de Diciembre de 2011.
- [21] RECUERO LÓPEZ, M. 2001. Acondicionamiento acústico. 1ª edición. Madrid; Paraninfo.
- [22] RESONICS UK. London. *Acoustic Treatment Specialists*. [Consulta: 04 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://resonics.co.uk/>
- [23] ROMO-OROZCO, J.M. 2013. *Evaluación de los costes y beneficios de la implementación del aislamiento acústico en el mercado residencial de nueva planta en Barcelona*. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Cataluña.
- [24] UCO. Universidad de Córdoba. *Departamento de Física Aplicada*. [Consulta: 21 de Octubre de 2015]. Disponible en: <http://rabfis15.uco.es/>

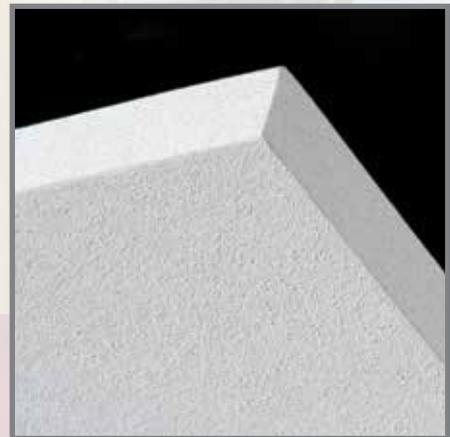
## **2.6 CATÁLOGOS**

Juntos, convertimos  
las ideas en realidad®

## OPTIMA CURVED CANOPY

- Mejore la acústica de su oficina, atrio o cualquier espacio diáfano con OPTIMA CURVED Canopy
- Instalación fácil y rápida bajo placa de cartón yeso, techo modular existente o bajo el forjado
- Acabado exclusivo con alta reflexión de la luz
- OPTIMA CURVED Canopy se puede instalar tanto como un elemento cóncavo como convexo, creando varias opciones de diseños a partir de un solo elemento Canopy
- OPTIMA CURVED Canopy le permite resaltar un área y expresar su creatividad

Centro universitario Steelcase (US) ▲



# OPTIMA CURVED CANOPY



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

|             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| Dimensiones | 1181 x 1870 x 30 mm         |
| Color       | Blanco (WH)                 |
| Canto       | Acabados laterales pintados |



## REFERENCIAS

| Referencias | Piezas/caja                     |
|-------------|---------------------------------|
| CS 2810 WH1 | OPTIMA CURVED Canopy - 1pz/caja |
| CS 2810 WH2 | OPTIMA CURVED Canopy - 2pz/caja |

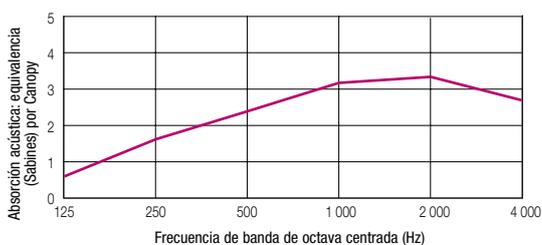
## CONTENIDO DEL KIT DE ACCESORIOS\*

|         |    |   |
|---------|----|---|
| CS 6636 | 2x | - Casquillo en forma espiral<br>- Cable de suspensión<br>- Cable regulador<br>- Casquillo de remate<br>- Casquillo con rosca interior<br>- Pieza de unión casquillo |
|---------|----|---|

\*Dos kits de accesorios por Canopy.

## DATOS ACÚSTICOS - Instalado a 1000 mm desde el forjado

Sabines/Producto\*\*: 2.93



\*\*Promedio de 500-4000 Hz, mediciones realizadas en laboratorio con elementos suspendidos desde 1000 mm. Para recibir más información sobre las propiedades acústica del Canopy, póngase en contacto con nuestro Departamento Técnico de Ventas.

## DIBUJO TÉCNICO (mm)

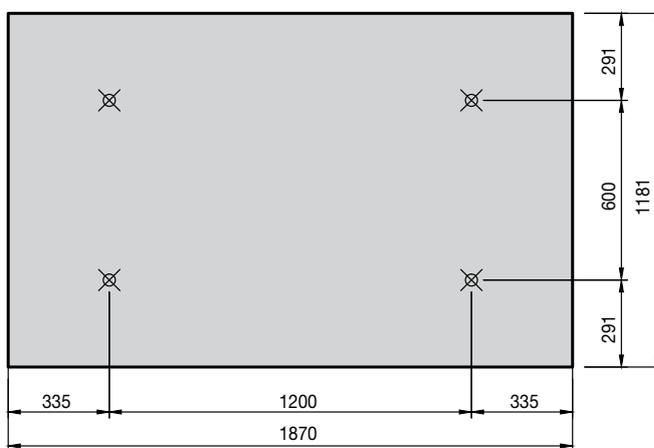
### Instalación cóncava



### Instalación convexa



### Vista del plano



Printed in E.C. on chlorine free paper from sustainable resources.

Armstrong Building Products F.C.S. Besançon B 784 131 575



EEA Euroclass B-s1, d0



90 % RH



8 kg/pz

EN 13501-1

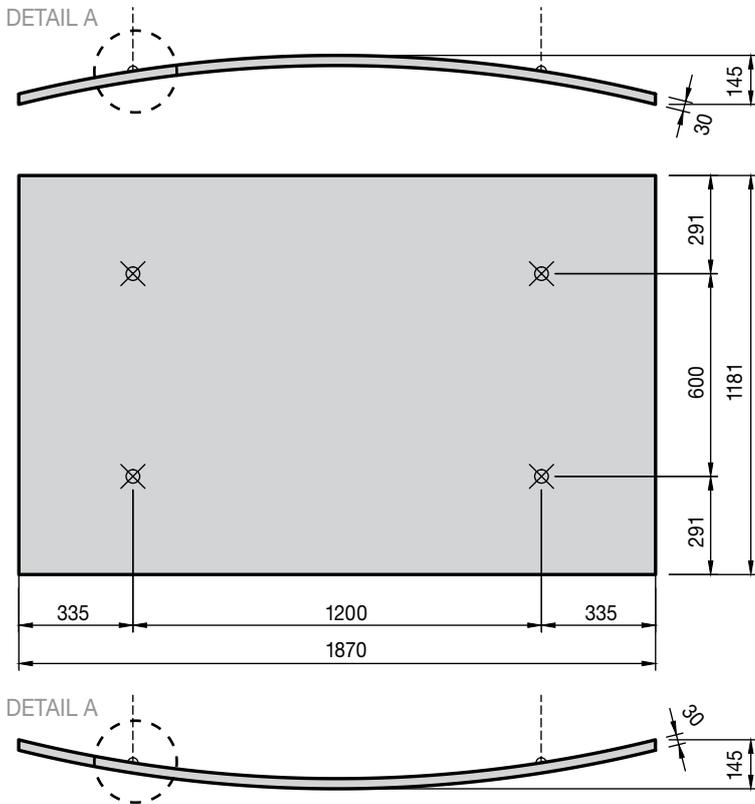
Contacte con nuestro Departamento técnico de Ventas para más información.

[www.armstrong.es](http://www.armstrong.es)

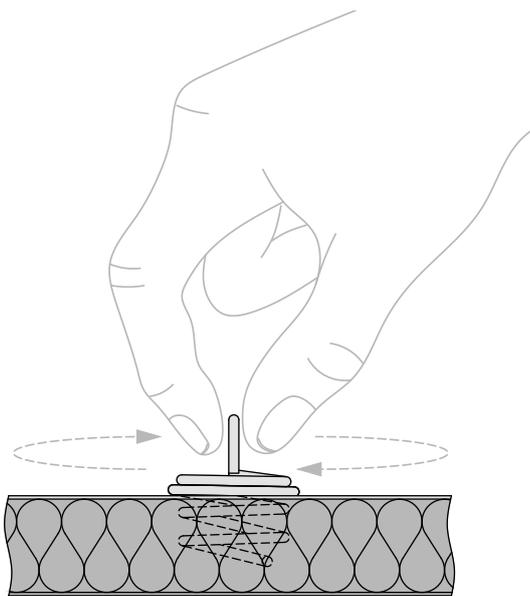
**Armstrong®**

# OPTIMA CURVED CANOPY

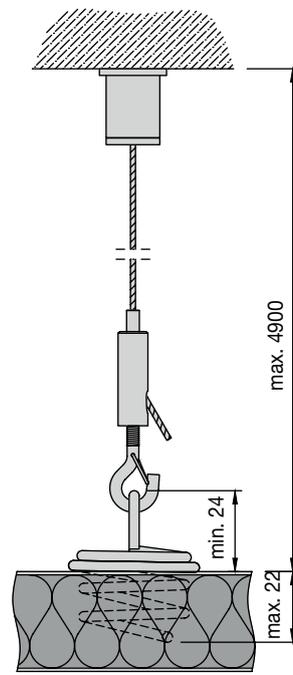
## CONCAVE INSTALLATION



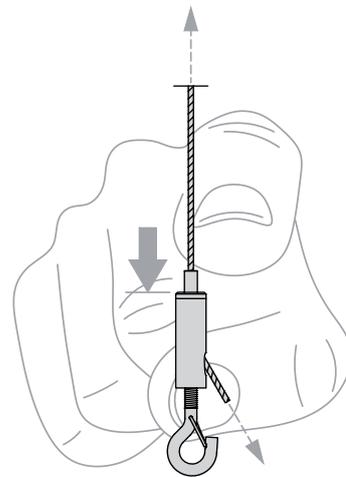
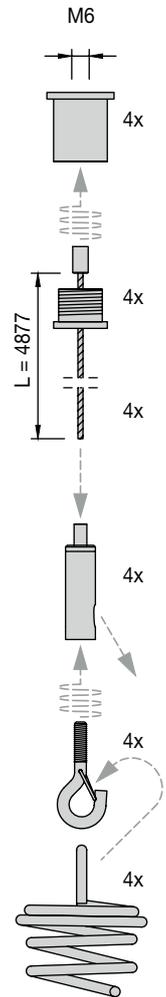
## CONVEX INSTALLATION



## DETAIL A



## CS 6636 items per canopy





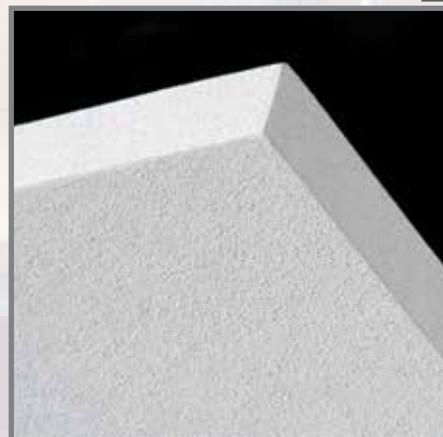
Juntos, convertimos  
las ideas en realidad®



Oficinas Cogeci (FR) ▲

## OPTIMA L CANOPY

- La gama OPTIMA L Canopy ofrece una solución económica de diseño para espacios diáfanos con una excelente absorción del sonido y reflexión de la luz.
- OPTIMA L Canopy se puede usar para ofrecer un diseño original a un nuevo espacio o para añadir novedad o renovar un área existente.
- Instalación fácil y rápida bajo placa de cartón yeso, techo modular existente o bajo forjado.
- OPTIMA L Canopy es un panel de fibra mineral disponible en 7 formas distintas.
- OPTIMA L Canopy es de color blanco, con un revestimiento de alta calidad en todos los lados.



# OPTIMA L CANOPY



Contenido reciclado

Reflexión de la luz

Inteligibilidad

Concentración

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

|        |   |
|--------|---|
| Color* | Blanco (WH)   |
| Canto  | - Acabados laterales pintados (Círculo)<br>- Acabado con velo |

\*Otros colores de RAL disponibles bajo petición especial



Todos los OPTIMA L Canopy son paneles planos

## REFERENCIAS

| Referencia  | Piezas/caja | Forma            | Sabines /elemento* |
|-------------|-------------|------------------|--------------------|
| CS 5045 WH2 | 2           | 600 x 1200 x 40  | 1.38               |
| CS 5045 WH4 | 4           | 600 x 1200 x 40  | 1.38               |
| CS 4976 WH2 | 2           | 1200 x 1200 x 40 | 2.76               |
| CS 4976 WH4 | 4           | 1200 x 1200 x 40 | 2.76               |
| CS 4977 WH2 | 2           | 900 x 1800 x 40  | 3.05               |
| CS 4977 WH4 | 4           | 900 x 1800 x 40  | 3.05               |
| CS 5046 WH2 | 2           | 1200 x 1800 x 40 | 4.07               |
| CS 5046 WH4 | 4           | 1200 x 1800 x 40 | 4.07               |
| CS 4978 WH2 | 2           | 1200 x 2400 x 40 | 5.22               |
| CS 4978 WH4 | 4           | 1200 x 2400 x 40 | 5.22               |
| CS 5137 WH2 | 2           | Ø 800 x 40       | 0.96               |
| CS 5137 WH4 | 4           | Ø 800 x 40       | 0.96               |
| CS 5138 WH2 | 2           | Ø 1200 x 40      | 2.17               |
| CS 5138 WH4 | 4           | Ø 1200 x 40      | 2.17               |

\* Promedio de 500-4000 HZ, mediciones realizadas en laboratorio con elementos suspendidos desde 1000 mm, según la norma EN ISO 354-2003. Para recibir más información sobre las propiedades acústicas del Canopy, póngase en contacto con nuestro Departamento técnico de Ventas.

