

**PROYECTO FINAL DE GRADO.
TALLER ACÚSTICA EN LA ARQUITECTURA.**

**“ESTUDIO DE LA CALIDAD ACÚSTICA
DEL AULA MASTER DEL EDIFICIO 1C
DE LA ETSIE”**



Escuela Técnica Superior
de Gestión en la Edificación



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

ALUMNA:

ROCIO ANDRÉS GÓMEZ.

TUTORES:

**VICENTE GOMEZ LOZANO.
SALVADORA REIG GARCIA SAN PEDRO.**

VALENCIA MARZO 2012.



INDICE DE CONTENIDOS.

-CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA EN EDIFICACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE.

1.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PFG.	Pag.5
1.1.1. INTRODUCCION.	
1.1.2. OBJETIVOS DEL PFG.	
1.2. RESEÑA HISTORICA.	Pag.6
1.3. PARAMETROS FISICOS .DEFINICIONES.	Pag.11
1.4. PARÁMETROS DE CALIDAD ACÚSTICAS SUBJETIVOS Y OBJETIVOS.	Pag.16
1.5. METODOS UTILIZADOS PARA MEJORAR LA ACUSTICA.	Pag.19
1.5.1 Absorción por porosidad, materiales absorbentes.	
1.5.2 Absorción por cavidad, resonadores helmholtz.	
1.5.3 Absorción por membrana.	
1.6 NORMATIVA ACTUAL DE APLICACIÓN.EXIGENCIAS RESEÑADAS EN EL CTE-DB-HR.	Pag.23



-CAPITULO 2. ESTUDIO ACUSTICO DEL AULA MASTER DEL EDIFICIO C-1C DE LA E.T.S.I.E.

2.1. CARACTERISTICAS DEL RECINTO ANALIZADO.	Pag.31
2.2. CÁLCULOS Y GRAFICAS.	Pag.36
2.3. COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	Pag.53
2.4. ENSAYOS REALIZADOS.	Pag.55
2.4.1. INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA.	
2.4.2. PROTOCOLO DE MEDIDA.	

-CAPITULO 3. ESTUDIO Y CUMPLIMIENTO DEL C.T.E-DB-HR.

3.1 FICHAS DEL C.T.E-DB-HR.	Pag.66
-----------------------------	---------------

-BIBLIOGRAFIA.



CAPITULO 1.
INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA
EN EDIFICACIÓN Y NORMATIVA
APLICABLE.



1.1 Introducción y objetivos del PFG.

1.1.1 Introducción.

En muchos edificios, estructural y funcionalmente cumplen los requisitos para su uso, pero acústicamente no. En la actualidad, hay mucha problemática con los niveles acústicos dentro y fuera de los lugares de ocio, viviendas, salas de audición, salas de comunicación en nuestro caso etc. Por lo que este proyecto se centra en profundizar en esta dirección.

Uno de los parámetros importantes para determinar la calidad acústica de un recinto es el Tiempo de reverberación.

En este proyecto se han calculado Tiempos de reverberación del aula Máster para determinar dicha calidad acústica. Se ha tomado como parámetro de calidad, las exigencias del CTE en su Documento Básico de protección frente al ruido HR.

Para medir el tiempo de reverberación se ha contado con un equipo de medida formado por una fuente sonora y un sonómetro. Se han realizado las medidas del tiempo de reverberación en el recinto estudiado. Para determinar los puntos de medida y su posición, las mediciones se han tomado de acuerdo a la norma UNE.

1.1.2 Objetivo del PFG.

Mi Tema elegido como PFG tiene como título "La calidad acústica en el aula Master del edificio 1C de la ETSIE. Su aislamiento acústico."

El interés personal por este tema surge por varios aspectos. Principalmente, porque el tema de la acústica, cuando lo di en Fundamentos Físicos, ya me atrajo y vi que era un tema interesante y escribir sobre él es un modo excelente de llegar a conocerlo más profundamente.

Me parece también que puede ser una buena salida profesional, dado que cada vez más, hay una mayor demanda de peritos para la realización de Informes acústicos, a causa de la mala ejecución de las edificaciones, y este tema es una de las principales causas de las demandas que interponen los propietarios a las constructoras.

También lo considero un tema crucial en la calidad de las edificaciones y que no se le da la importancia que le corresponde, puesto que muchos edificios, estructural y funcionalmente cumplen con los requisitos para su uso, pero acústicamente no están bien realizados.

Para finalizar conocer la calidad de las aulas desde el punto de vista acústico, estudiarlas y analizarlas, ver si cumplen con las normativa y proponer a continuación propuestas y soluciones constructivas para su mejora (si necesaria), es el eje principal del desarrollo de este PFG.



1.2 Reseña histórica.

“Evolución del diseño de salas de audición y de la acústica aplicada al mismo”

Desde la antigüedad se conoce que el hombre se ha servido de señales acústicas para comunicarse con sus semejantes y se ha servido de ciencias empíricas para explotar las propiedades acústicas de ciertos lugares para mejorar la transmisión de sus mensajes sonoros.

Los egipcios usaron como auditorios los patios que pertenecían a sus templos, los cuales estaban destinados a oír ceremonias religiosas. Los auditorios como tales nacen a partir del *Anfiteatro Griego* y con ellos el uso de estos como espacio destinado a la audición.

Los actores estaban situados en la zona central, mientras que los espectadores eran colocados en pendientes y a la vez se orientaban las localidades hacia la zona destinada a dichos actores. Las pretensiones eran reunir a una gran audiencia lo más cercana posible al escenario y distribuir de forma óptima el sonido directo, consiguiendo así una mayor inteligibilidad de las palabras.

El Teatro Griego proporcionaba al recinto muy poco sonido reflejado, únicamente el reflejado por el pavimento que en aquella época estaba constituido por losas de piedra y el reflejado por las paredes pertenecientes al edificio posterior al área mencionada.

El Anfiteatro Romano contaba con una mayor pendiente en las gradas así como un edificio posterior de mayor magnitud que el griego, lo que proporcionaba un aumento del sonido reflejado incluso desde los laterales del mismo.

Dichas reflexiones llegaban a los espectadores con posterioridad al sonido directo, este efecto producía un refuerzo en la inteligibilidad de los mensajes y evitaba cualquier tipo de merma. Las reflexiones provenientes de los laterales proporcionaban una sensación espacial. Los elementos y su colocación no eran fruto de la improvisación, sino que respondían a reglas acústicas precisas.

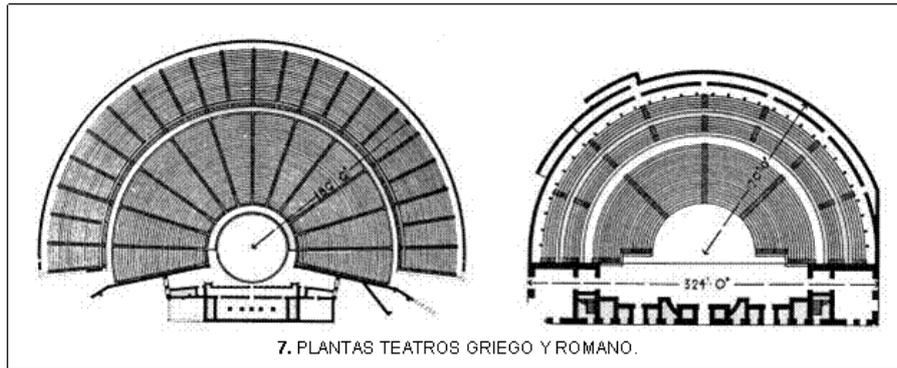


Figura 1. Plantas teatro griego y romano.

Tuvo que pasar un milenio para llegar al concepto del **Teatro del Renacimiento Italiano**. El paso del teatro al aire libre al teatro en un local cerrado se produce en el Teatro del Renacimiento.

La disposición de los espectadores, así como el escenario todavía se asemeja en demasía al perteneciente al Teatro Romano, lo que daba lugar a un sonido demasiado difuso. Aparece de esta manera el concepto de reverberación que se unía al sonido directo y a las primeras reflexiones.

Estos teatros eran muy reverberantes cuando el público no se encontraba en el recinto, mientras que al encontrarse lleno, el tiempo de reverberación se veía reducido de tal forma que no influía en la inteligibilidad de la palabra, debido en la mayoría de los casos a la abundancia de primeras reflexiones.

Estas primeras reflexiones producían energía temprana que resulta útil para la inteligibilidad del habla, frente a la energía reverberada, que puede ser perjudicial. Sin embargo el tiempo de reverberación para las frecuencias bajas dominaba debido a la abundancia de superficies de piedra y mármol.

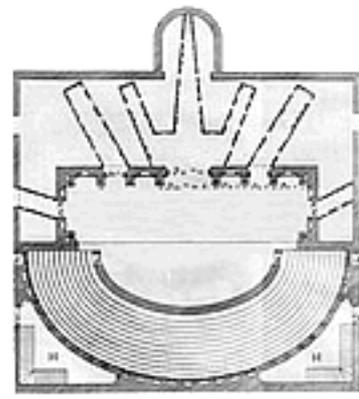


Figura 2. Teatro Olímpico de Vicenza.



La evolución del teatro se produce hasta llegar a nuevas formas en planta, en ellas la relación entre el largo y el ancho se iba aumentando, dando lugar a la desaparición de las formas semicircular o semi-elíptica. Aparece también la evolución del escenario, dando lugar a la aparición de dos zonas diferenciadas, un pre-escenario y un escenario propiamente dicho, se indicaba el comienzo del teatro con proscenio, donde el escenario se convierte en un espacio separado del auditorio pero a la vez acoplado al mismo por el arco del proscenio.

El pre-escenario se convierte en términos acústicos como la transición entre el escenario, de mayor altura que el resto de la sala, y el auditorio. La mayor parte de la obra se representaba en el escenario, donde los actores se veían beneficiados por las reflexiones de los laterales.

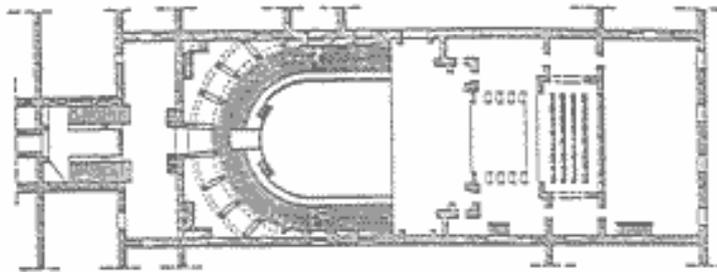


Figura 3. Teatro Farnese. Parma.

En los antiguos **Anfiteatros Griegos y Romanos** no se hacía distinción entre los espacios destinados a los actores y los destinados a los acompañantes musicales, de igual manera esta tradición se mantenía en los primeros **Teatros Medievales**.

Al nacer la ópera aparece un nuevo problema, situar a la gran cantidad de acompañantes musicales que acaban derivando en una orquesta completa, que se resuelve destinándoles con espacio diferenciado en la zona central frente al escenario. La orquesta se encontraba a diferente nivel que el resto de la sala, aparece así el pozo de orquesta que origina el problema de la coordinación entre la orquesta y los cantantes, derivando en el **Teatro Lírico**.

Es en estos Teatros Líricos donde aparecen los palcos y anfiteatros, llegando a cubrir las paredes laterales, proporcionando una mayor absorción y una menor reverberación y ecos.

