



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



Universidad de Valladolid

# PROYECTO ACÚSTICO DE UNA ACTIVIDAD SUSCEPTIBLE DE RUIDO Y VIBRACIONES

---

BAR - RESTAURANTE

AUTOR:

**SALIM GASSAB**

TUTORAS:

**ANA I. TARRERO FERNÁNDEZ  
M<sup>a</sup> ÁNGELES MARTÍN BRAVO**

**Ingeniería Técnica de Telecomunicación  
Especialidad: sistemas electrónicos**

Departamento de Física Aplicada  
Escuela de Ingenierías Industriales

Junio 2012

PROYECTO ACÚSTICO DE UNA ACTIVIDAD  
SUSCEPTIBLE DE RUIDO Y VIBRACIONES





## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría comenzar agradeciendo a la Universidad en todo su conjunto, por todo aquello que me ha ido aportando de una manera discreta pero constante. Dentro de la Universidad debo un agradecimiento especial a mis tutoras de Proyecto, Ana I. Tarrero Fernández y M<sup>a</sup> Ángeles Martín Bravo, por su tiempo dedicado y por sus consejos para poder dar forma a lo que hoy es mi Proyecto Fin de Carrera.

Quisiera agradecer a Juan Luis de Madariaga haberme dado la oportunidad de realizar las prácticas en su empresa (ICEC s.l.p.), sin las cuales no habría sido posible realizar este proyecto.

También me gustaría agradecer a Laura García Sastre su paciencia y su inestimable ayuda con el proyecto y con las prácticas a lo largo de estos meses en la empresa.

Por último quisiera dar las gracias a mi familia que ha sido un gran apoyo a lo largo de estos años de carrera.

PROYECTO ACÚSTICO DE UNA ACTIVIDAD  
SUSCEPTIBLE DE RUIDO Y VIBRACIONES





## Índice

### **A- MEMORIA**

#### **I- INTRODUCCIÓN**

- 1. Objetivos**
- 2. Estructura del proyecto**

#### **II- FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

- 1. Introducción a la acústica**
  - 1.1. El sonido**
  - 1.2. Caracterización del ruido**
- 2. Acústica arquitectónica**
  - 2.1. Aislamiento acústico**
  - 2.2. Acondicionamiento acústico**
  - 2.3. Tiempo de reverberación**
  - 2.4. Ruido aéreo, ruido de impacto y vibraciones**
- 3. Problemática del aislamiento**

#### **III- NORMATIVA**

- 1. Código Técnico de la Edificación (CTE)**
- 2. Ley 5/2009 del ruido de Castilla y León**
- 3. Reglamento Municipal sobre protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones**
- 4. Reglamento de accesibilidad Supresión de Barrera de Castilla y León (Decreto 217/2001)**

#### **IV- EQUIPOS DE MEDIDA**

#### **V- MATERIALES**



## **VI- CASO PRÁCTICO**

- 1. Plan de desarrollo**
- 2. Datos básicos del proyecto**
  - 2.1. Datos del promotor**
  - 2.2. Antecedentes del local**
- 3. Descripción del recinto**
  - 3.1. Características del local**
  - 3.2. Dimensiones y distribución**
  - 3.3. Alturas libres**
- 4. Descripción de la actividad**
  - 4.1. Proceso de uso**
  - 4.2. Área acústica donde se ubicará la actividad**
- 5. Medición de prueba**
  - 5.1. Selección de las salas emisora y receptora**
  - 5.2. Configuración de medida**
  - 5.3. Descarga de los resultados**
  - 5.4. Cálculos de la medición**
  - 5.5. Resultados de la medición**
- 6. Acceso al público**
- 7. Descripción de los focos sonoros y vibratorios**
  - 7.1. Emisión sonora de focos de ruido**
    - 7.1.1. Relación de los focos sonoros y vibratorios en la actividad**
    - 7.1.2. Emisión sonora de los focos sonoros de la actividad**
      - 7.1.2.1. Sistema de climatización**
      - 7.1.2.2. Sistema de extracción**
      - 7.1.2.3. Otra maquinaria**
    - 7.1.3. Atenuación de los sistemas de ventilación forzada**
    - 7.1.4. Tratamientos anti-vibratorios**
  - 7.2. Ruido de vibraciones de la instalaciones**
  - 7.3. Valores límites de inmisión sonora**



## **8. Aislamiento acústico**

### **8.1. Descripción de los materiales elegidos para el aislamiento acústico**

### **8.2. Valores límites de aislamiento**

### **8.3. Aislamiento acústico. Opción simplificada DB-HR del CTE**

#### **8.3.1. Forjado de separación de la actividad con la planta primera**

#### **8.3.2. Fachada exterior**

#### **8.3.3. Fachada interior**

### **8.4. Tratamiento anti-impacto del suelo**

## **9. Acondicionamiento acústico**

### **9.1. Descripción de los materiales elegidos para el acondicionamiento acústico**

### **9.2. Valores límite de tiempo de reverberación**

### **9.3. Tiempo de reverberación**

## **VII- Conclusiones**

### **B- PLANOS**

- 1- Plano de situación y emplazamiento**
- 2- Planta del local**
- 3- Mapa estratégico de ruido de aglomeración, Valladolid.**
- 4- Plano de identificación de los focos sonoros.**
- 5- Soluciones constructivas de fachada.**
- 6- Soluciones constructivas del techo.**
- 7- Soluciones constructivas del suelo.**
- 8- Plano de situación del techo acústico**
- 9- Plano de acabados de paramentos verticales.**
- 10- Plano de alzados**

### **C- Bibliografía**



## **A- MEMORIA**



## I- INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

La creciente consideración del ruido como un factor negativo para la calidad de vida, ha dado lugar a un aumento de denuncias y de cierres de locales de actividad, lo que ha llevado a la aparición de legislación de obligado cumplimiento, cada vez más estricta, dirigida a reducir al máximo la contaminación acústica producida por este tipo de locales, que necesitan obligatoriamente obtener una licencia ambiental.

Una licencia ambiental es un trámite, otorgado por la autoridad ambiental competente, que permite al titular de una actividad obtener la licencia de apertura para actividades susceptibles de ocasionar molestias considerables derivadas de ruidos o vibraciones. La licencia se solicita al inicio de la obra y no es de carácter permanente ya que se ha de renovar cada ocho años presentando el titular de la actividad, un informe técnico que justifique que las condiciones por las cuales se otorgó la autorización de inicio de actividad se mantienen. Dichas condiciones se contemplan en un proyecto acústico que es imprescindible realizar a la hora de solicitar por primera vez la licencia ambiental, este proyecto ha de ser redactado por técnicos titulados competentes, visado por el Colegio Profesional correspondiente y ha de contemplar los extremos indicados en el Anexo VII de la Ley 5/2009 del ruido de Castilla y León, que son las siguientes:

- **Memoria:**
  - a. Titular de la actividad.
  - b. Tipo de actividad.
  - c. Horario de funcionamiento de la actividad.
  - d. Área acústica donde se ubicará la actividad.



- e. Emisión sonora a 1 metro de distancia, en tercios de octava, de los focos sonoros que existirán en la actividad.
- f. Aislamiento acústico, en tercios de octava, de los cerramientos acústicos que delimitarán la actividad, indicando los materiales y la forma de instalación y/o sujeción de los mismos para evitar puentes acústicos.
- g. Sistemas para atenuar la inmisión sonora en el exterior producida por el exterior de las salidas de ventilación forzada.
- h. Descripción de los tratamientos antivibratorios que se emplearán en el suelo y en las fijaciones de las máquinas susceptibles de producir vibraciones.
- i. Cálculo justificativo del cumplimiento de los valores límite establecidos.

- **Planos:**

- a. Plano de situación de la actividad respecto a los recintos colindantes.
- b. Plano en planta de la actividad en el cual se ubiquen los distintos focos sonoros que existirán en ella.
- c. Detalle de los sistemas de aislamiento acústico de los cerramientos que delimitan el recinto que alberga la actividad.

La licencia ambiental es obligatoria en locales de actividad ya que en ellos se pueden encontrar diferentes fuentes generadoras de ruido (aéreo y de impacto) y vibraciones, algunas de ellas se exponen a continuación:

- Ruido de impacto provocado por el arrastre de sillas y mesas, por la carga y descarga de alimentos, etc.
- Ruido aéreo provocado por fuentes sonoras propias de la actividad del local (equipos de música, televisión, etc.); por instalaciones exteriores de climatización hacia patios interiores del mismo edificio o hacia edificios cercanos; por máquinas extractoras de humo del local; por instalaciones de



fontanería (bajantes) y sistemas de ventilación del local o del propio edificio; etc.

- Vibraciones provocadas por las máquinas de refrigeración o por las instalaciones de climatización del local, que se transmiten a través de la estructura hacia las viviendas colindantes.

Este Proyecto de Fin de Carrera explica todo el proceso de la elaboración de un proyecto acústico requerido para la obtención de una licencia de inicio de actividad conforme a la normativa vigente en Castilla y León.



## 1- Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar y justificar las condiciones que necesita el acondicionamiento acústico de un local de actividad, concretamente un Restaurante en la ciudad de Valladolid, para que cumpla la normativa vigente.

La actuación que nos ocupa se realiza en un local sin actividad anterior, por lo que el proyecto acústico que se elabore ha de servir para la solicitud de licencia de apertura de la actividad en el Ayuntamiento de Valladolid, acorde con las distintas normativas vigentes para el desarrollo correcto de la actividad.

Se han de cumplir las siguientes exigencias de la ley 5/2009 del ruido de Castilla y León en lo referente a la protección frente al ruido producido por una actividad:

- Alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a **ruido aéreo** y no superarse los valores límite de nivel de presión de **ruido de impactos** (aislamiento acústico a ruido de impactos) que se establecen en el Anexo III de la Ley 5/2009.
- No superarse los valores límite de **tiempo de reverberación** que se establecen en el artículo 14-3 de la Ley 5/2009.
- Cumplirse las especificaciones de la Ley 5/2009 anexo IV referentes al **ruido** y a las **vibraciones de las instalaciones**.
- Cumplirse los valores máximos permitidos de **emisión de focos de ruido** de acuerdo a lo establecido en la Ley 5/2009 Anexo I.



## 2- Estructura del proyecto

El proyecto se divide en seis bloques:

### a) Fundamentos teóricos

Se trata de exponer brevemente los conceptos teóricos más importantes utilizados en el diseño acústico de actividades.

### b) Normativa

Se resumen las normativas en base a las cuales se ha de elaborar el proyecto.

### c) Equipos de medida

En este bloque se definen todos los equipos usados para realizar las medidas.

### d) Materiales

En esta parte se definen algunos materiales que se van a emplear para la ejecución del proyecto.

### e) Caso práctico

Este bloque es fundamental en el proyecto ya que se realizan todos los estudios y cálculos necesarios para llevar a cabo este proyecto.

### f) Conclusiones

En este apartado, se analizan los resultados obtenidos.

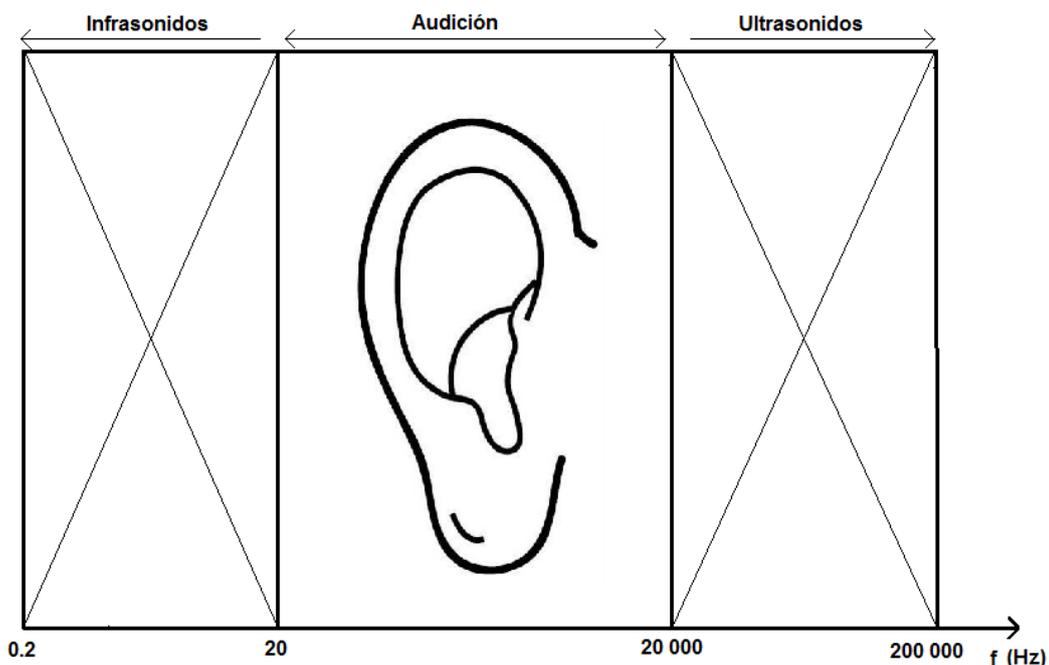
## II- FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1. INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA

Se define la Acústica como la parte de la ciencia que estudia el sonido, es decir la generación, transmisión y recepción de energía en forma de ondas vibratorias en la materia y el efecto que dicha energía pueda producir.

#### 1.1. El sonido:

El sonido es un fenómeno físico que consiste en una perturbación que se propaga a través de un fluido. Esta perturbación puede ser debida a cambios de presión  $p$ , velocidad vibratoria  $v$ , o densidad  $\rho$ . Estas vibraciones se transmiten en un medio elástico generalmente en el aire, en forma de ondas sonoras, y puede ser percibida por el ser humano en frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20 KHz. Las componentes frecuenciales que quedan por debajo del límite inferior reciben el nombre de *Infrasonidos* y aquellas que superan el umbral superior se denominan *Ultrasonidos*.

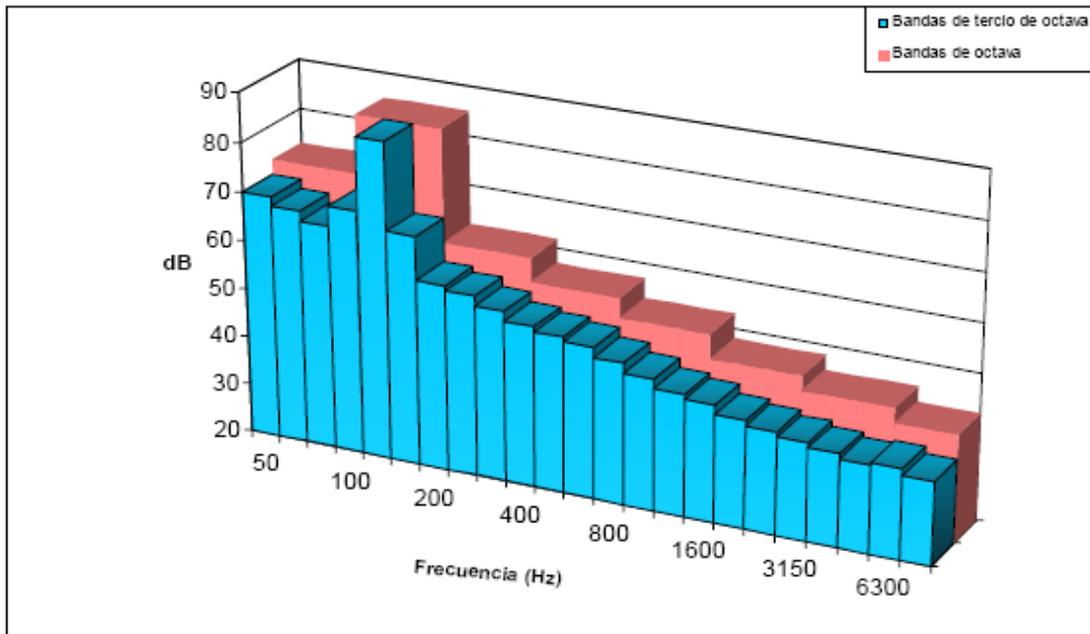


Para el análisis del sonido se suele dividir el rango de frecuencias audibles en bandas de diferentes anchuras (octava, tercios de octava...).

Una octava es un intervalo de frecuencia (de  $f_1$  a  $f_2$ ) en el que la máxima frecuencia del intervalo es dos veces la mínima ( $f_2=2 f_1$ ).

Cuando en octavas no se aporta suficiente información, se divide cada octava en tres partes y se obtienen los 1/3 de octava.

En la siguiente gráfica se muestra un ejemplo de la diferencia entre bandas de octava y tercio de octava:



*Espectro en bandas de octava y tercio de octava*

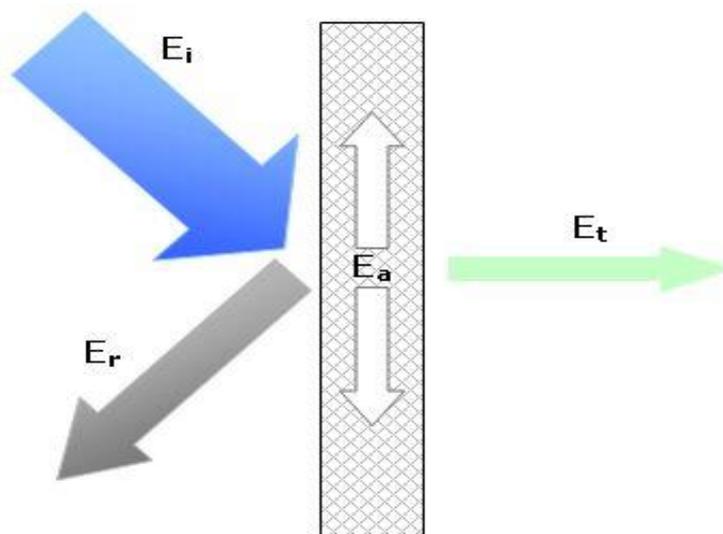
La siguiente tabla resume las frecuencias de octava y de tercio de octava:

OCTAVAS en Hz	1/3 OCTAVAS en Hz	OCTAVAS en Hz	1/3 OCTAVAS en Hz
31,5	25	1000	800
	31,5		1000
	40		1250
63	50	2000	1600
	63		2000
	80		2500
125	100	4000	3150
	125		4000
	160		5000
250	200	8000	6300
	250		8000
	315		10000
500	400	16000	12500
	500		16000
	630		20000

### Propagación del sonido:

Inicialmente el sonido emitido por una fuente se propaga hasta que choca con las paredes límite y otros objetos que obstaculizan su camino. Como consecuencia se producen los siguientes fenómenos: reflexión, absorción y transmisión.

En el siguiente gráfico podemos observar como la energía inicial ( $E_i$ ) choca con un obstáculo y se divide en tres energías, energía reflejada ( $E_r$ ), energía absorbida ( $E_a$ ) y energía transmitida ( $E_t$ ).



$$E_i = E_r + E_a + E_t$$



### Reflexión:

Se produce cuando la onda acústica choca con el material, parte de ella rebota y se refleja cambiando la dirección de propagación, esto se produce cuando la superficie es dura y lisa. Por ejemplo: ladrillos, vidrio, hormigón, etc.

### Absorción:

Consiste en la disminución de la energía sonora, al ser absorbida por el medio que atraviesa. Dicha variación de energía dependerá de la intensidad de la onda sonora, de la distancia recorrida y de las características del medio. Así, tendremos la absorción debida al aire, a los materiales usados en las paredes y en los objetos presentes en el recinto, y a las personas que se encuentren dentro de la sala.

### Transmisión:

Se produce cuando la energía incidente traspasa el obstáculo, y se propaga en otro medio.

### **Presión sonora:**

Cuando se propaga una onda sonora en un medio elástico como el aire, se crea una variación de presión sobre la presión ambiental existente. (Se expresa en Pa)

El nivel de presión sonora ( $L_p$  ó SPL, Sound Pressure Level) se utiliza para expresar la presión sonora en decibelios, se determina mediante la siguiente expresión:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_{ref}} \quad (dB)$$

Siendo,  $P_{ref}$  la presión de referencia asociada al umbral de audición ( $2 \cdot 10^{-5} Pa$ ).



### **Intensidad sonora:**

La intensidad acústica ( $I$ ) se define como la cantidad de energía sonora transmitida en una dirección determinada por unidad de área. Permite determinar la cantidad de energía sonora que radia una fuente dentro de un ambiente ruidoso. (Se expresa en  $W/m^2$ ).

El nivel de intensidad sonora es la intensidad acústica expresada en decibelios, se determina mediante la siguiente expresión:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} \quad (dB)$$

Siendo,  $I_{ref}$  la Intensidad de referencia asociada al umbral de audición ( $10^{-12} \text{ wat}/m^2$  ).

### **Potencia sonora:**

La potencia acústica ( $W$ ) es la cantidad de energía radiada por una fuente determinada. (Se expresa en vatios)

La potencia acústica de un foco sonoro es constante y no depende del lugar donde se halle, solo depende de las características de la fuente. En cambio, la intensidad y la presión varían de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

El nivel de potencia acústica es la potencia acústica expresada en decibelios, se determina mediante la expresión:

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_{ref}} \quad (dB)$$

Siendo,  $W_{ref}$  la Potencia de referencia asociada al umbral de audición ( $10^{-12} \text{ w}$  ).

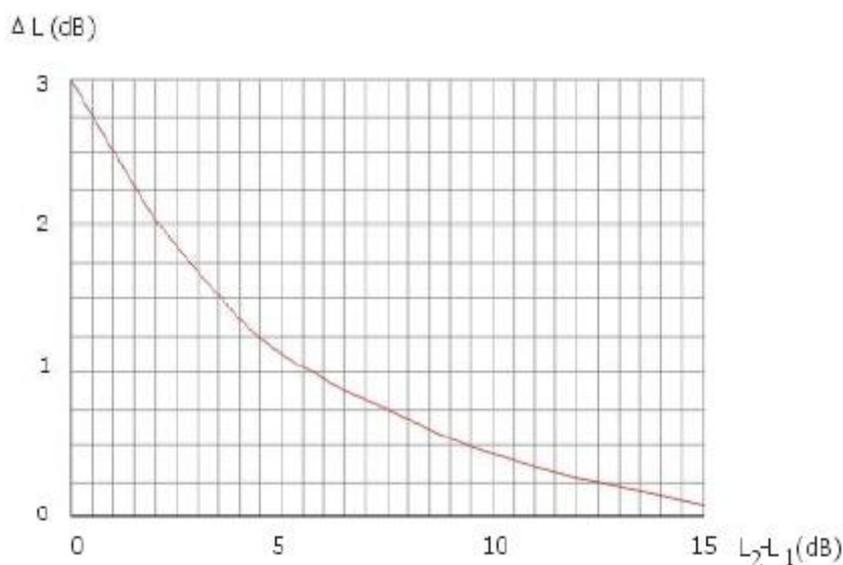


### Suma de niveles sonoros:

Al sumar varios niveles de presión, no se puede realizar de forma aritmética, se usa la siguiente expresión:

$$L_{Total} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

También existe un método gráfico que permite sumar niveles sonoros de dos en dos, primero se halla la diferencia entre ambos, y este valor se introduce en el eje de las abscisas del gráfico siguiente. El valor donde se cruza con la curva es el incremento de dB que hay que sumar al valor más alto.



*Determinación de suma de dos niveles sonoros*

Ejemplo:

Tenemos dos fuentes de ruido,  $L_1=70$  dB y  $L_2=71$  dB

$$L_2-L_1=1 \text{ dB}$$

A partir de la gráfica obtenemos que  $\Delta L \approx 2,5$  dB

$$L_{Total} = 71 + 2,5 = \mathbf{73,5 \text{ dB}}$$

Lo comprobamos con la expresión

$$L_{Total} = 10 \cdot \log(10^{\frac{70}{10}} + 10^{\frac{71}{10}}) = \mathbf{73,54 \text{ dB}}$$



## 1.2. Caracterización del ruido

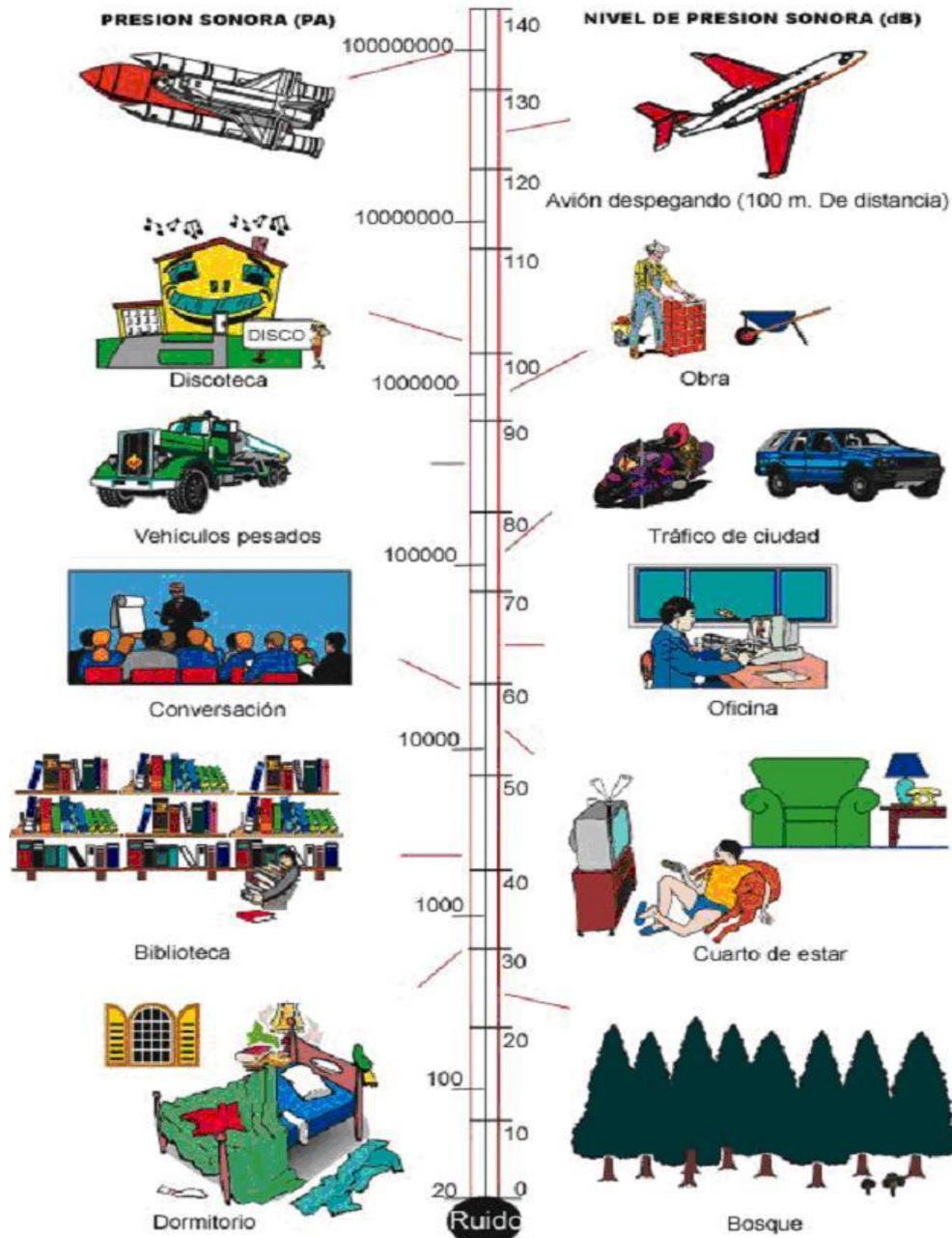
Un ruido desde el punto de vista físico, es la sensación auditiva no deseada, correspondiente generalmente a una variación aleatoria de presión a lo largo del tiempo. Es un sonido complejo, y puede ser caracterizado por la frecuencia de los sonidos puros que le componen y por la amplitud de la presión acústica correspondiente a cada una de esas frecuencias.