## CONTENIDO DEL KIT

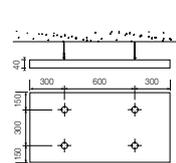
| Referencia | Descripción  |
|------------|--|
| CS 4979    | Optima L Canopy - Kit de suspensión<br>- 2 x fijaciones en espiral<br>- 2 x cables de suspensión<br>- 2 x ganchos de conexión<br>- 2 x reguladores de longitud del cable |

Cantidad de kit de suspensión necesario por tamaño de Canopy (se pide por separado):

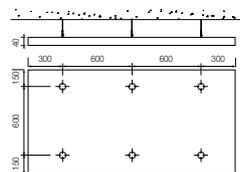
- 600 x 1200 x 40 mm = 2 de suspensión
- 1200 x 1200 x 40 mm = 2 de suspensión
- 900 x 1800 x 40 mm = 3 de suspensión
- 1200 x 1800 x 40 mm = 3 de suspensión
- 1200 x 2400 x 40 mm = 3 de suspensión
- Ø 800 x 40 mm = 2 de suspensión
- Ø 1200 x 40 mm = 2 de suspensión

NB: Kit de suspensión no está incluido.

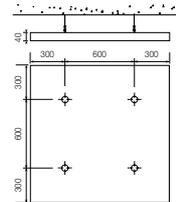
## FORMAS DISPONIBLES



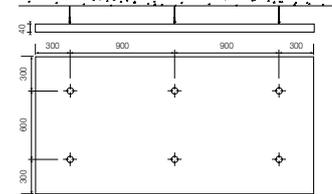
**Rectangular pequeña**  
600 x 1200 x 40 mm



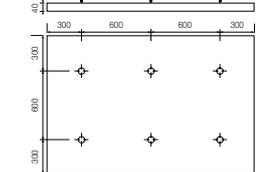
**Rectangular mediano A**  
900 x 1800 x 40 mm



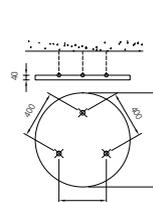
**Cuadrada**  
1200 x 1200 x 40 mm



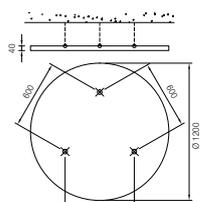
**Rectangular grande**  
1200 x 2400 x 40 mm



**Rectangular mediano B**  
1200 x 1800 x 40 mm



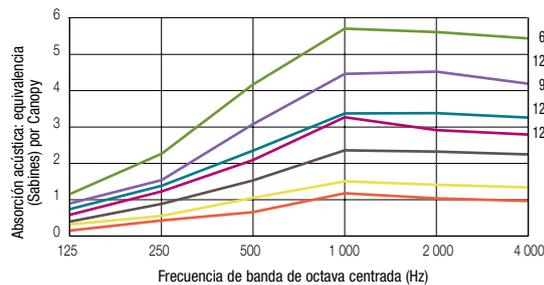
**Círculo pequeño**  
Ø 800 x 40 mm



**Círculo**  
Ø 1200 x 40 mm

## DATOS ACÚSTICOS - Instalado a 1000 mm desde el forjado

Ver arriba valores Sabine por elemento



EEA Euroclass B-s1, d0



90 % RH



Cuadrada: 6.9 kg/pz  
Rectangular pequeña: 3.7 kg/pz  
Rectangular mediano A: 7.8 kg/pz  
Rectangular mediano B: 11 kg/pz

Rectangular grande: 13.8 kg/pz  
Círculo pequeño: 2.4 kg/pz  
Círculo: 5.4 kg/pz



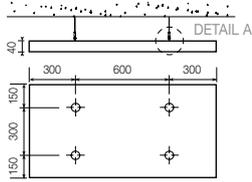
Contacte con nuestro Departamento técnico de Ventas para más información.

[www.armstrong.es](http://www.armstrong.es)

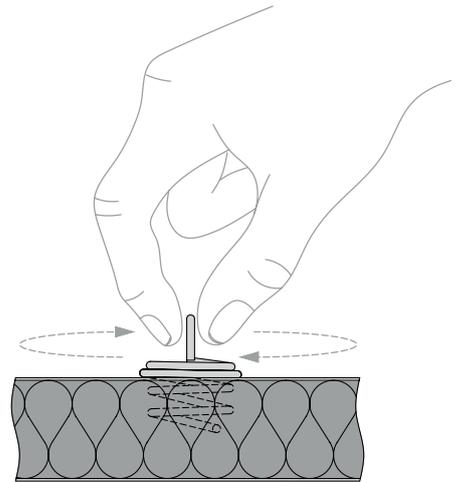
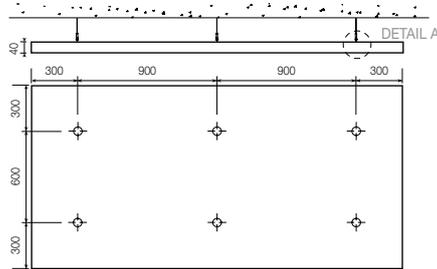


# OPTIMA L CANOPY

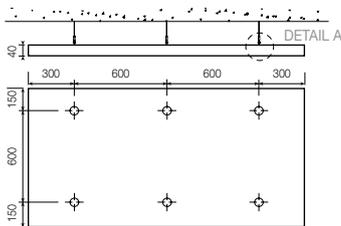
Small Rectangle - 600 x 1200 mm



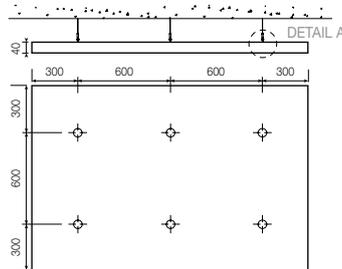
Large Rectangle - 1200 x 2400 mm



Medium Rectangle A - 900 x 1800 mm

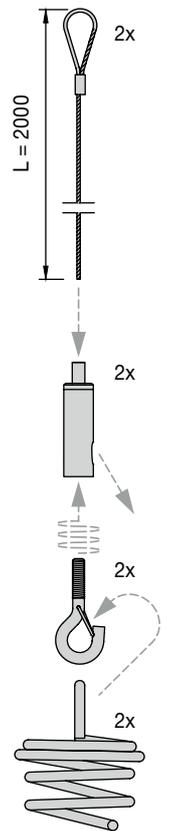
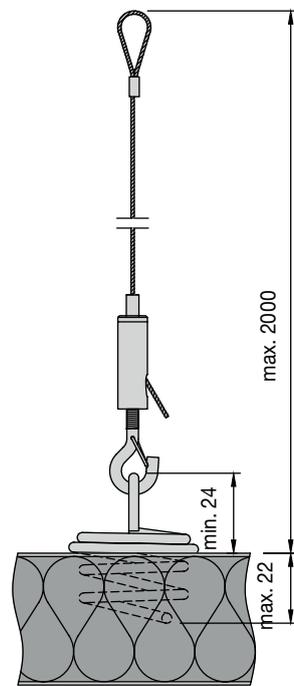


Medium Rectangle B - 1200 x 1800 mm

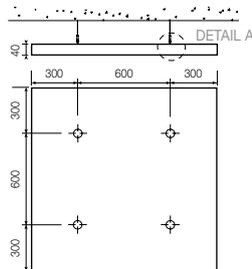


DETAIL A

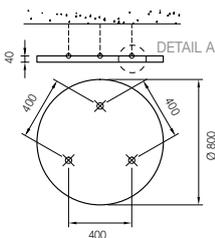
CS 4979  
Items/kit



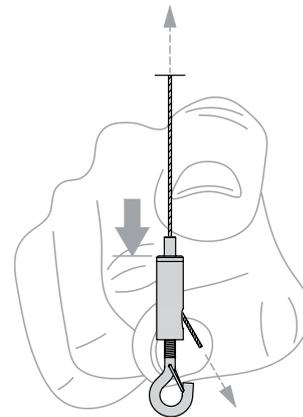
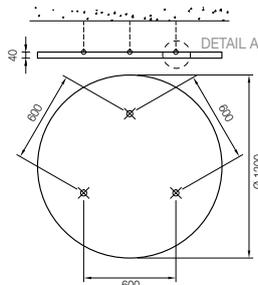
Square - 1200 x 1200 mm



Small Circle - Ø 800 mm



Circle - Ø 1200 mm





# Ecophon Akusto™ Wall A

Para emplearlo como absorbente de pared, bien complementando o como alternativa al techo, para lograr excelentes condiciones acústicas en la sala. Ecophon Akusto Wall A consta de un sistema de perfilería visto.

El sistema está compuesto por paneles Ecophon Akusto Wall A y perfilería Ecophon Connect con un peso aproximado de 4 kg/m<sup>2</sup>. Los paneles están fabricados en lana de vidrio de alta densidad de 3ª generación. La superficie vista está compuesta por un tejido de fibra de vidrio (denominado Texona) o bien un tejido de fibra de vidrio resistente a impactos (Super G), y está también disponible con la superficie pintada (Akutex™ FT). La cara posterior del panel está revestida con un tisú de vidrio. Los

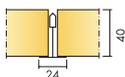
cantos no están revestidos. La gama Texona ofrece una superficie reflectante, ver diagrama de absorción.

Para conseguir el mejor rendimiento y calidad del sistema, recomendamos el uso de los perfiles y accesorios Ecophon Connect. Los perfiles son de acero galvanizado (Connect Perfil perimetral angular "C") o bien de aluminio (Connect Marco perimetral Thinline).



Lielchīkietekstus, Tampere, Finland

## RANGO DEL SISTEMA



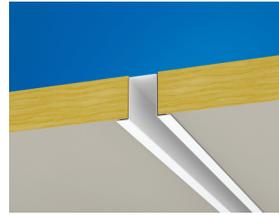
|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| Formato, mm              | 2700x1200     |
| Thinline Profile         | •             |
| WP Profile               | •             |
| Espesor (Gr)             | 40            |
| Diagrama de instalación. | M353,<br>M304 |



Akusto Wall A



Panel de pared con marco Connect Perfil perimetral angular "C"



Sistema con Connect Perfil omega entre paneles



Connect Marco perimetral Thinline



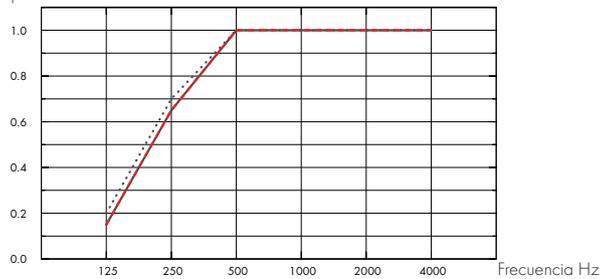
## Acústica

### Absorción de sonido:

Resultados de ensayo de absorción acústica según EN ISO 354.

Clasificación conforme a EN ISO 11654, y evaluación de valores de Coeficiente de Reducción de Ruido (NRC) y Media de Absorción del Sonido (SAA) según ASTM C 423.

$\alpha_p$  Coeficiente práctico de absorción de sonido



... Akusto Wall A Akutex FT 40 mm, 43 mm o.d.s.

— Akusto Wall A Texona 40 mm, 43 mm o.d.s.

--- Akusto Wall A Super G 40 mm, 43 mm o.d.s.

o.d.s = g.t.s. = grosor total del sistema

|           | Gr mm | g.t.s. mm | $\alpha_p$ Coeficiente práctico de absorción de sonido |        |        |         |         |         | $\alpha_w$ | Clase de absorción de |
|-----------|-------|-----------|--|--------|--------|---------|---------|---------|------------|-----------------------|
|           |       |           | 125 Hz   | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz |            |                       |
| Akutex FT | 40    | 43        | 0,20   | 0,70   | 1,00   | 1,00    | 1,00    | 1,00    | 1,00       | A                     |
| Texona    | 40    | 43        | 0,15   | 0,65   | 1,00   | 1,00    | 1,00    | 1,00    | 1,00       | A                     |
| Super G   | 40    | 43        | 0,15   | 0,65   | 1,00   | 1,00    | 1,00    | 1,00    | 0,95       | A                     |

|       |  |
|-------|--|
| Gr mm | AC(1.5)                                    |
|       | Articulation Class, ASTM E1111, ASTM E1110 |
| 40    | 230  |



### Accesibilidad

Las placas no son desmontables excepto en los casos de los diagramas de instalación indicados. Ver especificaciones.



### Limpieza

Permitida su limpieza semanal con una esponja húmeda y un detergente ligeramente alcalino (Super G y superficie Akutex FT). Posible limpieza semanal en seco (superficie Texona).



### Apariencia Visual

El Panel de pared en blanco tiene una reflectancia de la luz elevada. La reflectancia de la luz y la muestra de color NCS más aproximada para todos los colores diferentes: Consultar la Gama de Colores Ecophon.



## Resistencia a la humedad

Los paneles soportan una humedad relativa permanente del ambiente de hasta 95% a 30 °C (Super G y superficie Akutex FT) y RH hasta 75% a 30°C (superficie Texona) sin oscilar, combarse o laminarse (EN 13964). Resistencia térmica de los paneles,  $R_p=1,0 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ . Colocado sobre un muro de fachada, proporciona un aislamiento térmico adicional.



## Clima Interior

### Certificado / Sello

|  |   |
|--|---|
| Finish M1                              | • |
| French VOC A+                          | • |
| Swedish Asthma and Allergy Association | • |
| Danish Indoor Climate Label            | • |
| California Emission Regulation, CDPH   | • |



## Impacto Medioambiental

### Certificado / Sello

|                     |   |
|---------------------|---|
| The Nordic Ecolabel | • |
|---------------------|---|

Totalmente reciclable.