Estos teatros fueron utilizados para conciertos sinfónicos, para lo cual se elevaba el suelo de la zona destinada a la orquesta, y se colocaban superficies reflectoras detrás de la orquesta.

Gran parte de los Teatros Líricos o salas de ópera presentaban gran cantidad de sus elementos construidos en madera (estructuras, empanelados...) esto daba lugar a la



absorción de las bajas frecuencias y por tanto a una curva del tiempo de reverberación en función de la frecuencia demasiado plana.

La Sala de Conciertos como tal, es un concepto mucho más joven en el tiempo que el concepto de teatro. Con el crecimiento de la orquesta sinfónica las Salas de Conciertos se ven desarrolladas a partir de las **Salas de Recitales**. Dichas Salas de Recitales eran en sus comienzos alargadas, con techo horizontal y de pequeñas dimensiones.

Con el crecimiento anteriormente mencionado de la orquesta sinfónica, crecen también las Salas de Recitales, manteniéndose las características mencionadas y ampliándose con anfiteatros a lo largo de sus paredes laterales y de fondo. Estas salas aparecían con gran cantidad de ornamentos y abundancia de madera en sus recubrimientos.

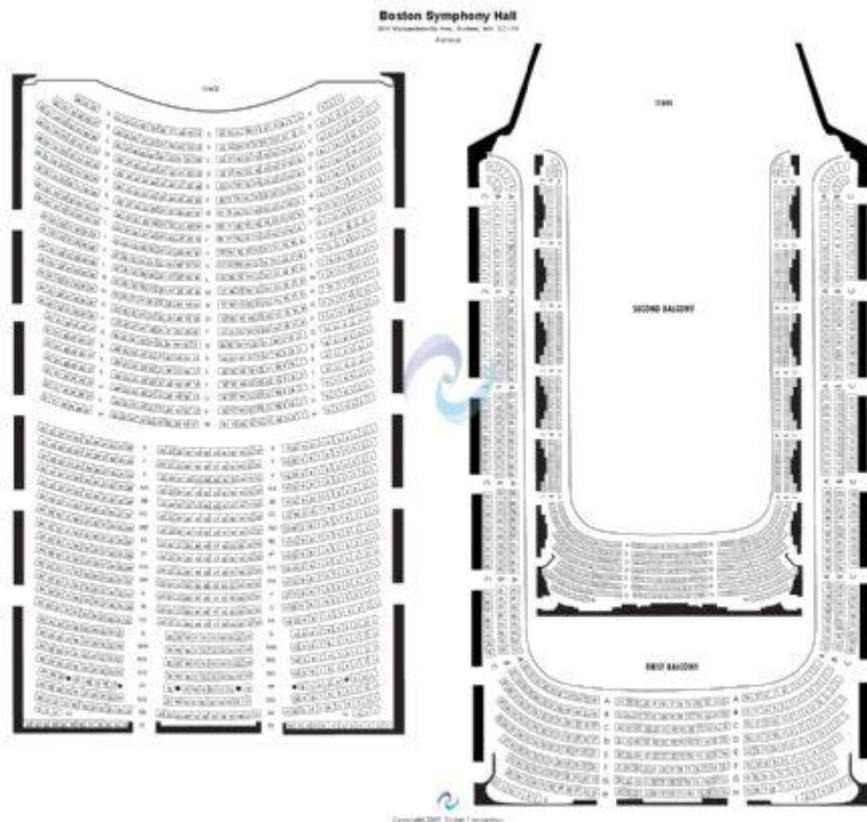


Figura 4. Boston Symphony Hall.

El concepto de **Salas de Conferencias** se empieza a utilizar a mediados de Siglo XIX aparece de esta manera un nuevo teatro, el “Lecture Theatre”. Su objetivo primordial era que tanto el rayo visual como auditivo, que hace del orador, llegue de forma directa a todo el público.



Las primeras salas eran circulares o semicirculares, la zona destinada al público tenía forma de rampa con una gran pendiente, lo cual generaba un gran volumen en dichos recintos. Más tarde, evolucionan hacia formas más rectangulares, proporcionando una mejor visión en caso de tener que observar alguna demostración.

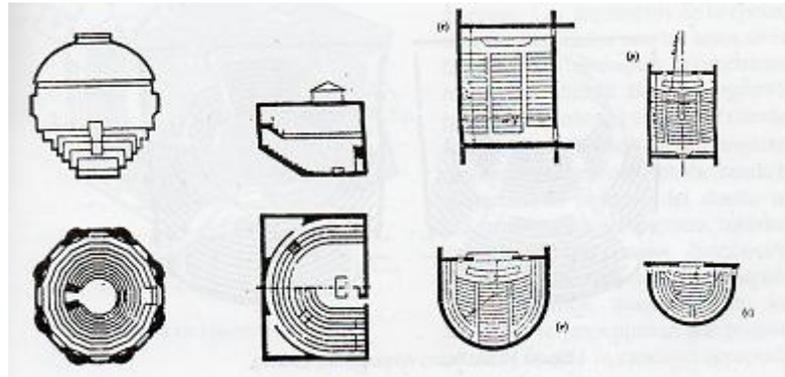


Figura 5. Lecture Theatres *Primeras salas de conferencias.*

El verdadero hito en la Acústica de Salas, llega con la teoría de SABINE, que da las explicaciones pertinentes y pertenecientes al comportamiento de la energía acústica en un recinto cerrado y el descenso exponencial del campo acústico en el mismo después de usar la fuente.

La tradición en torno a SABINE dura dos generaciones y se ve sintetizada únicamente en un término: la reverberación. En esta época el estudio se dedica básicamente al conocimiento de las propiedades absorbentes de los materiales, para poder calcular el tiempo de reverberación y la elección del valor numérico apropiado para el mismo, todo ello en función del volumen y uso de la sala.

Para Salas de Conciertos se proponen diversos valores pero sin llegar a un acuerdo sobre ellos, sin embargo para salas destinadas al habla se llega a un mayor consenso con valores definidos, estos se obtiene partiendo de la relación entre el tiempo de reverberación y el porcentaje perteneciente a la inteligibilidad que se obtenía de los ensayos de articulación para diversas salas.

Con todo este análisis se llega a la conclusión de que la teoría energética de SABINE se basa en el cálculo y medida del tiempo de reverberación sin tener en cuenta la forma de la sala.

Los arquitectos de la época empiezan a realizar nuevos diseños que abandonan las formas rectangulares y avivan el interés de la época. El interés del arquitecto no era precisamente conseguir una reverberación correcta, sino alcanzar una correcta distribución del sonido a lo largo y ancho de la zona destinada al público, mientras, los acústicos estaban preocupados por proporcionar a la sala la cantidad apropiada de reverberación.



Al experimentar con nuevos materiales y formas, se llega a la conclusión de que el tiempo de reverberación no es criterio universal, como mantenía SABINE, sino que el oyente evalúa la acústica de acuerdo con otros criterios. La reverberación no pierde totalmente su importancia, sino que pasa a ser un criterio totalmente su importancia, sino que pasa a ser un criterio más a la hora de la elección.

A mediados del siglo XX surgen nuevos criterios para evaluar la acústica de una sala, debido principalmente a:

- ❑ El crecimiento del tamaño de las salas
- ❑ El desarrollo de la arquitectura con la utilización de nuevos materiales y el diseño de nuevas formas
- ❑ El desarrollo de la tecnología de la información y comunicación, por medios físicos, fisiológicos y síquicos para la investigación en acústica de salas.

1.3 Parámetros físicos .Definiciones.

En este apartado vamos a explicar unas pequeñas definiciones para poder distinguir perfectamente el sonido del ruido, siendo las siguientes:

DEFINICIÓN DE SONIDO

Cuando se acciona el claxon de un vehículo o automóvil se produce en el aire un fenómeno físico llamado *sonido*, de forma que una persona cercana al vehículo puede atestiguar que ha oído el sonido del claxon. Por tanto, podemos decir que hay dos maneras o formas de definir el sonido, siendo las siguientes:

- ❑ Como fenómeno *físico*, siendo en este caso el aire.
- ❑ Como sensación *auditiva*, en el oyente.

De acuerdo con la primera definición, el sonido existe incluso cuando nadie puede percibirlo fisiológicamente. El fenómeno físico llamado sonido se propaga a través de cualquier medio elástico, como el agua y el acero.

DEFINICIÓN DE RUIDO

Un sonido agradable al oído, como el de un violín, se conoce normalmente como música. Sin embargo, si el mismo fenómeno físico ocurre cuando se desea tranquilidad, el sonido se denomina *ruido*. Así, pues, se define al ruido como un sonido no deseado.



Los sonidos musicales son, normalmente perturbaciones regulares del aire. Las perturbaciones irregulares y aleatorias son, generalmente, desagradables y constituyen el ruido. Por tanto, y en sentido general, ruido es toda perturbación más o menos aleatoria.

En todas partes hay siempre algo de ruido. Normalmente el ruido proviene de diversas fuentes, unas próximas, otras lejanas; puede venir reflejado por las paredes, e incluso una parte de él puede venir de todas las direcciones. El ruido total asociado con un determinado entorno se denomina *ruido ambiente*.

DEFINICIÓN DE VELOCIDAD DEL SONIDO

Las perturbaciones sonoras se transmiten a través de la atmósfera. La velocidad a que se desplaza la perturbación a través del medio se denomina *velocidad del sonido*. En la habitación, a 20°C, la velocidad es de 344 m/seg.

Esta es la velocidad de propagación de la onda, y no debe confundirse con la velocidad de una partícula, que es la velocidad con que se mueve una sola partícula de aire al pasar la onda. Como se indica en la figura 2.3, la velocidad de una partícula de una onda senoidal es proporcional a la frecuencia, pero la velocidad del sonido no depende de la frecuencia, sin embargo la velocidad del sonido aumenta con la temperatura, a razón de 60,7 cm/seg por grado centígrado.

DEFINICIÓN DE LONGITUD DE ONDA

La distancia recorrida por una onda sonora durante un periodo es el que se llama *longitud de onda* del sonido. Como la velocidad del sonido cambia de un medio a otro, la longitud de onda varía proporcionalmente. Se utiliza la letra griega λ para representar la longitud de onda, de forma que, si c es la velocidad del sonido, T el periodo y f la frecuencia.

$$\lambda = cT = c / f$$

La longitud de onda es un parámetro acústico importante. Por ejemplo, un sonido cuya longitud de onda sea mucho mayor que la longitud de un obstáculo es apenas afectado por dicho obstáculo. La figura 2.5 muestra cómo una onda sonora atraviesa una valla formada por listones verticales y es alterada muy ligeramente, de manera que rápidamente recupera la forma de su frente inicial de propagación, como si la valla no hubiera existido. Este rodeo de los obstáculos por el sonido se denomina difracción.



Si la longitud de onda del sonido es pequeña en comparación con el tamaño del obstáculo, el sonido se reflejara o se dispersara en muchas direcciones, y el obstáculo generara una zona llamada de "sombra".