El ruido es un caso particular del sonido, se define como aquel sonido no deseado. Para que un sonido sea ruidoso, no tiene que ser necesariamente fuerte, ya que muchos ruidos suaves nos molestan y nos distraen impidiendo concentrarnos, por ejemplo una gotera o un mosquito. Pero sin duda los ruidos más fuertes son más perjudiciales.

La siguiente Tabla muestra la percepción humana a diferentes niveles de ruido:

<b>Nivel de presión sonora (dB)</b>	<b>Efecto</b>
10	Apenas audible
30	Muy silencioso
50	Silencioso
80	Molesto
90	Muy molesto (Daño auditivo en 8h)
110	Extremadamente fuerte
140	Dolorosamente fuerte
180	Pérdida auditiva irreversiblemente

En la siguiente gráfica vemos unos ejemplos de diferentes niveles de presión.





El análisis espectral se puede realizar mediante:

- Un analizador RTA (analizador de tiempo real) utiliza bandas de tercio de octava, que es lo más común, y lo que nos interesa en nuestro proyecto.
- Un analizador de FFT (transformada rápida de Fourier), lo que hace es convertir una señal digital al dominio de la frecuencia, lo que nos permite el análisis del espectro.

Existen multitud de variables que permiten diferenciar unos ruidos de otros: su composición en frecuencia, su intensidad, su variación temporal, su cadencia y ritmo, etc.

Para los tipos de ruido hay dos divisiones, una en cuanto al tiempo y otra en cuanto a la frecuencia, a lo cual se han asociado colores.

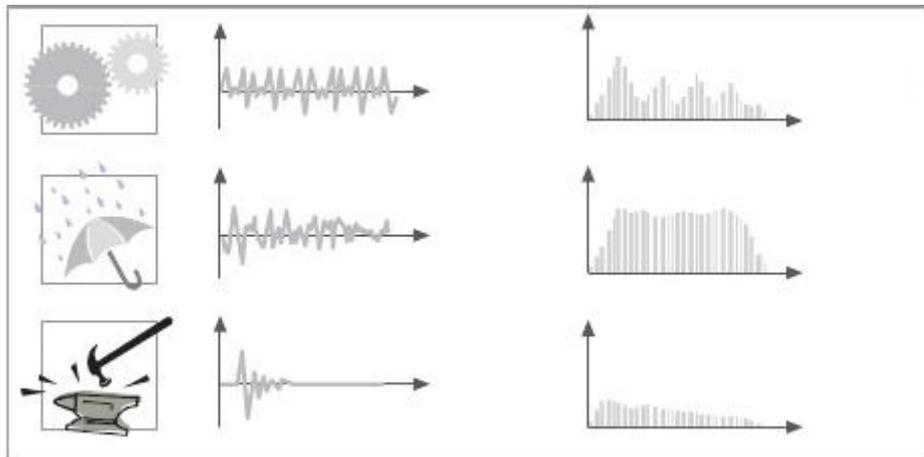
En cuanto **al tiempo**, el ruido puede ser continuo, fluctuante o impulsivo.

**Ruido continuo o estacionario** es aquel en el que los niveles de presión acústica y el espectro de frecuencias varían en función del tiempo lentamente sobre pequeños márgenes. Este tipo de ruidos suelen ser originados por máquinas con cargas estables, tales como motores eléctricos o bombas de agua.

**Ruido fluctuante** es aquel en el que los niveles de presión acústica varían (sube o baja) de forma aleatoria en función del tiempo sobre un margen más o menos grande como sucede con el ruido producido por el tráfico.

**Ruido impulsivo** es aquel en el que se produce un aumento brusco y de corta duración en el nivel de presión acústica, como el ruido producido por un golpe de un martillo.

En la siguiente figura se puede observar la representación gráfica de los niveles sonoros de un ruido estacionario, fluctuante e impulsivo:



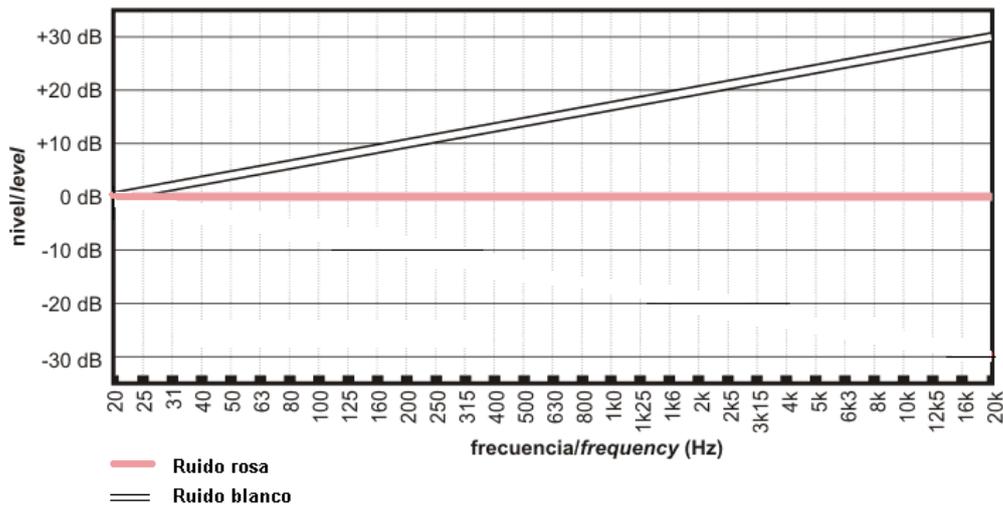
En cuanto **a la frecuencia**, el ruido puede ser blanco o rosa.

**Ruido Blanco** es aquel que tiene la misma energía en todas las frecuencias. Se utiliza en acústica como señal de referencia para medir determinadas características de sistemas acústicos. Los analizadores de espectro FFT (Transformada rápida de Fourier) no utilizan descomposición espectral mediante bancos de filtros de octava o tercio de octava, sino que calculan el espectro de la señal que se desea estudiar realizando la DFT (Transformada discreta de Fourier).

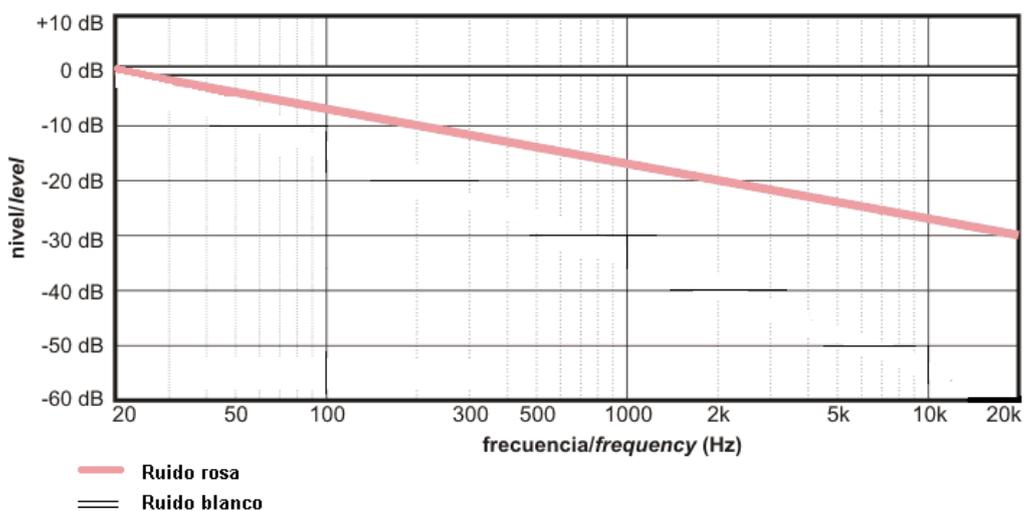
**Ruido Rosa** es aquel que tiene la misma energía en todas las octavas y el nivel de energía desciende a 3 dB/octava. Se utiliza como señal de referencia para la realización de todas las medidas acústicas en las que se debe realizar una descomposición de la señal en bandas de octava o fracción de octava: medidas de aislamiento acústico, potencia sonora, absorción acústica, realización de ecualización de salas, etc. Es un sonido parecido al que se oye cuando no se sintoniza ninguna emisora en la radio.



En un analizador de tiempo real (RTA) de tercio de octava, el ruido rosa muestra un espectro plano, si se mide en un analizador de ancho de banda porcentual constante, mientras que el ruido blanco exhibe una pendiente positiva de 3 dB octava. Como se ve en la siguiente gráfica:



En un analizador de FFT, sin embargo, el ruido blanco es plano y el rosa tiene una pendiente de -3 dB/octava porque la FFT descompone en bandas de frecuencia que tienen igual número de Hercios, como se ve en la siguiente gráfica:





### Ley de ponderación A

Una medida ponderada A representa cómo oirá el oído humano una señal sin ponderar de niveles cercanos al umbral de audición. En general es el método más usado que ajusta las mediciones para que coincidan con el umbral de sensibilidad del oído humano, ya que la sensibilidad no es la misma para todas las frecuencias.

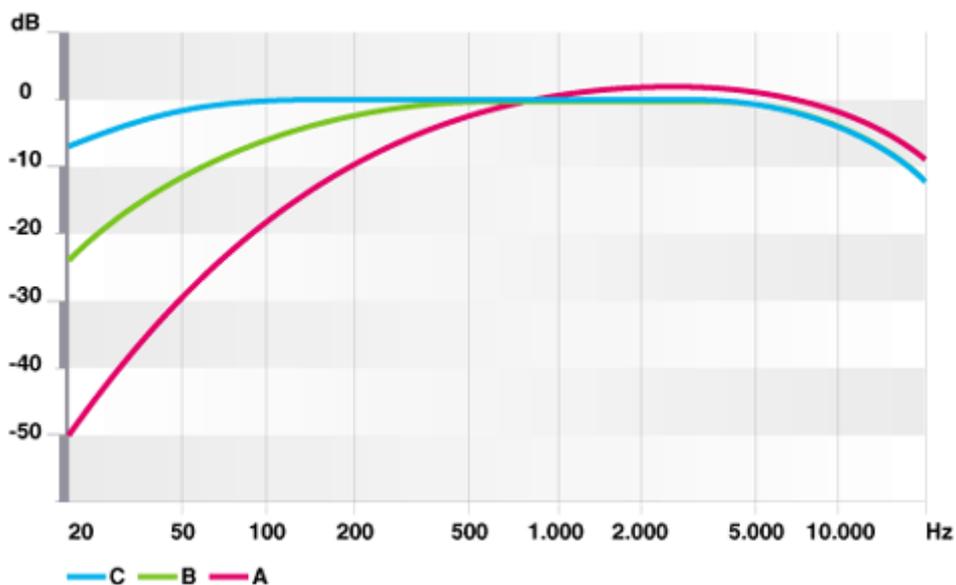
La siguiente Tabla muestra los valores que hay que añadir a una medida en dB para obtener el correspondiente valor en dBA.

F (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Ley A	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,0

F (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ley A	-0,8	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5

También existen ponderación en 'B' y en 'C', la 'B' es la menos utilizada, se usa para sonidos moderados, es similar a la curva A excepto en bajas frecuencias, mientras la ponderación C se planteó para la evaluación de ruidos de alto nivel, es similar a la B en agudos y apenas aporta atenuación de las frecuencias graves.

A continuación se pueden ver las curvas de ponderación que establece la corrección:

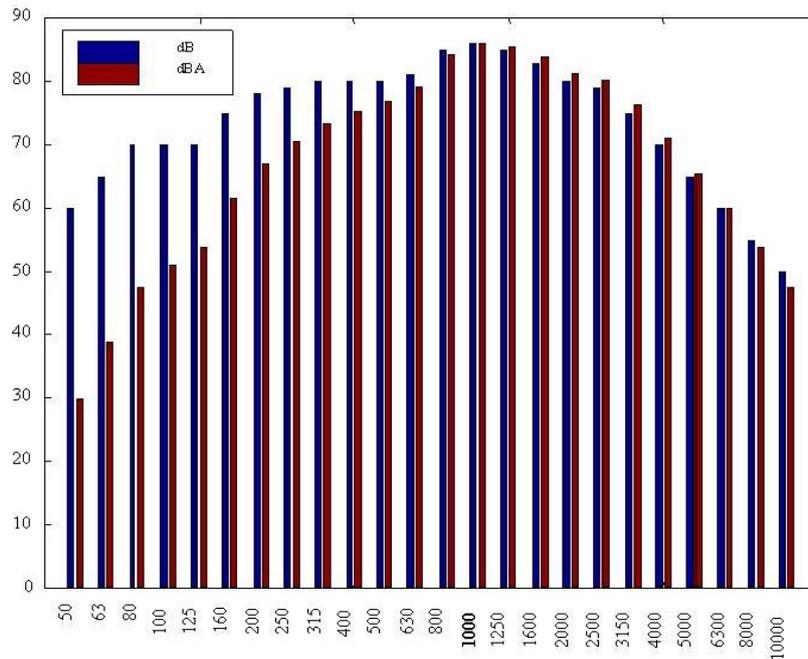


*Curvas de ponderación*

Por ejemplo si en una frecuencia de 100 Hz hemos medido 80 dB, al ponderarlo pasarán a ser 60,9 dBA, esto quiere decir que un nivel de presión sonora de 80 dB en una frecuencia de 100 Hz es oída por nuestro sistema de audición como si realmente tuviese 60,6 dBA y no 80 dB.

Tanto la Ley 37/2003 de Protección Contra la Contaminación Acústica como el Real Decreto 1316/1989, especifican que los niveles de ruido deberán medirse en dBA. Es decir, en el sonómetro se debe seleccionar esta ponderación y como resultado la medida vendrá expresada en dBA.

Para describir el efecto de la ponderación con la Ley A, se incluye a continuación una gráfica que permite comparar una medida realizada en dB y en dBA:



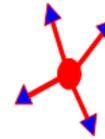
**Gráfica comparativa entre niveles en dB y en dBA**

Se puede observar claramente que en bajas frecuencias los valores ponderados en A (rojos) son sensiblemente inferiores a los valores sin ponderar (azules).

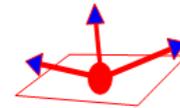
### Factor de directividad:

Es la medida del grado en el que la energía sonora se concentra en una determinada dirección del espacio y se expresa por Q.

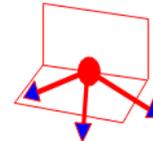
Si la fuente sonora está suspendida en el espacio abierto, radia su energía en todas las direcciones **Q=1**.



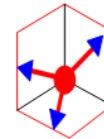
Si está sobre un plano, todo el ruido se radia a través de una semiesfera **Q=2**.



Si está en dos planos, por ejemplo en el suelo y apoyada a una pared, radia un cuarto **Q=4**.



Si está en tres planos, radia un octavo **Q=8**.



### Emisión sonora de los focos sonoros

Los focos sonoros de la actividad (maquinaria por ejemplo) emiten ruido, pero no tienen que pasar el límite permitido, para ello se calcula el nivel de presión acústica a una distancia, usando la siguiente expresión:

$$L_p = L_w - 10 \log(4\pi r^2 / Q)$$

Donde

r es la distancia de la máquina al micrófono

Q es el factor de directividad



## 2. Acústica arquitectónica:

Estudio del control del sonido, tanto del aislamiento entre recintos habitables (casas, cuartos o habitaciones), como del acondicionamiento acústico de locales (salas de conciertos, teatros, etc.), amortiguándolo mediante materiales blandos, o reflejándolo con materiales duros para que la construcción o la estructura del lugar permita el máximo aprovechamiento del sonido o bien hacer que el sonido disminuya y no traspase los muros o paredes.

### 2.1. Aislamiento acústico:

El aislamiento acústico se define como la protección de un recinto contra la penetración de sonidos. Se trata de reducir el ruido, tanto aéreo (conductos de ventilación, aberturas y grietas en paredes...) como estructural (Vibraciones de maquinaria, Transmisión de impactos sonoros...), que llega al receptor a través del obstáculo.

Un buen aislamiento acústico pretende que la energía transmitida sea mínima. Esto implica un aumento de energía disipada y/o reflejada sin que tenga importancia el reparto entre ellas, ni la acústica del local emisor. Los materiales adecuados para el aislamiento acústico son aquellos que tienen la propiedad de reflejar o absorber una parte importante de la energía de la onda incidente.

El aislamiento acústico a ruido aéreo está definido en el DB HR como la diferencia de niveles estandarizada ponderada A,  $D_{nT,A}$ , que es un índice que evalúa el aislamiento a ruido aéreo entre recintos, el índice sin ponderar viene dado por la siguiente expresión:

$$D_{nT} = D + 10 \log \frac{T}{T_0} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (dB)$$



Siendo

D es la diferencia de niveles.

$L_1$  es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

$L_2$  es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.

T es el tiempo de reverberación.

$T_0$  es el tiempo de reverberación de referencia,  $T_0=0,5$  s.

El aislamiento exigido en la norma básica NBE CA 88 correspondía con el valor obtenido en laboratorio de los elementos constructivos; para ruido aéreo se trataba del índice de reducción acústica ponderado A,  $R_A$ .

El índice de reducción sin ponderar viene dado por:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) dB$$

Siendo

S es el área del elemento en ensayo.

A es el área de absorción sonora equivalente de local de recepción.



## 2.2. Acondicionamiento acústico

El acondicionamiento acústico de un local consiste en controlar la energía sonora reflejada en las paredes del mismo para reducir la reverberación, mejorar las cualidades de escucha, y en general, disminuir el nivel sonoro medio global del local.

Esto se consigue tratando las superficies interiores del recinto con materiales que permitan una difusión adecuada de la energía acústica en el interior del mismo.

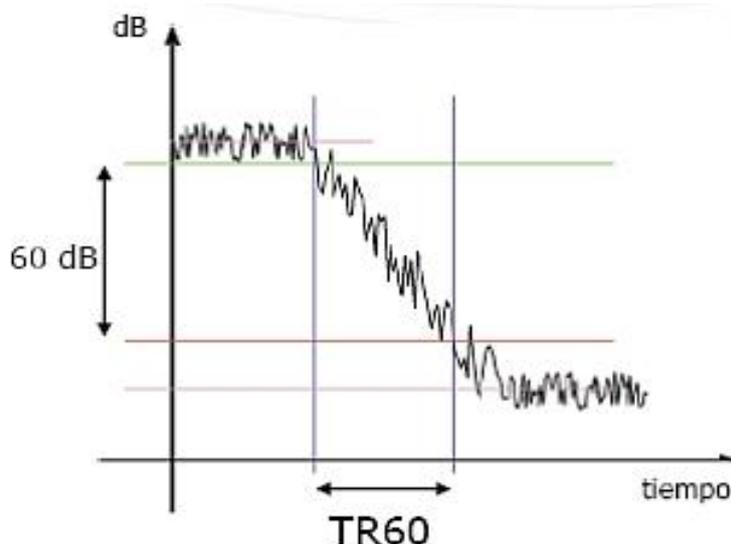
Cada local tiene unas características acústicas diferentes y particulares. Una de estas características es el tiempo de reverberación. En el momento que cortamos la fuente sonora, no desaparecerá de inmediato la intensidad sonora sino que continuarán llegando ondas reflejadas, durante un cierto tiempo, este tiempo es lo que se define por **tiempo de reverberación** (T ó TR), y es el tiempo que tarda en caer 60 dB a partir del cese de la emisión de la fuente sonora, por eso también se puede expresar con  $T_{60}$  ó  $TR_{60}$ .

### 2.3. Tiempo de reverberación

Cada local tiene unas características acústicas diferentes y particulares. Una de estas características es el tiempo de reverberación. En el momento que se corta la fuente sonora, no desaparecerá de inmediato la intensidad sonora sino que continuarán llegando ondas reflejadas, durante un cierto tiempo, este tiempo, es lo que se define por **tiempo de reverberación** (T ó TR), y es el tiempo que tarda en caer el nivel de presión 60 dB a partir del cese de la emisión de la fuente sonora, por eso también se puede expresar con  $T_{60}$  ó  $TR_{60}$ .

Para reducir el tiempo de reverberación de un recinto se usan materiales absorbentes, por ejemplo un techo absorbente.

En la siguiente figura se presenta el tiempo de reverberación de forma gráfica:



El TR depende del tamaño del recinto y de la absorción de éste. Se calcula mediante la ecuación de Sabine:

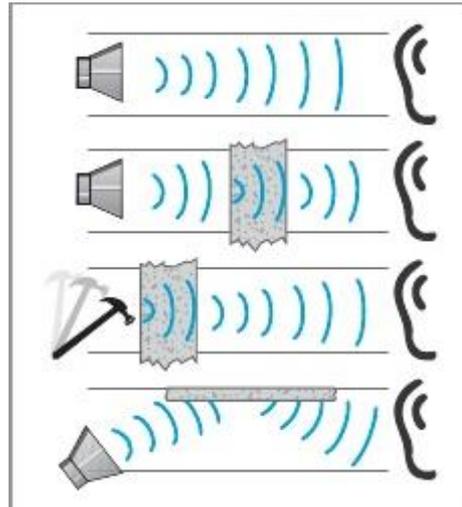
$$TR = 0,161 \cdot \frac{V}{A} = 0,161 \cdot \frac{V}{\alpha \cdot S}$$

Donde: V es el volumen ( $m^3$ )  
A es la absorción acústica ( $m^2$ )  
 $\alpha$  es el coeficiente de absorción  
S es el área total del recinto ( $m^2$ )

## 2.4. Ruido aéreo, ruido de impacto y vibraciones:

Las vibraciones sonoras se propagan por transferencia de energía de unas partículas a otras adyacentes que encuentre en su camino, ya sean del aire o elementos sólidos, por las siguientes vías:

- Toda emisión sonora en un local hace vibrar el aire y el sonido se propaga directamente.
- Cuando las vibraciones chocan con las paredes, éstas entran a su vez en vibración, engendrando vibraciones nuevas en el aire del local adyacente.
- Cuando una pared está sometida a un golpe, vibra y engendra vibraciones en el aire del local adyacente.
- Cuando las vibraciones sonoras rebotan en las paredes, se produce la reverberación de los sonidos.



Todo golpe o impacto directo sobre un medio sólido da lugar a una vibración de dicho medio. Esto significa que toda la energía cinética del movimiento se convierte en energía vibratoria. El medio de transmisión de dichas vibraciones es ese medio sólido o estructural.

Los ruidos de impactos son los originados por golpes o choques sobre las superficies o paramentos que delimitan el local, y que se transmiten a los locales colindantes a través de la vibración de los paramentos horizontales (forjados) y verticales (paredes) que componen la estructura del edificio. El golpe se manifiesta de inmediato por el ruido aéreo generado, y provoca la vibración del elemento receptor de dicho golpe



### 3. PROBLEMÁTICA DEL AISLAMIENTO

En este apartado vamos a ver los problemas y soluciones del aislamiento en un ejemplo.