## CO<sub>2</sub>

|   |      |
|---|------|
| Kg CO <sub>2</sub> equiv/m <sup>2</sup> | 3,97 |
|---|------|

De la EPD en conformidad con el ISO 14040



## Seguridad contra incendios

| País   | Estándar   | Clase    |
|--------|------------|----------|
| Europa | EN 13501-1 | A2-s1,d0 |

Núcleo de lana clasificado como incombustible de acuerdo con EN ISO 1182. Consulte las exigencias seguridad contra incendios.



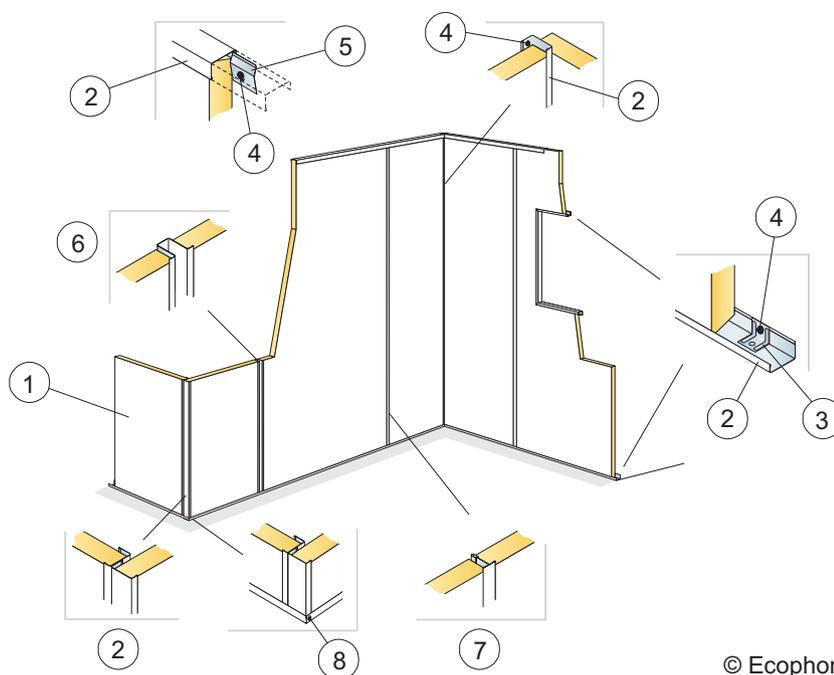
## Propiedades mecánicas

La superficie Texona presenta una leve resistencia al impacto. El revestimiento Super G está fabricado en fibra de vidrio y tiene alta resistencia anti-impacto. El diagrama de instalación M353 ha sido probado según la norma EN13964 anexo D y DIN18032 parte 3 y satisface las exigencias correspondientes a la clase 1A. Por favor, considere: En lugares en los que el panel esté sujeto a golpes e impactos frecuentes, ej. Tras una portería, será necesario añadir mayor protección, como redes o entramados de madera.



## Instalación

Instalado según diagrama de instalación que incluye información referente a la profundidad mínima total del sistema. El sistema no debe utilizarse detrás de porterías o áreas similares donde se produzcan impactos fuertes y frecuentes de balones. En esos casos se recomienda el uso de una red protectora delante del panel.



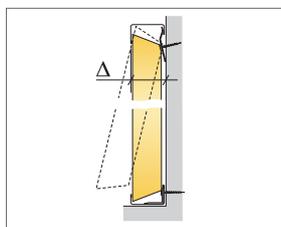
© Ecophon Group

### REPERCUSION M2 (EXCLUYENDO DESPERDICIOS)

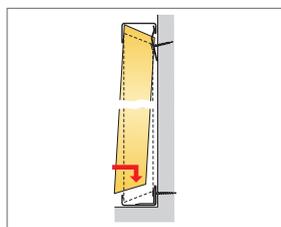
|   |  | <b>Formato, mm</b>  |
|---|--|---------------------|
|   |  | <b>2700x1200</b>    |
| 1 | Ecophon Akusto Wall A  | 0,31/m <sup>2</sup> |
| 2 | Connect Perfil perimetral angular "C", fijado cada 300mm. Connect Escuadra de fijación 90° se coloca en cada fijacion si el panel Akusto no esta apoyado en el suelo.                | como se requiera    |
| 3 | Connect Direct fixing plate  | como se requiera    |
| 4 | Connect Tornillo de instalación MVL (para fijar sobre yeso o madera)   | como se requiera    |
| 5 | Connect Pletina Fixing Bracket, fijada cada 400 mm   | como se requiera    |
| 6 | Alt.1 Connect Perfil omega   | como se requiera    |
| 7 | Alt.2 Connect Perfil primario T24, no se emplea en una instalación que deba resistir impactos. (Instalación: mantener la posición con perfil Connect Perfil perimetral angular "C"). | como se requiera    |
| 8 | Connect Tornillo de instalación BR   | como se requiera    |

Δ Profundidad mínima total del sistema: 44 mm

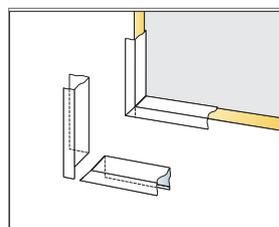
Para instalaciones que deban resistir impactos: Emplear perfiles HD y asegurar la unión con Connect Tornillo de instalación BR donde sea necesario.



Ver cantidad especificada



Detalle de la instalación

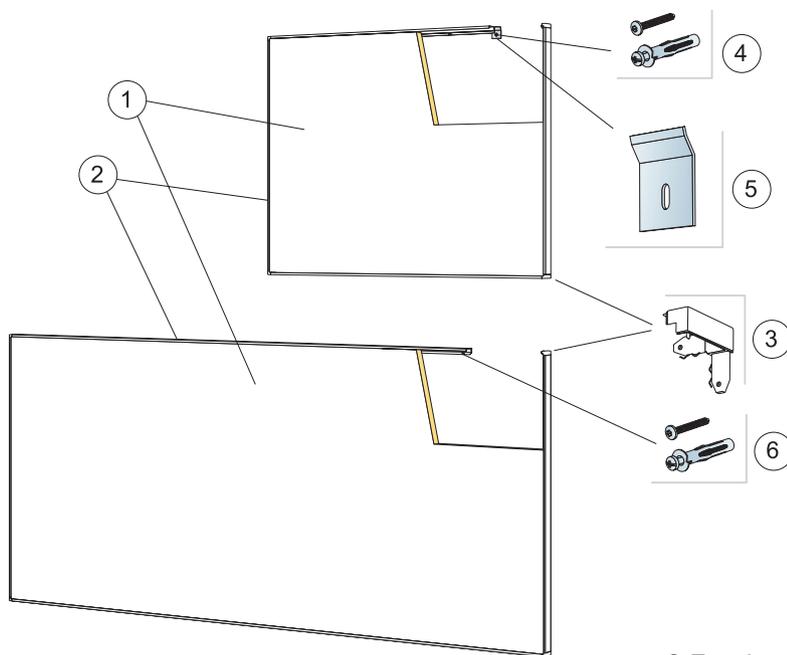


Corte en inglete para la esquina interior

| Formato, mm | Máxima carga dinámica [N] | Mínima capacidad de carga [N] |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|
| 2700x1200   | 0                         | -                             |

Capacidad de carga

## DIAGRAMA DE INSTALACIÓN (M304) PARA ECOPHON AKUSTO WALL A CON CONNECT PERFIL THINLINE.



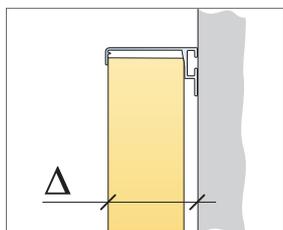
© Ecophon Group

### REPERCUSION M2 (EXCLUYENDO DESPERDICIOS)

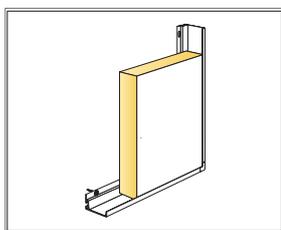
|  | <b>Formato, mm</b>  |
|--|---------------------|
|  | <b>2700x1200</b>    |
| 1 Ecophon Akusto Wall A  | 0,31/m <sup>2</sup> |
| 2 Connect Marco perimetral Thinline, L=2678mm  | como se requiera    |
| 3 Connect Pieza de esquina Thinline  | como se requiera    |
| 4 Alt 1: Tornillo de instalación (selección tipología de tornillo según material del paramento)                        | como se requiera    |
| 5 Alt 1: Connect Pletina Fixing Bracket, fijada cada 400 mm  | como se requiera    |
| 6 Alt 2: Tornillo de instalación, instalado cada 200 mm (selección tipología de tornillo según material del paramento) | como se requiera    |

Δ Profundidad mínima total del sistema: 49 mm

Alt. 1: Superficie máxima de panel 1,45 m<sup>2</sup>.



Ver cantidad especificada



Detalle de panel con sistema Thinline



| Formato, mm | Máxima carga dinámica [N] | Mínima capacidad de carga [N] |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|
| 2700x1200   | 0                         | -                             |

Capacidad de carga



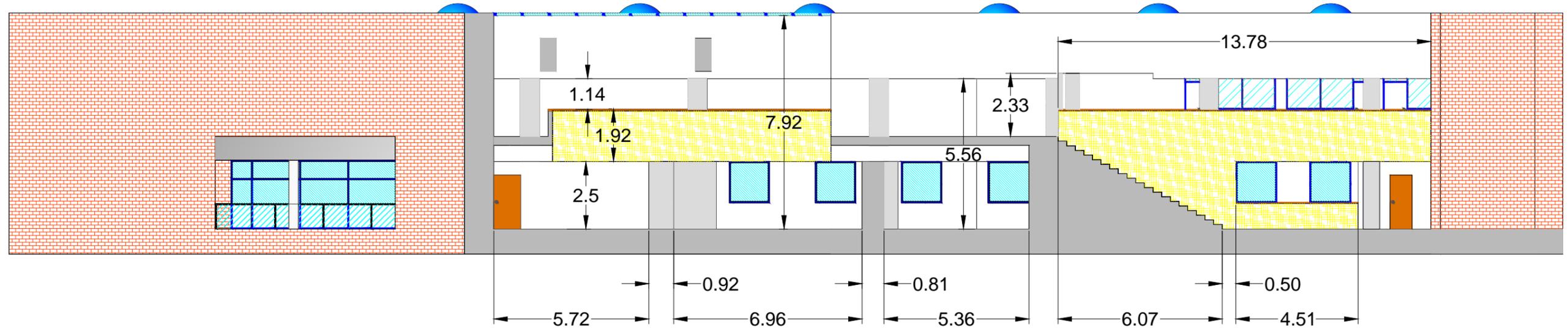
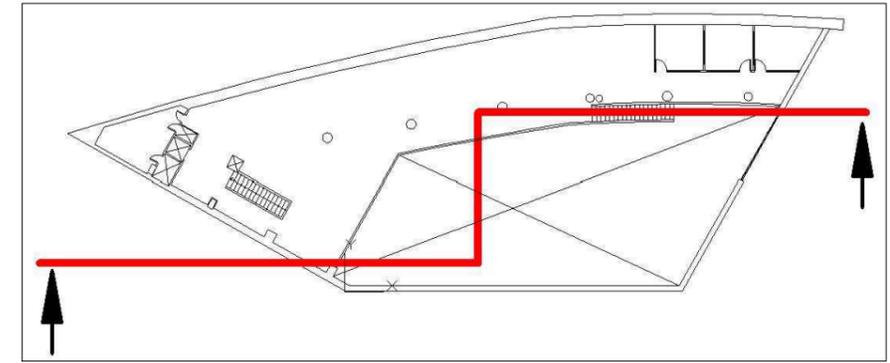
### **3.- PLANOS**

---

**3. PLANOS**

|  |     |
|--|-----|
| 3.1. ALZADO BIBLIOTECA (PLANTA +1 Y +2)..... | 114 |
| 3.2. PLANTA BIBLIOTECA (PLANTA +1 Y +2)..... | 115 |
| 3.3. SOLUCIÓN A.....                         | 116 |
| 3.4. SOLUCIÓN B.....                         | 117 |
| 3.5. OPTIMA CURVED CANOPY.....               | 118 |
| 3.6. OPTIMA L CANOPY.....                    | 119 |
| 3.7. AKUSTO™ WALL A.....                     | 120 |