DEFINICIÓN DE CAMPO ACÚSTICO LIBRE

En lugar donde el sonido pueda propagarse libremente y sin reflexión, las ondas sonoras se denominan *ondas progresivas libres* que se propagan en *campo libre*. Para ciertas pruebas se necesitan estas condiciones de campo libre y, con este fin, se han construido habitaciones especiales en las que las paredes, el suelo y el techo están contruidos con material absorbente. En estas habitaciones, llamadas cámaras anecoicas, no hay, prácticamente ningún sonido reflejado. Otro tipo de recintos en que una gran parte del sonido es absorbido, pero en los que no se dan las condiciones de "espacio libre", se llaman "cámaras muertas".

DEFINICIÓN DE REVERBERACION

En una habitación ordinaria, una gran parte del sonido es reflejada por las paredes. Así, el sonido, en un punto determinado de la habitación, está compuesto del sonido que se propaga directamente de la fuente sonora mas el que procede de la reflexión en las paredes.

En tales circunstancias, la presión sonora no disminuye en la proporción inversa a la distancia, según la ecuación anterior.

Las diferencias de absorción y la variedad de las superficies de reflexión tienden a aumentar la dispersión del sonido dentro de la habitación. Cuando ocurre que las ondas sonoras se propagan de igual manera en todas direcciones, y que la presión sonora es igual en todos los puntos dentro de la habitación, se dice que el campo acústico es perfectamente difuso. Como consecuencia de las reflexiones en las superficies límite de la habitación, el sonido permanece aun cuando la fuente sonora haya dejado de emitir; este sonido remanente se llama *reverberación*.

El efecto es más apreciable en una cámara reverberante, cuyas paredes tienen muy poca absorción y en cuyo interior el sonido persiste durante un tiempo considerable.

DEFINICIÓN DE INTENSIDAD

Las ondas sonoras se pueden caracterizar mediante diversas variables, como el desplazamiento de las partículas del medio, la velocidad de una partícula o la presión sonora.



Esta última característica es la que se suele medir con mayor frecuencia, ya que la mayor parte de los micrófonos utilizados en medida de ruidos son sensibles a la presión sonora. Sin embargo, a veces es necesario conocer la energía o potencia asociadas con una onda sonora. No son fáciles de conseguir los equipos de medida directa de potencia sonora, pero esta se puede calcular a partir de medidas de presión hechas en condiciones especiales.

La propagación de una onda sonora va acompañada de un flujo de energía sonora. La intensidad es la potencia transmitida por unidad de área en la dirección del movimiento, y viene dada por la fórmula:

$$I = up \cos \Phi$$

Es la ecuación nos revela que u es la velocidad eficaz de partícula de la onda, y p es la presión sonora eficaz, y Φ la diferencia de fase entre las dos. Si la onda sonora se transmite en un campo libre:

$$u = p / \rho c$$

donde ρ es la densidad del medio de propagación, y c , es la velocidad del sonido en ese medio. En un campo libre, la presión sonora y la velocidad de partícula están en fase, de modo que $\cos \Phi = 1$ y la intensidad en la dirección de propagación es:

$$I = p^2 / \rho c$$

En una dirección perpendicular a la de propagación, la intensidad es nula. La intensidad es, por tanto, una magnitud vectorial, es decir, caracterizada por módulo y dirección. Las ecuaciones mencionadas anteriormente, son aplicables solamente para ondas esféricas.

La cantidad ρc se llama *impedancia característica* del medio de propagación. Para el aire en condiciones normales (una atmósfera de presión y una temperatura de 20 ° C, $\rho c = 40,8$ unidades c.g.s. La impedancia característica varía con la temperatura y la presión.



Para aplicar la ecuación de la intensidad en la dirección de propagación, se debe emplear un sistema coherente de unidades. Por ejemplo, supongamos que se desea saber la intensidad de una onda esférica en el aire, en un punto donde la presión sonora es de 50 microbares (dinas por centímetro cuadrado), entonces la ecuación es:

$$I = p^2 / \rho c = 50^2 / 10 \times 40,8 = 6,1 \text{ w/cm}^2$$

En la grafica que vamos a realizar nos muestra la dependencia del valor $10 \log(\rho c / 40,8)$ de la temperatura para varias presiones barométricas.

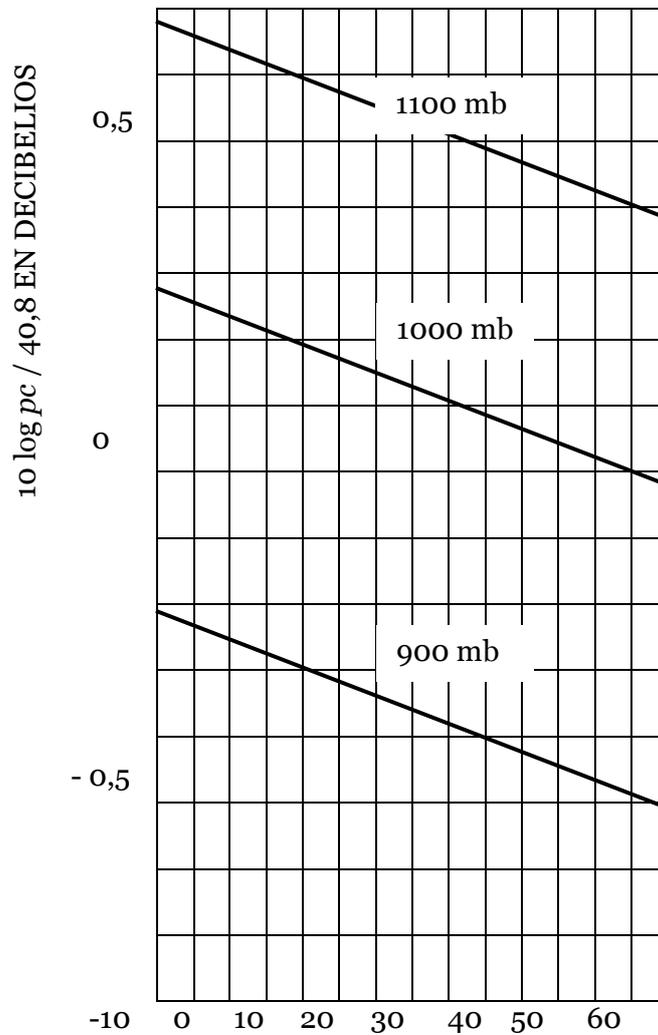


Tabla 1. Temperatura en grados centígrados.



1.4. Parámetros de calidad acústicas subjetivos y objetivos.

Las características acústicas de un recinto están definidas principalmente por:

- El nivel acústico
- El tiempo de reverberación
- La distribución del sonido
- La inteligibilidad de la palabra. RASTI (Rapid Speech Transmission Index) es la medida de la inteligibilidad de la palabra. Indica como de bien un orador puede ser entendido desde una butaca de un teatro.

Otros importantes parámetros son la forma del recinto, los materiales elegidos, la disposición de las superficies reflectantes y absorbentes, la fuente sonora y su directividad... Reflexión, Difusión, Difracción y absorción serán los responsables de la calidad final de la distribución del sonido en el recinto. Pero hay que considerar que todos los parámetros están relacionados entre sí.

1.4.1 Parámetros de calidad acústica subjetivos y objetivos.

Los parámetros **subjetivos** que el oyente desea que tenga una sala, aparte de la ausencia de problemas acústicos como ecos, excesivo ruido de fondo, resonancias, focalizaciones....., son numerosos, pero los principales son:

- **INTIMIDAD**, el oyente percibe la música como si se encontrara en una sala pequeña, teniendo la impresión de que la música lo rodea y de esta manera se ve inmerso en ella. Dichas sensaciones se ven relacionadas con la llegada del sonido directo y el tiempo que lo separa del primer sonido reflejado que llega al espectador-oyente. Todo ello está relacionado totalmente con las reflexiones laterales, que generan en cada oído una señal distinta, de esta manera se origina una impresión espacial subjetiva.
- **VIVACIDAD**, refuerza totalmente los sonidos modificando su duración, que viene dada por la reverberación en las frecuencias medias y altas. Todo ello proporciona a la música la plenitud de tono. Se vincula la vivacidad con el tiempo de reverberación de la sala de frecuencias medias y agudas. (>500 Hz).
- **CALOR**, es respecto a las frecuencias bajas, lo que la vivacidad a las frecuencias medias y agudas, con su participación la sala debe reforzar los sonidos graves así se hará la música más cálida. Si la sala reproduce de manera deficiente los sonidos graves, la música parezca frágil, carente de



- vitalidad y fuerza. Está relacionado íntimamente con el tiempo de reverberación para bajas frecuencias (<250 Hz).
- **CLARIDAD**, las salas suenan claras, cuando se perciben distintamente sonidos sucesivos y sonidos simultáneos, permiten de esta manera la audición de los tonos separados en el tiempo y también la audición separada de los sonidos que emiten los diversos instrumentos. Está íntimamente relacionada con la relación entre energía directa y reverberación.
- **DIFUSIÓN**, es la forma de explicar porque el sonido parece provenir de cualquier dirección con igual intensidad. Depende de la reverberación y las superficies y su poder difusor.
- **EQUILIBRIO**, corresponde al hecho de percibir con sonoridad equilibrada los diferentes instrumentos que pertenecen a una misma orquesta. Dicho elemento va a depender en gran medida de las superficies que se encuentran próximos a la orquesta.

Después de analizar los atributos SUBJETIVOS y para evaluar la calidad de una sala, se han desarrollado CRITERIOS OBJETIVOS, que son:

- La **INTIMIDAD** está íntimamente ligada con el tiempo de retraso de la primera reflexión respecto al sonido directo. Este tiempo que hemos definido debe ser menor de 20 ms para salas de concierto y de 25 ms en salas de ópera.(Beranek).
- La **IMPRESIÓN ESPACIAL** la mide el **factor de energía lateral (L)** (Barron), que se ve definido como el cociente entre la proyección, sobre el eje de los oídos, de la energía de las reflexiones que llegan entre 5 y 80 ms y la energía total del conjunto de reflexiones entre 0 y 80 ms.

$$L = \frac{\sum_{5}^{80} E_i \cdot \cos \theta}{\sum_{0}^{80} E_i}$$

Figura 6.formula impresión espacial.

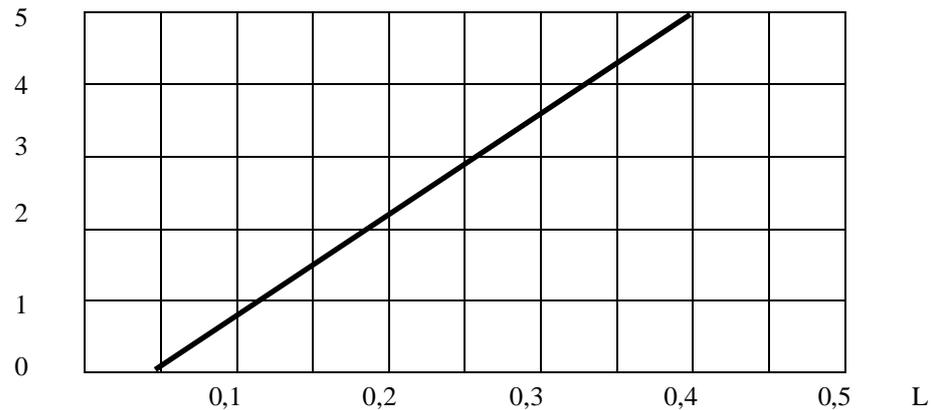


Tabla2.
RELACIÓN ENTRE EL GRADO DE IMPRESIÓN ESPACIAL Y EL FACTOR DE ENERGÍA LATERAL (BARRON)

Las recomendaciones son de valores altos para L, al objeto de obtener una adecuada impresión espacial (próximo a 1). El Factor de Energía Lateral, L, debe aumentar en las bajas frecuencias.