#### Vías de transmisión:

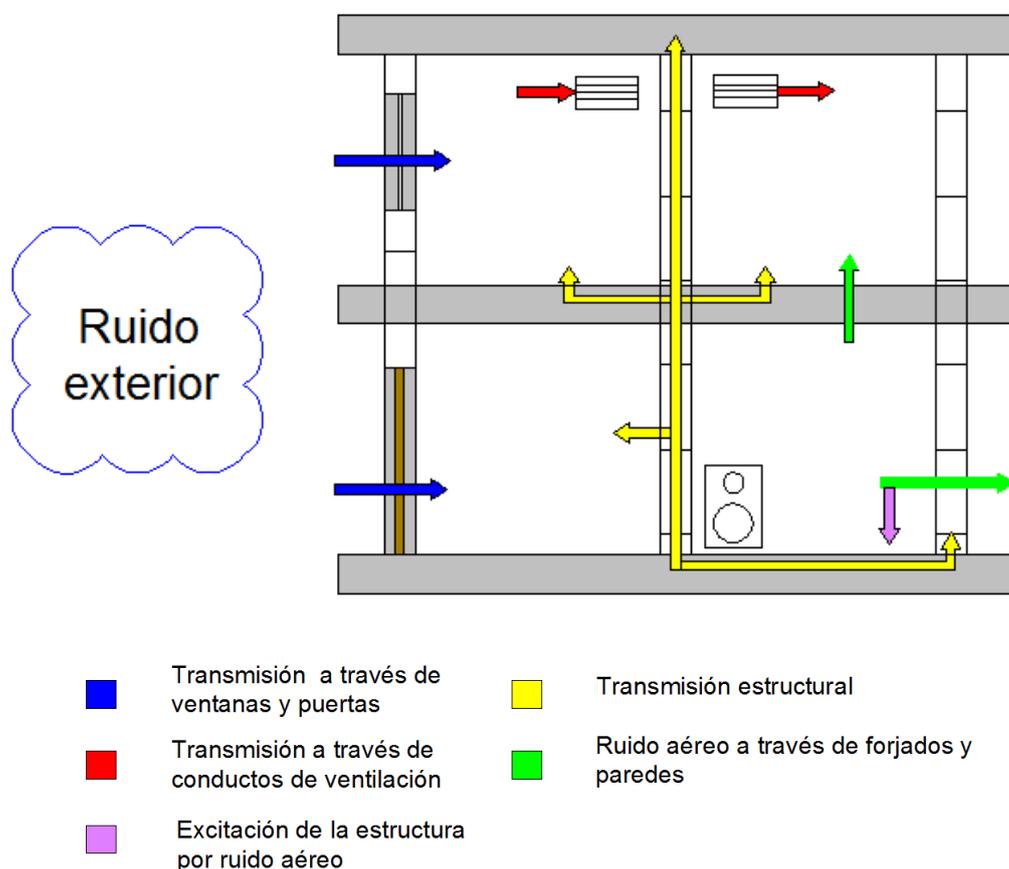
El sonido que penetra en un recinto puede hacerlo por medio de diferentes caminos, los cuales se pueden dividir en dos grupos dependiendo de la naturaleza de la transmisión:

**Vía aérea:** En este tipo de transmisión, el sonido se propaga transversalmente a la partición (pared, fachada o forjado), sin que exista propagación longitudinal a través de la estructura. El medio aéreo en el que se origina el ruido pone en vibración al elemento separador y éste a su vez radia la energía acústica adquirida al medio aéreo receptor. Incluye las transmisiones por grieta o poros en las paredes, conductos de ventilación o por medio de vibraciones elásticas de la pared de separación entre los recintos emisor y receptor.

**Vía estructural:** En este grupo podemos distinguir:

- **La transmisión por ruido de impacto**, que ocurre cuando se produce una percusión directa de la estructura, por golpe o roce, convirtiéndose ésta en transmisor de sonido.
- **La transmisión por flancos**, consiste en vibraciones longitudinales elásticas de paredes no adyacentes y radiadas al recinto receptor por las paredes laterales al propagarse por el espesor de éstas. Cualquier sonido originado por el medio aéreo puede provocar vibraciones en la estructura que pueden ser transmitidas a otros recintos no adyacentes al emisor, siendo éste uno de los problemas más difíciles de controlar.

La siguiente figura muestra las distintas vías por las que se puede propagar el sonido en un edificio:



### ***Vías de transmisión del sonido en edificios***

La vía aérea (flechas verdes), supone el paso directo a través de la partición, como se ha comentado anteriormente.

Las vías representadas en color amarillo indican la transmisión estructural producida por la excitación directa del forjado o una pared divisoria (altavoces directamente apoyados en el suelo o en contacto rígido con una pared).



La Transmisión por flancos se ha presentado por una flecha de color morado, indica que el campo acústico puede poner en vibración a la estructura, realizando la propagación hacia todo el edificio de forma estructural.

El resto de las vías indicadas reflejan problemas que suelen presentarse por falta de previsión:

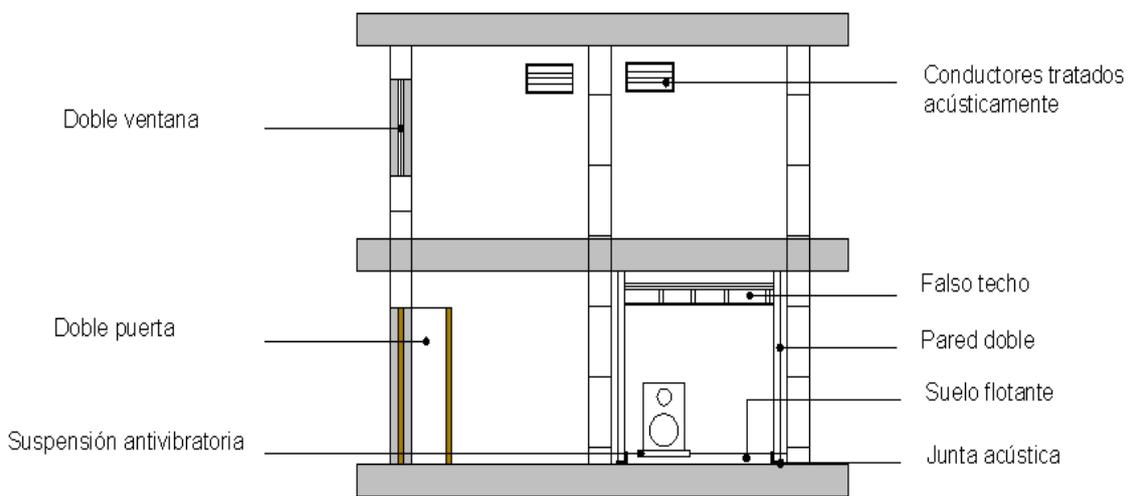
Transmisión a través de puertas y ventanas (color azul), por desajuste en el cierre o por haber colocado un elemento poco aislante acústicamente. Esta transmisión se realiza vía aérea. Aunque se haya elegido una fachada muy aislante acústicamente, en una partición mixta (muro o fachada con puertas o ventanas) el aislamiento resultante va a venir determinado por el elemento más débil, y no suele superar en 10 dB el valor de este elemento, por ejemplo: si sobre un muro que podría aislar 45 dB se coloca una ventana cuyo aislamiento sea del orden de 25 dB, el aislamiento resultante será a lo sumo de 35 dB.

Transmisión a través de conductos de ventilación (color rojo), muchas veces se interconectan recintos directamente a través de los conductos de ventilación. El sonido a través de estos conductos se propaga con muy poca atenuación. Es muy habitual que en edificios se degrade el aislamiento entre viviendas debido al diseño de los conductos de ventilación de los cuartos de baño (conducto común para todas las viviendas de la misma "letra").

Transmisión por puentes acústicos. Ocurre cuando se conecta rígidamente las dos hojas de una pared doble. Puede ocurrir por descuido o por un paso de cables o tuberías incorrecto. Un paso de cables perforando el muro, sin cuidado supone una degradación apreciable del aislamiento en alta frecuencia.

Es muy importante en cada caso realizar una evaluación global de todas las posibles vías de transmisión. En apartados posteriores se comentará como detectar alguno de los problemas a partir de las curvas de aislamiento obtenidas de las medidas.

La siguiente figura muestra las soluciones para el aislamiento acústico:





### III- **NORMATIVA**

En este apartado se expondrán las normativas que afectan a este proyecto acústico.

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
  - Documento Básico de protección frente al ruido (DB-HR)
  - Documento Básico de Seguridad en caso de incendio (DB-SI)
- Ley 5/2009 del ruido de Castilla y León
- Reglamento Municipal sobre protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones
- Reglamento de accesibilidad Supresión de Barreras de Castilla y León (Decreto 217/2001)

#### 1. **Código Técnico de la Edificación (CTE)**

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

El CTE pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad de la edificación, a la vez que persigue mejorar la protección del usuario y fomentar el desarrollo sostenible. Se aplica a edificios de nueva construcción, a obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación y a determinadas construcciones protegidas desde el punto de vista ambiental, histórico o artístico.

Las Exigencias Básicas de calidad que deben cumplir los edificios son:

- Seguridad estructural.
- Seguridad contra incendios.
- Seguridad de utilización y de accesibilidad.
- Salubridad.
- Protección frente al ruido.
- Ahorro de energía.



En este Proyecto Fin de Carrera lo que más nos interesa es el Documento Básico de protección frente el ruido (DB-HR), aunque también se ha usado el Documento Básico de Seguridad contra Incendios (DB-SI).

El siguiente apartado resume los documentos básicos usados en este trabajo.

### **Documento Básico de protección frente al ruido (DB-HR)**

El “DB-HR” del Código Técnico de la Edificación (CTE) establece el cumplimiento de unas exigencias tanto de aislamiento acústico a ruido aéreo desde el exterior, entre vecinos, así como de impacto, ruido de instalaciones del edificio y acondicionamiento acústico de recintos específicos (tiempo de reverberación).

Todo proyecto de edificación requerirá pues la cumplimentación de las exigencias prestacionales y documentales definidas en el DB HR.

#### **a) Estudio ambiental acústico de la zona donde se ubicará el edificio**

El primer punto a considerar en todo proyecto, será el análisis de la información acústica ambiental de la zona donde se implantará el edificio, ya que ésta nos definirá las exigencias de aislamiento de fachadas, con lo que nos condicionará las superficies de huecos.

#### **b) Proyecto básico**

En la etapa de proyecto básico, es necesario zonificar el edificio, para saber qué exigencias deben aplicarse y a qué recintos.

En esta fase del proyecto deberán quedar claramente definidos:

- El aislamiento acústico de las fachadas, cubiertas y superficies en contacto con el aire exterior, de los recintos protegidos del edificio.
- El aislamiento acústico de todas las medianeras, en función de los recintos que éstas separen.



- La ubicación y las condiciones de aislamiento de los recintos de instalaciones y actividad, clasificando dichos recintos como ruidosos, protegidos o habitables.

En base al diseño básico realizado deberán cumplimentarse las Fichas Técnicas de aislamiento acústico y absorción.

### **c) Proyecto de ejecución**

En el proyecto de ejecución es necesaria la definición concreta de los elementos constructivos que satisfacen las exigencias de aislamiento acústico, así como de la forma en que éstos se unen entre sí.

Para definirlos, el DB HR establece dos opciones:

- **La opción simplificada**, que contiene soluciones que dan conformidad a las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos.
- **La opción general**, que consiste en un método de cálculo basado en el modelo simplificado de la norma UNE EN 12354 <sup>(\*)</sup>.

*(\*) Nota: Esta normativa describe modelos de cálculo diseñados para estimar el aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos de edificios, utilizando primero medidas de la transmisión directa e indirecta a través de los elementos constructivos del edificio y después métodos teóricos derivados de la propagación acústica en los elementos estructurales.*

### **d) Ejecución y control en obra**

En obra, es necesario aplicar una serie de buenas prácticas, de forma que no afecte al aislamiento acústico proyectado, incluyendo:

- La Recepción de productos
- La Ejecución y control
- El Control de la obra terminada



### Documento Básico de Seguridad en caso de incendio (DB-SI)

El objetivo del requisito básico “**DB-SI**” consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

Este Documento Básico se ha usado para calcular la ocupación y para elegir el recorrido de las puertas:

Para **calcular la ocupación** deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla siguiente en función de la *superficie útil* de cada zona.

A efectos de determinar la ocupación, se debe tener en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas de un edificio, considerando el régimen de actividad y de *uso previsto* para el mismo.

Zona, tipo de actividad	Ocupación ( $m^2/pers$ )
Zonas de público de pie, en bares, cafeterías, etc.	1
Zonas de público en restaurantes de “comida rápida” (p.e: Hamburgueserías, pizzerías ...)	1.2
Zonas de público sentado de bares, cafeterías, restaurantes, etc.	1.5

Para conocer **el recorrido de las puertas** hay que tener en cuenta que las puertas previstas para la evacuación de más de 50 personas abrirán en el sentido de la evacuación (hacia fuera).



## 2. Ley 5/2009 del ruido de Castilla y León

Esta ley tiene por objeto prevenir, reducir y vigilar la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños y molestias que de ésta se pudieran derivar para la salud humana, los bienes o el medio ambiente, así como establecer los mecanismos para mejorar la calidad ambiental desde el punto de vista acústico, en la Comunidad de Castilla y León.

En el siguiente apartado se resume lo más esencial de esta ley para la realización de este Proyecto Fin de Carrera.

- Los recintos en los que se desarrollen actividades musicales deberán disponer de un vestíbulo acústico estanco dotado de doble puerta con sistema de recuperación para garantizar que dichas puertas se encuentren cerradas cuando no esté accediendo público.
- Ninguna instalación, establecimiento, maquinaria, actividad o comportamiento, podrán emitir más de 95 dB(A) a 1.5 metros de distancia.
- Valores límite de inmisión de ruido al ambiente exterior

<b>Valores límites en dB A expresados como <math>L_{Aeq}</math></b>		
<b>Área receptora exterior</b>	<b>Día 8h–22h</b>	<b>Noche 22h – 8h</b>
Tipo I (Área silenciosa)	50	40
Tipo II (Área levemente ruidosa)	55	45
Tipo III (Área tolerablemente ruidosa)		
- Uso de oficinas o servicios y comerciales.	60	50
- Uso recreativo y espectáculos.	63	53
Tipo IV (Área ruidosa)	65	55



- Valores límite de inmisión de ruido al ambiente interior

Área receptora interior	$L_{Aeq} \text{ dB}(A)$	
	Día	Noche
Uso sanitario y bien estar social	30	25
Uso de viviendas		
- Recintos protegidos	32	25
- Cocinas, baños y pasillos	40	30
Uso de hospedaje		
- Dormitorios	35	30
Uso administrativo y oficinas		
- Despachos profesionales	35	35
Uso docente		
- Aulas, salas de lectura y conferencias	30	30
Uso comercial	55	55

Siendo el periodo diurno de 08h a 23h y el periodo nocturno de 23h a 08h.

- Aislamientos acústicos de actividades

Tipo 1: Actividades sin equipos de reproducción/amplificación sonora ni sistemas audiovisuales de forma superior a 42 pulgadas, y con niveles sonoros hasta 85 dB(A).

Tipo 2: Actividades con equipos de reproducción/amplificación audiovisuales, y/o niveles sonoros superiores a 85 dB(A).

Tipo de actividad	Horario de funcionamiento	Aislamiento acústico mínimo	
		A viviendas $D_{nT,A} (dBA)$	A exteriores $D_A (dBA)$
Tipo1	Horario diurno	55	35
	Horario nocturno	65	35



Tipo 2	Horario diurno	60	40
	Horario nocturno	70	45

- Si los recintos interiores colindantes no son viviendas, se deberá garantizar un aislamiento acústico mínimo de 55 dBA respecto a estos recintos.
- Los recintos que alberguen maquinaria deberán tener un aislamiento acústico mínimo de 70 dBA respecto a viviendas.

### **3. Reglamento Municipal sobre protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones**

Este Reglamento del Ayuntamiento de Valladolid regula la actuación municipal para la protección del medio ambiente por la liberación de energía al medio en forma de ruidos y vibraciones, cualesquiera que sea su origen, dentro del término municipal de Valladolid.

En el siguiente apartado se resume lo más esencial de este reglamento.

- En el interior de cualquier espacio abierto o cerrado destinado a reuniones, espectáculos, o audiciones musicales (Discotecas...) no podrán superarse los 90dBA en ningún punto del local, excepto si se pone en los accesos y un lugar visible un cartel avisando que dentro se pasa de 90dBA y provoca daños.
- Todas las actividades susceptibles de ser consideradas foco de ruido se realizarán con las puertas, ventanas y fachadas móviles cerradas. El acceso al público se realizará a través de un comportamiento estanco con la suficiente absorción acústica y dotada de doble puerta.



- Valores límite de inmisión de ruido al ambiente interior

<b>Valores límites en dB A expresados como <math>L_{Aeq}</math></b>			
<b>Área de sensibilidad acústica</b>	<b>Uso del recinto</b>	<b>Día</b>	<b>Noche</b>
Tipo I	Dotacional sanitario: dormitorios	25	20
	Dotacional sanitario: salas de espera, pasillos, despachos y equivalentes funcionales.	35	30
	Dotacional docente o educativo.	40	30
	Dotacional cultural.	40	30
Tipo II	Residencial primario: dormitorios.	35	25
	Residencial primaria: salones, despacho y equivalentes funcionales.	50	40
	Residencial primario: cocina, baños, pasillos y equivalentes funcionales.	55	40
Tipo III	Hospedaje: dormitorios.	35	25
	Hospedaje: cocinas, baños, pasillos, salones y equivalentes funcionales.	55	45
	Oficinas y/o servicios.	45	35
	Residencial secundario: dormitorios.	35	25
	Residencial secundario: salones, despachos y equivalentes funcionales.	50	40
	Residencial secundario: cocinas, baños, pasillos y equivalentes funcionales.	55	40
	Comercial y logístico.	55	40
Tipo IV	Residencial de guarda y custodia: dormitorios.	40	30
	Residencia de guarda y custodia: salones, cocinas, baños, pasillos y equivalentes funcionales.	50	45



- Valores límite de inmisión de ruido al ambiente exterior

<b>Valores límites en dB A expresados como <math>L_{Aeq}</math></b>		
<b>Área de sensibilidad acústica</b>	<b>Día 8h–23h</b>	<b>Noche 23h – 8h</b>
Tipo I (Área silenciosa)	45	35
Tipo II (Área levemente ruidosa)	55	45
Tipo III (Área tolerablemente ruidosa)	65	55
+Tipo IV (Área ruidosa)	70	60
Tipo V (Área especialmente ruidosa)	75	65

- Aislamientos acústicos de actividades

Los locales de actividad situados en edificios habitados tienen que cumplir:

- El aislamiento acústico mínimo en horario diurno es de 50dBA mientras en horario nocturno es de 65dBA.

Si la vivienda de al lado es una oficina, el aislamiento será de 50dBA siempre y cuando la vivienda más próxima respecto al foco de ruido sea de al menos 65dBA.

- El aislamiento mínimo de fachada es de 35dBA .
- Aislamiento mínimo de fachadas para bar musicales es de 45dBA para una presión sonora del local de 90dBA.



#### **4. Reglamento de accesibilidad Supresión de Barreras de Castilla y León (Decreto 217/2001)**

El objeto del presente reglamento es el desarrollo normativo de las previsiones contenidas en la Ley de Accesibilidad y Supresión de Barreras.

Las áreas de uso público, tanto exteriores como interiores, de los edificios, establecimientos e instalaciones de nueva construcción, incluidas las ampliaciones de nueva planta, deberán ser accesibles conforme a los requerimientos funcionales y dimensionales mínimos que se establecen en este Reglamento.

En este trabajo se ha usado el artículo 6 de este reglamento:

Las dimensiones de los vestíbulos adaptados permitirán inscribir una circunferencia de 1,50 metros de diámetro, sin que interfiera el área de barrido de las puertas ni cualquier otro elemento, fijo o móvil, pudiendo reducirse esta dimensión hasta 1,20 metros en el caso de vestíbulos practicables.

#### IV- Equipos de medida cambiar el numero en el índice

Para la realización de este proyecto ha sido necesario el uso de determinados equipos y materiales de medida que cumplen con los requisitos indicados en la Ley del Ruido de Castilla y León.

##### Equipos de medida:

- Sonómetro
- Micrófono
- Preamplificador
- Calibrador
- Fuente de ruido omnidireccional
- Amplificador
- Fuente de ruido unidireccional

##### Software utilizado

- Programa dBSLM32, es un software muy sencillo para descargar los datos del sonómetro al ordenador.

##### - Sonómetro integrador promediador BLUE SOLO

Características principales:

Aprobación de modelo Tipo 1 según ITC/2845/2007

Rango dinámico: 20-137 dB(A)

Memoria interna de 8Mb ampliables a 1Gb mediante la tarjeta SD

Filtros:

1/1 de octavas: 16 Hz – 16kHz

1/3 de octavas: 12.5 Hz – 20kHz



Medida de tiempo de reverberación y generador de ruido rosa y blanco incorporado.

Grabación y sincronización con la medida de audio de alta calidad.

Leq: de 20 ms a 10 s

#### - **Micrófono Clase 1**

½ pulgada de diámetro

Sensibilidad nominal 50mV/Pa

Frecuencia de resonancia 14 kHz

Rango de temperatura desde -10 hasta +50°C



#### - **Preamplificador**

Amplifica la señal detectada por el micrófono MCE-212 antes de entrar en el sonómetro.



#### - **Calibrador sonoro clase 1**

Es el instrumento que sirve para asegurar la fiabilidad de los sonómetros. Su misión es generar un tono estable de nivel a una frecuencia determinada y se ajusta la lectura del sonómetro haciéndola coincidir con el nivel generado por el calibrador.



-Nivel de presión sonora: 94 dB a frecuencia de 1 kHz

-Precisión del nivel de presión sonora:  $\pm 0,3$  dB

-Tolerancia frecuencial:  $\pm 20$  Hz

-Dimensiones: 80 x 74 x 49 mm

- Alimentado por baterías (2 x LR6) con autonomía de 30 horas.
- Luz LED indicadora de su funcionamiento, útil para entornos de alto ruido.
- Compensación automática de nivel por variaciones de la presión atmosférica.

**- Fuente de ruido poliédrica omnidireccional**

Se usa para generar señales acústicas de ruido rosa para realizar mediciones del tiempo de reverberación, por ejemplo.

La fuente está compuesta por un conjunto de 12 altavoces para que radie por igual en todas las direcciones, cumpliendo así los requisitos establecidos en las normativas ISO 140 e ISO 3382.



Características:

- Potencia máxima de entrada: 600 W.
- Impedancia: 10 Ohmios
- Potencia sonora emitida: 120 dB con emisión de la señal en bandas de octava (80Hz - 6,3kHz)
- Altavoz: dodecaédrico (12 altavoces)
- Diámetro: 450 mm
- Peso: 18 kg.
- Campo sonoro difuso esférico conforme a la norma UNE-EN-ISO 140

### - Amplificador

Se utiliza el amplificador conectado a la fuente omnidireccional o a la fuente unidireccional para mantener niveles de presión acústica elevados.

Capacidad de potencia RMS: 250 W

Relación señal ruido: 92,5 dB

Distorsión: 0.004% máx

Peso: 25Kg

Sistema de alimentación de 110-220V (50/60 Hz)

### - Fuente de ruido direccional

Se usa para generar señales acústicas de ruido rosa para realizar mediciones de aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas, la fuente está compuesta por un altavoz para que radie en una dirección, cumpliendo así los requisitos establecidos en las normativas ISO 140 e ISO 3382.

#### Características:

Capacidad de potencia RMS: 350 W

Capacidad de potencia Pico: 1400 W

Respuesta en frecuencia (-10 dB): 45Hz-20kHz

Impedancia nominal: 8Ω

Sensibilidad en el eje 1W/1m: 100 dB SPL

SPL Nominal de pico máximo a 1 m: 131 dB

Dispersión: 90°H x 45°V

Conectores: 2 x NL4 Speakon

Peso: 18,6 Kg



## V- MATERIALES

En esta parte se definen algunos materiales usados en el proyecto.

**Lana de roca:** Material aislante, obtenido a partir de mezclas de sílice y calizas arcillosas. Tiene apariencia de fibras, formando una especie de borra. Constituye un buen aislante térmico y absorbente acústico.



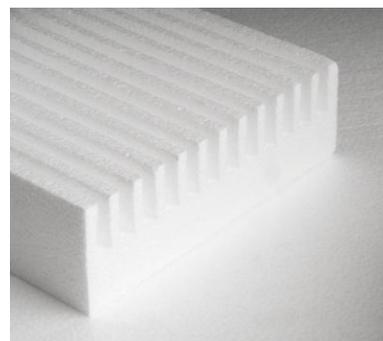
**Lana de vidrio:** Material obtenido por centrifugación del vidrio fundido, resultando fibras cortas y finísimas de dicho material. Se presenta de dos formas, como fieltro y como panel rígido. Sin: fibra de vidrio.

Beneficios:

- Ahorro de energía y confort térmico.
- Ahorro en el aspecto económico.
- Respeto al medio ambiente.
- Reducción de la emisión de contaminantes atmosféricos.
- Aislamiento y acondicionamiento acústico de locales.
- Protección a las personas de la agresión acústica.



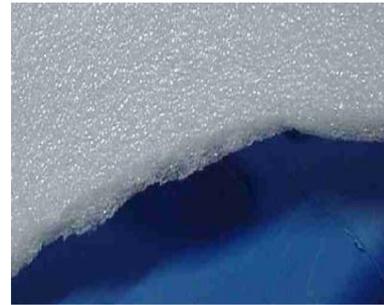
**Poliestireno expandido:** El poliestireno expandido es una espuma plástica de carácter termoplástico constituida por un conjunto de partículas de estructura celular cerrada unidas íntimamente entre sí. En la transformación se somete a la materia prima a la acción del vapor de agua, de forma que las pequeñas perlas de



poliestireno expandible aumentan su volumen hasta 50 veces, aprisionando

gran cantidad de aire en su interior. Es el aire aprisionado el que proporciona a los productos de poliestireno expandido sus excelentes cualidades como aislante acústico. Se suele representar mediante las siglas EPS.

**Lámina anti-impacto:** Es una lámina de polietileno expandido no reticulado, de alta calidad, y de celdas cerradas, obtenida mediante proceso de extrusión directa. Es un producto de muy buenas características técnicas, ideal para el aislamiento acústico a ruidos de impacto.