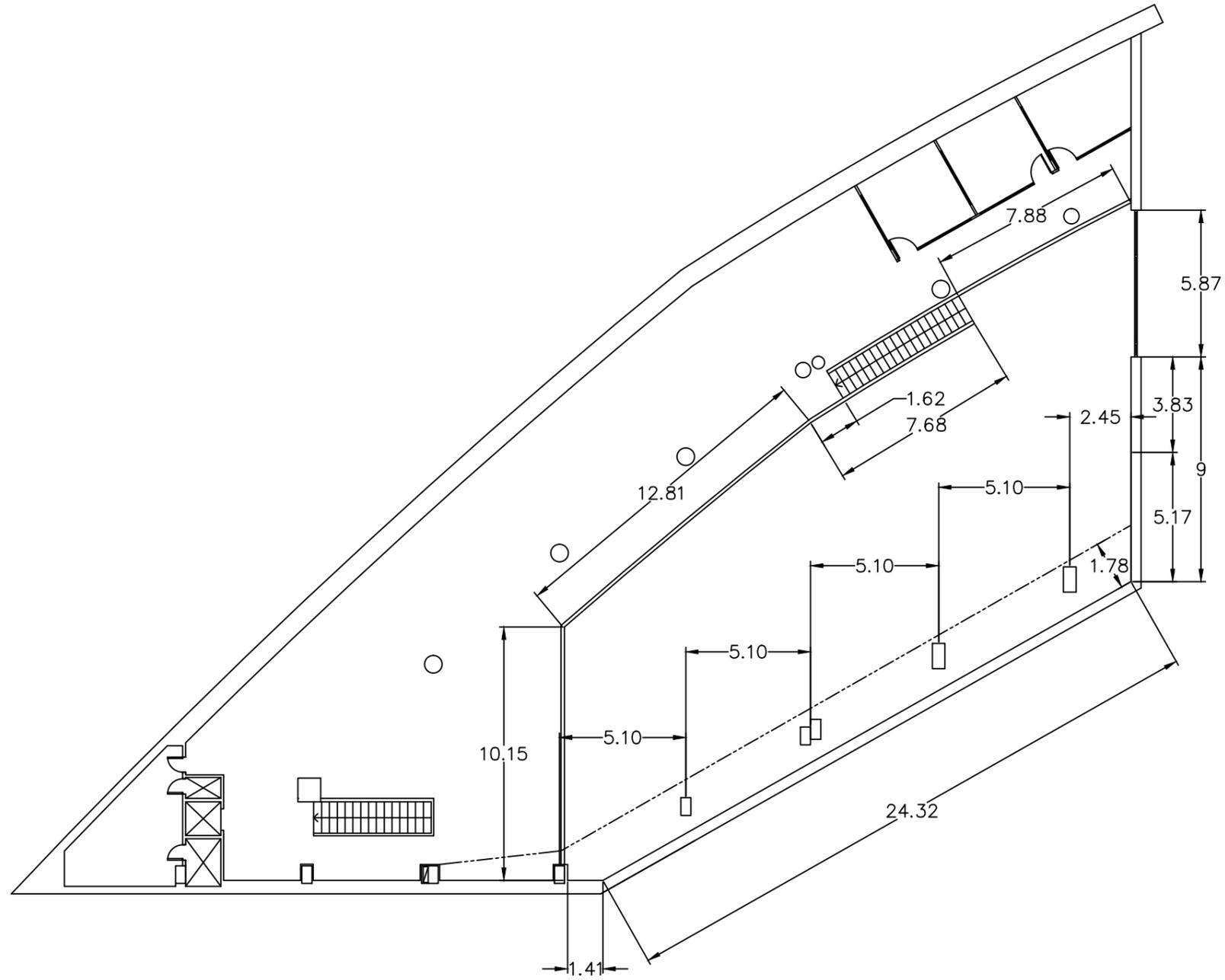




Unidades: metros (m)

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LA BIBLIOTECA DE LA ETSIIT

|   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
|  | DIBUJADO: Javier Saldaña Blanco               | UNIVERSIDAD DE<br>CANTABRIA      |
|   | COMPROBADO: Javier Saldaña Blanco             |                                  |
| ESCALA:<br>1/300  | TÍTULO:<br>Alzado Biblioteca (Planta +1 y +2) | FECHA: 24/08/2015<br>PLANO Nº: 1 |

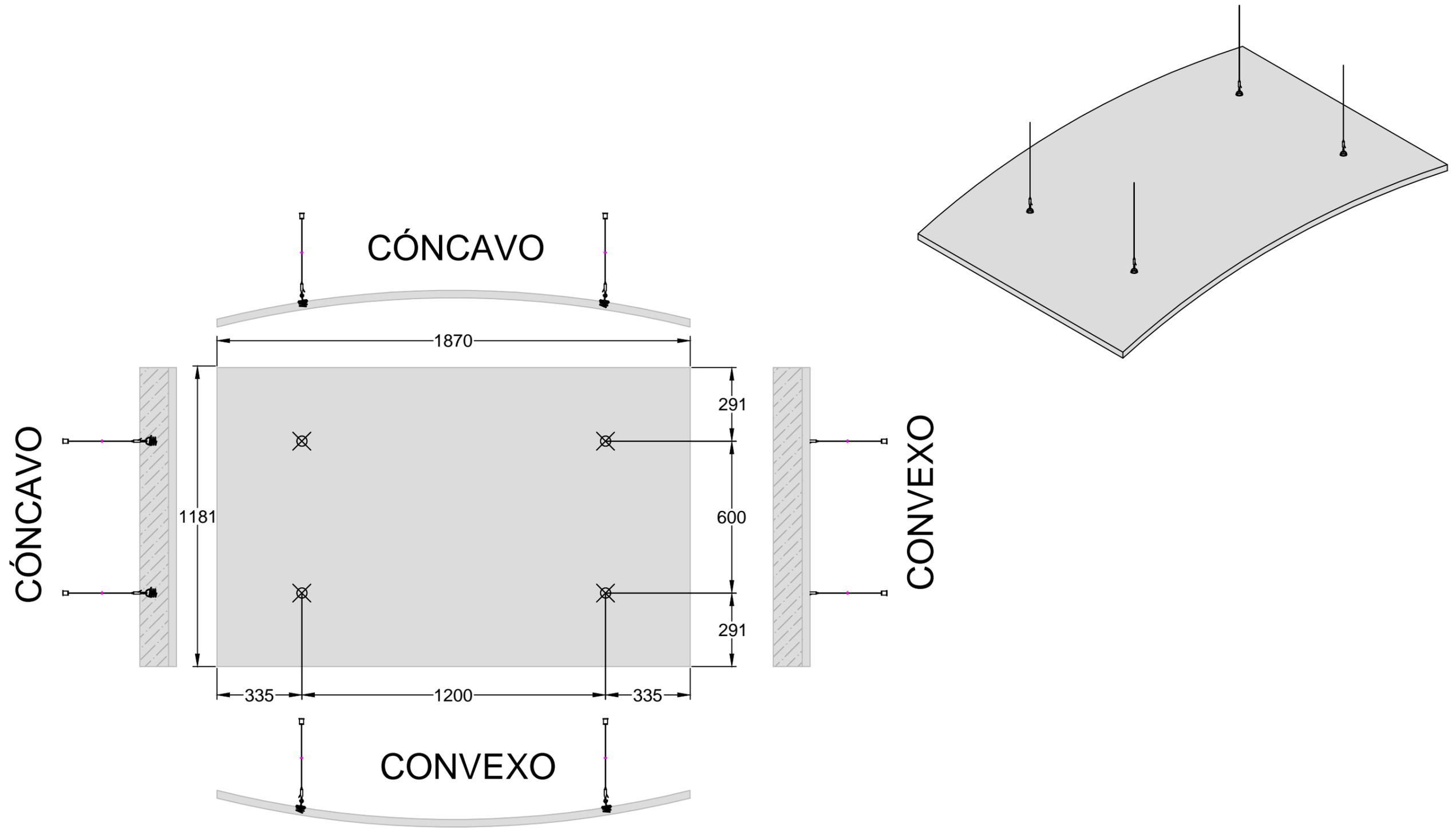


Unidades: metros (m)

|  |  |                          |
|--|--|--------------------------|
| <b>ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LA BIBLIOTECA DE LA ETSIT</b> |  |                          |
| <b>UC</b><br><small>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</small>           | <b>DIBUJADO:</b> Javier Saldaña Blanco               | UNIVERSIDAD DE CANTABRIA |
|  | <b>COMPROBADO:</b> Javier Saldaña Blanco             |                          |
| <b>ESCALA:</b><br>1/300  | <b>TÍTULO:</b><br>Planta Biblioteca (Planta +1 y +2) | <b>FECHA:</b> 24/08/2015 |
|  |  | <b>PLANO N°:</b> 2       |

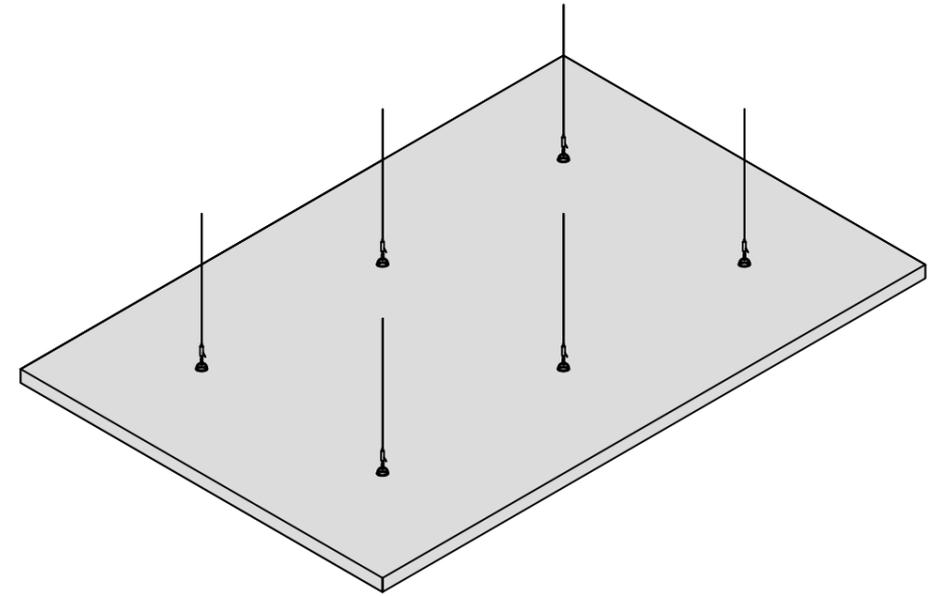
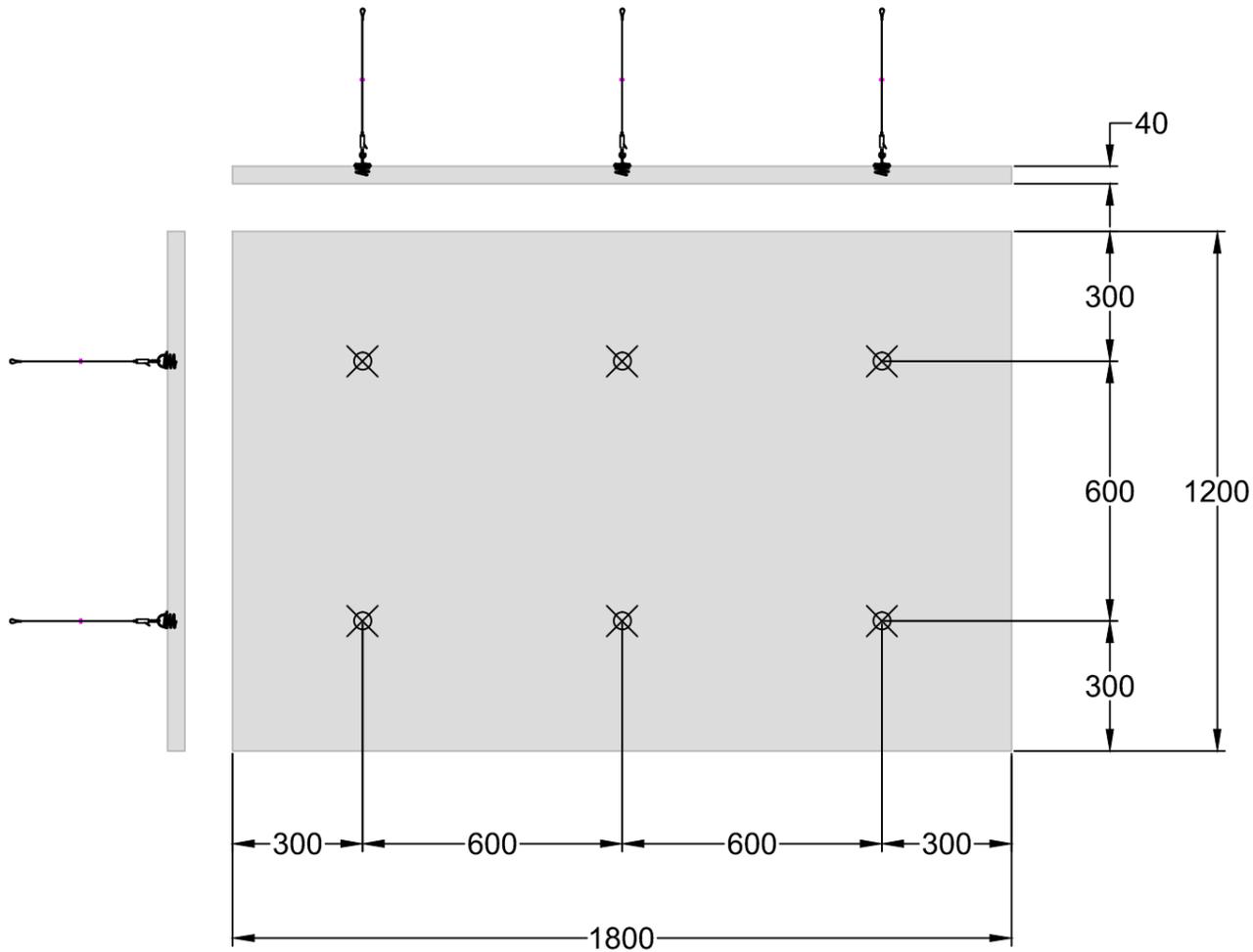