Se recomienda un aumento de un 20% a un 50% del tiempo de reverberación para las frecuencias bajas para dar a la música el adecuado calor.

Un predominio de EDT sobre el tiempo de reverberación, equivale a un predominio del campo directo y las primeras reflexiones, sobre el campo reverberado.

Para evaluar la CLARIDAD o transparencia de una sala, se usa el criterio denominado **Claridad (C)** (Abdel Alim), todo ello se define como el cociente entre la energía que llega entre 0 y 80 ms. Después de la onda directa y la energía que llega después de los 80 ms.

$$C = 10 \lg \frac{E_{0-80}}{E_{>80}} \cdot \text{dB}$$

Los valores más óptimos de la claridad dependen del tipo de música, de esta manera un aumento de la claridad conlleva un descenso de reverberación y viceversa. Se recomendará siempre que sea superior a 0 dB y :

- ❑ C = 3 – 8 dB para los asientos delanteros.
- ❑ C = 0 – 5 dB para los asientos traseros



1.5 Métodos utilizados para mejorar la acústica.

El objetivo del acondicionamiento acústico de un recinto es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo. Con ello se pretende mejorar las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del recinto.

Desde ese punto de vista interesa que el intervalo de tiempo que transcurre entre la llegada del sonido directo y la llegada de las reflexiones no exceda de los 50ms (sensibilidad del oído humano), porque en caso contrario aparecería el eco.

Un buen acondicionamiento acústico exige que la energía reflejada sea mínima, con lo cual, la calidad de un tratamiento acústico de un recinto vendrá determinada por la capacidad de absorción de los materiales que recubren sus superficies. Entendemos por *absorción*, el fenómeno físico que depende de múltiples factores (temperatura, presión atmosférica, humedad, condiciones del entorno).

La absorción de energía por parte de una superficie de un objeto cualquiera se expresa a través del *coeficiente de absorción*, definido como el cociente de entre energía acústica absorbida y la energía acústica incidente.

$$\alpha = \frac{\text{E absorvida}}{\text{E incidente}}$$

Sus valores se determinan experimentalmente y se dan para frecuencias centrales (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz). La absorción equivalente [m² Sabine] de una superficie depende del coeficiente de absorción del material y del área expuesta al sonido.

$$A = \alpha \cdot S$$

La absorción total de un recinto es la suma de las absorciones de sus superficies y de los objetos contenidos en él.

$$A_{tot} = \sum \alpha \cdot S$$

1.5.1. Absorción por porosidad, materiales absorbentes.

La onda sonora es amortiguada al pasar a través de los materiales absorbentes. El aire en el material proporciona una resistencia viscosa a las ondas sonoras que pierden energía en forma de calor por fricción.

Algunos ejemplos son materiales textiles, terciopelo, moquetas, espumas, lana mineral, algodón, lana, enlucido acústico, paneles acústicos.

Este tipo de absorbentes es más efectivo en frecuencias altas a partir de 1000Hz.



Se puede mejorar su absorción en bajas frecuencias aumentando el espesor, pero solo hasta cierto valor.

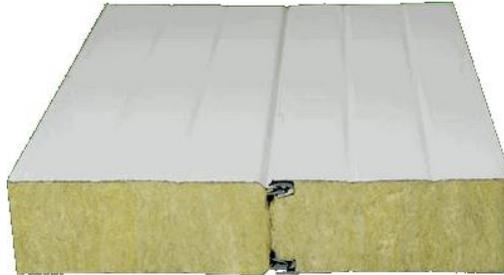


Figura 7. Lana de roca.



Figura 8. Fibra de vidrio.



Figura 9. Placas de yeso.



1.5.2. Absorción por cavidad, resonadores Helmholtz.

Los absorbentes por cavidad constan de un espacio con una apertura pequeña. El aire en la apertura oscila sobre el cojín elástico del aire contenido en el interior quitando así energía a la onda acústica.

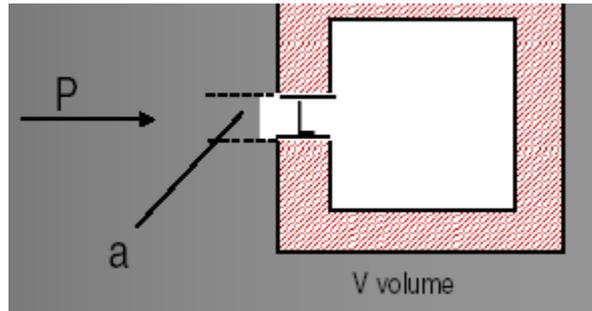


Figura 10. Absorción por cavidad.

En el caso de los paneles perforados, el aire contenido en los numerosos agujeros del panel oscila delante del volumen de aire encerrado entre el panel y pared o techo creando una batería de resonadores.

Estos sistemas se sintonizan de una manera que podemos tener distintas frecuencias de resonancia muy cercanas ampliando de esta manera la banda de absorción. Efectivo en frecuencias bajas de 125Hz, el absorbente trabaja más o menos como absorbente poroso o una membrana dependiendo de su grado de perforación.

La aplicación más común de los resonadores Helmholtz son los falsos techos o paredes hechos de paneles perforados metálicos, de madera o de yeso.

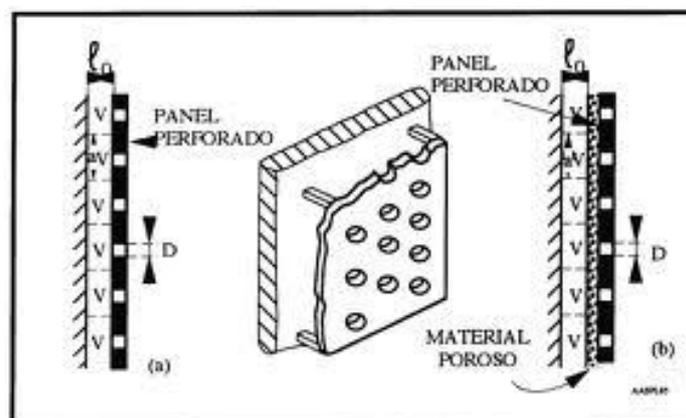


Figura 11. Esquema de un resonador Helmholtz.

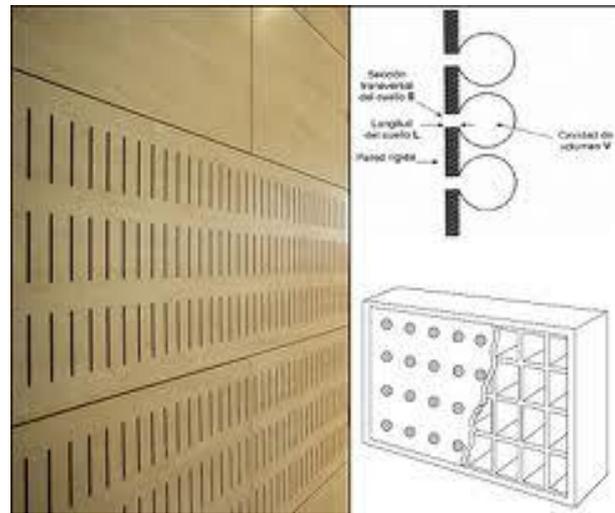
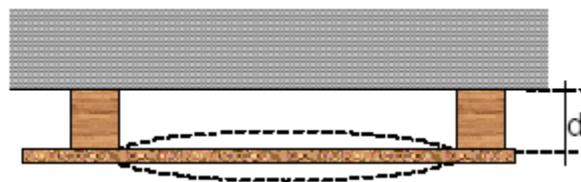


Figura 12. Resonador Helmholtz Múltiple

1.5.3. Absorción por membrana.

Una membrana se compone de paneles continuos de material con una cámara detrás, rellena de aire o de material absorbente.

El mecanismo de absorción es la transformación de la energía sonora en vibraciones mecánicas: la membrana se pone en movimiento o vibración debido a la onda acústica incidente produciéndose una transformación de energía acústica a energía mecánica. La cantidad de energía absorbida depende del movimiento del panel.



Distancia entre el panel y la pared rígida.

La frecuencia de resonancia (máx. absorción) depende de la masa del panel y de la distancia entre el panel y la pared rígida.

$$F = \frac{60}{\sqrt{m * d}}$$

m: masa en Kg.

d: distancia entre el panel y la pared rígida.



Este método es más efectivo en fajas frecuencias, entre 40 y 400 Hz., actuando como difusores, con su vibración, en aquellas frecuencias dónde no absorben.

Otro concepto diferente es el aislamiento acústico, que es la característica física intrínseca de un material, elemento o partición en cuanto a su capacidad de reducir la transmisión de las ondas sonoras, al interponerse en su propagación entre dos medios o recintos, su objetivo es proteger frente a sonidos no deseados.

Por lo tanto para tener un buen acondicionamiento acústico, hay que encontrar un equilibrio entre materiales absorbentes y materiales aislantes.

1.6. Normativa actual de aplicación. exigencias reseñadas en el CTE-DB-HR.

Este apartado se centrará en extraer del CTE- DB-HR, las exigencias aplicables a las aulas, que es la temática estudiada en el proyecto.

Basándonos en los datos obtenidos, realizaremos los posteriores estudios, para comprobar el estado de la calidad acústica. Las principales medidas del DB-HR son:

- Mejora de los niveles de aislamiento.
- Incremento de las exigencias hasta en más de tres veces.
- Aumento de los niveles de aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impacto exigidos entre recintos pasando de 45 decibelios en laboratorio a 50 decibelios efectivos, es decir, en comportamiento real.
- Verificación del cumplimiento de las exigencias de aislamiento mediante parámetros verificables en una medición in situ.
- Exigencias para todos los elementos constructivos que conforman un recinto.
- Se regula el eco y las malas condiciones acústicas, cuantificando el tiempo de reverberación en recintos como aulas, comedores, restaurantes y salas de conferencias.
- Nuevas reglas constructivas para disminuir el ruido de las instalaciones de fontanería y saneamiento y métodos y prácticas para minimizar la transmisión de ruido y vibraciones provocadas por las instalaciones.

1.6.1 Tipos de recintos.

En el Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) en su documento básico de protección frente al ruido (en adelante DB-HR) se define en su Anejo A (Terminología) varios tipos de recinto:



-Recinto Habitable: Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas.

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) Aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) Quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) Oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) Cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores,
- f) Cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

-Recintos Protegidos: Recinto habitable con mejores características acústicas. Se consideran recintos protegidos los recintos habitables:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) Aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) Quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) Oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;

-Recinto de Actividad: Comercial, administrativa, lúdica industrial, garajes y aparcamientos.

-Recinto de Instalaciones: Recinto que contiene equipos de instalaciones colectivas del edificio, entendiéndose como tales, todo equipamiento o instalación susceptible de alterar las condiciones ambientales de dicho recinto. A efecto del DB-HR, el recinto del ascensor no se considera un recinto de instalaciones a menos que la maquinaria esté dentro del mismo.

-Recinto ruidoso: Recinto, de uso generalmente industrial, cuyas actividades producen un nivel medio de presión sonora estandarizada, ponderada A, en el interior del recinto, mayor que 80dBA ($L_pA > 80dBA$).