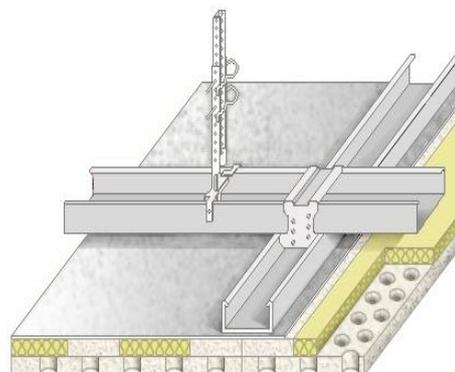


**Lana geotextil:** Compuesto bicapa formado por una lámina elastomérica de alta densidad y una manta compuesta por fibras de algodón y textil reciclado ligados con resina fenólica. Acústicamente, funciona como un resonador membrana (aislante a baja frecuencia) con material poroso a un lado (aislante a medias y altas frecuencias). Se coloca en los techos.



**Placas de yeso laminado:** Es un material básico de construcción que se fabrica mediante un proceso de laminación continua, se presenta en forma de placas rectangulares de textura lisa y con espesores y dimensiones variables.

Las placas, consisten en un alma de yeso de origen natural embutida e íntimamente



ligada a dos láminas superficiales de celulosa multihoja. Cuando se utiliza este material con fines de aislamiento acústico se ha de incorporar entre las láminas



---

de yeso un elemento elástico y acústicamente absorbente en el interior, comprobando su correcta colocación continua a lo largo y alto de toda la unidad así como su correcta estabilidad en su posición.



## VI- CASO PRÁCTICO

En este apartado se explica el desarrollo de un proyecto acústico que tiene por objeto justificar que todas las soluciones adoptadas para aislar acústicamente un Bar-Restaurante de la ciudad de Valladolid cumplen con la normativa vigente.

### 1. Plan de desarrollo

El desarrollo de este proyecto acústico se realiza en cinco pasos:

Paso 1: Hay que identificar lo siguiente:

- Tipo de actividad
- Horario de funcionamiento
- Antecedentes del local
- Situación del local
- Aparatos que se instalarán que puedan producir ruido y vibraciones

Paso 2: realizar una medición de prueba para identificar el aislamiento actual del local.

Paso 3: diseño de proyecto y soluciones

- Analizar los elementos que hacen que no cumpla la normativa
  - o Aislamiento del local (suelo, techo, paredes)
  - o Transmisión directa a través de puertas y ventanas
  - o Transmisión indirecta a través flancos o columnas
  - o Maquinaria
- Soluciones
  - o Techo acústico
  - o Mantas anti-impactos
  - o Silenciadores
  - o Vestíbulo acústico
  - o Sistemas anti-vibratorios y amortiguadores



#### Paso 4: Elección de materiales

Una buena elección de materiales asegura el cumplimiento de los requisitos que se especifican en el Código Técnico de la Edificación.

#### Paso 5: comprobación y medidas finales

Es necesario para obtener la licencia de apertura de la actividad.

## 2. Datos básicos del proyecto

En la memoria lo primero que se describe son los datos del promotor, pero por cuestión de privacidad no se han rellenado.

### 2.1. Datos del promotor

Nombre:

Domicilio Social:

Domicilio Fiscal:

CIF:

Administrador:

Domicilio:

NIF:

### 2.2. Antecedentes del local

La actuación que nos ocupa se realiza sobre un local sin actividad anterior, siendo necesario un proyecto de solicitud de licencia acorde con las distintas normativas vigentes para el desarrollo correcto de la actividad.

### 3. Descripción del recinto

#### 3.1. Características del Edificio.



*Vista aérea del entorno en el que se enmarca el edificio donde se va a ubicar la actividad*

La situación del restaurante se encuentra en los bajos de un edificio de oficinas y viviendas de Valladolid.

**(Ver el plano nº1)**

Los recintos colindantes superiores son de uso de las oficinas sede de una Cadena de radio en la primera planta, y viviendas en el tercer piso.

Los recintos colindantes laterales al local son, los portales de acceso a las viviendas y oficinas del edificio donde se encuentra enmarcado el local, el patio interior que actualmente funciona como garaje descubierto del edificio de oficinas-viviendas, la entrada al garaje y un restaurante.



### 3.2. Dimensiones y distribución.

La planta del local está dividida en las siguientes zonas y superficies detalladas en la siguiente Tabla: **(Ver el plano nº 2)**

<b>Dependencias</b>	<b>Superficie útil (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Local</b>	<b>201,46</b>
Bar	40,05
Comedor	98,72
Cocina	28,54
Distribuidor de aseos	4,61
Aseos	8,01
Distribuidor – taquillas	7,22
Aseo de servicio	2,05
Almacén	4,53
Superficie total	194,50

### 3.3. Alturas libres.

El local tiene 4,5 m de altura (de cara inferior del forjado al suelo). Se dispondrá de un forjado con cámara de aire y aislamiento quedando la altura libre de 3,70 m. En ningún caso hay dependencias con altura libre inferior a 2,70 m, según el CTE DB-SUA (Seguridad de Utilización y Accesibilidad).



## 4. Descripción de la actividad

### 4.1. Proceso de uso

La actividad a realizar consiste en un local destinado a Bar - Restaurante. El horario de funcionamiento abarca tanto horario diurno como nocturno. El horario nocturno comienza a las 23:00h y puesto que este horario es más restrictivo, es el que consideraremos para cumplir con las exigencias de la normativa.

### 4.2. Área acústica donde se ubicará la actividad

Según el artículo 8 de la ley 5/2009 del ruido de Castilla y León, las áreas acústicas exteriores se clasifican, a su vez, en atención al uso predominante del suelo, en los siguientes tipos:

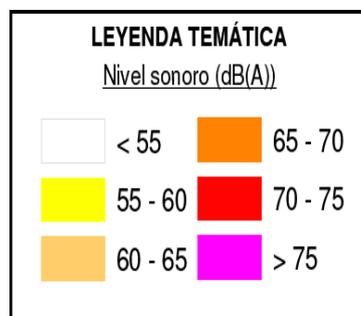
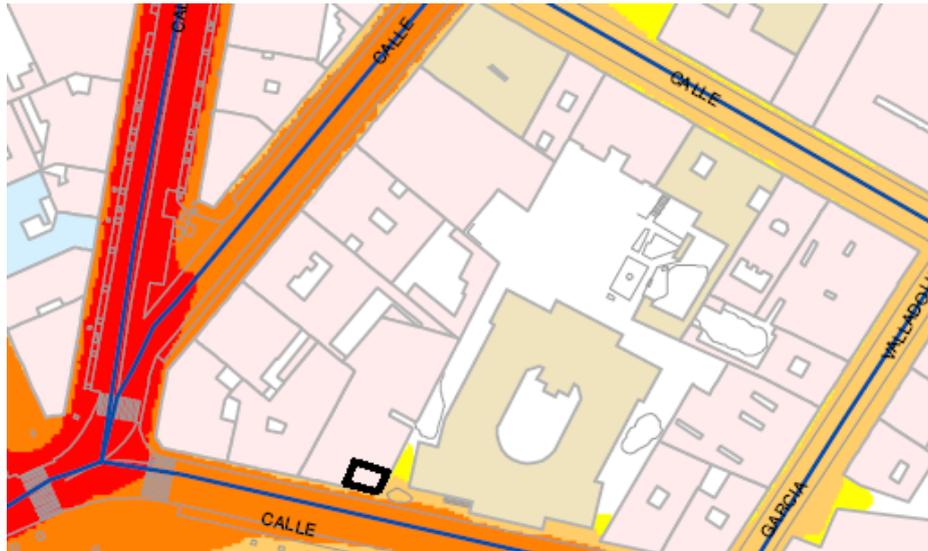
- a) **Tipo 1.** Área de silencio. Zona de alta sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección muy alta contra el ruido. En ellas se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:
- Uso dotacional sanitario.
  - Uso dotacional docente, educativo, asistencial o cultural.
  - Cualquier tipo de uso en espacios naturales en zonas no urbanizadas.
  - Uso para instalaciones de control del ruido al aire libre o en condiciones de campo abierto.
- b) **Tipo 2.** Área levemente ruidosa. Zona de considerable sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren de una protección alta contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:
- Uso residencial.
  - Hospedaje.



- c) **Tipo 3.** Área tolerablemente ruidosa. Zona de moderada sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren de una protección media contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:
- Uso de oficinas o servicios.
  - Uso comercial.
  - Uso deportivo.
  - Uso recreativo y de espectáculos.
- d) **Tipo 4.** Área ruidosa. Zona de baja sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que no requieren de una especial protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio del siguiente uso del suelo:
- Uso industrial.
- e) **Tipo 5.** Área especialmente ruidosa. Zona de nula sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio afectados por servidumbres acústicas.
- Infraestructuras de transporte terrestre, ferroviario y aéreo.

Como el recinto está situado en zona residencial, el área acústica en la que se clasifica la actividad es **tipo 2.** Área levemente ruidosa de uso residencial. Zona de considerable sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección alta contra el ruido.

Según el mapa estratégico de ruido de la ciudad de Valladolid, el recinto está afectado al mismo tiempo por 65 y 70 dB por lo que se toma el valor más restrictivo, es decir,  $L_d = 70\text{dB}$  (Ver plano nº 3)



*Mapa estratégico de ruido donde se ubica el restaurante*



## 5. Medición de prueba

Antes de empezar con los cálculos, hace falta saber el aislamiento del local con el fin de obtener los decibelios necesarios para llegar a cumplir la normativa sin sobrepasar en exceso el límite exigido, ya que supone un gasto económico innecesario para el cliente. Para ello se realiza una medición de prueba del aislamiento acústico del local para hacer un adecuado estudio acústico.

Las medidas llevadas a cabo, son las necesarias para la obtención de la diferencia de niveles estandarizada  $D_{nT,A}$  (dBA), en los tercios de octava comprendidos entre 100 y 5000 Hz, así como para el cálculo de la magnitud global de aislamiento acústico a ruido aéreo, según UNE-EN ISO 140-4, cuyas expresiones matemáticas son las siguientes:

### Nivel medio de presión sonora en un recinto (L):

$$L = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Donde  $L_i$  es el nivel de presión sonora en cada una de las  $n$  posiciones del recinto.

### Corrección por ruido de fondo:

- Si  $\Delta L \geq 10$  dB no se aplica corrección.
- Si  $6 \text{ dB} < \Delta L < 10$  dB se calculan las correcciones de acuerdo con la ecuación:
- Si  $\Delta L \leq 6$  dB se aplica corrección de 1,3 dB ( $L_2 - 1,3$  dB)

$$L_{corr} = 10 \log \left( 10^{\frac{L_{sb}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}} \right) \quad [dB]$$

Donde:  $L_{corr}$  es el nivel de la señal corregido

$L_{sb}$  es el nivel combinado de señal y ruido de fondo

$L_b$  es el nivel de ruido de fondo



**Diferencia de niveles (D):**

$$D = L_1 - L_{2corr\_med} \quad [dB]$$

Siendo

$L_1$  es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

$L_2$  es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor corregido por el ruido de fondo.

**Diferencia de niveles estandarizada ( $D_{nT,A}$ ):**

$$D_{nT,A} = D + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right) \quad [dBA]$$

Donde

T es el tiempo de reverberación del recinto receptor.

$T_0$  es el tiempo de reverberación de referencia,  $T_0 = 0,5s$ .

Esta medición se basa en la norma UNE-EN ISO 140-4, y según el CTE-DB-HR, el índice a evaluar es la diferencia de niveles estandarizadas  $D_{nT,A}$ , ponderada A, en dBA entre el recinto emisor y el recinto receptor.

$$D_{nT,A} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [dBA]$$

Donde  $L_1$  es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor

$L_2$  es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor

T es el tiempo de de reverberación en el recinto receptor

$T_0$  es el tiempo de reverberación de referencia 0,5s

**5.1. Selección de la sala emisora y receptora:**

La sala emisora es el restaurante, la receptora es el recinto superior que es la oficina de la cadena de radio.

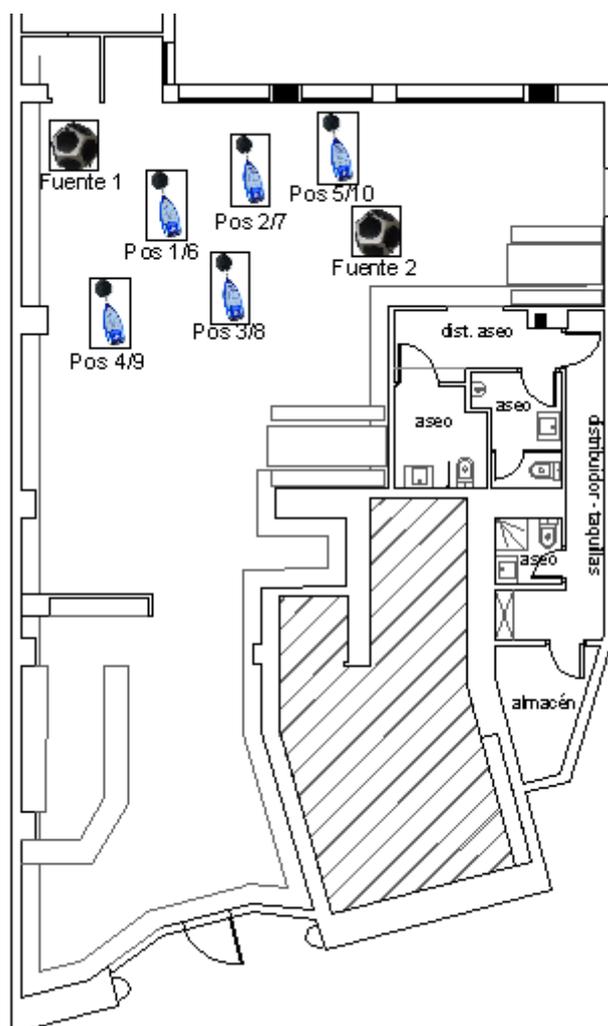
## 5.2. Configuración de Medida:

### Niveles de Emisión y recepción:

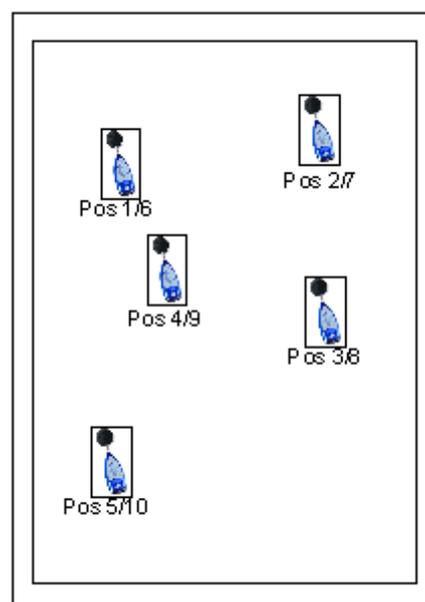
Para evaluar los niveles de presión sonora, tanto en emisión L1, como en recepción L2, se realizarán 10 medidas (5 para cada posición de la fuente). Las posiciones de micrófono se distribuirán de forma uniforme, tanto en el recinto emisor como en el receptor, manteniendo las siguientes distancias mínimas:

- Distancia entre micrófono y los bordes del recinto:  $d \geq 0,5m$
- Distancia entre micrófono y fuente:  $d \geq 1m$
- Distancia entre posiciones de micrófono:  $d \geq 0,7m$

La altura del micrófono debe superar los 1,2m.



**Sala Emisora**



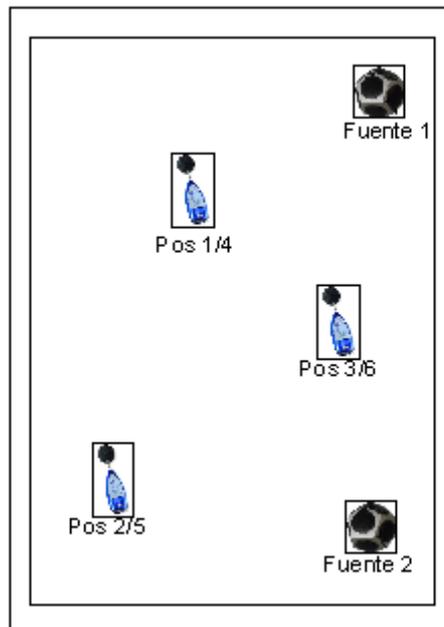
**Sala Receptora**

### **Ruido de fondo**

Para evaluar el ruido de fondo en el recinto receptor, será suficiente con 5 medidas. Se puede situar el micrófono en las mismas posiciones empleadas para registrar el nivel de presión sonora L2.

### **Tiempo de Reverberación**

El tiempo de reverberación se mide en el recinto receptor, se toman como mínimo 6 medidas utilizando dos posiciones de altavoz y tomando 3 posiciones del micrófono diferentes.



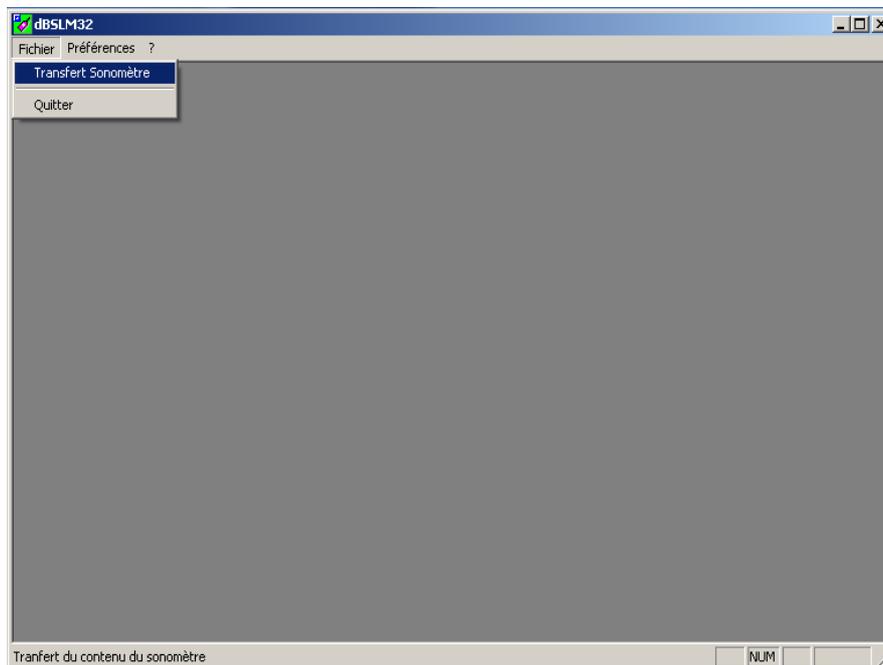
***Sala Receptora***

### 5.3. Descarga de los valores de la medida

El software “dBSLM32” es un programa sencillo para descargar los valores de medición del sonómetro al ordenador.

En las siguientes imágenes vemos algunas capturas del programa usado:

- Se conecta el sonómetro con el ordenador a través el puerto USB, se inicia el software, en Fichero hay que pulsar transferir sonómetro.





- Sale la siguiente ventana, se eligen los ruidos de emisión y de recepción, y pulsar Transferir.

Transfert sonomètre

Sonomètre

Solo - USB

Info... Choix... Configuration... Initialisation

Etat de la connexion

Mesure(s) à transférer : 1/24

N°	Type	Pond	Résol	Début	Durée	Lieu
01	Emission	Z	1/3 Oct	05/03/12 13:41:37	0:00:06	Estudio 1
02	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 13:48:51	0:00:06	Estudio 1
03	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 13:50:40	0:00:06	Estudio 1
04	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 13:52:02	0:00:06	Estudio 1
05	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 13:52:58	0:00:06	Estudio 1
06	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 13:53:55	0:00:06	Estudio 1
07	Emission	Z	1/3 Oct	05/03/12 14:01:07	0:00:06	Estudio 1
08	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 14:04:31	0:00:06	Estudio 1
09	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 14:05:08	0:00:06	Estudio 1
10	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 14:05:41	0:00:06	Estudio 1
11	Réception	Z	1/3 Oct	05/03/12 14:06:18	0:00:06	Estudio 1

Transférer dans une campagne (fichier):

déjà ouverte

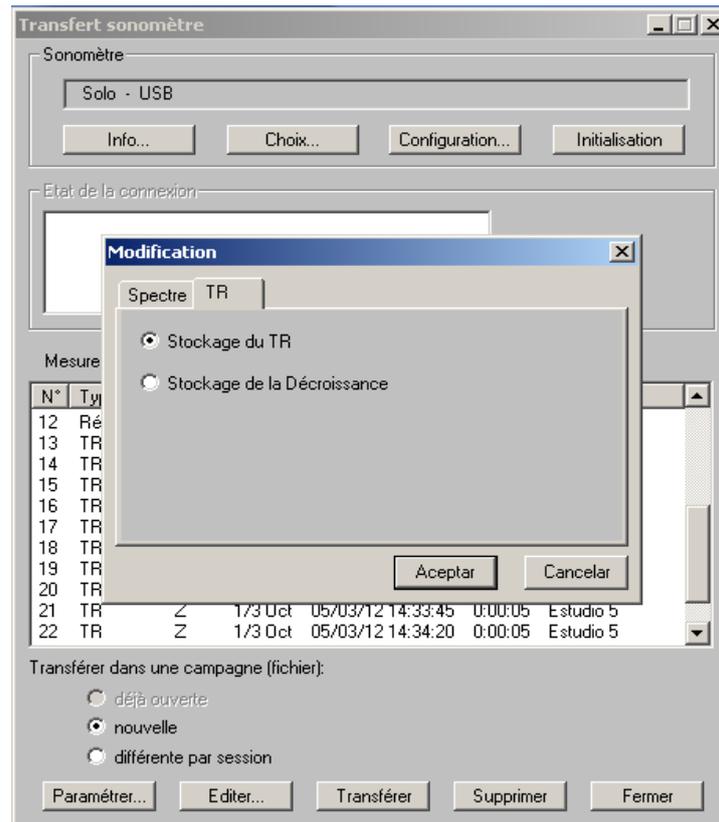
nouvelle

différente par session

Paramétrer... Editer... Transférer Supprimer Fermer



- En la siguiente ventana se eligen los valores del tiempo de reverberación, en parámetros se elige la opción almacenamiento de TR, y pulsar transferir, con esta opción almacena el valor medio en cada frecuencia.