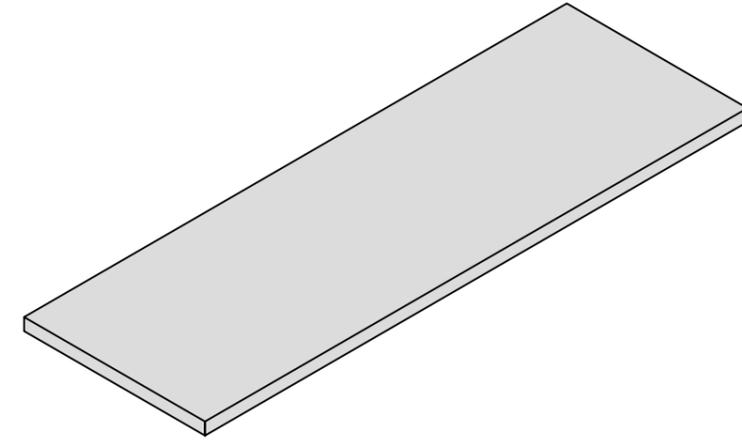
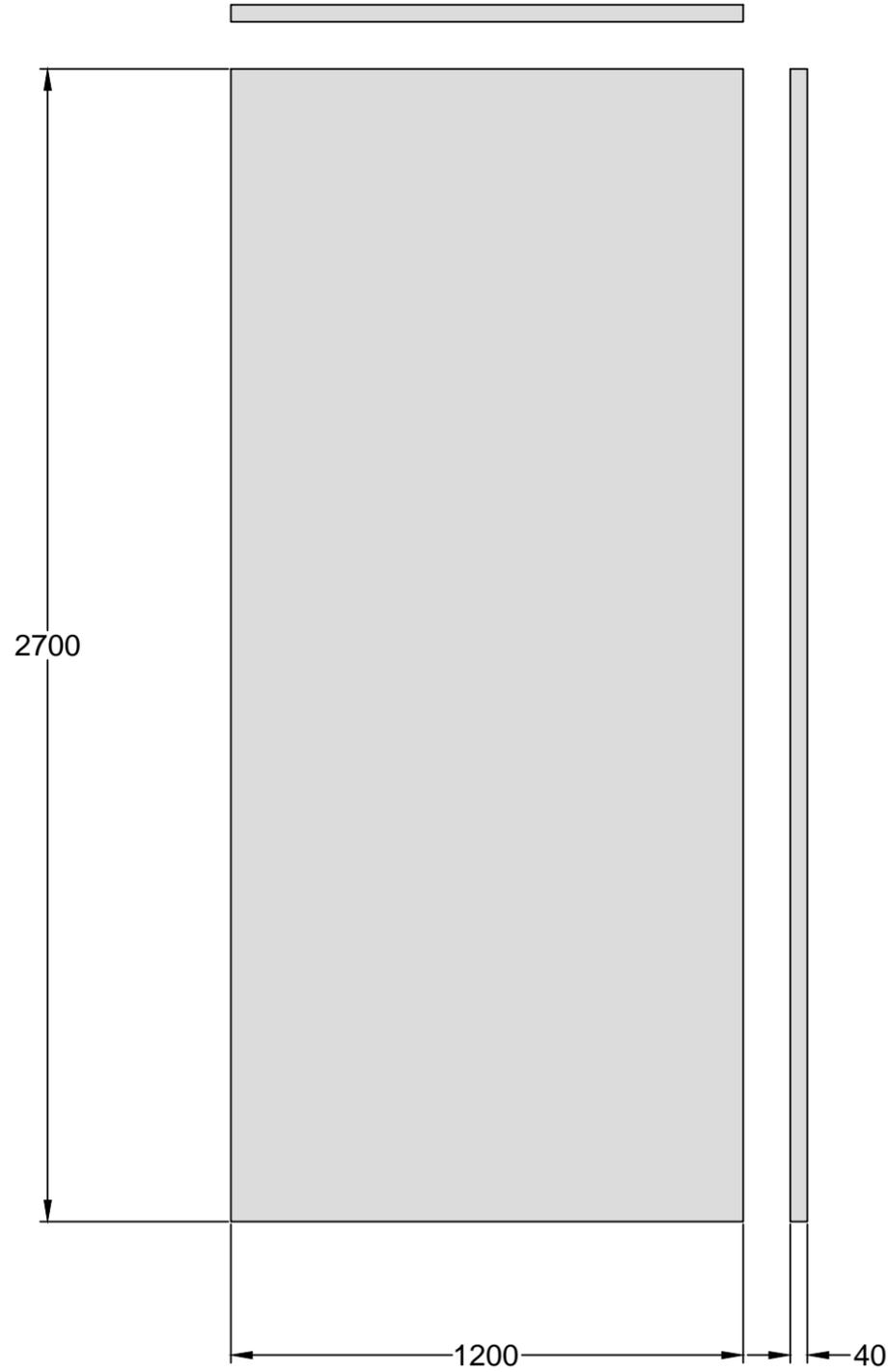
Unidades: milímetros (mm)

|   |                                   |                          |
|---|-----------------------------------|--------------------------|
| ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LA BIBLIOTECA DE LA ETSIT |                                   |                          |
|   | DIBUJADO: Javier Saldaña Blanco   | UNIVERSIDAD DE CANTABRIA |
|   | COMPROBADO: Javier Saldaña Blanco |                          |
| ESCALA: 1/170   | TÍTULO: Optima Curved Canopy      | FECHA: 24/08/2015        |
|   |                                   | PLANO N°: 5              |



Unidades: milímetros (mm)

|   |                                   |                          |
|---|-----------------------------------|--------------------------|
| ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LA BIBLIOTECA DE LA ETSIT                               |                                   |                          |
|  | DIBUJADO: Javier Saldaña Blanco   | UNIVERSIDAD DE CANTABRIA |
|   | COMPROBADO: Javier Saldaña Blanco |                          |
| ESCALA: 1/170   | TÍTULO: Optima L Canopy           | FECHA: 24/08/2015        |
|   |                                   | PLANO N°: 6              |



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



Unidades: milímetros (mm)

|   |                                   |                          |
|---|-----------------------------------|--------------------------|
| ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LA BIBLIOTECA DE LA ETSIT                               |                                   |                          |
|  | DIBUJADO: Javier Saldaña Blanco   | UNIVERSIDAD DE CANTABRIA |
|   | COMPROBADO: Javier Saldaña Blanco |                          |
| ESCALA: 1/170   | TÍTULO: Akusto Wall A             | FECHA: 24/08/2015        |
|   |                                   | PLANO N°: 7              |



## **4.- PLIEGO DE CONDICIONES**

**4. PLIEGO DE CONDICIONES**

4.1. NORMAS BÁSICAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO ..... 125

4.2. NORMAS ESPECÍFICAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO..... 127



---

## 4.1 NORMAS BÁSICAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

- Para una ejecución segura de la instalación de aislamiento acústico, se deberán observar además de las medidas de seguridad obligatorias en la obra o centro de trabajo, las siguientes normas básicas:
  
- Todos los operarios deberán haber recibido formación e información relativas a su puesto de trabajo, productos y maquinaria utilizada.
  
- Se cumplirán las normas de seguridad indicadas por el fabricante de la maquinaria así como en herramientas manuales y eléctricas utilizadas.
  
- Se deberá de ejecutar y planificar el trabajo de forma ordenada, los acopios de materiales se harán en lugares previamente establecidos. Los productos combustibles ó fácilmente inflamables se almacenarán alejados de fuentes de calor.
  
- Para evitar el riesgo de incendio se prohíbe fumar durante el proceso de instalación así como en los lugares de almacenamiento.
  
- Antes de utilizar cualquier producto (lanas de roca o vidrio, espumas aglomeradas, colas, pegamentos, disolventes,...) se deberá leer la ficha de seguridad del mismo, donde se advierte de los riesgos de su utilización y de los equipos de protección individual exigidos durante su uso.
  
- Se deberá observar una profunda higiene personal (manos y cara), antes de realizar cualquier tipo de ingesta o fumar tras la manipulación de los materiales.
  
- En general se deberá de evitar el contacto con los productos nocivos con la piel, ojos y vías respiratorias:
  - En caso de inhalación, conducir al afectado al aire libre.
  - En caso de salpicaduras y proyecciones accidentales a ojos, lavarlos con abundante agua, y requerir la atención médica si procede.
  - En caso de contacto con zonas de la piel no protegidas, lavar con abundante agua y jabón.

- En caso de alergia acudir al médico. No se deben utilizar disolventes para la limpieza de manos, sino productos limpiadores como la parafina aplicando después lanolina para suavizar la piel.
  
- Los equipos de protección obligatorios son:
  - Ropa de trabajo que cubra totalmente el cuerpo y extremidades permitiendo la transpiración corporal.
  - Guantes de protección adecuados a los productos a emplear.
  - Gafas protectoras para evitar proyecciones y salpicaduras a los ojos.
  - Adaptadores faciales, filtros y mascarillas autofiltrantes que se utilizarán en función del producto utilizado y de la ventilación de la zona de trabajo.
  - Botas de seguridad.
  
- Las plataformas de trabajo utilizadas deberán ser resistentes, estables, horizontales, de anchura superior a 60 cm, y protegidas con barandilla, barra intermedia y rodapié cuando superen los 2 m de altura.
  
- Se deberá verificar y mantener con regularidad las instalaciones eléctricas presentes en la obra (cuadros eléctricos, mangueras, conexiones, tomas de tierra, diferenciales,...) cumpliendo el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

## **4.2 NORMAS ESPECÍFICAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO**

Antes de empezar la instalación de los sistemas de aislamiento acústico, el local sobre el que se va a ejecutar la instalación deberá de quedar totalmente limpio y se quitarán todos los elementos u objetos que puedan entorpecer el proceso de instalación. El suelo deberá quedar totalmente limpio y completamente horizontal para facilitar el montaje de andamios o plataformas elevadoras.

Una vez el local se encuentre limpio se procederá al tapado o sellado de todos los huecos, agujeros o juntas que hayan tanto en los cerramientos verticales como en los horizontales. Dicho tapado o sellado se deberá de realizar con yeso o mortero de cemento, asegurando la total estanqueidad de local.

En caso de obra en un futuro, se deberán descolgar los paneles para no dañarlos. Una vez hecho esto, ya se podrá proceder con la reforma.



## **5.- MEDICIONES**

**5. MEDICIONES**

5.1. Solución A: Optima Curved Canopy + Akusto™ Wall A..... 132

5.2. Solución B: Optima L Canopy + Akusto™ Wall A ..... 133



## 5.1 SOLUCIÓN A: OPTIMA CURVED CANOPY + AKUSTO™ WALL A

| Código                                     | Unidad |   | Cantidad |
|--|--------|---|----------|
| <b>CAPÍTULO 01: Paneles acústicos</b>      |        |   |          |
| 01.01                                      | Ud.    | <b>Optima Curved Canopy</b>   | 34       |
| 01.02                                      | Ud.    | <b>Akusto™ Wall A</b>   | 24       |
| <b>CAPÍTULO 02: Kits de instalación</b>    |        |   |          |
| 02.01                                      | Ud.    | <b>Kit instalación Optima Curved Canopy (2 kits por panel)</b>      | 68       |
| 02.01.01                                   | Ud.    | Casquillo en forma espiral  | 136      |
| 02.01.02                                   | Ud.    | Cable de suspensión   | 136      |
| 02.01.03                                   | Ud.    | Cable regulador   | 136      |
| 02.01.04                                   | Ud.    | Casquillo de remate   | 136      |
| 02.01.05                                   | Ud.    | Casquillo con rosca interior  | 136      |
| 02.01.06                                   | Ud.    | Pieza de unión casquillo  | 136      |
| 02.02                                      | Ud.    | <b>Kit de instalación Akusto™ Wall A</b>                            |          |
| 02.02.01                                   | Ud.    | Connect Marco perimetral Thinline (L=2678 mm)                       | 38       |
| 02.02.02                                   | Ud.    | Connect Pieza de esquina Thinline                                   | 36       |
| 02.02.03                                   | Ud.    | Connect Pletina Fixing Bracket (fijada cada 400 mm)                 | 250      |
| 02.02.04                                   | Ud.    | Connect Absorber tornillo metal galvanizado (instalado cada 200 mm) | 500      |
| <b>CAPÍTULO 03: Alquiler de maquinaria</b> |        |   |          |
| 03.01                                      | Días   | <b>Andamio móvil de aluminio (1,80 M X 0,75 M - H 5,50 M)</b>       | 3        |

## 5.2 SOLUCIÓN A: OPTIMA L CANOPY + AKUSTO™ WALL A

| Código                                     | Unidad |   | Cantidad |
|--|--------|---|----------|
| <b>CAPÍTULO 01: Paneles acústicos</b>      |        |   |          |
| 01.01                                      | Ud.    | <b>Optima L Canopy</b>  | 34       |
| 01.02                                      | Ud.    | <b>Akusto™ Wall A</b>   | 24       |
| <b>CAPÍTULO 02: Kits de instalación</b>    |        |   |          |
| 02.01                                      | Ud.    | <b>Kit instalación Optima Curved Canopy (2 kits por panel)</b>      | 68       |
| 02.01.01                                   | Ud.    | Casquillo en forma espiral  | 136      |
| 02.01.02                                   | Ud.    | Cable de suspensión   | 136      |
| 02.01.03                                   | Ud.    | Cable regulador   | 136      |
| 02.01.04                                   | Ud.    | Casquillo de remate   | 136      |
| 02.01.05                                   | Ud.    | Casquillo con rosca interior  | 136      |
| 02.01.06                                   | Ud.    | Pieza de unión casquillo  | 136      |
| 02.02                                      | Ud.    | <b>Kit de instalación Akusto™ Wall A</b>                            |          |
| 02.02.01                                   | Ud.    | Connect Marco perimetral Thinline (L=2678 mm)                       | 38       |
| 02.02.02                                   | Ud.    | Connect Pieza de esquina Thinline                                   | 36       |
| 02.02.03                                   | Ud.    | Connect Pletina Fixing Bracket (fijada cada 400 mm)                 | 250      |
| 02.02.04                                   | Ud.    | Connect Absorber tornillo metal galvanizado (instalado cada 200 mm) | 500      |
| <b>CAPÍTULO 03: Alquiler de maquinaria</b> |        |   |          |
| 03.01                                      | Días   | <b>Andamio móvil de aluminio (1,80 M X 0,75 M - H 5,50 M)</b>       | 3        |