Con lo cual a la hora de referirnos al recinto referente a este proyecto, nos referiremos al recinto protegido.



1.6.2. El ruido.

-TIPOS DE RUIDO.

La exposición prolongada a fuentes de ruido puede provocar fatiga, daños auditivos irreversibles, alteraciones del sueño, estrés o disminución del rendimiento en el trabajo.

Todos los ruidos que percibimos se pueden clasificar según su origen y forma de propagación en tres grandes grupos:

- **Ruido aéreo:** Es todo ruido que tiene origen en el aire y se propaga a través del mismo. Ejemplos de este ruido son el tráfico, las obras, conversaciones, la radio, la televisión...
- **Ruido de impacto:** Este ruido es causado por un golpe en un medio sólido, habitualmente el suelo, que se propaga a través de la estructura. Ejemplos de este ruido son la caída de objetos, las pisadas, el arrastre de muebles...
- **Ruido de vibraciones:** Es un ruido producido por el movimiento de algún objeto unido directamente a un medio sólido y que se propaga a través de la estructura. Ejemplos de este ruido son los procedentes de motores y máquinas como grupos de presión, ascensores.

Otras clasificaciones de tipos de ruido pueden establecerse según su duración o contenido en frecuencias.

A la hora de plantear una solución de aislamiento acústico es muy importante conocer el origen del ruido, ya que los materiales y soluciones serán diferentes en función del ruido a tratar.

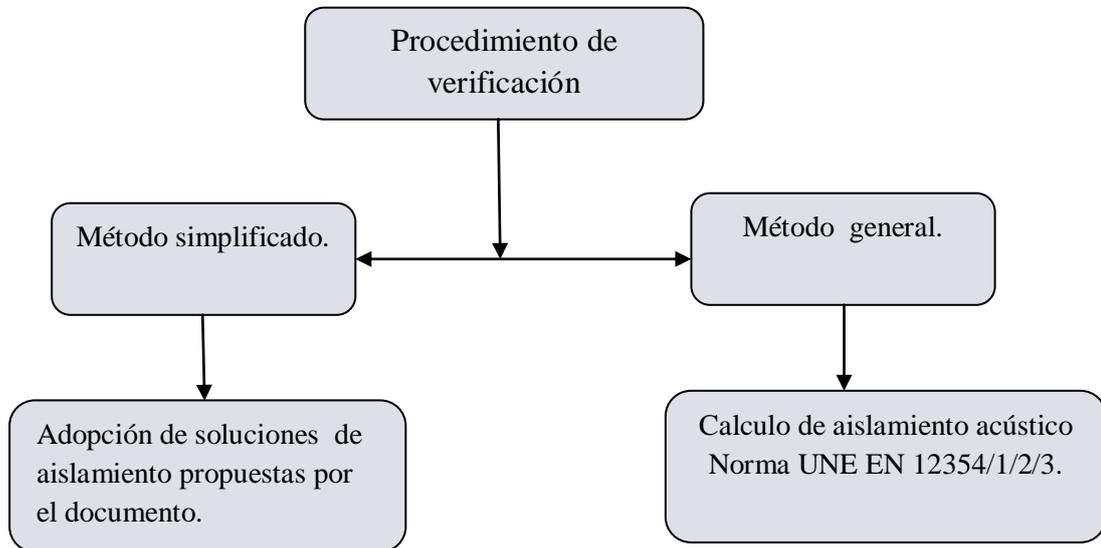
1.6.3. Procedimiento de verificación.

Para la correcta aplicación de este documento debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:

- a) cumplimiento de las condiciones de diseño y de dimensionado del aislamiento acústico a ruido aéreo y del aislamiento acústico a ruido de impactos de los recintos de los edificios; esta verificación puede llevarse a cabo por cualquiera de los procedimientos siguientes:

- mediante la opción simplificada, comprobando que se adopta alguna de las soluciones de aislamiento propuestas en el CTE-DB-HR.

-mediante la opción general, aplicando los métodos de cálculo especificados para cada tipo de ruido.



Método Simplificado.

El Método Simplificado es válido para edificios de uso residencial, para edificios con estructura horizontal resistente formada por forjados de hormigón macizo o aligerado y forjados mixtos de hormigón y chapa de acero. Puede dar como resultado aislamientos mayores que valores límite exigido.

Opción general. Método de cálculo de aislamiento acústico.

La opción general contiene un procedimiento de cálculo basado en el modelo simplificado para la transmisión acústica estructural de la UNE EN 12354 partes 1,2 y 3.

También podrá utilizarse el modelo detallado que se especifica en esa norma. La transmisión acústica desde el exterior a un recinto de un edificio o entre dos recintos de un edificio se produce siguiendo los caminos directos y los indirectos o por vía de flancos.



Figura 13. Transmisión directa e indirecta.

En el cálculo de ruido aéreo se usa el aislamiento acústico aparente R' (o índice de reducción acústica aparente), que se considera en su forma global R'_A ; en el cálculo de ruido de impactos se usa el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado $L'_{n,w}$.

Para satisfacer las exigencias del CTE en lo referente a la protección frente al ruido deben:

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 Aéreo en *Recintos Habitables*.

Protección frente al ruido generado en la misma unidad de uso:

$$R_A \geq 33 \text{ dBA}$$

Protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso:

$$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dBA}$$

Protección frente al ruido procedente de zonas comunes:

$$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dBA.}$$

$$\text{Puertas o Ventanas } R_A \geq 20 \text{ dBA}$$

$$\text{Cerramiento ciego } R_A \geq 50 \text{ dBA.}$$

Protección frente al ruido procedente de recintos de instalaciones y de recintos de actividad:

$$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dBA.}$$

Protección con recintos protegidos de otro edificio:

$D_{2m,nT,At}$ de cada uno $\geq 40 \text{ dBA}$, $D_{nT,A} \geq 50 \text{ dBA}$ de ambos.



-Aislamiento a Ruido de impacto en recintos habitables.

Nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado.

$$L'_{nTi,w} = L_i - 10 \log \frac{T_i}{T_0}$$

L_i = nivel de presión acústica medio en recinto receptor.

T_i = tiempo de reverberación recinto receptor.

Protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso:

$$L'_{nT,w} \leq 65 \text{ dBA.}$$

Protección frente al ruido procedente de zonas comunes:

$$L'_{nT,w} \leq 65 \text{ dBA.}$$

Protección frente al ruido procedente de recintos de instalaciones y de recintos de actividad:

$$L'_{nT,w} \leq 60 \text{ dBA.}$$

1.6.4 Exigencias del 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 de tal manera que se cumplan son siguientes valores máximos.

-Salas de más de 350m³ OBJETO DE ESTUDIO ESPECÍFICO.

-Salas de menos de 350m³

Tr en aulas y salas vacías < 0,7 s.

Tr en aulas y en salas vacías con mobiliario < 0,5 s.

Tr en restaurantes y comedores vacíos < 0,9 s.

Tabla 3. Tiempos de reverberación mínimos según CTE-DB-HR



A parte del Código Técnico, también utilizo las normas UNE como referencia para el estudio de mi proyecto.

UNE-EN ISO-4: 1998: Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales

Esta normativa tiene por objeto medir las propiedades de aislamiento acústico al ruido aéreo de las paredes interiores, de los techos y de las puertas entre dos recintos en condiciones de campo sonoro difuso, en función de la frecuencia, que se transformará en un valor único para caracterizar las propiedades acústicas del local.

UNE-EN ISO-5: 1998: Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.

Con esta normativa se pretende medir las propiedades de aislamiento acústico al ruido aéreo de las fachadas o elementos de las mismas entre interior y exterior en condiciones de campo sonoro difuso, en función de la frecuencia, para caracterizar las propiedades acústicas del local.

UNE-EN ISO 140-7: 1998: Medición in situ del aislamiento de suelos al ruido de impacto.

Aplicado tanto a suelos desnudos como a suelos con recubrimientos, sus resultados sirven para comparar las propiedades de aislamiento al ruido de impactos de suelos.

UNE-EN ISO 717-1 Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1. Aislamiento a ruido aéreo.

Define las magnitudes globales para el aislamiento a ruido aéreo en edificios y elementos de construcción, y proporciona métodos para su determinación a partir de las mediciones en tercios de octava realizadas según las Normas Internacionales ISO 140.

UNE-EN ISO 717-2 Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2. Aislamiento a ruido aéreo.

Define magnitudes globales para el aislamiento a ruido de impactos en edificios y de forjados-suelos, y aporta reglas para la determinación de estas magnitudes a partir de los resultados de medición realizados en bandas de tercios de octava de acuerdo a las Normas Internacionales ISO 140.



CAPITULO 2.

ESTUDIO ACUSTICO DEL AULA MASTER.



2.1. CARACTERÍSTICAS DEL RECINTO ANALIZADO.

El aula Máster está ubicada en la Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, (edificio 1C de la Universidad Politécnica de Valencia).



Figura.14 Plano campus de vera.

El aula tiene forma rectangular y presenta las siguientes dimensiones:

Longitud 14.19 m.

Anchura 11.44 m.

Altura 3 m.

Su volumen total es de $451.48 m^3$, y con una superficie de $439.3m^2$.

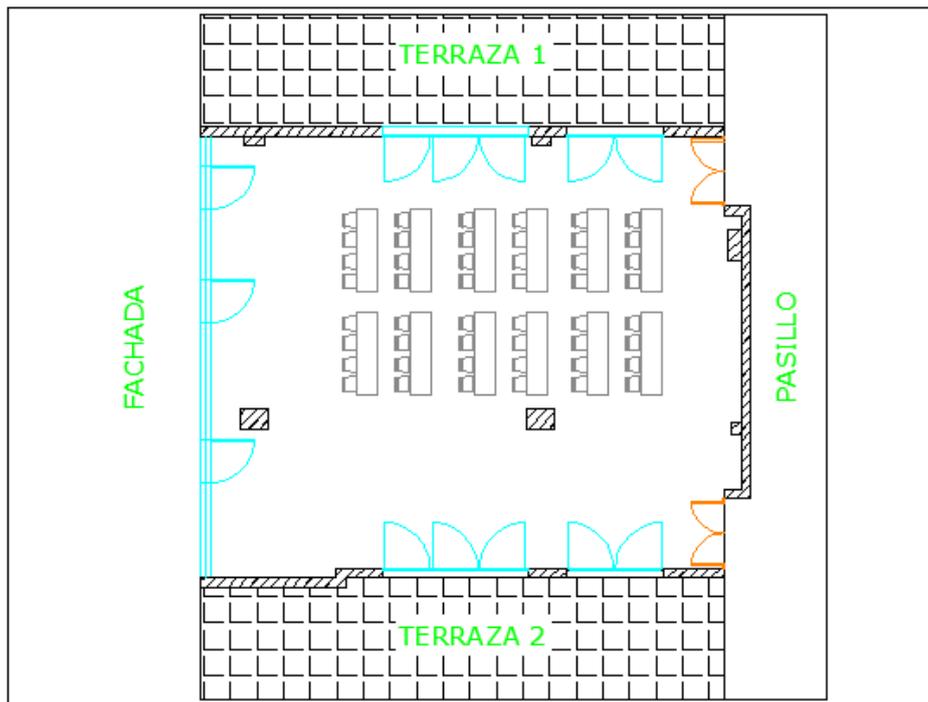


Figura.15 Plano del aula.