En las siguientes tablas vemos los valores descargados del sonómetro, también hemos calculado el promedio de las 10 medidas de cada frecuencia, usando la siguiente expresión:

$$L = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Tabla de nivel de presión sonora en la sala emisora:

<b>NIVEL DE PRESIÓN SONORA EN LA SALA EMISORA</b>											
Parámetro:		L1 dB									
Nº medidas		10									
Frecuencia Hz	Posición										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>100</b>	87,6	87,8	84,4	85,5	85,4	86,5	88,6	88,5	86,4	86,1	<b>86,9</b>
<b>125</b>	90,5	90	89,4	91,5	90,1	90,8	90,8	91,2	92,2	91	<b>90,8</b>
<b>160</b>	94,3	86,6	86,7	90,5	87,8	90,8	90,9	89,1	89,9	88,1	<b>90,1</b>
<b>200</b>	90,7	86,5	88,7	86,6	84,2	92,2	86,4	83,9	87	83,2	<b>87,9</b>
<b>250</b>	90,2	85,5	83	77,9	84,4	90,4	85,4	83,6	81,4	81,8	<b>85,9</b>
<b>315</b>	86,6	85,6	85,9	83,1	86,6	86,4	86,4	82,4	80,3	81,5	<b>85,0</b>
<b>400</b>	86,6	85	87,5	83,7	83	87,7	88,2	84,5	83,2	82,8	<b>85,7</b>
<b>500</b>	83,8	81,7	82,3	79,7	80,5	82,8	79,1	78,1	83	79,3	<b>81,4</b>
<b>630</b>	79,6	77,7	79,9	77,5	80,5	81,9	83,1	77,6	77,1	74,5	<b>79,6</b>
<b>800</b>	80,5	77,3	76,8	75,7	78,3	83	79	77	78	77,1	<b>78,8</b>
<b>1000</b>	77	77	77,6	75,7	77,8	81,2	80,3	76,7	77,1	75,5	<b>78,0</b>
<b>1250</b>	81,8	80,9	80,8	76,9	81,4	82,4	82,9	77	79,9	76,7	<b>80,6</b>
<b>1600</b>	82,2	77,7	78,1	75,7	78,2	82,4	79,7	76,7	77,7	74,8	<b>79,0</b>
<b>2000</b>	81,2	77,1	75,3	73,3	77,1	80	79,1	73,6	75,7	74,4	<b>77,5</b>
<b>2500</b>	76	74,2	74,2	69,9	75,3	79,3	75,9	71	72,7	71,2	<b>74,8</b>
<b>3150</b>	75,5	74,2	73,7	70,1	75,1	78,6	74,6	69	72,4	69,3	<b>74,2</b>
<b>4000</b>	77,8	73,4	75,7	71,6	75,2	79	77,9	71	74,7	72,4	<b>75,7</b>
<b>5000</b>	69,8	67,5	68,3	64,1	67,5	72,2	70,1	65,2	67	64,8	<b>68,3</b>



Tabla de niveles de presión sonora en la sala receptora:

<b>NIVEL DE PRESIÓN SONORA EN LA SALA RECEPTORA</b>											
Parámetro:		L2 dB									
Nº medidas		10									
		Posición									
Frecuencia Hz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
<b>100</b>	52,1	49	55,5	52,8	55,6	57,6	57,2	57,8	49,3	53	<b>55,0</b>
<b>125</b>	55,6	49,6	55,1	57,5	52,8	52,4	54,5	59	54,3	50,9	<b>55,0</b>
<b>160</b>	52,3	52,5	52,8	51	52,1	54,7	51,6	54,8	54,3	54,3	<b>53,2</b>
<b>200</b>	50,4	45,9	47,7	51,4	49,1	50,8	46,9	49,6	50	48	<b>49,3</b>
<b>250</b>	40,6	39,1	41,8	40	40,9	44,7	41,3	44,7	40,7	43,1	<b>42,1</b>
<b>315</b>	32,3	33,8	30,6	33,1	34,3	33,4	33,5	32,5	34,4	35,7	<b>33,6</b>
<b>400</b>	26,1	27,4	26,9	27,9	28,3	26,9	29,5	24,5	27,7	25,2	<b>27,3</b>
<b>500</b>	23,8	23,9	21,4	20,8	24	21,8	20,4	22,3	20,3	23	<b>22,4</b>
<b>630</b>	21,6	18,8	16,1	19,9	20,8	18,7	24,3	17,8	16,9	21,8	<b>20,3</b>
<b>800</b>	23,3	19,8	15,8	25,1	20,5	20,3	17,8	14,6	16,9	24,3	<b>21,1</b>
<b>1000</b>	21,5	16,5	15,9	23,6	17,7	17,1	17	13,1	15,9	19,5	<b>18,8</b>
<b>1250</b>	21,1	17,7	14,6	21	15,8	16	14,8	11,8	13,7	17,5	<b>17,4</b>
<b>1600</b>	30,4	12,9	10,7	34,1	12,2	22,7	10,6	9,4	10,8	25,7	<b>26,3</b>
<b>2000</b>	33,4	11,1	8,6	36,2	10,5	25,9	8,5	7,9	10,6	27,9	<b>28,7</b>
<b>2500</b>	22,8	7,3	5,6	25,6	6	14,9	5,7	7,6	8,7	16,5	<b>18,2</b>
<b>3150</b>	22,1	6,9	6	25,5	5,9	13,9	6,1	5,7	6,1	14,1	<b>17,7</b>
<b>4000</b>	20	6,9	5,9	21,2	6,2	10,2	6,1	5,7	5,9	11,7	<b>14,5</b>
<b>5000</b>	15,1	6,2	6,1	19,7	5,9	8,8	6,4	6,5	6,1	8,9	<b>12,2</b>



Tabla de ruido de fondo de la sala receptora:

<b>RUIDO DE FONDO SALA RECEPTORA</b>					
Parámetro:		Lb*	dB		
Nº medidas		5			
Frecuencia Hz	Posición				
	1	2	3	4	5
<b>100</b>	34,1	33,1	36,5	33,4	32,4
<b>125</b>	31,5	31,5	32,5	30,3	30,4
<b>160</b>	27,5	24,5	23,2	25	24,8
<b>200</b>	24,3	22,6	22,5	25	24,4
<b>250</b>	19,8	18,3	20,3	25,5	21,4
<b>315</b>	17,5	13	18,8	17,7	17
<b>400</b>	9,8	8	13,7	15,8	13,3
<b>500</b>	8,5	6,7	11,5	15	9,7
<b>630</b>	8,1	6,2	11,5	17,1	7,9
<b>800</b>	6,6	6,3	10,9	22,3	7,3
<b>1000</b>	8,1	6,2	14,5	21,9	12
<b>1250</b>	6,3	5,8	6,6	18,5	5,3
<b>1600</b>	7,7	10,2	7,7	31,2	6,5
<b>2000</b>	8,1	9,5	9,7	35,2	8,2
<b>2500</b>	4,9	5,5	6,5	24,6	5,8
<b>3150</b>	5,1	5,9	5,1	24,2	5,3
<b>4000</b>	5,4	6,6	5,4	21,1	5,8
<b>5000</b>	5,9	7,1	6,2	15,7	6,2



En la siguiente tabla se ve los valores de tiempo de reverberación de cada posición y por frecuencia, descargados del sonómetro, también se ha calculado el promedio por cada por frecuencia con la siguiente expresión:

$$TR = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{TR_i}{10}} \right)$$

<b>TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN LA SALA RECEPTORA</b>							
Parámetro:	TR	dB					
Nº medidas	6						
	Posición						
Frecuencia Hz	1	2	3	4	5	6	Promedio
<b>100</b>	0,25	0,27	0,27	0,27	0,25	0,24	<b>0,26</b>
<b>125</b>	0,24	0,21	0,27	0,25	0,37	0,25	<b>0,27</b>
<b>160</b>	0,33	0,27	0,3	0,29	0,33	0,35	<b>0,31</b>
<b>200</b>	0,27	0,51	0,4	0,34	0,38	0,29	<b>0,37</b>
<b>250</b>	0,26	0,36	0,32	0,27	0,19	0,18	<b>0,26</b>
<b>315</b>	0,2	0,19	0,21	0,18	0,28	0,09	<b>0,19</b>
<b>400</b>	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,16	<b>0,14</b>
<b>500</b>	0,16	0,15	0,14	0,16	0,15	0,16	<b>0,15</b>
<b>630</b>	0,16	0,15	0,16	0,18	0,18	0,18	<b>0,17</b>
<b>800</b>	0,25	0,21	0,21	0,2	0,17	0,15	<b>0,20</b>
<b>1000</b>	0,32	0,27	0,22	0,21	0,22	0,29	<b>0,26</b>
<b>1250</b>	0,27	0,26	0,23	0,23	0,23	0,28	<b>0,25</b>
<b>1600</b>	0,3	0,3	0,22	0,26	0,26	0,2	<b>0,26</b>
<b>2000</b>	0,3	0,3	0,27	0,29	0,29	0,26	<b>0,29</b>
<b>2500</b>	0,29	0,29	0,26	0,25	0,3	0,3	<b>0,28</b>
<b>3150</b>	0,26	0,24	0,27	0,26	0,25	0,25	<b>0,26</b>
<b>4000</b>	0,28	0,27	0,26	0,26	0,26	0,28	<b>0,27</b>
<b>5000</b>	0,29	0,27	0,25	0,25	0,29	0,28	<b>0,27</b>



#### 5.4. Cálculo del aislamiento

La medida de ruido de fondo se puede variar fácilmente por causa de algún ruido cercano (de tráfico o de algún vecino, etc.) para que no haya errores se deben corregir, o bien se eligen dos medidas de ruido de fondo de las cinco realizadas (las más parecidas) para evitar la corrección.

En la siguiente tabla se eligen dos medidas parecidas:

<b>RUIDO DE FONDO SALA RECEPTORA</b>			
Parámetro: Lb dB			
Nº medidas 2			
Frecuencia Hz	Posición		
	1	2	Promedio
<b>100</b>	34,1	33,1	<b>33,6</b>
<b>125</b>	31,5	31,5	<b>31,5</b>
<b>160</b>	27,5	24,5	<b>26,3</b>
<b>200</b>	24,3	22,6	<b>23,5</b>
<b>250</b>	19,8	18,3	<b>19,1</b>
<b>315</b>	17,5	13	<b>15,8</b>
<b>400</b>	9,8	8	<b>9,0</b>
<b>500</b>	8,5	6,7	<b>7,7</b>
<b>630</b>	8,1	6,2	<b>7,3</b>
<b>800</b>	6,6	6,3	<b>6,5</b>
<b>1000</b>	8,1	6,2	<b>7,3</b>
<b>1250</b>	6,3	5,8	<b>6,1</b>
<b>1600</b>	7,7	10,2	<b>9,1</b>
<b>2000</b>	8,1	9,5	<b>8,9</b>
<b>2500</b>	4,9	5,5	<b>5,2</b>
<b>3150</b>	5,1	5,9	<b>5,5</b>
<b>4000</b>	5,4	6,6	<b>6,0</b>
5000	5,9	7,1	<b>6,5</b>



En la siguiente tabla se comprueba si hay que aplicar la corrección, se calcula  $L_2-L_b$  y el valor resultante se comprueba:

- Si es mayor de 10 dB no se aplica corrección.
- Si es entre 6 dB y 10 dB se usa la siguiente expresión.

$$L = 10 \log(10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}})$$

- Si es menos de 6 dB se aplica una corrección de -1,3 dB.

<b>CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO DE L2</b>			
<b>Frecuencia Hz</b>	<b>L2-Lb</b>		<b>L2corr</b>
<b>100</b>	21,3	OK	<b>55,0</b>
<b>125</b>	23,5	OK	<b>55,0</b>
<b>160</b>	27	OK	<b>53,2</b>
<b>200</b>	25,8	OK	<b>49,3</b>
<b>250</b>	23	OK	<b>42,1</b>
<b>315</b>	17,7	OK	<b>33,6</b>
<b>400</b>	18,3	OK	<b>27,3</b>
<b>500</b>	14,7	OK	<b>22,4</b>
<b>630</b>	13,1	OK	<b>20,3</b>
<b>800</b>	14,7	OK	<b>21,1</b>
<b>1000</b>	11,6	OK	<b>18,8</b>
<b>1250</b>	11,3	OK	<b>17,4</b>
<b>1600</b>	17,2	OK	<b>26,3</b>
<b>2000</b>	19,8	OK	<b>28,7</b>
<b>2500</b>	13	OK	<b>18,2</b>
<b>3150</b>	12,2	OK	<b>17,7</b>
<b>4000</b>	8,5	FÓRMULA	<b>13,8</b>
<b>5000</b>	5,7	RESTAR 1,3dB	<b>10,9</b>



La siguiente tabla resume los resultados obtenidos y calcula el valor de  $D_{nT}$  en dB de cada frecuencia con la siguiente expresión:

$$D_{nT} = L_1 - L_{2c} + 10 \log\left(\frac{T}{T_0}\right)$$

Siendo

$L_1$  es el promedio del nivel de presión sonora en la sala emisora

$L_{2c}$  es el nivel de presión sonora corregido en la sala receptora

$L_b$  es el promedio de ruido de fondo de la sala receptora

$T$  es el tiempo de reverberación

$T_0$  es el tiempo de reverberación de referencia  $T_0=0,5s$ .

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
Valores Promedio					
Frecuencia Hz	<b>L1 [dB]</b>	<b>L2c [dB]</b>	<b>Lb [dB]</b>	<b>T [s]</b>	<b>DnT [dB]</b>
<b>100</b>	86,9	55,0	33,6	0,26	<b>29</b>
<b>125</b>	90,8	55,0	31,5	0,27	<b>33</b>
<b>160</b>	90,1	53,2	26,3	0,31	<b>34,8</b>
<b>200</b>	87,9	49,3	23,5	0,37	<b>37,2</b>
<b>250</b>	85,9	42,1	19,1	0,26	<b>41</b>
<b>315</b>	85,0	33,6	15,8	0,19	<b>47,3</b>
<b>400</b>	85,7	27,3	9,0	0,14	<b>52,8</b>
<b>500</b>	81,4	22,4	7,7	0,15	<b>53,9</b>
<b>630</b>	79,6	20,3	7,3	0,17	<b>54,5</b>
<b>800</b>	78,8	21,1	6,5	0,20	<b>53,7</b>
<b>1000</b>	78,0	18,8	7,3	0,26	<b>56,2</b>
<b>1250</b>	80,6	17,4	6,1	0,25	<b>60,2</b>
<b>1600</b>	79,0	26,3	9,1	0,26	<b>49,8</b>
<b>2000</b>	77,5	28,7	8,9	0,29	<b>46,3</b>
<b>2500</b>	74,8	18,2	5,2	0,28	<b>54,2</b>
<b>3150</b>	74,2	17,7	5,5	0,26	<b>53,6</b>
<b>4000</b>	75,7	13,8	6,0	0,27	<b>59,1</b>
<b>5000</b>	68,3	10,9	6,5	0,27	<b>54,8</b>



### 5.5. Resultados de la medición

Se ha obtenido en la tabla anterior los valores de “D<sub>nT</sub>” en cada frecuencia en decibelios, pero para calcular el valor global del aislamiento del local, se usa la siguiente expresión:

$$D_{nT} = -10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{(L_{Ar,i} - D_{nT,i})}{10}} \quad [dBA]$$

Siendo

“L<sub>Ar,i</sub>” es el valor del espectro del ruido rosa normalizado, ponderado A, en banda de frecuencia i, [dBA].

“D<sub>nT,i</sub>” es el valor índice del aislamiento en la banda de frecuencia i en [dB].

“i” recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 KHz.

Los valores de L<sub>Ar,i</sub> vienen dados por la siguiente tabla de los valores del espectro normalizado de ruido rosa, ponderado en A del DB-HR.

f <sub>i</sub> Hz	L <sub>Ar,i</sub> dBA	f <sub>i</sub> Hz	L <sub>Ar,i</sub> dBA
100	-30,1	800	-11,8
125	-27,1	1000	-11,0
160	-24,4	1250	-10,4
200	-21,9	1600	-10,0
250	-19,6	2000	-9,8
315	-17,6	2500	-9,7
400	-15,8	3150	-9,8
500	-14,2	4000	-10
630	-12,9	5000	-10,5

DATO GLOBAL		
DnTA	49,3	dBA

El D<sub>nT,A</sub> obtenido es de 49.3 dBA, pero hay que conseguir un aislamiento acústico de 55 dBA, según la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León, por tanto faltan **6 dBA**.



## 6. Acceso al público

Según el artículo 19 del reglamento del Ayuntamiento de Valladolid para la protección del medio ambiente contra las emisiones de ruidos y vibraciones y el Anexo III.7 de la ley 5/2009 del ruido de Castilla y León:

- El acceso al local se realizará a través de un vestíbulo acústico estanco previo dotado de doble puerta de entrada que garantice la apertura de una de las puertas, manteniendo la otra cerrada.

Según el DB-SI (Seguridad de Incendios):

- Las puertas previstas para la evacuación de más de 50 personas abrirán en el sentido de la evacuación.

Para ello hay que calcular la ocupación del local a partir de la tabla del DB-SI siguiente:

Zona, tipo de actividad	Ocupación ( $m^2/pers$ )
Zonas de público de pie, en bares, cafeterías, etc.	1
Zonas de público en restaurantes de "comida rápida" (p.e: Hamburgueserías, pizzerías ...)	1.2
Zonas de público sentado de bares, cafeterías, restaurantes, etc.	1.5

Se sabe que el comedor tiene 98,72  $m^2$ :

$$\frac{98.72 \text{ m}^2}{1.5 \text{ m}^2/pers} = 65,8 \approx 66 \text{ pers}$$

En la parte del Bar tiene 40,05  $m^2$ :

$$\frac{40.05 \text{ m}^2}{1.5 \text{ m}^2/pers} = 26,7 \approx 27 \text{ pers}$$

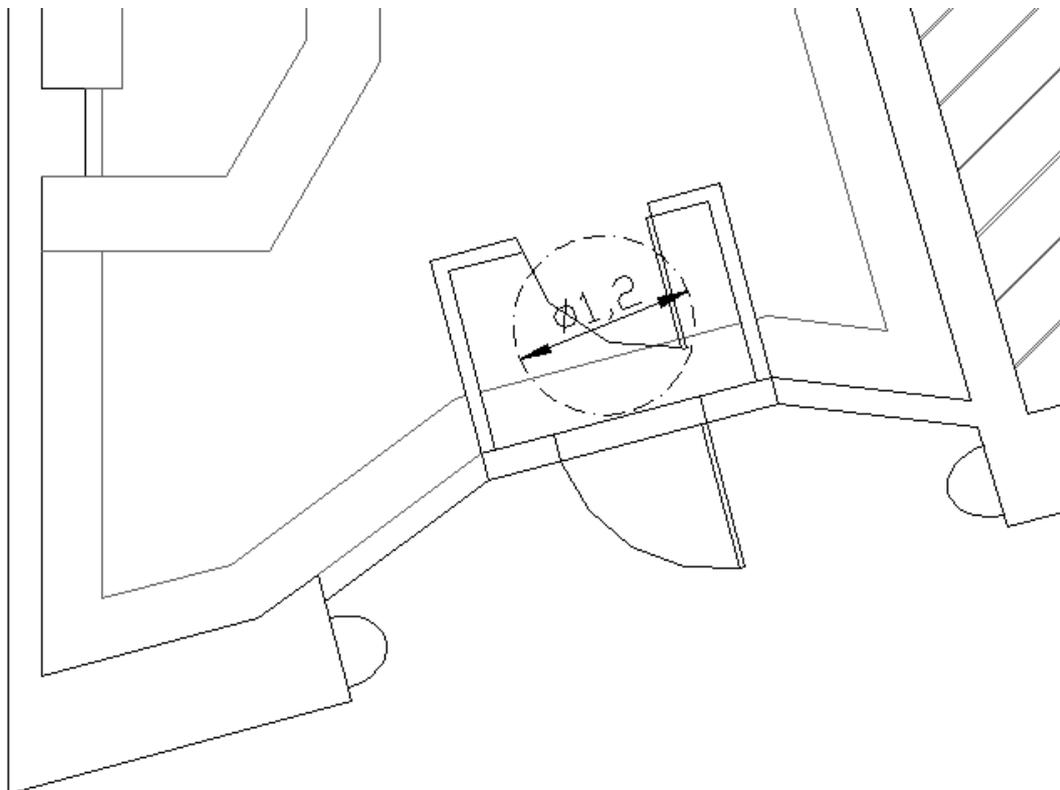
Por lo tanto el aforo máximo es de **93 personas**.

Como el recinto es para más de 50 personas, las puertas previstas para la evacuación abrirán en el sentido de la evacuación (hacia fuera) según el DB-SI.

Según el artículo 6 en el apartado 2.g de la ley 217/2001 del 30 de agosto de accesibilidad y supresión de barreras de Castilla y León:

- Las dimensiones de los vestíbulos adaptados permitirán inscribir una circunferencia de 1,50 metros de diámetro, sin que interfiera el área de barrido de las puertas ni cualquier otro elemento, fijo o móvil, pudiendo reducirse esta dimensión hasta 1,20 metros en el caso de vestíbulos practicables.

La siguiente imagen muestra el diseño del vestíbulo acústico:





## 7. Descripción de los focos sonoros y vibratorios

Según el anexo I de la ley 5/2009 del ruido de Castilla y León ninguna instalación, establecimiento, maquinaria, actividad o comportamiento, podrán emitir más de 95 dBA a 1,5 metros de distancia. Por este motivo en los siguientes apartados se va a calcular los niveles de presión acústica de los focos sonoros de la actividad.

### 7.1. Emisión sonora de focos de ruido

#### 7.1.1. Relación de los focos sonoros y vibratorios en la actividad

- Sistema de climatización
- Cámaras frigoríficas
- Campanas de Extracción
- Maquinaria propia de la actividad
- Conversación de los clientes
- Servicio y recogida de menaje
- Movimiento de sillas y mesas

**(Ver el plano nº 4)**

#### 7.1.2. Emisión sonora de los focos sonoros de la actividad

El nivel de presión acústica a 1 metro de distancia se calcula de acuerdo a la expresión:

$$L_p = L_w - 10 \log(4\pi r^2 / Q)$$

Donde r es la distancia de la máquina al micrófono, y Q es el factor de directividad.



## Fuente interior-externo de ruido

### 7.1.2.1. Sistema de climatización

El sistema de climatización dispondrá de dos unidades RTH 15 y RTH 25 de marca ROOMTOP, que no superarán en conjunto los 80 dB(A) de nivel de presión sonora.

Calculo de la presión sonora de las dos unidades:

A partir de las características técnicas se obtienen los niveles de la potencia sonora.

$$L_{w1} = 74 \text{ dBA} \quad y \quad L_{w2} = 81 \text{ dBA}$$

#### Características Técnicas

Modelos Sólo Frio		RTC 07 L	RTC 10 L	RTC 15 L	RTC 20 L	RTC 25 L	RTC 30 L	
Capacidad Frigorífica	kW	7,60	9,90	14,60	20,20	22,20	27,50	
Consumo Nominal	kW	3,10	4,10	5,80	9,20	10,10	12,50	
Nivel de potencia sonora en conducto lado externo	dB (A)	71	71	69	74	76	76	
Nivel de potencia sonora en conducto lado interno	dB (A)	70	71	67	73	75	75	
Modelos Bomba de Calor		RTH 07 L	RTH 10 L	RTH 15 L	RTH 20 L	RTH 25 L	RTH 30 L*	
Capacidad Frigorífica	kW	7,40	9,30	14,10	20,20	22,20	27,50	
Consumo Nominal	kW	3,20	4,10	5,70	9,20	10,10	12,50	
Capacidad Calorífica	kW	7,40	11,70	13,80	19,90	22,60	28,60	
Consumo	kW	2,90	3,80	5,20	8,30	9,40	11,90	
Potencia sonora en conducto exterior	dB (A)	70	80	74	74	81	81	
Potencia sonora en conducto interior	dB (A)	65	80	73	73	83	81	
Características comunes								
Alimentación eléctrica		230V/1/50Hz			400V/3 + N/50Hz			
Intensidad nominal / Intensidad de arranque	A	14,4/82	11,6/48	15,9/64	18,3/95	18,9/111	22,5/118	
Interruptor automático (1)	A	25	16	20	25	25	32	
Cable de alimentación (1)	Nº x mm <sup>2</sup>	3 x 4	5 x 2,5	5 x 4	5 x 4	5 x 4	5 x 6	
Cable del termostato standard (2)	Nº x mm <sup>2</sup>	10 X 0,22						
Caudal de aire nominal ventilador evaporador	Caudal de aire	m <sup>3</sup> /h	1480	2015	3580	4280	5075	5350
	Presión estática disponible	Pa	25	37	50	50	62	62
Caudal de aire nominal ventilador condensador	Caudal de aire	m <sup>3</sup> /h	2310	3520	3890	4810	5120	6960
	Presión estática disponible	Pa	50	50	50	50	50	50
Dimensiones netas	Altura	mm	478	555	555	585	640	640
	Longitud	mm	1100	1150	1310	1570	1750	1750
	Profundidad	mm	1100	1150	1310	1570	1650	2050
Peso neto	RTC / CRT	Kg	154	180	214	275	345	405
	RTH / BCH	Kg	163	190	243	285	379	412



Luego se calcula el nivel de presión sonora de cada unidad con la siguiente expresión:

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right)$$

Siendo:

R es la distancia del micrófono  $1\text{m} \leq r \leq 1,5\text{m}$ , en este caso cogemos  $r = 1\text{m}$ .

Q es el factor de directividad (Q=8 está entre 3 paredes).

Obtendremos:  $L_{p1} = 72\text{ dBA}$  y  $L_{p2} = 79\text{ dBA}$

Finalmente se obtiene el nivel de presión sonora generado por ambas unidades.

La presión sonora será:  $L_{pm} = 10 \log\left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}}\right) = 80\text{ dB(A)}$

### 7.1.2.2. Sistema de extracción de baño

Los dos sistemas de extracción de los baños no superarán los 63 dBA en alta presión (Condiciones más desfavorables) a 1 metro de distancia. Además, las cajas que contengan los equipos deberán estar insonorizadas y los ventiladores, a su vez, se encontrarán montados sobre amortiguadores de goma.

Cálculo de la presión sonora de las dos unidades:

A partir de las características técnicas tenemos las potencias sonoras

TD-160/100 ECOWATT	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	GLOBAL	
ASPIRACIÓN	B	30	31	43	50	58	58	44	34	61
	M	31	32	44	51	56	57	42	33	60
	A	36	37	47	54	56	59	41	31	62
DESCARGA	B	29	29	40	51	56	56	45	34	60
	M	30	30	39	52	56	56	43	33	60
	A	32	36	40	54	55	53	43	33	59
RADIADA	B	24	31	43	47	46	52	38	25	54
	M	25	32	44	48	44	51	36	24	54
	A	30	37	47	51	44	53	35	22	56

Siendo: B: Baja

M: Media

A: Alta



El nivel de presión sonora para cada frecuencia viene dado por la siguiente expresión:

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right)$$

Y el nivel de presión sonora global por:  $L_{pm} = 10 \log\left(\sum 10^{\frac{L_{pi}}{10}}\right)$

Se calcula el nivel de presión sonora considerando el peor de los casos, por eso se ha elegido la aspiración alta.

- Para 63 Hz se obtiene según las características técnicas del sistema de extracción que el nivel de potencia es de 36 dBA.

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right) = 36 - 10 \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 1^2}{8}\right) = 34 \text{ dBA}$$

- Para 125 Hz se obtiene según las características técnicas del sistema de extracción que el nivel de potencia es de 37 dBA.

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right) = 37 - 10 \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 1^2}{8}\right) = 35 \text{ dBA}$$

- Para 250 Hz se obtiene según las características técnicas del sistema de extracción que el nivel de potencia es de 47 dBA.

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right) = 47 - 10 \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 1^2}{8}\right) = 45 \text{ dBA}$$

- Para 500 Hz se obtiene según las características técnicas del sistema de extracción que el nivel de potencia es de 54 dBA.

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right) = 54 - 10 \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 1^2}{8}\right) = 52 \text{ dBA}$$

- Para 1000 Hz se obtiene según las características técnicas del sistema de extracción que el nivel de potencia es de 56 dBA.

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right) = 56 - 10 \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 1^2}{8}\right) = 54 \text{ dBA}$$

- Para 2000 Hz se obtiene según las características técnicas del sistema de extracción que el nivel de potencia es de 59 dBA.



$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right) = 59 - 10 \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 1^2}{8}\right) = 57 \text{ dBA}$$

- Para 4000 Hz se obtiene según las características técnicas del sistema de extracción que el nivel de potencia es de 41 dBA.