## **6.- PRESUPUESTO**

**6. PRESUPUESTO**

|   |     |
|---|-----|
| 6.1. Solución A: Optima Curved Canopy + Akusto™ Wall A..... | 138 |
| 6.2. Solución B: Optima L Canopy + Akusto™ Wall A .....     | 139 |
| 6.3. Mano de obra para la instalación.....                  | 140 |



**6.1 SOLUCIÓN A: OPTIMA CURVED CANOPY + AKUSTO™ WALL A**

| Código                                  | Descripción   | Unidades | Dimensiones  | Precio/Unidad    | Total              |
|---|---|----------|--------------|------------------|--------------------|
| <b>CAPÍTULO 01: Paneles acústicos</b>   |   |          |              |                  |                    |
| 01.01                                   | <b>Optima Curved Canopy</b>   |          |              |                  |                    |
|   |   | 34       | 1870x1181x30 | 657'50 €         | 22 355'00 €        |
| 01.02                                   | <b>Akusto™ Wall A</b>   |          |              |                  |                    |
|   |   | 24       | 2700x1200x40 | 158'34 €         | 3 800'12 €         |
| <b>Total Capítulo 01:</b>               |   |          |              |                  | <b>26 155'12 €</b> |
| <b>CAPÍTULO 02: Kits de instalación</b> |   |          |              |                  |                    |
| 02.01                                   | <b>Kit de instalación Optima Curved Canopy (2 kits por panel)</b>   |          |              |                  |                    |
|   |   | 68       |              | 20'06 €          | 1364'08 €          |
| 02.02                                   | <b>Kit de instalación Akusto™ Wall A</b>                            |          |              |                  |                    |
| 02.02.01                                | Connect Marco perimetral Thinline (L=2678 mm)                       |          |              |                  |                    |
|   |   | 38       | 2678         | 28'84 €          | 1096'00 €          |
| 02.02.02                                | Connect Pieza de esquina Thinline                                   |          |              |                  |                    |
|   |   | 36       | 42x42x48     | 3'47 €           | 124'92 €           |
| 02.02.03                                | Connect Pletina Fixing Bracket (fijada cada 400 mm)                 |          |              |                  |                    |
|   |   | 250      |              | 1'05 €           | 262'50 €           |
| 02.02.04                                | Connect Absorber tornillo metal galvanizado (instalado cada 200 mm) |          |              |                  |                    |
|   |   | 500      |              | 0'26 €           | 130'00 €           |
| <b>Total Capítulo 01:</b>               |   |          |              |                  | <b>2 977'50 €</b>  |
| <b>Total capítulos:</b>                 |   |          |              |                  | <b>26 155'12 €</b> |
|   |   |          |              |                  | <b>2 977'50 €</b>  |
|   |   |          |              |                  | <b>29 132'62 €</b> |
|   |   |          |              | <b>I.V.A (%)</b> | <b>21 %</b>        |
|   |   |          |              |                  | <b>6 117'85 €</b>  |
| <b>TOTAL MATERIALES:</b>                |   |          |              |                  | <b>35 250'47 €</b> |

**6.2 SOLUCIÓN B: OPTIMA L CANOPY + AKUSTO™ WALL A**

| Código                                  | Descripción   | Unidades | Dimensiones  | Precio/Unidad    | Total              |
|---|---|----------|--------------|------------------|--------------------|
| <b>CAPÍTULO 01: Paneles acústicos</b>   |   |          |              |                  |                    |
| 01.01                                   | <b>Optima L Canopy</b>  |          |              |                  |                    |
|   |   | 34       | 1800x1200x40 | 182'30 €         | 6 198'20 €         |
| 01.02                                   | <b>Akusto™ Wall A</b>   |          |              |                  |                    |
|   |   | 24       | 2700x1200x40 | 158'34 €         | 3 800'12 €         |
| <b>Total Capítulo 01:</b>               |   |          |              |                  | <b>9 998'32 €</b>  |
| <b>CAPÍTULO 02: Kits de instalación</b> |   |          |              |                  |                    |
| 02.01                                   | <b>Kit de instalación Optima L Canopy (2 kits por panel)</b>        |          |              |                  |                    |
|   |   | 68       |              | 20'06 €          | 1364'08 €          |
| 02.02                                   | <b>Kit de instalación Akusto™ Wall A</b>                            |          |              |                  |                    |
| 02.02.01                                | Connect Marco perimetral Thinline (L=2678 mm)                       |          |              |                  |                    |
|   |   | 38       | 2678         | 28'84 €          | 1096'00 €          |
| 02.02.02                                | Connect Pieza de esquina Thinline                                   |          |              |                  |                    |
|   |   | 36       | 42x42x48     | 3'47 €           | 124'92 €           |
| 02.02.03                                | Connect Pletina Fixing Bracket (fijada cada 400 mm)                 |          |              |                  |                    |
|   |   | 250      |              | 1'05 €           | 262'50 €           |
| 02.02.04                                | Connect Absorber tornillo metal galvanizado (instalado cada 200 mm) |          |              |                  |                    |
|   |   | 500      |              | 0'26 €           | 130'00 €           |
| <b>Total Capítulo 01:</b>               |   |          |              |                  | <b>2 977'50€</b>   |
| <b>Total capítulos:</b>                 |   |          |              |                  | <b>9 998'32 €</b>  |
|   |   |          |              |                  | <b>2 977'50 €</b>  |
|   |   |          |              |                  | <b>12 975'82 €</b> |
|   |   |          |              | <b>I.V.A (%)</b> | <b>21 %</b>        |
|   |   |          |              |                  | <b>2724'92 €</b>   |
| <b>TOTAL MATERIALES:</b>                |   |          |              |                  | <b>15 700'74 €</b> |

### 6.3 MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN

| Código                                     | Descripción   | Precio / Unidad    |
|--|---|--------------------|
| <b>CAPÍTULO 03: Alquiler de maquinaria</b> |   |                    |
| 03.01                                      | Alquiler andamiaje móvil. Será un andamio móvil de aluminio (1,80 M X 0,75 M - H 5,50 M) para poder desplazarlo en la instalación de los distintos paneles. Se incluye el precio de servicio de entrega y recogida. | 391,44 €           |
| <b>Total Capítulo 03:</b>                  |   | 391'44 €           |
| <b>CAPÍTULO 04: Mano de obra</b>           |   |                    |
| 04.01                                      | Instalación de 34 paneles flotantes en el techo de una biblioteca. Marca Armstrong Optima Canopy. Altura aproximada de la biblioteca y de la colocación 5'5 m.  | 608'00 €           |
| 04.02                                      | Instalación de 24 paneles sobre las paredes laterales de una biblioteca. Marca Ecophon Akusto Wall A. Altura aproximada de la colocación 3'5 m.   | 456'00 €           |
| 04.03                                      | Montaje y desmontaje de los andamios.   | 60'80 €            |
| 04.04                                      | Limpieza del recinto tras la instalación.   | 91'20 €            |
| <b>Total Capítulo 04:</b>                  |   | 1 216'00 €         |
| <b>Total capítulos:</b>                    |   | 391'44 €           |
|  |   | 1 216'00           |
|  |   | 1 607'44 €         |
|  | <b>I.V.A (%)</b>  | <b>21 %</b>        |
|  |   | 337'56 €           |
| <b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>                 |   | <b>1 945 '00 €</b> |



## **7.- ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD**

---

**7. ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD**

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 7.1.   | NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA .....                          | 145 |
| 7.2.   | MEMORIA DESCRIPTIVA .....  | 148 |
| 7.2.1. | Previos  |     |
| 7.2.2. | Instalaciones provisionales  |     |
| 7.2.3. | Instalaciones de bienestar e higiene   |     |
| 7.2.4. | Fases de la ejecución de la obra   |     |
| 7.3.   | OBLIGACIONES DEL PROMOTOR .....  | 167 |
| 7.4.   | COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD.....                               | 168 |
| 7.5.   | PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO .....                                    | 169 |
| 7.6.   | OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTAS .....                             | 176 |
| 7.7.   | OBLIGACIONES DE TRABAJADORES AUTÓNOMOS.....                                      | 172 |
| 7.8.   | LIBRO DE INCIDENCIAS .....   | 173 |
| 7.9.   | PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS .....   | 174 |
| 7.10.  | DERECHOS DE LOS TRABAJADORES .....   | 175 |
| 7.11.  | DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS..... | 176 |



---

## 7.1 NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA

*Las siguientes normas pueden ser incluidas en el pliego de condiciones, haciendo referencia a las mismas en este apartado.*

Esta relación de dichos textos legales no es exclusiva ni excluyente respecto de otra Normativa específica que pudiera encontrarse en vigor, y de la que se haría mención en las correspondientes condiciones particulares de un determinado proyecto.

- **Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre** por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

Este R.D. define las obligaciones del Promotor, Proyectista, Contratista, Subcontratista y Trabajadores Autónomos e introduce las figuras del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la elaboración del proyecto y durante la ejecución de las obras.

El R.D. establece mecanismos específicos para la aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y del R.D. 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

- **Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales** que tiene por objeto promover la Seguridad y la Salud de los trabajadores, mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo. El art. 36 de la Ley 50/1998 de acompañamiento a los presupuestos modifica los arts. 45, 47, 48 y 49 de la LPRL.
- **Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero** por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención en su nueva óptica en torno a la planificación de la misma, a partir de la evaluación inicial de los riesgos inherentes al trabajo y la consiguiente adopción de las medidas adecuadas a la naturaleza de los riesgos detectados. La necesidad de que tales aspectos reciban tratamiento específico por la vía normativa adecuada aparece prevista en el Artículo 6 apartado 1, párrafos d y e de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- **Orden del 27 de Junio de 1997** por el que se desarrolla el R.D. 39/1997 de 17 de enero, en relación con las condiciones de acreditación de las entidades

especializadas como Servicios de Prevención ajenos a la Empresa; de autorización de las personas o entidades especializadas que pretendan desarrollar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas; de autorización de las entidades Públicas o privadas para desarrollar y certificar actividades formativas en materia de Prevención de Riesgos laborales.

- **Ley 54/2003, de 12 de Diciembre**, de reforma de marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- **Real Decreto 171/2004, de 30 de Enero**, por el que desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- **Real Decreto 2177/2004, de 12 de Noviembre**, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales de altura.
- **Real Decreto 1311/2005, de 4 de Noviembre**, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- **Real Decreto 286/2006, de 10 de Marzo**, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- **Real Decreto 604/2006, de 19 de Mayo**, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- **Ley 32/2006, de 18 de Octubre**, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- **Real Decreto 1109/2007, de 24 de Agosto**, por el que se desarrolla la Ley 32/2006 de 18 de Octubre reguladora de la subcontratación.

En todo lo que no se oponga a la Legislación anteriormente mencionada:

- **Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción** aprobado por la Dirección General de Trabajo, en todo lo referente a Seguridad y Salud en el trabajo.

- 
- **Pliego General de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura.**
  - **Real Decreto 485/1997 de 14 de abril** sobre disposiciones mínimas en materia de señalización en seguridad y salud en el trabajo.
  - **Real Decreto 486/1997 de 14 de abril** sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (Anexo 1, Apdo. A, punto 9 sobre escaleras de mano) según Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre Anexo IV.
  - **Real Decreto 487/1997 de 14 de abril** sobre manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares para los trabajadores.
  - **Real Decreto 949/1997 de 20 de junio** sobre certificado profesional de prevencionistas de riesgos laborales.
  - **Real Decreto 952/1997** sobre residuos tóxicos y peligrosos.
  - **Real Decreto 773/1997** sobre utilización de Equipos de Protección Individual.
  - **Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio** sobre la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.
  - **Real Decreto Legislativo 1/1995.** Estatuto de los trabajadores.
  - **Real Decreto 614/2001, de 8 de junio,** sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. B.O.E. 21/6/01.
  - **Decreto 842/2002 de 2 de agosto,** por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones complementarias.
  - **Resto de disposiciones técnicas ministeriales** cuyo contenido o parte del mismo esté relacionado con la seguridad y salud.
  - **Ordenanzas municipales** que sean de aplicación.

## **7.2 MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **7.2.1 Previos**

Previo a la iniciación de los trabajos en la obra, debido al paso continuado de personal, se acondicionarán y protegerán los accesos, señalizando conveniente los mismos y protegiendo el contorno de actuación con señalizaciones del tipo:

PROHIBIDO APARCAR EN LA ZONA DE ENTRADA USO OBLIGATORIO DEL CASCO DE SEGURIDAD PROHIBIDO EL PASO A TODA PERSONA AJENA A LA OBRA.

### **7.2.2 Instalaciones provisionales**

#### ***7.2.2.1 Instalación eléctrica provisional***

La instalación eléctrica provisional de obra será realizada por firma instaladora autorizada con la documentación necesaria para solicitar el suministro de energía eléctrica a la Compañía Suministradora.

Tras realizar la acometida a través de armario de protección, a continuación se situará el cuadro general de mando y protección, formado por seccionador general de corte automático, interruptor onnipolar, puesta a tierra y magnetotérmicos y diferencial.

De este cuadro podrán salir circuitos de alimentación a subcuadros móviles, cumpliendo con las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie.

Toda instalación cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para baja tensión.

#### **Riesgos más frecuentes**

Heridas punzantes en manos.

Caída de personas en altura o al mismo nivel.

Descargas eléctricas de origen directo o indirecto.