Fotos del Aula Máster



Figura.16 Foto aula máster.



Figura.17 Foto aula máster.



Figura.18 Foto aula máster.



Figura.19 Foto aula máster.



-Materiales de los distintos elementos del aula.

El suelo del aula es de baldosa cerámica de color gris, y su techo absorbente esta realizado con paneles perforados.



Figura.20 Techo paneles perforados del aula.



Figura.21 Suelo baldosa cerámica del aula.



Los cerramientos interiores están realizados con paneles de pladur, y uno de los cerramientos esta realizado mediante paneles fenolicos.

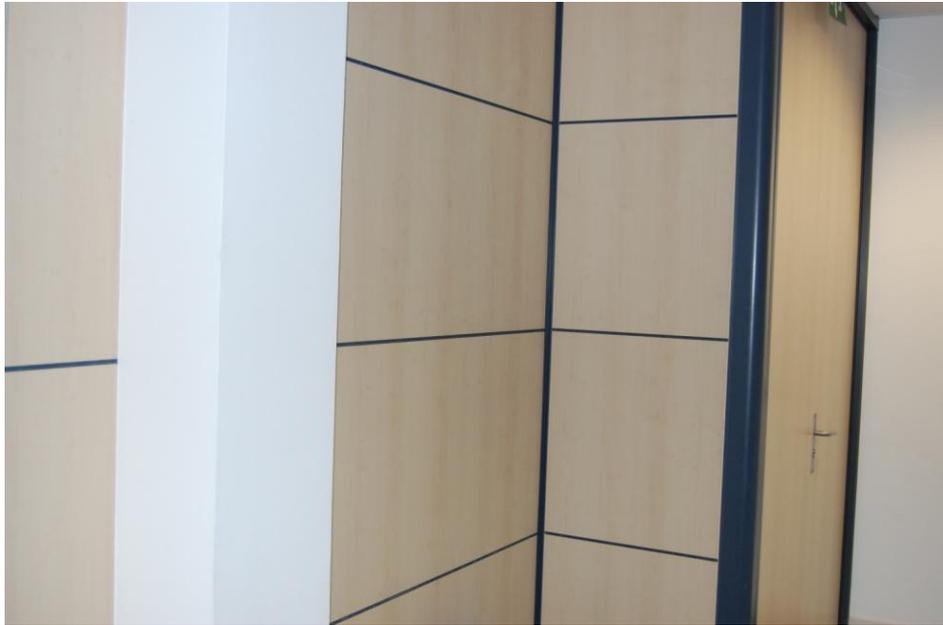


Figura.22 Paneles fenolicos.



Figura.23 Cerramientos del aula.



Elemento	Descripción	Coeficientes de absorción α					
		125	250	500	1000	2000	4000
Suelo	Baldosas	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Pared de pladur	Panel pladur	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Ventanales	Aluminio vidrio	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
Pared tablero	Tableros fenolíticos	0.15	0.50	0.97	0.65	0.40	0.35
Techo absorbente	Panel absorbente	0.20	0.38	0.52	0.50	0.60	0.50

Tabla 4. Elementos y su coeficiente de absorción.

2.2. CALCULOS Y GRAFICAS.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.

La reverberación es un fenómeno que juega un papel importante en todos los aspectos de la acústica y que se mantiene como criterio de valoración de las cualidades acústicas de todo tipo de recintos. Por esto, se ha tomado este dato como punto de partida a la hora de analizar la calidad acústica del recinto estudiado.

El nivel de reverberación depende del volumen del recinto y de los materiales utilizados en las superficies estudiadas, disminuyendo el tiempo de reverberación cuanto más absorbentes sean dichas superficies.

Dependiendo del uso del recinto, el tiempo de reverberación tiene que ser distinto, al depender directamente del volumen, el T_r es más grande en grandes espacios.

Procedimiento del cálculo de T_r .

Para calcular el T_r , podemos elegir entre dos formulas, la fórmula de Sabine y la fórmula de Eyring.

Para poder elegir entre las dos fórmulas se calculará el coeficiente de absorción media α , que es la relación entre la superficie total S y la superficie de absorción equivalente A .



$$\alpha = \frac{A}{S}$$

- Si $\alpha > 0.2$ el método utilizado será el de Eyring. Su fórmula es :

$$Tr = \frac{0.162 V}{-s \ln\left(1 - \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i}\right)}$$

- Si $\alpha < 0.2$ el método utilizado será el de Sabine y la fórmula es:

$$Tr = \frac{0.162 V}{\sum \alpha_i S_i}$$

En nuestro caso después de estudiar y calcular el aula, utilizaríamos la fórmula de Sabine.

CALCULO AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE LOCALES.

CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO.

Este nivel debe ser al menos 6 dB menor que el nivel combinado de señal y ruido de fondo. Si son menores de 10 dB, hay que corregirlas según:

$$L = 10 \log (10^{Lc2/10} - 10^{LB2/10}) \text{ dB}$$

Donde L es el nivel de la señal corregido, $L2$ el nivel combinado de señal y ruido de fondo y $B2$ el nivel de ruido de fondo. Si la diferencia de niveles es menor o igual de 6 dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, hay que corregir 1'3 dB, indicando que los Dn , DnT o R' son un límite de la medición.

El procedimiento de medida debe ser reproducible siguiendo el método establecido en la norma ISO 140-2. En el caso que afecta a este estudio no se ha hecho un procedimiento de calibrado, dado que se trata de un ejemplo académico que persigue fundamentalmente la utilidad de la medición para obtener parámetros acústicos de distintos elementos constructivos más que el conocimiento exhaustivo de la tecnología asociada a los aparatos de medida.

De ahí se halla la diferencia de niveles D entre $L1$ y $L2$ corregido, para posteriormente calcular la diferencia de niveles estandarizada Dn, T con el tiempo de reverberación



Se traslada la curva de referencia de la ISO 717-1 hasta ajustarla al valor de $D_{n,T}$ a 500 Hz, y se representa para cada una de las particiones, de forma que $D_{n,T}$ quede equilibrado por encima y por debajo de la referencia.

Con una aplicación diseñada para el cálculo del aislamiento pueden calcularse los valores de los términos de adaptación espectral $D_{nT,w}(C;C_{tr})$, siendo el primero el valor de la diferencia de

niveles estandarizada, C el valor corregido por ruido rosa ponderado, y C_{tr} la corrección para ruido de tráfico ponderado. En cada una de las gráficas correspondientes al estudio de cada partición puede observarse el resultado obtenido.

El área de absorción acústica equivalente se evalúa a partir del tiempo de reverberación medio mediante la fórmula de Sabine:

$$A = \frac{0.162 * V}{T}$$

Donde V es el volumen del recinto receptor y T el tiempo de reverberación del recinto receptor para cada frecuencia.

Con él, dividiendo entre la superficie total de los cerramientos (paredes, suelo y techos) se calcula el coeficiente de absorción $\bar{\alpha}$.

Se expresan los valores de diferencia de nivel estandarizada D_{nT} , para todas las frecuencias de medida, con una cifra decimal, en tabla y en gráficas en función de la frecuencia, que pueden observarse en las denominadas como particiones A (emisor=pasillo, receptor=aula), B (emisor=terracea 1, receptor=aula) y C (emisor=terracea 2, receptor=aula).

Para evaluar un índice global a partir de $D_{nT}(f)$ y $R'(f)$, se emplea la norma ISO 717-1, indicando que la evaluación ha sido mediante una medición in situ.

En condiciones de baja frecuencia:

En bandas de baja frecuencia no pueden esperarse condiciones de campo difuso para recintos de volúmenes pequeños, ya que el requisito por el cual las dimensiones del local deberían de ser de al menos una longitud de onda no pueden cumplirse a dichas frecuencias, y acaban formándose ondas estacionarias debido al pequeño número de modos del recinto en esas bandas de frecuencia.

La excitación de los modos del recinto depende, en gran medida, de las posiciones de la fuente, y puede provocar una gran dispersión de los resultados medidos, de manera que habría que aumentar el número de medidas y el número de posiciones en las que se toman.



CALCULO AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO EN FACHADA.

Se dan los valores de la diferencia de niveles estandarizada DnT o del índice de reducción sonora aparente R' a todas las frecuencias de medición, en forma de tabla y/o de curva, representando los niveles frente a las frecuencias, siguiendo la secuencia de cálculo descrita para el apartado anterior, es decir:

- restarle el ruido de fondo, $L2_{corregido}=L2-B2$ (suma energética).
- calcular la diferencia de nivel corregida, $D=L1-L2_{corregido}$.
- hallar la diferencia de nivel estandarizada, $DnT=D+10\cdot\log(T/0'5)$.
- comparar con la referencia de la norma ISO 717 (Tabla) ajustada al valor del DnT a 500 Hz.
- con la formula de Sabine se halla el valor del área de absorción equivalente $A2$.
- con la absorción se averigua el coeficiente de absorción $\bar{\alpha}$ a partir del volumen contenedor del recinto y de la superficie total de sus paramentos delimitadores.
- con la aplicación se calcula el término de adaptación espectral $DnT,w(C;Ctr)$, con las correcciones de ruido blanco a ruido rosa y a ruido de tráfico.

La representación de los resultados puede observarse en la gráfica de la denominada partición D (emisor=fachada, receptor=aula).

CALCULO AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTO.

A partir de los niveles de impacto L en las dos posiciones, se calcula un promedio energético de ellas para hallar con él el nivel de presión de ruido de impactos estandarizado mediante $L'nT=L-\log(T/0'5)$.

Este resultado se compara con la curva de referencia de la ISO 717-2 ajustada al valor de 500Hz.

Con la aplicación se calculan los coeficientes de adaptación espectral $L'nTw=48dB$

Para presentar el aislamiento a ruido de impactos entre dos salas de una edificación, debe darse el nivel de presión de ruido de impactos estandarizado $L'nT$ para todas las frecuencias de medida, con una cifra decimal, en tabla y en gráfica.

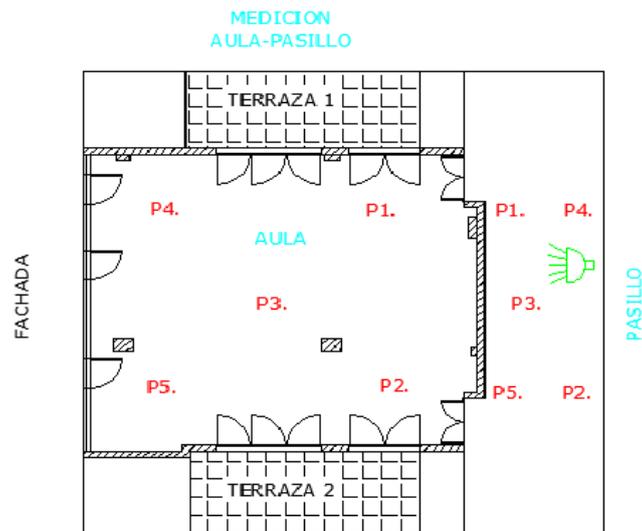
A bajas frecuencias (inferiores a 400 Hz) no se puede garantizar las condiciones de campo difuso en las que deben hacerse las mediciones, por lo que los resultados no son del todo fiables, ya que al menos una de las dimensiones del recinto debería ser de una longitud de onda y otra de al menos media longitud de onda, lo cual no se cumple a frecuencias bajas, por lo que debería aumentarse el muestreo.