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{4\pi r^2}{Q}\right) = 41 - 10 \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 1^2}{8}\right) = 39 \text{ dBA}$$

Luego se calcula el nivel de presión global a partir de la siguiente expresión:

$$L_{pm} = 10 \log\left(\sum 10^{\frac{L_{pi}}{10}}\right)$$

$$L_{pm} = 10 \log\left(10^{\frac{34}{10}} + 10^{\frac{35}{10}} + 10^{\frac{45}{10}} + 10^{\frac{52}{10}} + 10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{57}{10}} + 10^{\frac{39}{10}}\right) = 60 \text{ dBA}$$

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos:

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	Global
Emisión $L_w$ [dBA]	36	37	47	54	56	59	41	62
Emisión $L_p$ [dBA]	34	35	45	52	54	57	39	60

Cada sistema de extracción de baño no supera los 60 dB(A), hay dos extractores y la suma de ambos es de 63 dBA a 1m de distancia (60 dBA + 60 dBA = **63 dBA**), éste es un valor aceptable ya que según la Ley 5/2009 de Ruido de Castilla y León ninguna instalación, establecimiento, maquinaria, actividad o comportamiento, podrán emitir más de 95 dB(A) a 1.5 metros de distancia.



### 7.1.2.3. Otra maquinaria

Para la maquinaria propia de la actividad como lavavajillas, cafetera, etc., no se considera necesario llevar a cabo medidas correctoras específicas ya que son suficientes los sistemas constructivos definidos en suelos, paredes y techos, tanto para las transmisiones por vía aérea como las posibles transmisiones estructurales, atenuadas por el tratamiento acústico del suelo.

La siguiente tabla muestra los valores de nivel de presión medio de una cafetera y un lavavajillas:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Global (dBA)
Cafetera	51	62	70	71	75	72	79
Lavavajillas	60	58	59	56	52	54	62

### 7.1.3. Atenuación de los sistemas de ventilación forzada

La actividad cuenta con un sistema de ventilación forzada en fachada interior correspondiente al sistema de extracción, entonces es necesario llevar instalados silenciadores acústicos.

Hay que ir modificando la altura, el ancho y la distancia hasta conseguir un nivel de presión sonora adecuado. Para ello hay que seguir los siguientes pasos:

Se ha elegido una altura de  $a=0,45\text{m}$ , el ancho es de  $b=1\text{ m}$ , y la distancia es de  $2\text{ m}$ , ahora se calcula el perímetro y la superficie:

$$\text{Perímetro} = 2 \cdot (a + b) = 2,9\text{ m}$$

$$\text{Superficie} = a \cdot b = 0,45\text{ m}^2$$



La atenuación acústica viene dada por:

$$IL = 1,05 * \alpha^{1,4} * \frac{\text{perímetro}}{\text{superficie}} * Distancia = IL' * Distancia$$

El nivel de presión sonora se calcula como:  $L_p = L_w - IL$

A partir de los datos técnicos de la lana mineral se obtienen los coeficientes de absorción como se muestra en la siguiente tabla:

Frecuencia, Hz	Coefficiente de absorción $\alpha$
125	0,22
250	0,64
500	0,90
1000	1,00
2000	1,00
4000	0,96

A partir de las características técnicas del sistema de extracción del apartado anterior se obtiene el nivel de potencia.

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	Global
Emisión $L_w$ [dBA]	36	37	47	54	56	59	41	62

- Para 125 Hz se obtiene  $\alpha=0,22$  y  $L_{w125\text{ Hz}}= 37$  dBA

La atenuación acústica viene dada por:

$$IL = 1,05 * \alpha^{1,4} * \frac{\text{perímetro}}{\text{superficie}} * Distancia = 1,05 * 0,22^{1,4} * \frac{2,9}{0,45} * 2 = 1,62 \text{ dBA}$$

El nivel de presión sonora se calcula como:

$$L_p = L_w - IL = 37 - 1,62 = 35,4 \text{ dBA}$$



- Para 250 Hz se obtiene  $\alpha=0,64$  y  $L_{w_{125\text{ Hz}}}= 47$  dBA

La atenuación acústica viene dada por:

$$IL = 1,05 * \alpha^{1,4} * \frac{\text{perímetro}}{\text{superficie}} * Distancia = 1,05 * 0,64^{1,4} * \frac{2,9}{0,45} * 2$$

$$= 7,25 \text{ dBA}$$

El nivel de presión sonora se calcula como:

$$L_p = L_w - IL = 47 - 7,25 = \mathbf{39,8 \text{ dBA}}$$

- Para 500 Hz se obtiene  $\alpha=0,9$  y  $L_{w_{125\text{ Hz}}}= 54$  dBA

La atenuación acústica viene dada por:

$$IL = 1,05 * \alpha^{1,4} * \frac{\text{perímetro}}{\text{superficie}} * Distancia = 1,05 * 0,9^{1,4} * \frac{2,9}{0,45} * 2$$

$$= 11,68 \text{ dBA}$$

El nivel de presión sonora se calcula como:

$$L_p = L_w - IL = 54 - 11,68 = \mathbf{42,3 \text{ dBA}}$$

- Para 1000 Hz se obtiene  $\alpha=1$  y  $L_{w_{125\text{ Hz}}}= 56$  dBA

La atenuación acústica viene dada por:

$$IL = 1,05 * \alpha^{1,4} * \frac{\text{perímetro}}{\text{superficie}} * Distancia = 1,05 * 1^{1,4} * \frac{2,9}{0,45} * 2$$

$$= 13,53 \text{ dBA}$$

El nivel de presión sonora se calcula como:

$$L_p = L_w - IL = 56 - 13,53 = \mathbf{42,5 \text{ dBA}}$$

- Para 2000 Hz se obtiene  $\alpha=1$  y  $L_{w_{125\text{ Hz}}}= 59$  dBA

La atenuación acústica viene dada por:

$$IL = 1,05 * \alpha^{1,4} * \frac{\text{perímetro}}{\text{superficie}} * Distancia = 1,05 * 1^{1,4} * \frac{2,9}{0,45} * 2$$

$$= 13,53 \text{ dBA}$$

El nivel de presión sonora se calcula como:

$$L_p = L_w - IL = 59 - 13,53 = \mathbf{45,5 \text{ dBA}}$$

- Para 4000 Hz se obtiene  $\alpha=0,96$  y  $L_{w_{125\text{ Hz}}}= 41$  dBA



La atenuación acústica viene dada por:

$$IL = 1,05 * \alpha^{1,4} * \frac{\text{perímetro}}{\text{superficie}} * \text{Distancia} = 1,05 * 0,96^{1,4} * \frac{2,9}{0,45} * 2$$

$$= 12,78 \text{ dBA}$$

El nivel de presión sonora se calcula como:

$$L_p = L_w - IL = 41 - 12,78 = \mathbf{28,2 \text{ dBA}}$$

Finalmente se calcula el nivel de presión sonora global mediante la siguiente expresión:

$$L_{p.Global} = 10 \log \left( \sum 10^{\frac{L_{pi}}{10}} \right) = \mathbf{49,4 \text{ dBA}}$$

La siguiente tabla resume los cálculos realizados:

<b>Cálculo de pérdidas por inserción</b>	
<b>VENTILADORES</b>	
NIVEL DE POTENCIA SONORA GLOBAL $L_w = 62$ [dB]	
a=	0,45 M
b=	1 M
Perímetro	2,9 [m]
Superficie	0,45 [m <sup>2</sup> ]
Distancia	2 [m]
<b>FRECUENCIA [Hz]</b>	63    125    250    500    1000    2000    4000
Absorción	0,22    0,64    0,9    1    1    0,96
IL' [dBA]/metro	0    0,81    3,62    5,84    6,77    6,77    6,3908
IL [dBA]	0,00    1,62    7,25    11,68    13,53    13,53    12,78
Lw	36    37    47    54    56    59    41
Lp	36,0    35,4    39,8    42,3    42,5    45,5    28,2
<b>Lp global [dBA]</b>	<b>49,4</b>



Los equipos deberán llevar instalados silenciadores acústicos de al menos 200 centímetros de longitud, 45 centímetros de altura y 100 centímetros de anchura de lana mineral de alta densidad (al menos  $70\text{Kg/m}^2$  y velo protector). Se intercalarán los silenciosos correspondientes a cada boca de escape del aire al exterior, para que atenúe el nivel de presión sonora y no se supere la emisión máxima de 45dBA al exterior como se ha diseñado con 49,4 dBA, para solucionarlo se pone una rejilla acústica para que atenúe más, y de este modo no pase el límite de emisión (45 dBA).

#### **7.1.4. Tratamientos antivibratorios**

Las máquinas de arranque violento deberán estar apoyadas o suspendidas de amortiguadores y su mantenimiento deberá garantizar su funcionamiento equilibrado, para evitar el ruido de vibraciones.

#### **Fuentes interiores-exteriores de ruido**

Los equipos de ventilación y climatización irán suspendidos del forjado mediante sistemas de sujeción con amortiguación tipo AKUSTK o similar.



*Amortiguadores suspendidos  
en el techo*

Los sistemas de climatización van anclados al forjado, situándose elementos elásticos en los anclajes de la estructura que soporta el peso del equipo. Para



equipos de climatización con un peso de 245 kg y 380 kg, se aumentará el número de sistemas de amortiguación anclados al forjado de tal manera que soporte el peso de los equipos.

Cálculo de la carga de los amortiguadores:

Para la RTHL15:

$$245 \text{ Kg} / 4 \text{ amortiguadores} = 61,25 \text{ Kg}$$

Hacen falta amortiguadores que soporten 61,25 Kg, también hay que tener en cuenta que las máquinas no pesan igual en todas las esquinas, puede que en un lado pese 40 Kg y en el otro 80 Kg, por eso hay que elegir un rango amplio. Es muy importante elegir bien los amortiguadores ya que si se escogen fuera del rango, es como si no hay amortiguadores.

En este caso elegimos cuatro amortiguadores con cargas comprendidas entre 40-100 kg para impedir la transmisión de la vibración del equipo a la estructura.

Para la RTHL25:

$$380 \text{ Kg} / 6 \text{ amortiguadores} = 63,5 \text{ Kg}$$

Se eligen 6 amortiguadores con cargas comprendidas entre 40-100 Kg para impedir la transmisión de la vibración del equipo a la estructura.

Todos los elementos propios de bar que se hayan construido con material de mampostería (tipo barra de la zona de bar), deben llevar instalado un material elástico en su unión con los elementos de separación vertical.

Todos los conductos suspendidos en el forjado original deben incluir en cada una de las varillas de sujeción un amortiguador de vibraciones adecuado.



## 7.2. Ruido de vibraciones de las instalaciones

Se limitarán los niveles de ruido y de vibraciones que las instalaciones puedan transmitir a los recintos protegidos y habitables del edificio, a través de las sujeciones o puntos de contacto de aquellas con los elementos constructivos, de tal forma que no se aumenten perceptiblemente los niveles debidos a las restantes fuentes de ruido del edificio.

El nivel de potencia acústica máximo de los equipos generadores de ruido estacionario (como bombas de impulsión, compresores, grupos electrógenos, extractores, etc.) situados en los recintos de instalaciones, así como las rejillas y difusores terminales de instalaciones de aire acondicionado, será tal que se cumplan los niveles de inmisión en los recintos colindantes, expresados en el desarrollo reglamentario de la Ley 37/2003 del Ruido.

El nivel de potencia acústica máximo de los equipos situados en zonas exteriores anejas, será tal que en el entorno del equipo y en los recintos habitables y protegidos no se superen los objetivos de calidad acústica correspondientes.

El nivel de vibración  $L_{aw}$ , con ponderación en frecuencia según la ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León viene dado por:

---

ÁREA RECEPTORA INTERIOR

dB

**Uso de viviendas y  
hospedaje**

Nivel de vibración con ponderación en  
frecuencia,  $L_{aw}$

**75**



### 7.3. Valores límites de inmisión sonora

El índice para evaluar los niveles sonoros de emisores acústicos es el nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A y los valores límite que marca la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León son:

ÁREA RECEPTORA EXTERIOR		dBA
<b>DÍA</b>	Nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A $L_{Aeq,5s}^*$	<b>55</b>
<b>NOCHE</b>	Nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A $L_{Aeq,5s}^*$	<b>45</b>
ÁREA RECEPTORA INTERIOR (OFICINAS) Despachos Profesionales		dBA
<b>DÍA</b>	Nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A $L_{Aeq,5s}^*$	<b>35</b>
<b>NOCHE</b>	Nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A $L_{Aeq,5s}^*$	<b>35</b>
ÁREA RECEPTORA INTERIOR (VIVIENDAS) Recintos Protegidos		dBA
<b>DÍA</b>	Nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A $L_{Aeq,5s}^*$	<b>32</b>
<b>NOCHE</b>	Nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A $L_{Aeq,5s}^*$	<b>25</b>



---

Recintos Habitables (Cocinas, baños, pasillos)		<b>dB(A)</b>
<b>DÍA</b>	Nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A $L_{Aeq,5s}^*$	<b>40</b>
<b>NOCHE</b>	Nivel continuo equivalente de 5 segundos con ponderación A $L_{Aeq,5s}^*$	<b>30</b>

---

No podrán transmitirse ruidos de impacto a las viviendas colindantes con valores de nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado,  $L'_{n,TA}$ , superiores a 40 dB en horario diurno y de 30 dB en horario nocturno.



## 8. Aislamiento acústico

### 8.1. Descripción de los materiales elegidos para el aislamiento acústico

El vidrio de la fachada es un vidrio laminado de 6+6/12/4+4.

Las fachadas exterior e interior están formadas por un 1 pie de ladrillo perforado, cámara de aire, aislante de 60mm y 40kg/m<sup>3</sup>, ladrillo hueco doble de 70mm y revestimiento interior en baldosa de gres. **(Ver plano nº 5)**

El techo acústico estará formado por una estructura de acero galvanizado suspendido por amortiguadores de acero, lana mineral de 60mm y 40kg/m<sup>2</sup> y doble placa de yeso laminado con lámina de elastómero intermedia para la consecución integral de un aislamiento acústico del recinto de 55dBA. **(Ver plano nº 6)**

Se aislarán las tuberías en instalaciones de fontanería, calefacción e industria, con material tipo Acustidan, elastómero y lana geotextil de corte para la formación de codos y tramos rectos.

Se colocarán pasamuros de aislamiento acústico para tuberías en instalaciones de fontanería, calefacción e industria, con material tipo Acustidan, elastómero y lana geotextil de corte para la formación de codos y tramos rectos.

El tratamiento acústico a ruido de impactos del suelo se llevará a cabo desolidarizando la solera de los elementos de separación vertical con una banda elástica perimetral a todo el local. Sobre el forjado se instalará una lámina anti-impacto que cubra toda la superficie y llegue a las bandas perimetrales. La solera irá colocada sobre la lámina anti-impacto y no superará en anchura a la banda perimetral para evitar la transmisión por vibración a los elementos de separación vertical. **(Ver plano nº 7)**



## 8.2. Valores límite de aislamiento

Según la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León, los valores límite de aislamiento para una actividad de Tipo 1. *Actividades industriales o actividades de pública concurrencia sin equipos de reproducción/amplificación audiovisual, y con niveles sonoros hasta 85dB(A)*, y horario nocturno (actividad posterior a las 23:00h) se resumen en la siguiente tabla I.

### RUIDO AÉREO

Tipo de Recinto		dBA
<b>Protección respecto a otros recintos colindantes que no sean viviendas</b>	El aislamiento acústico a ruido aéreo ponderado en A, $D_{nT,A}$	<b>55</b>
<b>Protección respecto a recintos de descanso de viviendas (dormitorios, salones, despachos).</b>	El aislamiento acústico a ruido aéreo ponderado en A, $D_{nT,A}$	<b>65</b>
<b>Protección respecto al exterior</b>	La diferencia de niveles ponderado en A, $D_A$	<b>35</b>
<b>Protección de viviendas respecto a recintos que albergan maquinaria</b>	El aislamiento acústico a ruido aéreo ponderado en A, $D_{nT,A}$	<b>70</b>
<b>Límite de inmisión en exteriores</b>	Ninguna instalación, establecimiento, maquinaria, actividad o comportamiento podrán transmitir al medio ambiente exterior, niveles sonoros superiores, $L_{Aeq,5s}$	<b>45</b>

### RUIDO DE IMPACTOS

Tipo de Recinto		dB
<b>Protección respecto a recintos de descanso de viviendas (dormitorios, salones, despachos).</b>	Nivel de ruido de impactos a viviendas $L'_{nT}$	
	DIA	<b>40</b>
	NOCHE	<b>30</b>



### 8.3. Aislamiento acústico. Opción simplificada del DB-HR del CTE

La opción simplificada se basa en tomar las soluciones del Catálogo de Elementos Constructivos (calculadas para dar conformidad a las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos) que mejor se adapten al proyecto. Además de elegir dichas soluciones se han de rellenar unas tablas de las fichas justificativas del cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico. En el siguiente apartado vienen todos los cálculos necesarios para cumplimentar estas tablas.

Las fachadas exterior e interior se han diseñado y justificado teniendo en cuenta la situación del local, y las exigencias de aislamiento e inmisión al exterior.

#### 8.3.1. Separación de la actividad con la planta primera

##### Forjado:

Se sabe que el forjado es de un bloque cerámico de 250mm de espesor, hay que conocer su masa (m) y su aislamiento  $R_A$ . Según la tabla de forjados del catálogo de elementos constructivos del CTE, se obtiene  $m = 305 \text{ Kg/m}^2$  y  $R_A = 52 \text{ dBA}$  del proyecto.

Forjados unidireccionales									
Descripción			HE				HR <sup>(6)</sup>		
Forjado con	canto mm	m <sup>(1)</sup> kg/m <sup>2</sup>	$\rho^{(1)}$ kg / m <sup>3</sup>	R <sup>(2)</sup> m <sup>2</sup> ·K/ W	c <sub>p</sub> J / kg·K	$\mu$	R <sub>A</sub> dBA	R <sub>Atr</sub> dBA	L <sub>n,w</sub> dB
Piezas de entrevigado cerámicas	250	305	1220	0,28	1000	10	52	48	77
	300	333	1110	0,32	1000	10	53	48	76
	350	360	1030	0,35	1000	10	55	50	75
Piezas de entrevigado de hormigón	250	332	1330	0,19	1000	80	53	48	76
	300	372	1240	0,21	1000	80	55	50	74
	350	413	1180	0,23	1000	80	57	52	72

**Tabla de forjados**



Para las características exigidas en la tabla de elementos de separación horizontales entre recintos, se tiene en cuenta la tabla siguiente de los parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación horizontales del DB-HR (Protección frente al ruido). Se obtiene que para un forjado de 300Kg/m<sup>2</sup>, se requiere un aislamiento de 52 dBA.

Forjado <sup>(1)</sup> (F)		Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería									
		Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante.			Tabiquería de entramado autoportante			
		Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Condiciones de la fachada <sup>(6)</sup>
m kg/m <sup>2</sup>	R <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	
250	49				22	0	10	21	0	2	2H
						2	5		2	0	
250	49				(27)	(6)	(15)	(26)	(0)	(11)	2H
						(9)	(10)		(6)	(9)	
300 <sup>(4)</sup>	52	18	3	15	16	0	4	16	0	0	2H
			8	5		0	2		0	1H	
300 <sup>(4)</sup>	52				(21)	(3)	(15)	(21)	(0)	(5)	2H
						(7)	(6)		(2)	(4)	
300 <sup>(4)</sup>	52				(21)	(8)	(5)	(21)	(5)	(0)	2H
						(9)	(4)		(10) <sup>(7)</sup>	(0) <sup>(7)</sup>	
300 <sup>(4)</sup>	52				(21)	(9)	(4)	(21)	(7)	(15)	1H
									(9)	(11)	

**Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación horizontales**

**Suelo flotante:**

Ya que no se conocen sus especificaciones se estudia solo el aislamiento del forjado y del techo suspendido para cumplir la normativa. (El aislamiento total debe ser como mínimo 55 dBA).

**Techo suspendido:**

Según la normativa, el aislamiento total del forjado, suelo flotante y techo suspendido, debe ser igual o superior a 55 dBA (el valor exigido), y el valor medido en la prueba es de 49 dBA, por lo tanto faltan 6 dBA, pero se va a



diseñar para aislar 9 dBA para que en la medida también cumpla, ya que se sabe que los valores de la medida varían un poco de los valores calculados en el proyecto, debido a los pequeños errores en los instrumentos de medida o en la obra.

Para conseguir 9 dBA con el techo suspendido, constará de una estructura de chapa galvanizada suspendida sobre amortiguadores de acero, lana mineral de 60mm y 40Kg/m<sup>2</sup> (según su ficha técnica mejora 3 dBA), y doble placa de yeso laminado de 12,5mm con elastómero entre placas. **(Ver plano nº 6)**

Según la tabla anterior de los parámetros acústicos del DB-HR en la parte de techos suspendidos se ha elegido el valor medio  $\Delta R_A = 5$  dBA ya que no se conocen las especificaciones del suelo flotante.

En la siguiente tabla se resumen los cálculos anteriores:

Elementos de separación horizontales entre <i>recintos</i> (apartado 3.1.2.3.5)			
Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación horizontales situados entre:			
a) un recinto de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio; b) un recinto de una <i>unidad de uso</i> y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i> . Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)			
Solución de elementos de separación horizontales entre: <b>FORJADO DE SEPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD CON LA PLANTA PRIMERA.</b>			
Elementos constructivos	Tipo	Características	
		de proyecto	exigidas
Elemento de separación horizontal <sup>1</sup>	Forjado	Bloque cerámico de 250mm (según cliente)	$m$ (kg/m <sup>2</sup> )= 305 ≥ 300 $R_A$ (dBA)= 52 ≥ 52
	Suelo flotante	No se conocen las especificaciones	$\Delta R_A$ (dBA)= ≥ $\Delta L_w$ (dB)= ≥
	Techo suspendido	Estructura de chapa galvanizada suspendida sobre amortiguadores de acero, lana mineral de 60mm y 40Kg/m <sup>2</sup> , y doble placa de yeso laminado de 12,5mm con elastómero entre placas.	$\Delta R_A$ (dBA)= 9.0 ≥ 5

<sup>1</sup>Según normativa, el asilamiento total de forjado, suelo flotante y techo suspendido, deben ser igual o superior a 55dBA.

### 8.3.2. Fachada exterior:

Se miden y se calculan las áreas de la parte ciega, de huecos y el porcentaje de huecos a partir del alzado B del plano nº 10:

$$\text{Fachada total exterior} = 6,17 \times 3,70 = 22,8 \text{ m}^2$$

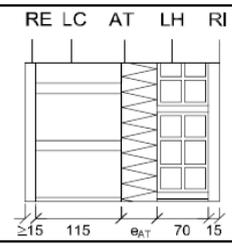
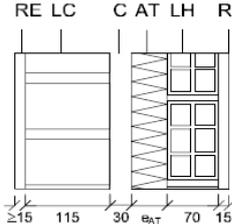
$$\text{Huecos} = (1,35 + 1,08) \times 2,58 + 1,93 \times 3,38 = 12,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Parte ciega} = \text{Fachada total exterior} - \text{Huecos} = 10 \text{ m}^2$$

El porcentaje de huecos es de 56 %

La parte ciega está formada por 1 pie de ladrillo perforado, cámara de aire, lana mineral, ½ pie de ladrillo hueco doble con acabado de gres.

Se obtiene que  $R_{A, \text{tr}} = 49 \text{ dBA}$ , a partir de la tabla siguiente del catálogo de elementos constructivos del CTE en la parte de fachadas, la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León exige un mínimo de 45 dBA.

Código	Sección	Datos entrada	HS	HE <sup>(2)</sup>	HR	
		RE	GI <sup>(1)</sup>	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>A</sub> <sup>(3)(4)</sup> (dBA)	m <sup>(3)</sup> (kg/m <sup>2</sup> )
F 3.1		R1	3	1/(0,54+R <sub>AT</sub> )	48 [49]	220 [240]
		R3 o B3	5			
F 3.2		R1	4	1/(0,71+R <sub>AT</sub> )	48 [49]	220 [240]
		R3 o B3	5			

\*en el caso de elementos de fábrica aparecen dos valores de m y R<sub>A</sub>, el primero de ellos es un valor mínimo, y el segundo que figura entre corchetes, es un valor medio

Donde:

- RE: revestimiento exterior continuo
- LC: fábrica de ladrillo cerámica (perforado o macizo)
- C : cámara de aire
- AT: Aislamiento
- LH: fábrica de ladrillo hueco
- RI: revestimiento interior

En la parte hueca hay doble acristalamiento de vidrio laminado de 32mm formado por un vidrio laminar de 6+6, cámara de aire de 12mm, y vidrio laminar de 4+4.

No se ha podido conseguir la ficha técnica del acristalamiento del local, por eso se va justificar con uno de características inferiores.

Según el catálogo de ventanas siguiente, con un acristalamiento de 5+5/12/4+4 con dimensiones 1,15 x 1,15 se obtiene  $R_{A,tr} = 39$  dBA. Ya que las dimensiones de las ventanas del catálogo son más pequeñas que las del local, se hace una corrección de  $-3$  dB (esta corrección se obtiene de una tabla del catálogo en la que se dan unos valores aproximados a corregir en función de las dimensiones), entonces se obtendrá que  $R_{A,tr} = 36$  dBA. En el local, las ventanas que se colocarán son de mayor espesor por lo que este valor en la realidad será superior a 36 dBA.



Aplicación	Dimensión	Nº ensayo	Laboratorio	Acristalamiento	$R_{A,tr}$
1 hoja OB	1,15 x 1,15	07/32303870	AP Plus	5+5 - 12 - 4+4	39 dBA
2 hojas Practicables	1,48 x 1,47	625887	Saint Gobain Glass	4 - 6 - 10	35 dBA
2 hojas Practicables		625886		4+4 - 12 - 10	40 dBA

*Catálogo de ventanas*

Según la tabla de parámetros de fachadas del DB-HR siguiente, para  $R_{A,tr} = 36$  dBA con un hueco de 56% se obtiene el valor exigido 35 dBA.