Trabajos con tensión.

Intentar bajar sin tensión, pero sin cerciorarse de que está interrumpida.

Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.

Usar equipos inadecuados o deteriorados.

### **Protecciones colectivas**

Mantenimiento periódico de la instalación, con revisión del estado de las mangueras, toma de tierras, enchufes, etc.

### **Protecciones personales**

Será obligatorio el uso de casco homologado de seguridad dieléctrica y guantes aislantes. Comprobador de tensión, herramientas manuales con aislamiento. Botas aislantes, chaqueta ignífuga en maniobras eléctricas. Taimas, alfombrillas y pértigas aislantes.

### **Normas de actuación durante los trabajos**

Cualquier parte de la instalación se considera bajo tensión, mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados a tal efecto.

Los tramos aéreos serán tensados con piezas especiales entre apoyos. Si los conductores no pueden soportar la tensión mecánica prevista, se emplearán cables fiadores con una resistencia de rotura de 800 Kg. fijando a estos el conductor con abrazaderas.

Los conductores si van por el suelo, no se pisarán ni se colocarán materiales sobre ellos, protegiéndose adecuadamente al atravesar zonas de paso.

En la instalación de alumbrado estarán separados los circuitos de zonas de trabajo, almacenes, etc. Los aparatos portátiles estarán convenientemente aislados y serán estancos al agua.

Las derivaciones de conexión a máquinas se realizarán con terminales a presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada. No estarán sometidas a tracción mecánica que origine su rotura.

Las lámparas de alumbrado estarán a una altura mínima de 2,50 metros del suelo, estando protegidas con cubierta resistente las que se puedan alcanzar con facilidad.

Las mangueras deterioradas se sustituirán de inmediato.

Se señalarán los lugares donde estén instalados los equipos eléctricos.

Se darán instrucciones sobre medidas a tomar en caso de incendio o accidente eléctrico.

Existirá señalización clara y sencilla, prohibiendo el acceso de personas a los lugares donde estén instalados los equipos eléctricos, así como el manejo de aparatos eléctricos a personas no designadas para ello.

### **7.2.2.2 Instalación contra incendios**

Contrariamente a lo que se podría creer, los riesgos de incendio son numerosos en razón fundamentalmente de la actividad simultánea de varios oficios y de sus correspondientes materiales (madera de andamios, carpintería de huecos, resinas, materiales con disolventes en su composición, pinturas, etc.). Es pues importante su prevención, máxime cuando se trata de trabajos en una obra como la que nos ocupa.

Tiene carácter temporal, utilizándola la contrata para llevar a buen término el compromiso de hacer una determinada construcción, siendo los medios provisionales de prevención los elementos materiales que usará el personal de obra para atacar el fuego.

Según la UNE-230/0, y de acuerdo con la naturaleza combustible, los fuegos se clasifican en las siguientes clases:

#### *Clase A*

Denominados también secos, el material combustible son materias sólidas inflamables como la madera, el papel, la paja, etc. a excepción de los metales. La extinción de estos fuegos se consigue por el efecto refrescante del agua o de soluciones que contienen un gran porcentaje de agua.

#### *Clase B*

Son fuegos de líquidos inflamables y combustibles, sólidos o licuables. Los materiales combustibles más frecuentes son: alquitrán, gasolina, asfalto, disolventes, resinas, pinturas, barnices, etc. La extinción de estos fuegos se consigue por aislamiento del combustible del aire ambiente, o por sofocamiento.

#### *Clase C*

---

Son fuegos de sustancias que en condiciones normales pasan al estado gaseoso, como metano, butano, acetileno, hidrógeno, propano, gas natural. Su extinción se consigue suprimiendo la llegada del gas.

#### *Clase D*

Son aquellos en los que se consumen metales ligeros inflamables y compuestos químicos reactivos, como magnesio, aluminio en polvo, limaduras de titanio, potasio, sodio, litio, etc.

Para controlar y extinguir fuegos de esta clase, es preciso emplear agentes extintores especiales, en general no se usarán ningún agente exterior empleado para combatir fuegos de la clase A, B-C, ya que existe el peligro de aumentar la intensidad del fuego a causa de una reacción química entre alguno de los agentes extintores y el metal que se está quemando.

#### **Riesgos más frecuentes**

Acopio de materiales combustibles.

Trabajos de soldadura.

Trabajos de llama abierta.

Instalaciones provisionales de energía.

#### **Protecciones colectivas**

Mantener libres de obstáculos las vías de evacuación, especialmente escaleras. Instrucciones precisas al personal de las normas de evacuación en caso de incendio. Existencia de personal entrenado en el manejo de medios de extinción de incendios.

Se dispondrá de los siguientes medios de extinción, basándose en extintores portátiles homologados y convenientemente revisados:

- 1 de CO<sub>2</sub> de 5 Kg. junto al cuadro general de protección.
- 1 de CO<sub>2</sub> de 5 Kg. en acoplo de herramientas.
- 1 de polvo seco ABC de 6 Kg. en los tajos de soldadura o llama abierta.

#### **Normas de actuación durante los trabajos**

---

Prohibición de fumar en las proximidades de líquidos inflamables y materiales combustibles. No acopiar grandes cantidades de material combustible. No colocar fuentes de ignición próximas al acopio de material. Revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional. Retirar el material combustible de las zonas próximas a los trabajos de soldadura.

### **7.2.2.3 Instalación de maquinaria**

Se dotará a todas las máquinas de los oportunos elementos de seguridad.

## **7.2.3 Instalaciones de bienestar e higiene**

### **7.2.3.1 Condiciones de ubicación**

Debe ser el punto más compatible con las circunstancias producidas por los objetos en sus entradas y salidas de obra.

Debe situarse en una zona intermedia entre los dos espacios más característicos de la obra, que son normalmente el volumen sobre rasante y sótanos, reduciendo por tanto los desplazamientos.

En caso de dificultades producidas por las diferencias de cotas con las posibilidades acometidas al saneamiento, se resolverán instalando bajantes provisionales o bien recurriendo a saneamiento colgado con carácter provisional.

### **7.2.3.2 Ordenanzas y dotaciones de reserva de superficie respecto al número de trabajadores**

#### **Abastecimiento de agua**

Las empresas facilitarán a su personal en los lugares de trabajo agua potable.

#### **Vestuarios y aseos**

La empresa dispondrá en el centro de trabajo de cuartos de vestuarios y aseos para uso personal. La superficie mínima de los vestuarios será de 2 m<sup>2</sup> por cada trabajador, y tendrá una altura mínima de 2,30 m.

*2 trabajadores x 2m<sup>2</sup> / trabajador = 4 m<sup>2</sup> de superficie útil*

Estarán provistos de asientos y de armarios metálicos o de madera individuales para que los trabajadores puedan cambiarse y dejar además sus efectos personales, estarán provistos de llave, una de las cuales se entregará al trabajador y otra quedará en la oficina para casos de emergencia.

*Número de taquillas: 1 ud. / trabajador = 2 taquillas*

### **Lavabos**

El número de grifos será, por la menos, de uno por cada diez usuarios. La empresa los dotará de toallas individuales o secadores de aire caliente, toalleros automáticos o toallas de papel, con recipientes.

*Número de grifos: 1 ud. / 10 trabajadores = 1 unidad*

### **Retretes**

El número de retretes será de uno por cada 25 usuarios. Estarán equipados completamente y suficientemente ventilados. Las dimensiones mínimas de cabinas serán de 1x 1,20 y 2,30 m de altura.

*Número de retretes: 1 ud. / 25 trabajadores = 1 unidad*

### **Duchas**

El número de duchas será de una por cada 10 trabajadores y serán de agua fría y caliente.

*Número de duchas: 1 ud. / 10 trabajadores = 1 unidad*

Los suelos, paredes y techos de estas dependencias serán lisos e impermeables y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria.

### **Botiquines**

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente, y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa.

### **Comedores**

---

Los comedores estarán dotados con bancos, sillas y mesas, se mantendrá en perfecto estado de limpieza y dispondrá de los medios adecuados para calentar las comidas.

## **7.2.4 Fases de la ejecución de la obra**

### **7.2.4.1 Solados**

#### **Riesgos más frecuentes**

Afecciones de la piel.

Afecciones de las vías respiratorias.

Heridas en manos.

Afecciones oculares.

Electrocuciones.

#### **Protecciones colectivas**

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias, ordenadas y suficientemente iluminadas.

Los locales cerrados donde se utilicen colas, disolventes o barnices se ventilarán adecuadamente.

Los recipientes que contengan estas colas y disolventes y barnices se mantendrán cerrados y alejados de cualquier foco de calor o chispa.

El izado de piezas de solado se hará en jaulas, bandejas o dispositivos similares dotados de laterales fijos o abatibles que impidan la caída durante su elevación.

Al almacenar sobre los forjados las piezas de solado se deberá tener en cuenta la resistencia de éste.

Cuando el local no disponga de luz natural suficiente, se le dotará de iluminación eléctrica, cuya instalación irá a más de 2 m. sobre el suelo y proporcionará una

intensidad mínimo de 100 lux.

### **Protecciones personales**

Es obligado el uso del casco y es aconsejable utilizar guantes de goma para todo el personal de esta unidad de obra.

El corte de las piezas de solado debe realizarse por vía húmeda, cuando esto no sea posible, se dotará al operario de mascarilla y gafas antipolvo.

En el caso de que las máquinas produzcan ruidos que sobrepasen los umbrales admisibles, se dotará al operario de tapones amortiguadores.

### **Protecciones contra los riesgos de las máquinas**

El disco y demás órganos móviles de la sierra circular están protegidos para evitar atrapones y cortes.

Las máquinas eléctricas que se utilicen, si no poseen doble aislamiento, lo cual viene indicado en la placa de características por el símbolo, se dotarán de interruptores diferenciales con su puesta a tierra correspondiente, que se revisarán periódicamente conservándolos en buen estado.

Diariamente, antes de poner en uso una cortadora eléctrica se comprobará el cable de alimentación con especial atención a los enlaces con la máquina y con la toma de corriente.

### **Normas de actuación durante los trabajos**

Se evitara fumar o utilizar cualquier aparato que produzca chispas durante la aplicación y el secado de las colas y barnices.

#### ***7.2.4.2 Chapados***

##### **Riesgos más frecuentes**

Caída de personas y de materiales.

Afecciones de la piel.

##### **Protecciones colectivas**

---

Las zonas de trabajo se mantendrán en todo momento limpias y ordenadas.

Cuando no se disponga de iluminación artificial cuya intensidad mínima será de 100 lux.

Hasta 3 m. de altura podrán utilizarse andamios de borriquetas fijas sin arriostramiento.

Por encima de 3 m. y hasta 6 m. máxima altura permitida para este tipo de andamios se emplearán borriquetas arriostradas.

La plataforma de trabajo debe tener una anchura mínima de 0,60 m., los tabloncillos que la forman deben estar sujetos a las borriquetas mediante lías y no deben volar más de 0,20 m. En los trabajos de altura la plataforma estará provista de barandillas de 0,90 m. y de rodapiés de 0,20 m.

### **Protecciones personales**

Será obligatorio el uso de casco y guantes.

Es aconsejable que el corte de azulejos y mosaicos se haga por vía húmeda cuando ésto no sea posible, se dotará al operario de gafas antipolvo.

Protecciones contra los riesgos de las máquinas.

El disco y demás órganos móviles de la sierra circular estarán protegidos para evitar atrapones y cortes.

Las máquinas eléctricas que se utilicen para corte de piezas, si no poseen doble aislamiento, lo cual viene indicado en la placa de características por el símbolo, se dotarán de interruptores diferenciales con su puesta a tierra correspondiente.

### **Normas de actuación durante los trabajos**

Se prohíbe apoyar las andamiadas en tabiques o pilastras recién hechas, ni en cualquier otro medio de apoyo fortuito que no sea la borriqueta o caballete sólidamente construido.

Antes de iniciar el trabajo en los andamios, el operario revisará su estabilidad así como la sujeción de los tablones de la andamiada y escaleras de mano.

El andamio se mantendrá en todo momento libre de todo material que no sea estrictamente necesario.

El acopio que sea obligado encima del andamio estará debidamente ordenado.

No se amasará el mortero encima del andamio manteniéndose éste en todo momento libre de mortero.

El andamio se dispondrá de tal forma que el operario no trabaje por encima de los hombros.

Se prohíbe lanzar herramientas o materiales desde el suelo al andamio o viceversa.

### **7.2.4.3 Obras de fábrica en parámetros interiores**

#### **Riesgos más frecuentes**

Caída de personas.

Caída de materiales.

Lesiones oculares.

Afecciones de la piel.

Golpes con objetos.

Heridas en extremidades

#### **Protecciones colectivas**

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas. Por encima de los 2 m. todo andamio debe estar provisto de barandilla de 0,90 m. de altura y rodapié de 0,20 m.

El acceso a los andamios de más de 1,50 m. de altura, se hará por medio de escaleras de mano provistas de apoyos antideslizantes en el suelo y su longitud deberá sobrepasar por lo menos 0,70 m. de nivel del andamio.

Siempre que sea indispensable montar el andamio inmediato a un hueco de fachada o forjado, será obligatorio para los operarios utilizar el cinturón de seguridad, o alternativamente dotar el andamio de sólidas barandillas. Mientras los elementos de madera o metálicos no están debidamente recibidos en su emplazamiento definitivo, se asegurará su estabilidad mediante cuerdas, cables, puntales o dispositivos equivalentes. A nivel del suelo, se acotarán las áreas de trabajo y se colocará la señal SNS-307: Riesgo de caída de objetos, y en su caso las SNS-308: Peligro, cargas suspendidas.