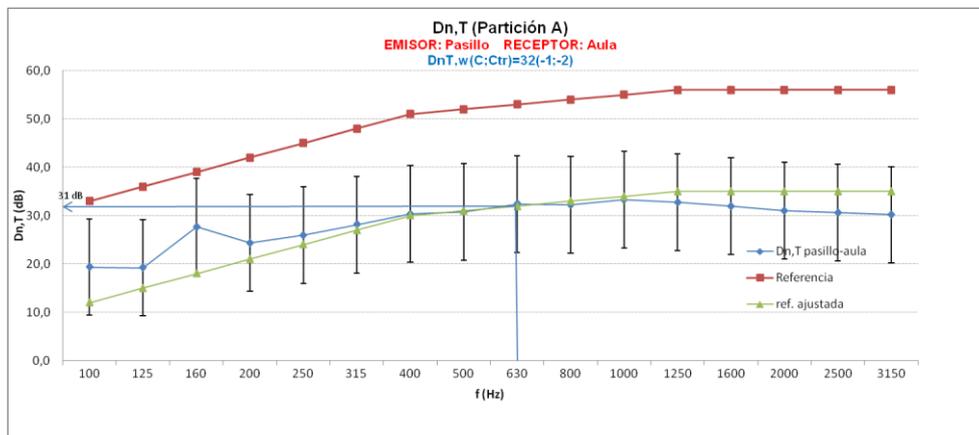
2.2.1 TABLAS Y CALCULOS.

Para el estudio del tiempo de reverberación, hacemos las mediciones de cada una de las particiones del aula máster, dichas mediciones se muestran a continuación.

1. Estudio partición A. Aula- Pasillo.

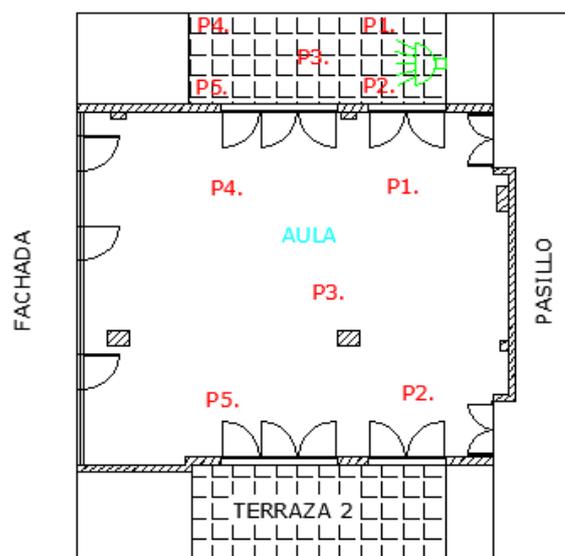


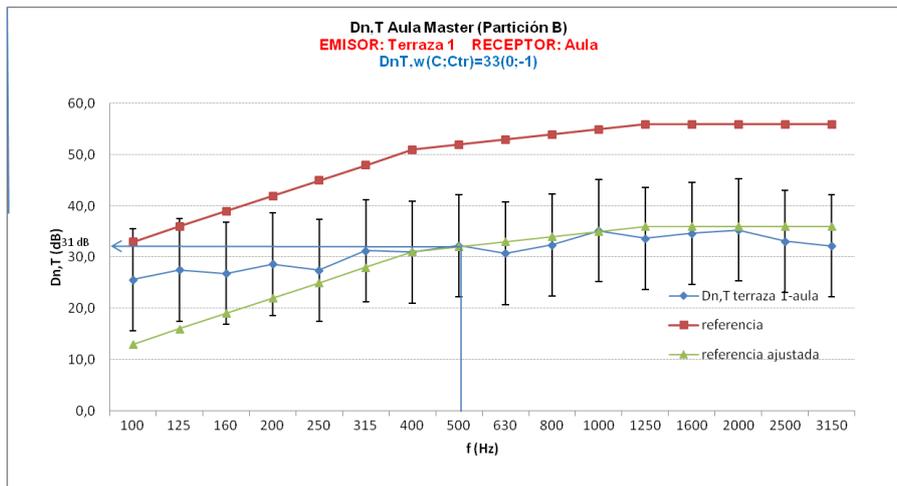
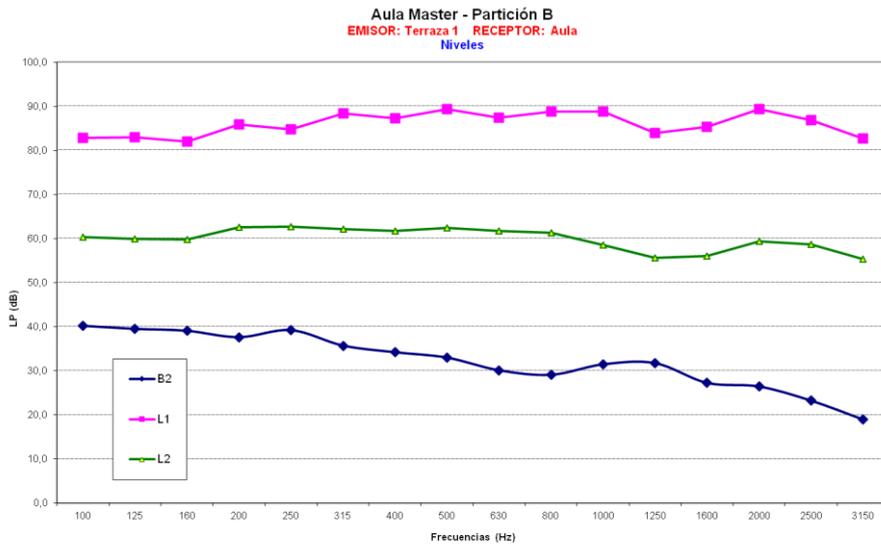
	frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
UNE 717-1/2	Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	
PARTICIÓN A	PASILLO AULA																	
DnT,w=32(-1;-2)																		
emisor:	L1	promedio	80,6	80,0	84,4	84,9	85,3	87,4	89,8	89,6	91,0	91,0	89,4	84,9	86,2	88,3	87,6	84,1
Pasillo		Pos 1	83,6	79,3	87,3	85,1	85,2	89,6	91,2	91,8	92,7	91,4	88,9	86,1	87,0	88,1	86,3	82,6
		Pos 2	78,0	80,6	82,3	87,0	83,7	86,9	88,3	90,8	91,9	92,9	89,4	85,8	86,9	91,0	90,8	87,8
		Pos 3	82,0	81,1	78,7	82,1	86,9	89,2	91,9	87,7	91,3	92,0	92,0	84,9	87,7	89,0	88,3	83,6
		Pos 4	80,2	81,7	87,0	84,9	86,1	86,0	89,0	86,3	90,2	90,1	89,3	85,1	85,7	88,0	86,0	83,3
		Pos 5	73,7	74,5	79,8	84,0	83,7	80,9	86,0	89,2	87,1	85,7	84,3	81,2	81,4	77,3	82,9	78,0
receptor:	L2	promedio	64,4	65,2	61,4	65,9	64,7	64,3	64,8	64,2	63,8	63,7	61,1	57,5	59,5	62,7	61,9	58,7
Aula		Pos 1	69,5	71,0	64,0	70,7	67,9	68,3	69,3	67,0	67,1	67,3	64,7	60,6	64,1	67,0	66,2	63,2
		Pos 2	62,4	57,1	58,2	64,6	65,5	63,4	64,0	63,5	62,7	63,6	60,2	56,5	56,3	59,7	59,2	56,4
		Pos 3	61,4	62,6	61,0	61,6	61,0	61,3	62,1	62,8	63,2	61,5	59,8	56,8	56,9	60,6	59,2	56,1
		Pos 4	60,3	58,6	62,3	61,2	62,1	62,7	60,6	63,1	61,4	61,5	58,5	56,1	56,8	60,4	59,7	56,0
		Pos 5	58,0	59,8	58,9	63,0	63,4	61,1	61,2	63,0	61,8	60,6	58,8	55,1	57,0	60,1	60,0	56,1
	B2	promedio	40,2	39,5	39,0	37,6	39,2	35,7	34,2	33,0	30,1	29,1	31,4	31,7	27,2	26,4	23,2	18,9
		Pos 1	39,2	40,3	36,4	36,5	38,3	36,6	31,6	33,1	31,0	32,2	34,3	34,2	28,6	23,3	20,9	18,2
		Pos 2	40,8	36,5	35,0	35,7	37,7	31,5	30,0	28,0	28,5	27,3	33,6	34,4	28,7	23,2	21,0	13,3
		Pos 3	41,1	38,2	36,9	36,8	38,5	35,2	33,1	32,1	27,3	26,4	27,1	26,5	24,9	26,0	23,4	19,3
		Pos 4	39,7	40,2	40,7	39,3	40,3	38,3	38,4	35,6	32,5	30,3	30,8	30,7	27,7	31,0	27,1	22,7
		Pos 5	39,7	40,8	42,0	38,6	40,4	33,9	32,2	32,9	29,1	25,1	23,8	26,0	24,4	20,2	18,0	14,9
T2	T30	promedio	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
		Pos 1	0,823	0,900	1,278	1,990	1,787	1,639	1,672	1,698	1,696	1,520	1,562	1,671	1,737	1,736	1,574	1,495
		Pos 2	0,783	1,187	1,278	1,636	1,695	1,640	1,695	1,747	1,677	1,509	1,519	1,688	1,726	1,752	1,580	1,479
		Pos 5	1,449	1,691	1,635	1,732	1,693	1,539	1,740	1,753	1,623	1,553	1,595	1,702	1,627	1,692	1,557	1,517
		Pos 6	3,659	1,691	1,645	1,732	1,693	1,539	1,759	1,753	1,600	1,553	1,595	1,679	1,605	1,669	1,536	1,517
		Corrección																
L2(-)B2	L2_{corregido}	64,4	65,2	61,4	65,9	64,7	64,3	64,8	64,2	63,8	63,7	61,1	57,5	59,5	62,7	61,9	58,7	
D=L1-L2 _{corregido}	Diferencia	16,2	14,8	23,0	19,0	20,6	23,1	25,0	25,4	27,2	27,3	28,3	27,4	26,7	25,6	25,7	25,4	
D _{n,T} =D+10lg(2T ₂)	Difer TR	19,3	19,2	27,7	24,3	26,0	28,1	30,3	30,8	32,4	32,2	33,3	32,7	31,9	31,0	30,7	30,2	
	ref ajuste	12	15	18	21	24	27	30	31	32	33	34	35	35	35	35	35	
0,162*V/T2																		
Sabine	A ₂	71,823	53,494	50,130	43,023	42,597	46,022	42,610	42,089	44,354	47,687	46,653	43,406	43,698	42,716	46,832	48,695	
coef abs	α	0,1635	0,1218	0,1141	0,0979	0,097	0,1048	0,097	0,0958	0,101	0,1085	0,1062	0,0988	0,0995	0,0972	0,1066	0,1108	
	Volumen	451,48	m3															
	Superficie	total	m2	439,33			pA m2	pB m2	pC m2	pD m2	suelo m2	techo m2						
Rw(C;Ctr)							35,71	23,5	23,5	31,81	162,4	162,4						



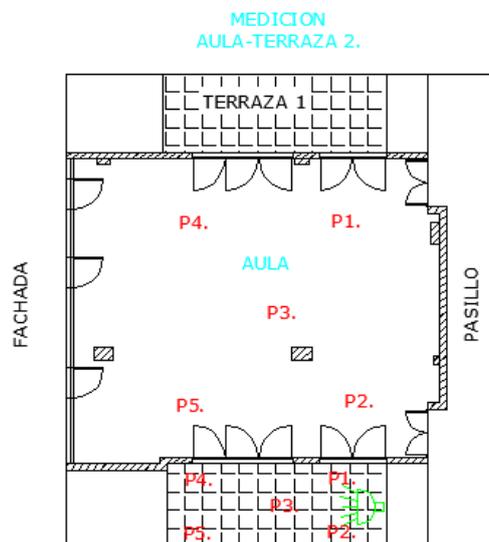
Estudio partición B. Aula- Terraza 1.