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Parte ciega $\neq$ 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Huecos				
			Porcentaje de huecos $R_{A,tr}$ de los componentes del hueco <sup>(2)</sup> dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
$D_{2m,nT,Atr} = 30$	33	35	26	29	31	32	33
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
$D_{2m,nT,Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	26	29	32	33	
$D_{2m,nT,Atr} = 34^{(1)}$	36	40	30	33	35	36	36
		45	29	32	34	36	
		50	28	31	34	35	



En la siguiente tabla se resumen los cálculos anteriores:

<b>Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior</b> (apartado 3.1.2.5)					
Solución de fachada, cubierta o suelo en contacto con el aire exterior: <b>FACHADA EXTERIOR</b>					
Elementos constructivos	Tipo	Área <sup>(1)</sup> (m <sup>2</sup> )	% Huecos	Características	
				de proyecto	exigidas
Parte ciega	1 pie de ladrillo perforado, cámara de aire, lana mineral, ½ pie de ladrillo hueco doble con acabado en gres.	10 =S <sub>c</sub>	56%	R <sub>A,tr</sub> (dBA) =	49 ≥ 45
Huecos	Doble acristalamiento de vidrio laminado de 32mm (6+6/12/4+4) y sellado perimetral.	12.8 =S <sub>n</sub>		R <sub>A,tr</sub> (dBA) =	36 <sup>2,3</sup> ≥ 35

<sup>(1)</sup> Área de la parte ciega o del hueco vista desde el interior del recinto considerado.

<sup>(2)</sup> Se ha aplicado la corrección debida al tamaño del hueco.

<sup>(3)</sup> Ensayo nº 07/32303870 por el Laboratorio AP PLUS de ventana con dimensiones 1.15x1.15m y composición 5+5/12/4+4

### 8.3.3. Fachada Interior

Se miden y se calculan las áreas de la parte ciega, de huecos y el porcentaje de huecos a partir del alzado A del plano nº 10:

$$\text{Fachada total interior} = 8,93 \times 3,70 = 32,04 \text{ m}^2$$

$$\text{Huecos} = (1,9+1,5+2,7) \times 2,35 = 14,34 \text{ m}^2$$

$$\text{Parte ciega} = \text{Fachada total interior} - \text{Huecos} = 17,7 \text{ m}^2$$

El porcentaje de huecos es de 44,8 %

Se justifica de la misma manera que la fachada exterior y se obtienen los mismos resultados, solo cambia la parte de los huecos ya que ahora hay el 44,8% de huecos, y eso modifica lo exigido a 35 dBA según la tabla de parámetros de fachada.

PROYECTO ACÚSTICO DE UNA ACTIVIDAD  
SUSCEPTIBLE DE RUIDO Y VIBRACIONES



Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Parte ciega $\neq$ 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Huecos				
			Porcentaje de huecos $R_{A,tr}$ de los componentes del hueco <sup>(2)</sup> dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
$D_{2m,nT,Atr} = 30$	33	35	26	29	31	32	33
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
$D_{2m,nT,Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	26	29	32	33	
$D_{2m,nT,Atr} = 34^{(1)}$	36	40	30	33	35	36	36
		45	29	32	34	36	
		50	28	31	34	35	

La siguiente tabla resume los cálculos anteriores:

Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior (apartado 3.1.2.5)					
Solución de fachada, cubierta o suelo en contacto con el aire exterior: FACHADA INTERIOR					
Elementos constructivos	Tipo	Área <sup>(1)</sup> (m <sup>2</sup> )		% Huecos	Características de proyecto      Exigidas
Parte ciega	1 pie de ladrillo perforado, cámara de aire, lana mineral, ½ pie de ladrillo hueco doble con acabado en gres.	17.7	=S <sub>c</sub>	44.8%	$R_{A,tr}$ (dBA) = 49 ≥ 45
Huecos	Doble acristalamiento de vidrio laminado de 32mm (6+6/12/4+4) y sellado perimetral.	14.4	=S <sub>n</sub>		$R_{A,tr}$ (dBA) = 36 ≥ 35

<sup>(1)</sup> Área de la parte ciega o del hueco vista desde el interior del recinto considerado.



#### **8.4. Tratamiento anti-impacto del suelo**

Se llevará a cabo un tratamiento de ruido anti-impacto en todo el suelo del local, de modo que se consiga una solera flotante sobre la que se levantará el resto del cerramiento del local.

Sobre el forjado existente se colocará un doble aislamiento a ruido de impacto IMPACTOCAT o similar solapadas entre sí y con los pilares y muros perimetrales mediante materiales adecuados de solape, sobre la que se verterá la correspondiente solera de hormigón armado de unos 6-8cm de espesor (es muy importante el solape de los materiales de aislamiento en el perímetro y en los pilares, de modo que no entren en contacto la solera de hormigón y la estructura del edificio. Esto se puede llevar a cabo con una lámina de polietileno, con materiales adhesivos o con zócalos de lana mineral o poliestirenos expandidos o extruidos). **(Ver el plano nº 7)**

Todo ello, garantizará una reducción del ruido de impacto y atenuará en gran medida el ruido por arrastre del mobiliario o caída de objetos.

### **9. Acondicionamiento acústico**

#### **9.1. Descripción de materiales para acondicionamiento acústico.**

El falso techo será absorbente con perfilera oculta según se especifica en la ficha justificativa de cumplimiento del tiempo de reverberación, para la zona del comedor y del Bar. Para las zonas restantes se colocará una placa de yeso laminado de 13mm de espesor colocada sobre una estructura oculta de acero galvanizado según especificaciones del fabricante.

#### **9.2. Valores límite de tiempo de reverberación**

En conjunto los elementos constructivos, acabados superficiales y revestimientos que delimitan un aula o una sala de conferencias, un comedor y



un restaurante, tendrán la absorción acústica suficiente (según el DB-HR) de tal manera que:

	Segundos
<b>El tiempo de reverberación en restaurantes y comedores vacíos no será mayor que 0,9s.</b>	<b>0,9</b>

Para limitar el ruido reverberante en las zonas comunes los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan una zona común de un edificio de uso residencial público, docente y hospitalario colindante con recintos protegidos con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente,  $A$ , sea al menos,  $0.2\text{m}^2$  por cada metro cúbico del volumen del recinto.

### 9.3. Tiempo de reverberación

Cálculos necesarios para definir el tiempo de reverberación:

Volumen de la parte del comedor y el Bar:

El área del comedor es de  $98,72\text{ m}^2$  y la del bar es de  $40,05\text{ m}^2$ , en total la superficie es de  $138,8\text{ m}^2$ , como la altura del local es de  $3,70\text{ m}$ , tiene un volumen de  **$514\text{ m}^3$** .



De la siguiente tabla de acabados de interiores, paredes, techos y suelos del catálogo de elementos constructivos del CTE, se obtiene el coeficiente de absorción acústica de cada material.

Acabados de interiores paredes, techos y suelos				
Tipo	HR			
	$\alpha$			$\alpha_m$
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
Hormigón visto	0,03	0,04	0,04	0,04
Hormigón pintado	0,06	0,07	0,09	0,07
Bloque de hormigón visto	0,05	0,08	0,14	0,09
Bloque de hormigón pintado	0,08	0,09	0,10	0,09
Ladrillo cerámico vistos	0,03	0,04	0,05	0,04
Ladrillo cerámico pintados	0,02	0,02	0,02	0,02
Enfoscado de mortero	0,06	0,08	0,04	0,06
Enlucido de yeso	0,01	0,010	0,02	0,01
Placa de yeso laminado	0,05	0,09	0,07	0,06
Placas de escayola	0,04	0,05	0,05	0,05
Piedra	0,01	0,02	0,02	0,02
Madera y paneles de madera	0,08	0,08	0,08	0,08
Parquet	0,04	0,05	0,05	0,05
Tarima	0,08	0,09	0,10	0,09
Tarima sobre rastreles	0,06	0,05	0,05	0,05
Corcho	0,08	0,19	0,21	0,06
Metales	0,015	0,02	0,02	0,02
Revestimientos textiles	0,09	0,14	0,29	0,17
Moqueta, espesor $\leq 10$ mm	0,06	0,15	0,30	0,17
Moqueta, espesor $\geq 10$ mm	0,15	0,30	0,45	0,30
PVC	0,04	0,05	0,05	0,05
Linóleo	0,03	0,03	0,04	0,03
Caucho	0,04	0,04	0,02	0,03
Terrazo	0,01	0,02	0,02	0,02
Baldosas, plaquetas.	0,01	0,02	0,02	0,02
Vidrio	0,05	0,04	0,03	0,04

**Tabla de acabados de interiores, paredes, techos y suelos**

1- Suelo:

El acabado del suelo es de Tarima sobre rastreles, en la parte del bar y del comedor, o sea en un área de 138,8 m<sup>2</sup>, según la tabla de acabados el coeficiente de absorción acústica medio es  $\alpha_m=0,05$ .



## 2- Techo:

El techo acústico es absorbente con un coeficiente de absorción acústica medio de 0,80 en 100 m<sup>2</sup> (\*) se explica la obtención de este coeficiente en la página 107), repartidos en la parte del bar y del comedor, dejando una franja de 20cm para que los obreros puedan poner el techo, como se muestra en **el plano nº 8** de situación del techo acústico.

## 3- Paramentos:

- Ladrillo cerámico visto: como se ve en **el plano nº 9** de acabados de paramentos verticales (en rojo), hay 35,46m de ladrillo cerámico visto, y una altura de 3,70m, o sea un área de 131,2m<sup>2</sup>. Con un coeficiente de absorción acústico medio de 0.04 según la tabla de acabados del catálogo de elementos constructivos.
- Enlucido de yeso: en **el plano nº 9** de acabados de paramentos verticales se ve en color azul, hay un área 26,4m<sup>2</sup>. Como se ha dicho antes en la parte del techo acústico se deja una franja de 20cm y este último es también de enlucido de yeso, entonces la franja total es de 38,8m<sup>2</sup>, el área total de enlucido de yeso es de 65,2m<sup>2</sup>, con un coeficiente de absorción acústica medio de 0,01 (tabla de acabados).
- Vidrio: se calcula el área a partir del **plano nº 10** de alzados, en el alzado A se obtiene 13,5m<sup>2</sup> de vidrio y en el B 9,1m<sup>2</sup>, el área total es de 22,6m<sup>2</sup>, con un coeficiente de absorción acústica medio de 0,04 (tabla de acabados).
- Baldosa gres: en el **plano nº 9** de acabados de paramentos verticales (en rosa) se ve donde hay la baldosa gres, y se obtiene :  
 $(9,31m + 4,33m) \times 3,70m_{\text{altura}} = 50,5m^2$  pero hay que restar el área de las ventanas del alzado A, el área total es de 37m<sup>2</sup>, con un coeficiente de absorción acústica medio de 0,02 (tabla de acabados).



4- Absorción de aire:

En este caso sí afecta ya que el local tiene un volumen mayor de  $250\text{m}^3$ , en la ficha justificativa del método general del tiempo de reverberación viene el coeficiente de atenuación del aire medio  $m_m=0,006\text{ m}^{-1}$ .

Ahora se calcula como se ve en la ficha justificativa del método general del tiempo de reverberación:

La absorción acústica de cada elemento con la siguiente fórmula:  $\alpha_m \cdot S$

La absorción acústica del aire:  $4 \cdot \overline{m}_m \cdot V$

La absorción acústica del recinto resultante:  $A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{o,m,j} + 4 \cdot \overline{m}_m \cdot V$

Tiempo de reverberación resultante:  $\tau = \frac{0,16 V}{A} = 0,77\text{ s}$

Cumple ya que el tiempo de reverberación exigido en un bar restaurante debe ser como máximo 0,9 s.



La tabla siguiente recoge la ficha justificativa del cumplimiento de los valores límite de tiempo de reverberación y de absorción acústica mediante el método general para el recinto reservado a comedor – bar.

Tipo de recinto: <b>COMEDOR - BAR</b>		Volumen, V (m <sup>3</sup> ):					514
Elemento	Acabado	S Área, (m <sup>2</sup> )	$\alpha_m$ Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m <sup>2</sup> )  $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	2000	$\alpha_m$	
Suelo	TARIMA SOBRE RASTRELES	138.8	0.06	0.05	0.05	0.05	6.94
Techo	TECHO ACÚSTICO ABSORBENTE	100				0.80	80.0
Paramentos	LADRILLO CERÁMICO VISTO	131.2	0.03	0.04	0.05	0.04	5.25
	ENLUCIDO DE YESO	65.2	0.01	0.01	0.02	0.01	0.65
	VIDRIO	22.6	0.05	0.04	0.03	0.04	0.90
	BALDOSA GRES	37.0	0.01	0.02	0.02	0.02	0.74
Objetos <sup>(1)</sup>	Tipo	N número	Área de absorción acústica equivalente media, A <sub>0,m</sub> (m <sup>2</sup> )				A <sub>0,m</sub> · N
			500	1000	2000	A <sub>0,m</sub>	



	<b>Coefficiente de atenuación del aire,</b> $\overline{m}_m \text{ (m}^{-1}\text{)}$				
<b>Absorción aire <sup>(2)</sup></b>	<b>N</b>				$4 \cdot \overline{m}_m \cdot V$
	<b>número</b>				
	<b>Anejo I</b>				
	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	$\overline{m}_m$	
	0,003	0,005	0,01	0,006	<b>12.3</b>
<b>A, (m<sup>2</sup>)</b>	$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m}_m \cdot V$				<b>106.8</b>
<b>Absorción acústica del recinto resultante</b>					
<b>T, (s)</b>	$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$				<b>0.77</b>
<b>Tiempo de reverberación resultante</b>					
<b>Tiempo de reverberación resultante</b>			<b>Tiempo de reverberación exigido</b>		
T (s)=			<b>0.77</b>	≤	<b>0.9</b>

(1) sólo para salas de conferencias de volumen hasta 350m<sup>3</sup>

(2) sólo para volúmenes mayores a 250 m<sup>3</sup>

(\*) Para la elección de un techo acústico absorbente adecuado se han de tener en cuenta los siguientes cálculos.

Se calcula el coeficiente de absorción límite para obtener un tiempo de reverberación de 0,9s. Se parte de la siguiente expresión:

$$T = \frac{0,16 \cdot V}{A} = 0,9s$$

La absorción acústica del recinto resultante viene dada por lo siguiente:

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

$$A = Abs_{Suelo} + Abs_{Techo} + Abs_{Paramentos} + Abs_{aire}$$

$$A = 6,94 + Abs_{Techo} + 7,54 + 12,3$$

$$A = 26,78 + Abs_{Techo}$$



Se sustituye en la siguiente expresión

$$T = \frac{0,16 V}{A} = \frac{0,16 \cdot 514}{26,78 + Abs_{Techo}} = 0,9s$$

Se despeja la absorción acústica del techo:

$$Abs_{Techo} = 64,6 m^2$$

Siendo

$$Absorción\ acústica = \alpha_m \cdot S$$

Entonces el coeficiente de absorción acústica medio

$$\alpha_m = \frac{Abs_{Techo}}{S} = \frac{64,6}{100} = 0,65$$

Finalmente hay que elegir un techo acústico con coeficiente de absorción de 0,65 como mínimo, pero como hay errores en la ejecución de obra se ha elegido un coeficiente de absorción de 0,80 y así se obtiene un tiempo de reverberación de 0,77 s.



## VII- CONCLUSIONES

Cuando se realiza el proyecto de acondicionamiento acústico de un local, se tienen en cuenta cálculos y fundamentos que permiten obtener un valor teórico que cumpla con la normativa vigente. Si bien ésta es una parte necesaria e importante, no es definitiva, ya que el hecho de que el proyecto cumpla las exigencias, no implica que en la medición final, una vez realizada la obra, se obtenga el mismo resultado teórico. Esto se debe a que los valores que recogen las fichas técnicas de los diferentes materiales son valores obtenidos en ensayos realizados en laboratorios, ya que las condiciones son más favorables que en las obras, donde la ejecución es in situ y existe un margen de error, con el que se ha de contar en los proyectos acústicos.

La no coincidencia entre el valor teórico y el real también puede deberse a una mala ejecución de la obra, ya que tan importante es la solución constructiva elegida como su ejecución (continuidad en la ejecución de un forjado o la correcta colocación de un falso techo, por ejemplo).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, en el proyecto elaborado sobre el bar-restaurante se han realizado los cálculos con un margen suficiente para cumplir con lo exigido en la normativa de Castilla y León, pero debido al retraso de la obra, no se ha podido realizar la medición final que es obligatoria para determinar si el proyecto y su ejecución se han llevado a cabo conforme a lo exigido en la normativa vigente.



## **B- PLANOS**





## VIII- Bibliografía:

### • Normativas

- Ley 5/2009 del ruido de Castilla y León
- Reglamento municipal de Valladolid sobre protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones
- Real Decreto 217/2001, de 30 de agosto le de accesibilidad de Castilla y León
- UNE-EN ISO 3382 Medición del tiempo de reverberación de recintos con referencia a otros parámetros acústicos
- UNE-EN ISO 3382-2 Medición de parámetros acústicos en recintos, parte 2: Tiempo de reverberación de recintos ordinarios
- UNE-EN ISO 717-1 Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: aislamiento a ruido aéreo
- UNE-EN ISO 140-4 Medición In situ del aislamiento acústico a ruido aéreo entre locales
- UNE-EN ISO 140-5 Medición In situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas
- Código Técnico de la edificación (CTE)
  - Documento Básico Protección frente al ruido (DB HR)
  - Documento Básico Seguridad de Utilización y Accesibilidad (DB SUA)
  - Documento Básico Seguridad en caso de Incendio (DB SI)

### • Libros

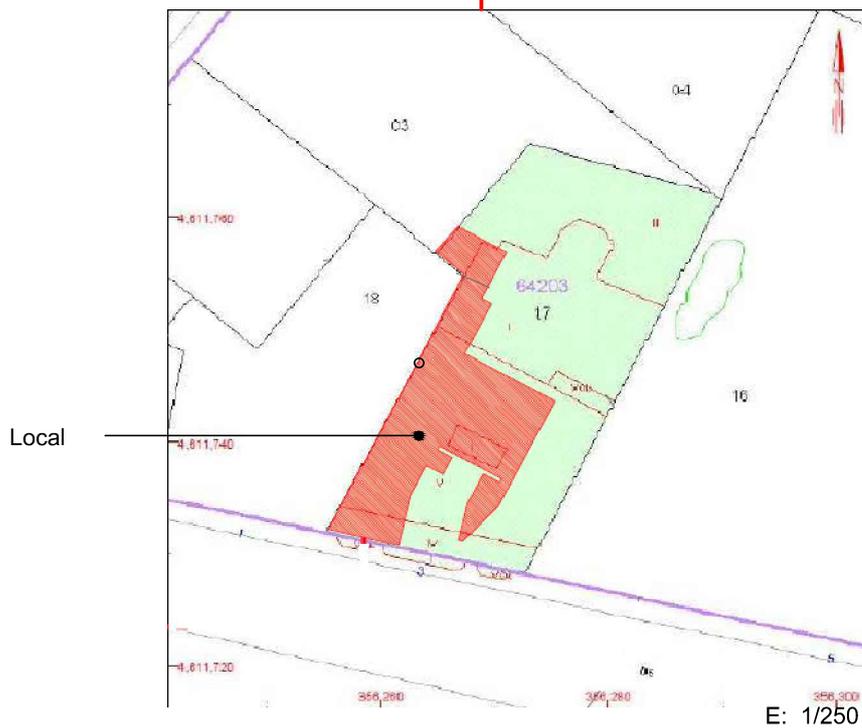
- “Manual de aislamiento en la edificación”. Isover y Roclaine.
- “Diccionario de arquitectura y construcción”. M<sup>a</sup> Soledad Camino Olea, Javier León Vallejo, Alfredo Llorente Álvarez, Juan Monjo Carrió, Santiago Vega amado.
- “Ingeniería acústica” Manuel Recuero López.



- “Ondas Teoría y Problemas”, Eugenio Gaité Domínguez.
- Catálogo de soluciones constructivas del CTE. Redacción: Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción con la colaboración de CEPCO y AICIA.

- **Enlaces web**

- [www.wikipedia.es](http://www.wikipedia.es)
- [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)
- [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(1\)%20Prop%20fis%20del%20ruido/Param%20que%20definen%20el%20ruido.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(1)%20Prop%20fis%20del%20ruido/Param%20que%20definen%20el%20ruido.htm)
- <http://www.doctorproaudio.com/content.php?117-diccionario-glosario-sonido#FFT>
- [http://www.ursa.es/files/cat\\_aplicaciones\\_definitivo.pdf](http://www.ursa.es/files/cat_aplicaciones_definitivo.pdf)
- <http://www.knauf.es/knauf/ficheros/images/documentacion/pdf/Compendio%20Atedy-Knauf.pdf>
- [www.placo.es](http://www.placo.es)
- [www.composan.es](http://www.composan.es)
- [http://www.sistemasynkro.com/diccionario\\_acustico.aspx](http://www.sistemasynkro.com/diccionario_acustico.aspx)
- <http://www.acusticaintegral.com>
- [www.danosa.com](http://www.danosa.com)



**INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

**PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**

ESCALA: s/e

Alumno:

Plano nº:

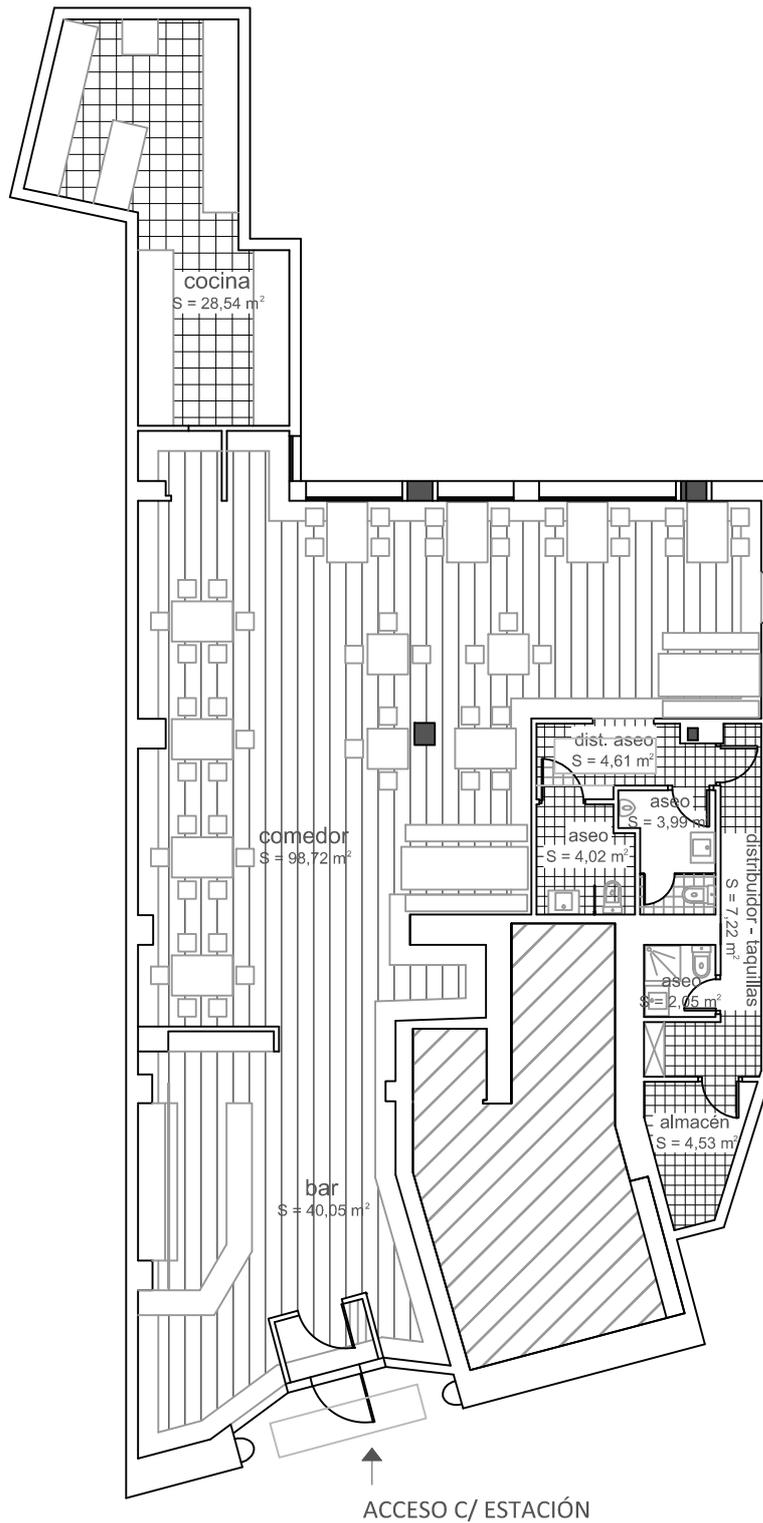
FECHA:

Salim Gassab

1

Abril 2012

Firmado:



INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS

PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANTA DEL LOCAL

ESCALA: 1:150

FECHA:

Abril 2012

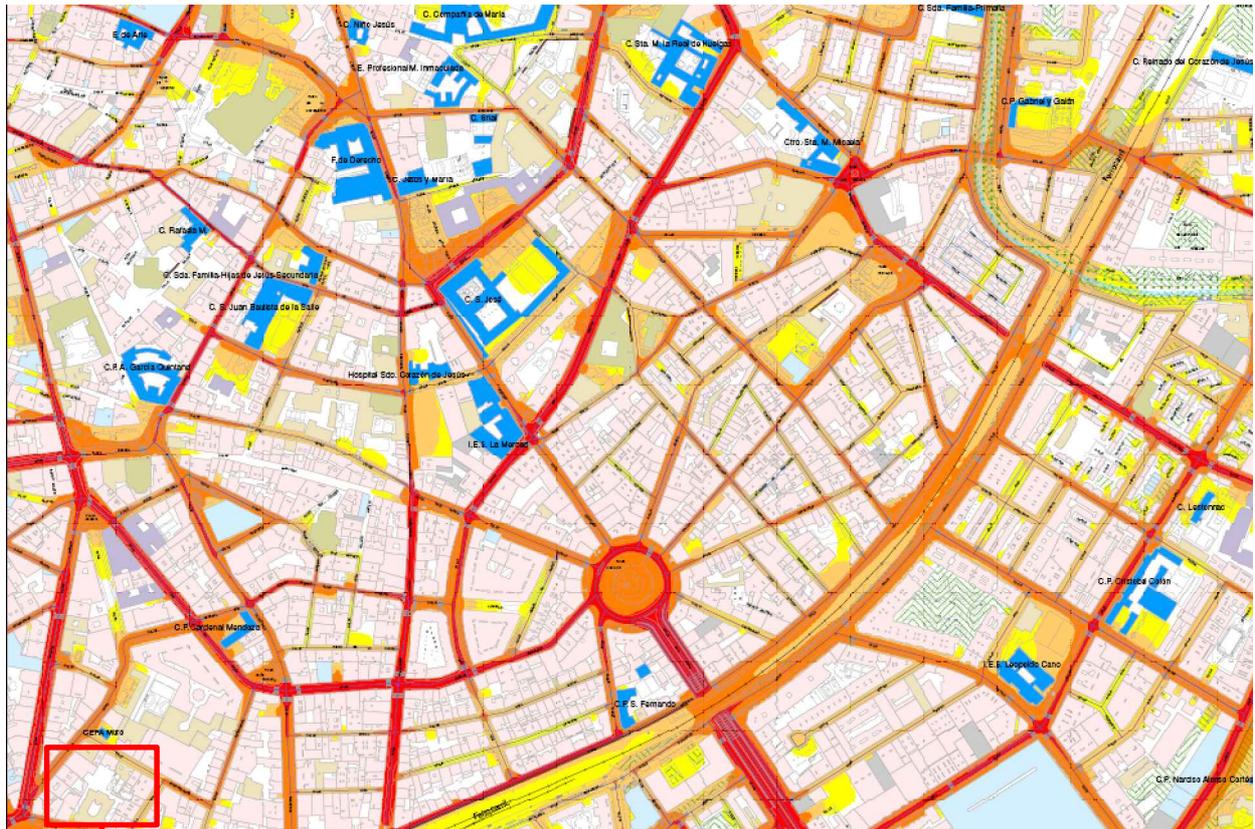
Alumno:

Salim Gassab

Firmado:

Plano nº:

2



**INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

**PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE AGLOMERACIÓN, VALLADOLID**

ESCALA: 1:15000

FECHA:

Abril 2012

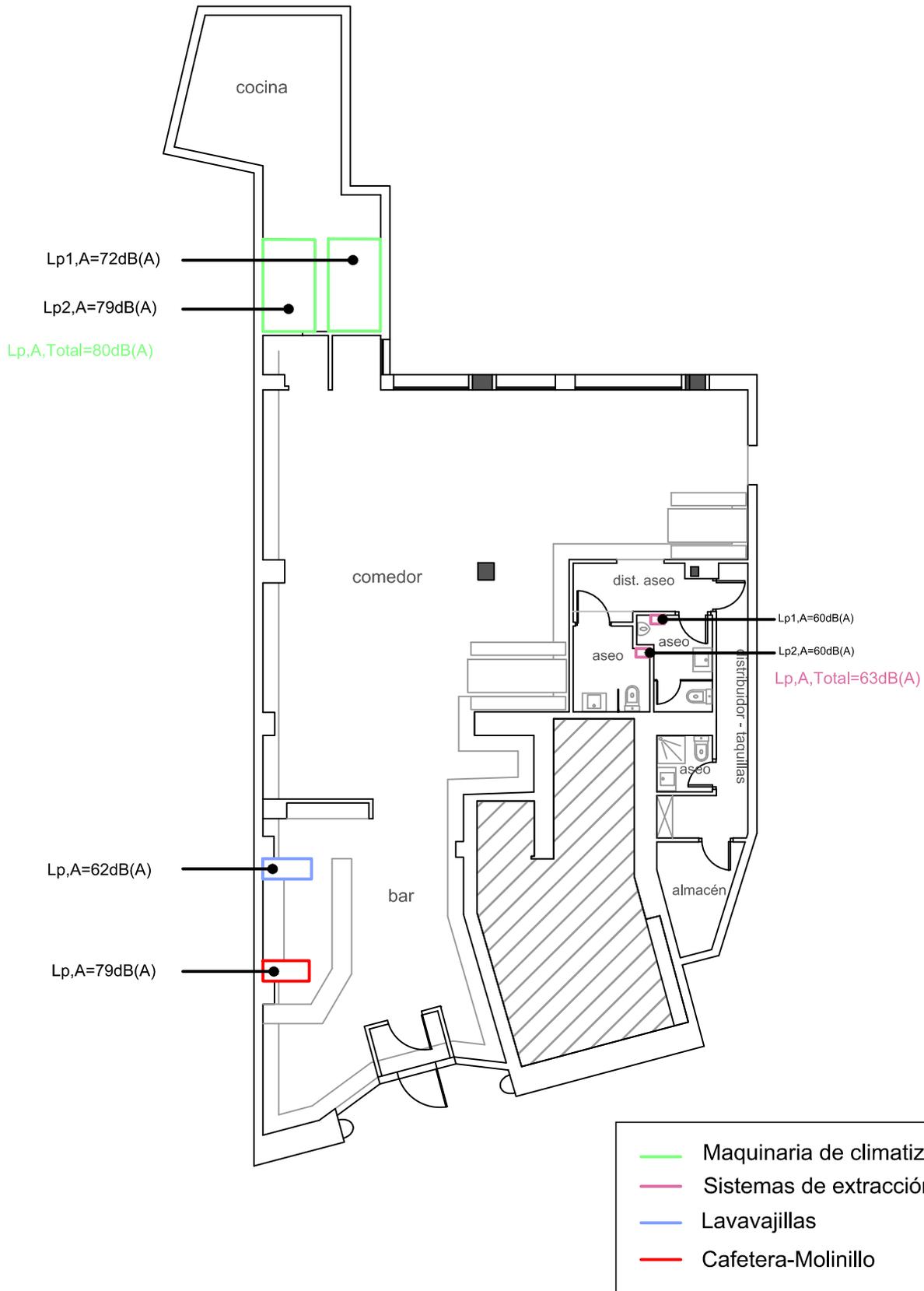
Alumno:

Salim Gassab

Firmado:

Plano nº:

3



INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS

PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANO DE IDENTIFICACIÓN DE LOS FOCOS SONOROS

ESCALA: 1:150

FECHA:

Abril 2012

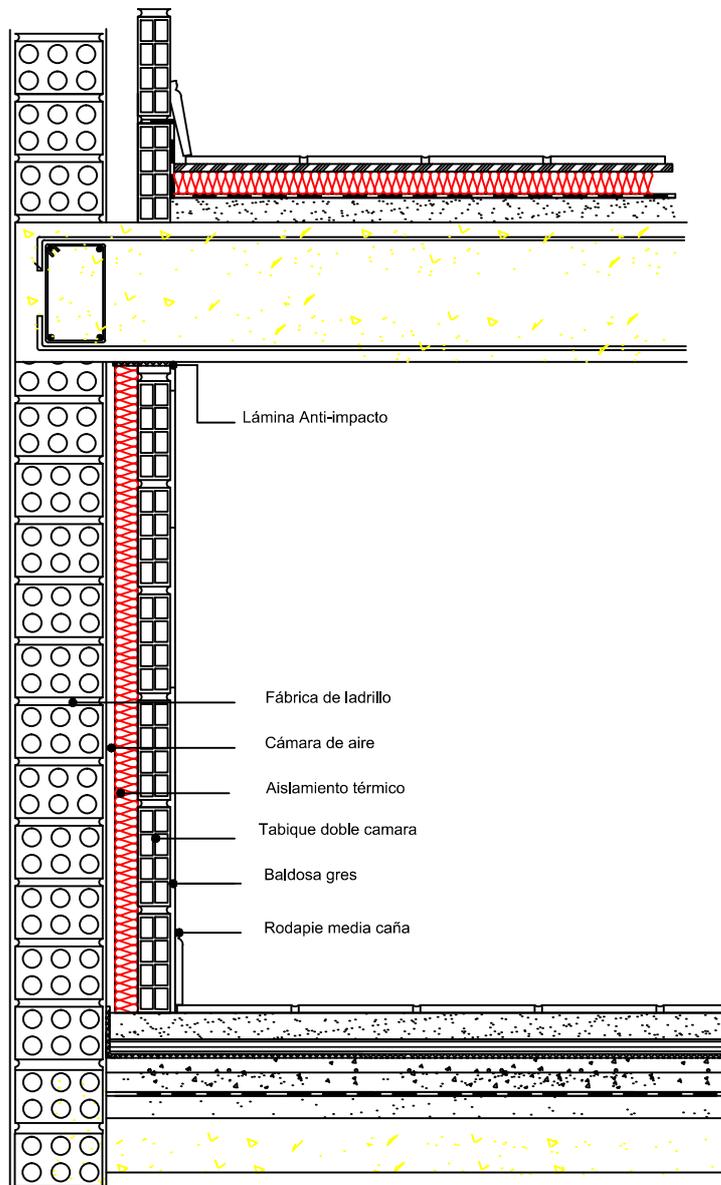
Alumno:

Salim Gassab

Firmado:

Plano nº:

4



INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS

PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANO DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE FACHADA

ESCALA: 1:50

Alumno:

Plano nº:

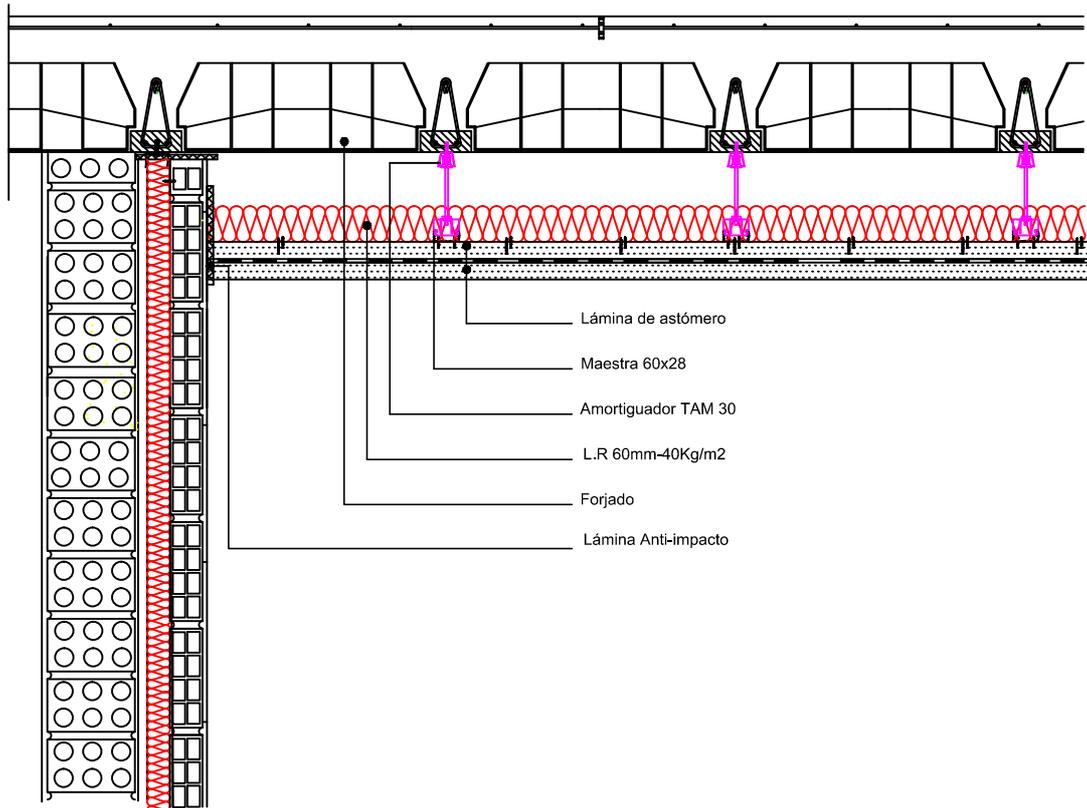
FECHA:

Salim Gassab

5

Abril 2012

Firmado:



INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS

PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANO DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL TECHO

ESCALA: 1:50

FECHA:

Abril 2012

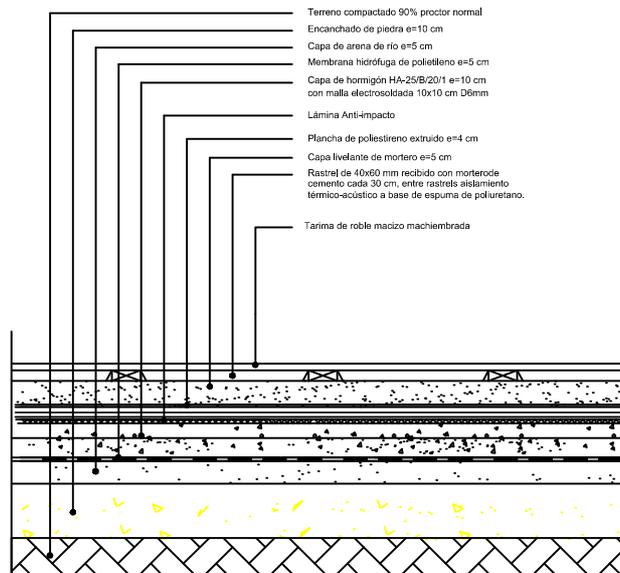
Alumno:

Salim Gassab

Firmado:

Plano nº:

6



INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS

PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANO DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL SUELO

ESCALA: 1:50

Alumno:

Plano nº:

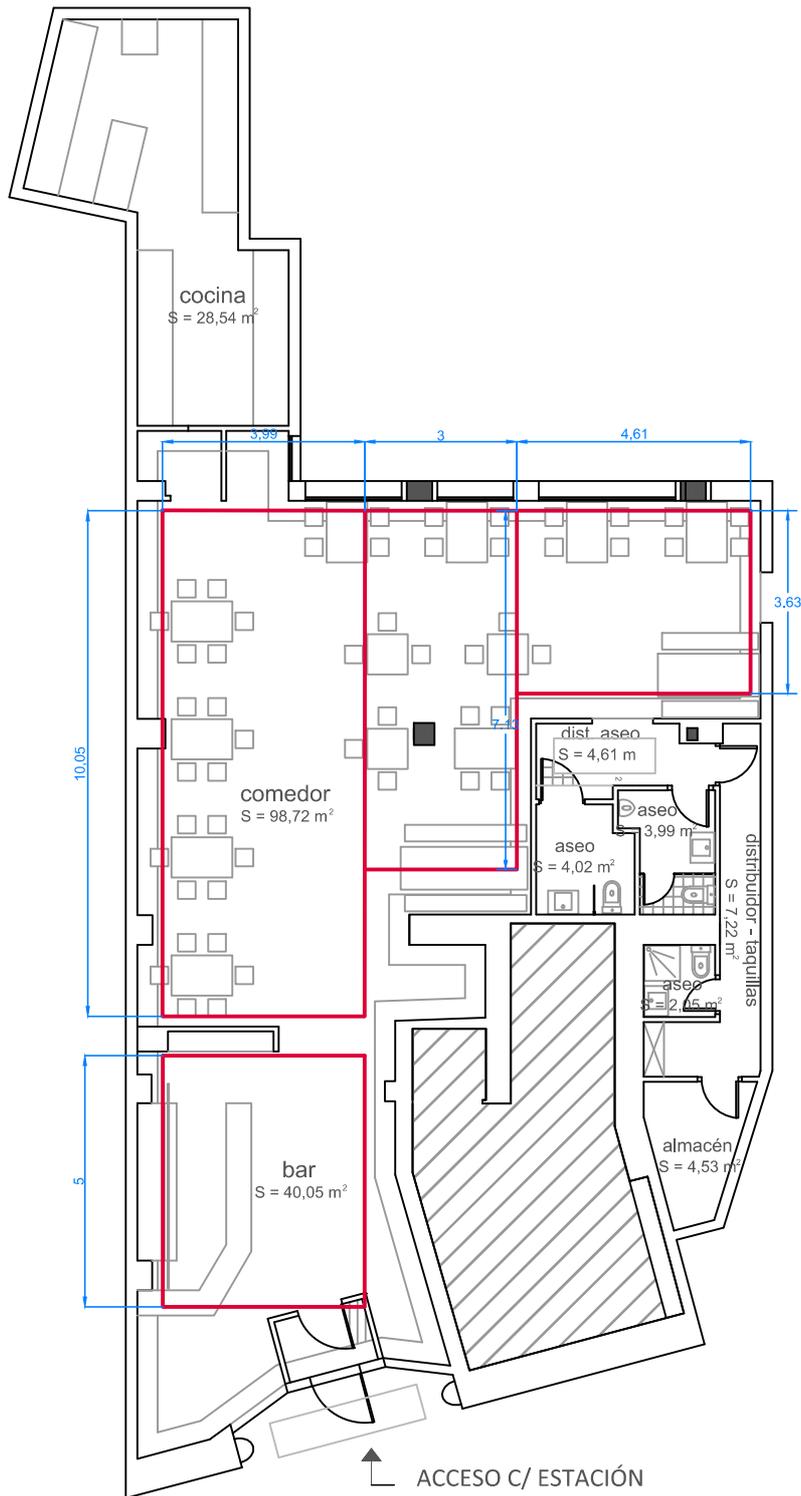
FECHA:

Salim Gassab

7

Abril 2012

Firmado:



INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS

PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANO DE SITUACIÓN DEL TECHO ACÚSTICO

ESCALA: 1:150

Alumno:

Plano nº:

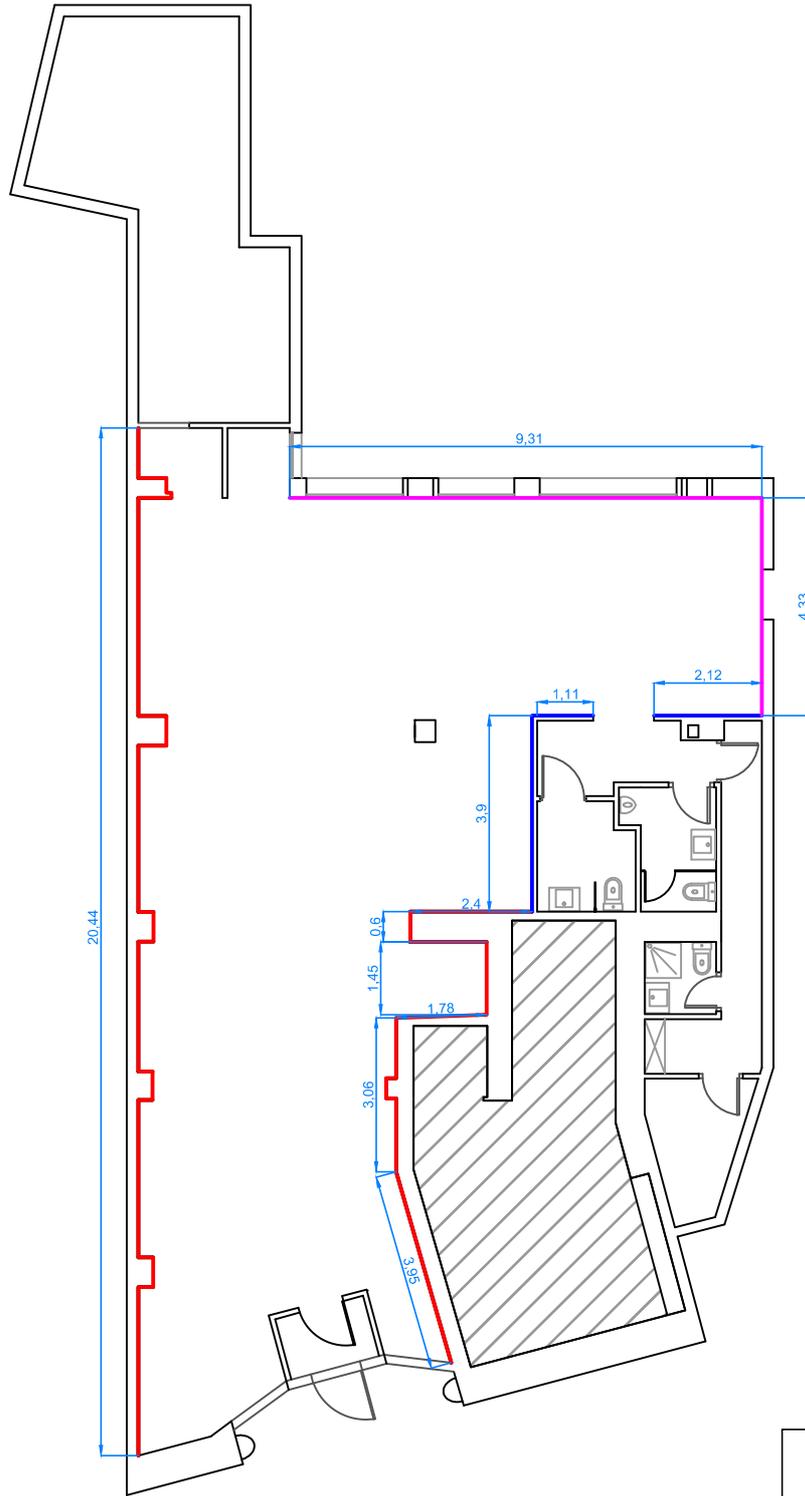
FECHA:

Salim Gassab

8

Abril 2012

Firmado:



- Cerámico visto
- Enlucido de yeso
- Baldosa Gres

**INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

**PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**PLANO DE ACABADOS DE PARAMENTOS VERTICALES**

**ESCALA: 1:150**

**FECHA:**

**Abril 2012**

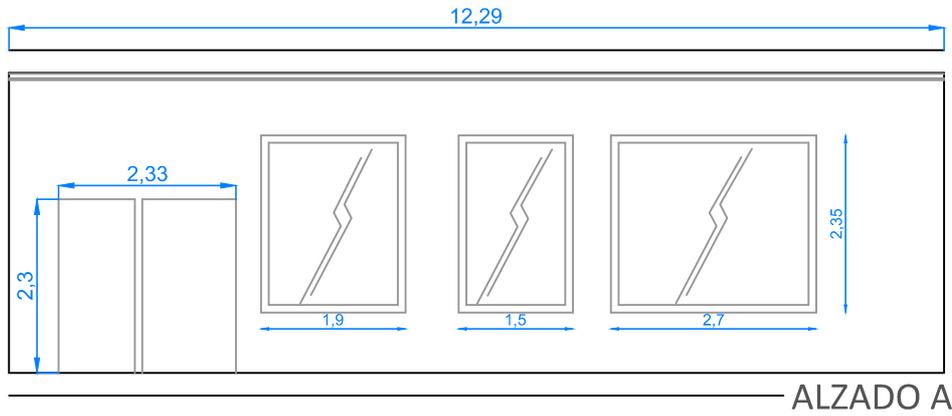
**Alumno:**

**Salim Gassab**

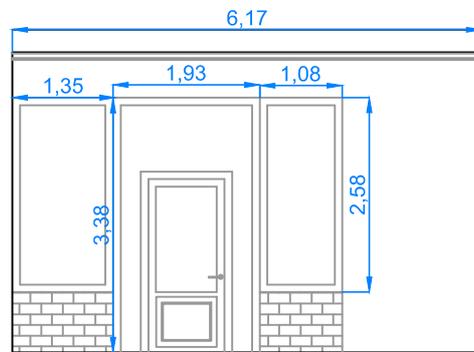
**Firmado:**

**Plano nº:**

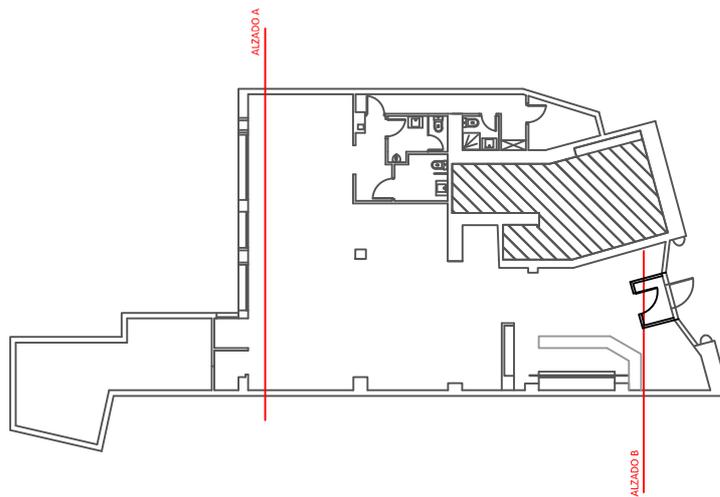
**9**



ALZADO A



ALZADO B



INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN ESP. SISTEMAS ELECTRÓNICOS

PROYECTO ACÚSTICO DE UN BAR - RESTAURANTE DE VALLADOLID

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANO DE ALZADOS

ESCALA: 1:100

FECHA:

Abril 2012

Alumno:

Salim Gassab

Firmado:

Plano nº:

10