### **Protecciones personales**

Será obligatorio el uso del casco, guantes y botas con puntera reforzada.

En todos los trabajos de altura en que no se disponga de protección de barandillas o dispositivos equivalentes, se usará cinturón de seguridad para el que obligatoriamente se habrán previsto puntos fijos de enganche.

Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de los mismos.

### **Andamios**

Debe disponerse de los andamios necesarios para que el operario nunca trabaje por encima de la altura de los hombros.

Hasta 3 m. de altura podrán utilizarse andamios de borriquetas fijas sin arriostramientos.

Por encima de 3 m. y hasta 6 m. máxima altura permitida para este tipo de andamios, se emplearán borriquetas armadas de bastidores móviles arriostrados.

Todos los tablonces que forman la andamiada, deberán estar sujetos a las borriquetas por lías, y no deben volar más de 0,20 m.

La anchura mínimo de la plataforma de trabajo será de 0,60 m.

Se prohibirá apoyar las andamiadas en tabiques o pilastras recién hechas, ni en cualquier otro medio de apoyo fortuito, que no sea la borriqueta o cabellete sólidamente construido.

### **Revisiones**

Diariamente, antes de iniciar el trabajo en los andamios se revisará su estabilidad la sujeción de los tablones de andamiada y escaleras de acceso, así como los cinturones de seguridad y sus puntos de enganche.

#### **7.2.4.4 Vidriería**

##### **Riesgos más frecuentes**

Caída de personas.

Caída de materiales

Cortaduras.

##### **Protecciones colectivas**

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

A nivel del suelo, se acotarán las áreas de trabajo y se colocarán las señales SNS-307: Riesgo de caída de objetos, y en su caso SNS-308: Peligro, cargas suspendidas.

Siempre que se trabaje sobre cubiertas planas o inclinadas cuya consistencia pueda ser insuficiente para soportar el equipo de trabajo, se dispondrán careras de tablones o dispositivos equivalentes debidamente apoyados y sujetos.

En las zonas de trabajo se dispondrá de cuerdas o cables de retención, argollas, y otros puntos fijos para el enganche de los cinturones de seguridad.

##### **Protecciones personales**

Será obligatorio el uso de casco, cinturón de seguridad, calzado consistente y guantes o manoplas que protejan incluso las muñecas.

Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de los mismos.

**Manipulación**

Se señalizarán los vidrios con amplios trazos de cal o de forma similar, siempre que su color u otra circunstancia no haga necesario acentuar su visibilidad tanto en el transporte dentro de la obra como una vez colocados.

La manipulación de grandes cristales se hará con la ayuda de ventosas.

El almacenamiento en obra de vidrios debe estar señalizado, ordenado convenientemente y libre de cualquier material ajeno a él.

En el almacenamiento, transporte y colocación de vidrios se procurará mantenerlos en posición.

**Normas de actuación durante los trabajos**

La colocación de cristales se hará siempre que sea posible desde el interior de los edificios.

Para la colocación de grandes vidrierías desde el exterior, se dispondrá de una plataforma de trabajo protegida con barandilla de 0,90 m. de altura y rodapié de 0,20 m. a ocupar por el equipo encargado de guiar y recibir la vidriería en su emplazamiento.

Mientras las vidrierías, lucernarios o estructuras equivalentes no estén debidamente recibidas en un emplazamiento definitivo, se asegurará su estabilidad mediante cuerdas, cables, puntales o dispositivos similares.

Los fragmentos de vidrio procedentes de recortes o roturas se recogerán lo antes posible en recipientes destinados a ello y se transportarán a vertedero, procurando reducir al mínimo su manipulación.

Por debajo de 0º, o si la velocidad del viento es superior a los 50 Km/h., se suspenderá el trabajo de colocación de cristales.

**7.2.4.5 Pinturas y revestimientos****Riesgos más frecuentes**

Caída de personas.

Caída de materiales.

Intoxicación por emanaciones.

Salpicaduras a los ojos. Lesiones de la piel.

### **Protecciones colectivas**

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

Los puestos de trabajo que no dispongan de la iluminación natural suficiente, se dotarán de iluminación artificial, cuya intensidad mínima será de 100 lux.

La pintura de exteriores, a nivel del suelo y durante la ejecución de revestimientos exteriores, se acotarán las áreas de trabajo a nivel del suelo y se colocará la señal SNS-307: Peligro, riesgo de caída de objetos, protegiendo los accesos al edificio con viseras, pantallas o medios equivalentes.

Siempre que durante la ejecución de esta unidad deban desarrollarse trabajos en distintos niveles superpuestos, se protegerá adecuadamente a los trabajadores de los niveles inferiores.

Se recomienda la instalación de elementos interdependientes de los andamios que sirvan para enganche del cinturón de seguridad.

Los accesos a los andamios se dispondrán teniendo en cuenta las máximas medidas de seguridad.

### **Protecciones personales**

Será obligatorio el uso del casco, guantes, mono de trabajo y gafas.

Cuando la aplicación se haga por pulverización, será obligatorio además uso de mascarilla buconasal.

En los trabajos en altura, siempre que no se disponga de barandilla de protección o dispositivo equivalente, se usará cinturón de seguridad para el que obligadamente se habrán previsto puntos fijos de enganche.

Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de los mismos.

### **Escaleras**

Las escaleras a usar, si son de tijera estarán dotadas de tirantes de limitación de apertura; si son de mano tendrán dispositivo antideslizante. En ambos casos su anchura mínima será de 0,50 m.

### **Andamios de borriquetas**

Hasta 3 m. de altura podrán utilizarse andamios de borriquetas fijas sin arlostramientos.

Por encima de 3 m. de altura y hasta 6 m. máximo de altura permitida para este tipo de andamios, se emplearán borriquetas armadas de bastidores móviles arriostrados.

Todos los tablonces que forman la andamiada, deberán estar sujetos por lées, y no deben volar más de 0,20 m.

La anchura mínima de la plataforma de trabajo será de 0,60 m.

Se prohibirá apoyar las andamiadas en tabiques o pilastras recién hechas, ni en cualquier otro medio de apoyo fortuito, que no sea la borriqueta o caballete sólidamente construido.

### **Andamios sobre ruedas**

Su altura no podrá ser superior a 4 veces su lado menor.

Para alturas superiores a 2 m. se dotará al andamio de barandillas de 0,90 m. y rodapié de 0,20 m.

El acceso a la plataforma de trabajo se hará por escaleras de 0,50 m. de ancho mínimo, fijas a un lateral de andamio, para alturas superiores a los 5 m. la escalera estará dotada de jaulas de protección.

Las ruedas estarán previstas de dispositivos de bloqueo. En caso contrario se acuñarán por ambos lados.

Se cuidará apoyen en superficies resistentes, recurriendo si fuera necesario a la utilización de tabloneros u otro dispositivo de reparto del peso.

Antes de su utilización se comprobará su verticalidad.

Antes de su desplazamiento desembarcará el personal de la plataforma de trabajo y no volverá a subir al mismo hasta que el andamio esté situado en su nuevo emplazamiento.

### **Andamios colgados y exteriores**

La madera que se emplee en su construcción será perfectamente escuadrada (descortezada y sin pintar), limpia de nudos y otros defectos que afecten a su resistencia. El coeficiente de seguridad de toda la madera será 5. Queda prohibido utilizar clavos de fundición. La carga máxima de trabajo para cuerdas será:

- 1 Kg/mm<sup>2</sup> para trabajos permanentes.
- 1,5 Kg/mm<sup>2</sup> para trabajos accidentales.

Los andamios tendrán un ancho mínimo de 0,60 m.

La distancia entre el andamio y el parámetro a construir será como máximo 0,45 m.

La andamiada estará provista de barandilla de 0,90 m. y rodapié de 0,20 m. en sus tres costados exteriores.

Cuando se trate de un andamio móvil colgado se montará además una barandilla de 0,70 m. de alto por la parte que da al parámetro.

Siempre que se prevea la ejecución de este trabajo en posición de sentado sobre la plataforma del andamio, se colocará un listón intermedio entre la barandilla y el rodapié.

Los andamios colgados tendrán una longitud máxima de 8 m. La distancia máxima entre puentes será de 3 m.

En los andamios de pie derecho que tengan dos o más plataformas de trabajo, éstos distarán como máximo 1,80 m. La comunicación entre ellas se hará por escaleras de mano que tendrán un ancho mínimo de 0,50 m. y sobrepasarán 0,70 m. la altura a salvar.

Los pescantes utilizados para colgar andamios se sujetarán a elementos resistentes de la estructura.

Se recomienda el uso de andamios metálicos y aparejos con cable de acero.

### **Paredes**

Debe disponerse de los andamios necesarios para que el operario nunca trabaje por encima de la altura de los hombros.

Hasta 3 m. de altura podrán utilizarse andamios de borriquetas fijas sin arriostramientos.

Por encima de 3 m. y hasta 6 m. máxima altura permitida para este tipo de andamios, se emplearán borriquetas armadas de bastidores móviles arriostrados.

Todos los tablonos que forman la andamiada, deberán estar sujetos a las borriquetas por líes, y no deben volar más de 0,20 m.

La anchura mínima de la plataforma de trabajo será de 0,60 m.

Se prohibirá apoyar las andamiadas en tabiques o pilastras recién hechas, ni en cualquier otro medio de apoyo fortuito, que no sea la borriqueta o caballete sólidamente construido.

### **Techos**

Se dispondrán de una plataforma de trabajo a la altura conveniente, de 10 m<sup>2</sup> de superficie mínima o igual a la de la habitación en que se trabaje, protegiendo los huecos de fachada con barandilla de 0,90 m. de altura y rodapié de 0,20 m.

### **Normas de actuación durante los trabajos**

El andamio se mantendrá en todo momento libre que no sea estrictamente necesario para la ejecución de este trabajo.

Se prohibirá la preparación de masas sobre los andamios colgados.

En las operaciones de izado y descenso de estos andamios se descargará de todo material acopiado en él y sólo permanecerá sobre el mismo las personas que hayan de accionar los aparejos. Se pondrá especial cuidado para que en todo momento se conserve su horizontalidad.

Una vez que el andamio alcance su correspondiente altura se sujetará debidamente a la fachada del edificio.

### **Revisiones**

Diariamente, antes de empezar los trabajos de andamios colgados, se revisarán todas sus partes: pescantes, cables, aparejos de elevación, liras o palomillas, tabloneros de andamiada, barandillas, rodapiés y ataduras. También se revisarán los cinturones de seguridad y sus puntos de enganche.

#### ***4.2.4.6 Instalaciones eléctricas***

##### **Riesgos más frecuentes**

Caídas de personas.

Electrocuciones.

Heridas en las manos.

##### **Protecciones colectivas**

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias, ordenadas y suficientemente iluminadas.

Previamente a la iniciación de los trabajos, se establecerán puntos fijos para el enganche de los cinturones de seguridad.

Siempre que sea posible se instalará una plataforma de trabajo protegida con barandilla y rodapié.

##### **Protecciones personales**

Será obligatorio el uso de casco, cinturón de seguridad y calzado antideslizante.

En pruebas con tensión, calzado y guantes aislantes.

Cuando se manejen cables se usarán guantes de cuero.

Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de los mismos.

### **Escaleras**

Las escaleras a usar, si son de tijera, estarán dotadas de tirantes de limitación de apertura; si son de mano tendrán dispositivos antideslizantes y se fijarán a puntos sólidos de la edificación y sobrepasarán en 0,70 m., como mínimo el desnivel a salvar. En ambos casos su anchura mínima será de 0,50 m.

### **Medios auxiliares**

Los taladros y demás equipos portátiles alimentados por electricidad, tendrán doble aislamiento. Las pistolas fija-clavos, se utilizarán siempre con su protección.

### **Pruebas**

Las pruebas con tensión, se harán después de que el encargado haya revisado la instalación, comprobando no queden a terceros, uniones o empalmes sin el debido aislamiento.

### **Normas de actuación durante los trabajos**

Si existieran líneas cercanas al tajo, si es posible, se dejarán sin servicio mientras se trabaja; y si esto no fuera posible, se apantallarán correctamente o se recubrirán con macarrones aislantes.

En régimen de lluvia, nieve o hielo, se suspenderá el trabajo.

### **7.3 OBLIGACIONES DEL PROMOTOR**

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

## **7.4 COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

La designación de los coordinadores en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

1. Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
2. Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el artículo 10 del R.D. 1627/1997.
3. Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
4. Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
6. Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

## **7.5 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como la personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la Dirección Facultativa.

---

## 7.6 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTAS

El contratista y subcontratista están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
  - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
  - Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de accesos, y la determinación de vías, zonas de desplazamientos y circulación.
  - Manipulación de distintos materiales y utilización de medios auxiliares.
  - Mantenimiento, control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
  - Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
  - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
  - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
  - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
  - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra
  - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.
5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud, y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente, o en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además

responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades del coordinador, Dirección Facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

---

## 7.7 OBLIGACIONES DE TRABAJADORES AUTÓNOMOS

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
  - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
  - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
  - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
  - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
  - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
  - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.
6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997.
7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

## 7.8 LIBRO DE INCIDENCIAS

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Se tendrá que cursar copia de la anotación a la Inspección de Trabajo en los siguientes supuestos:

- Cuando exista incumplimiento de las advertencias u observaciones previamente anotadas en el Libro por las personas facultadas para ello, o bien,
- Cuando se ordene la paralización de los tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra por haberse apreciado circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, tal y como establece el Art. 14 RD. 1627/97.

Todas las anotaciones se comunicarán al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

## **7.9 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

## **7.10 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

## **7.11 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del R.D. 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.