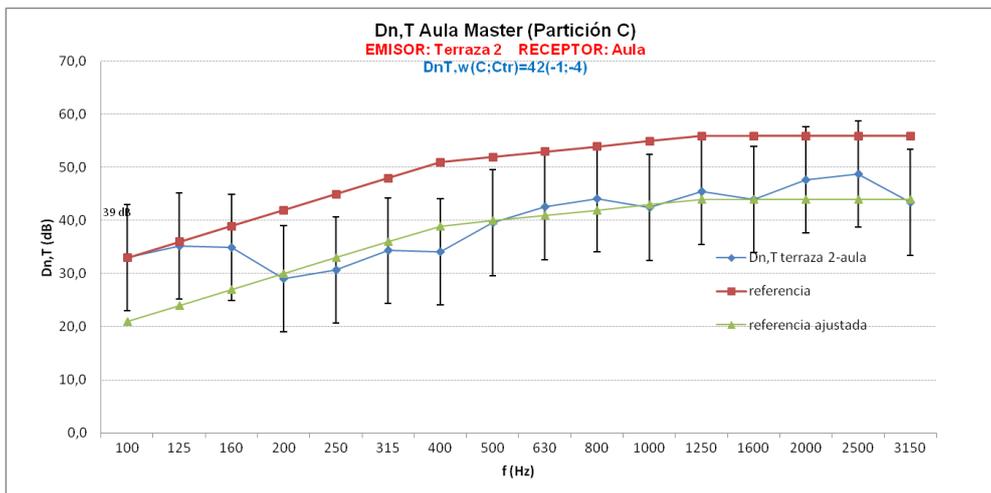
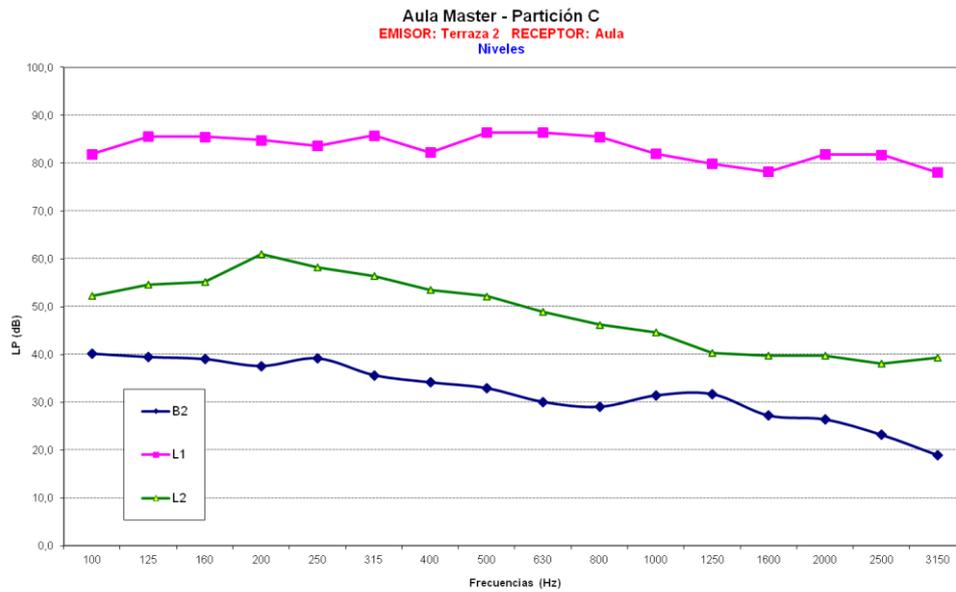
MEDICION
 AULA-TERRAZA 1.





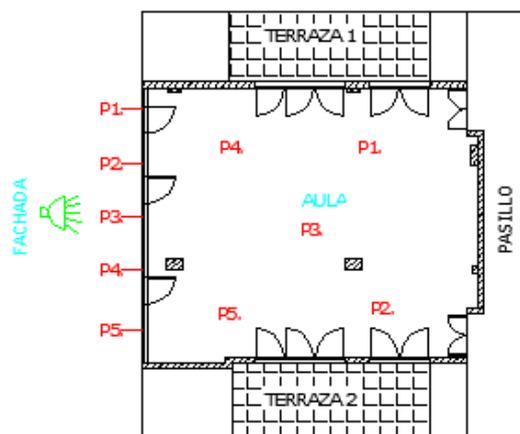
Estudio partición C. Aula- Terraza2.



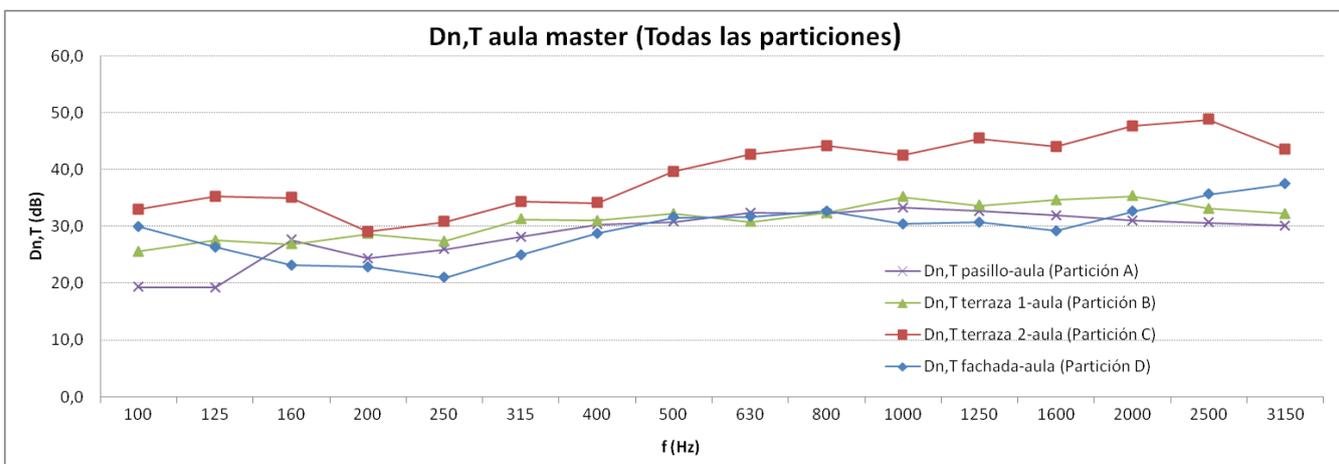
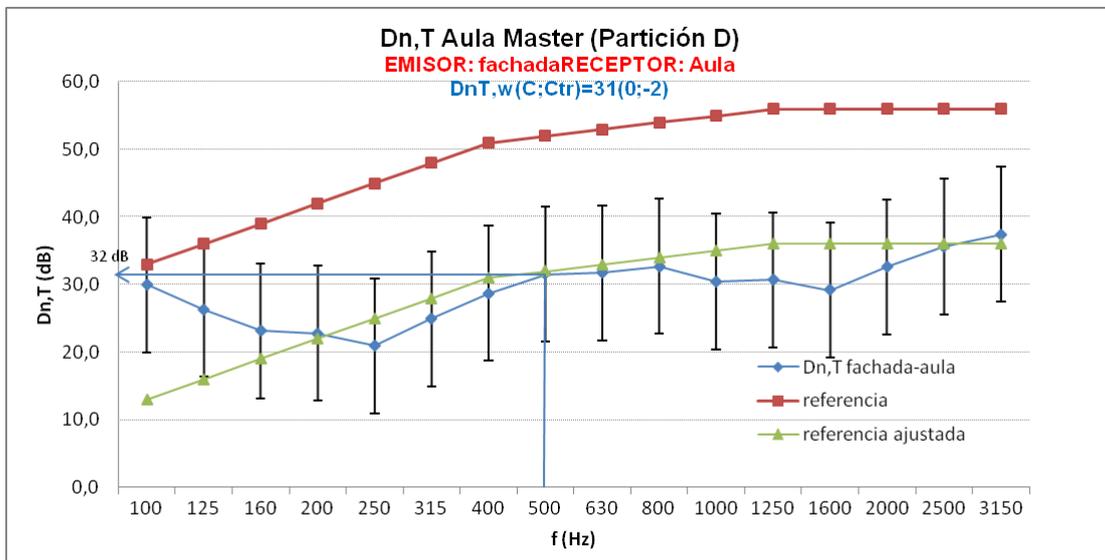


Estudio partición D. Fachada-Aula.

MEDICION
AULA-FACHADA

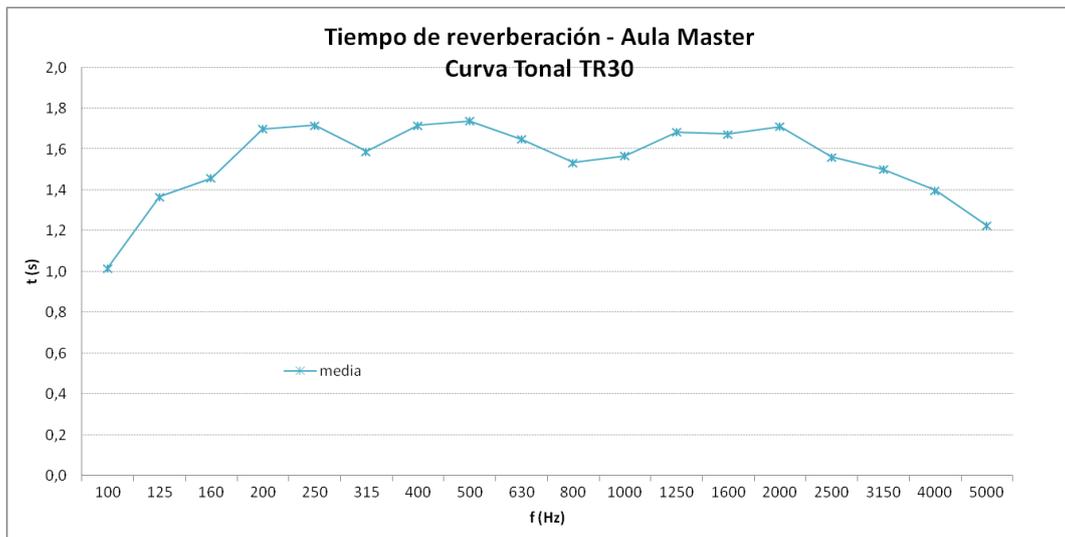
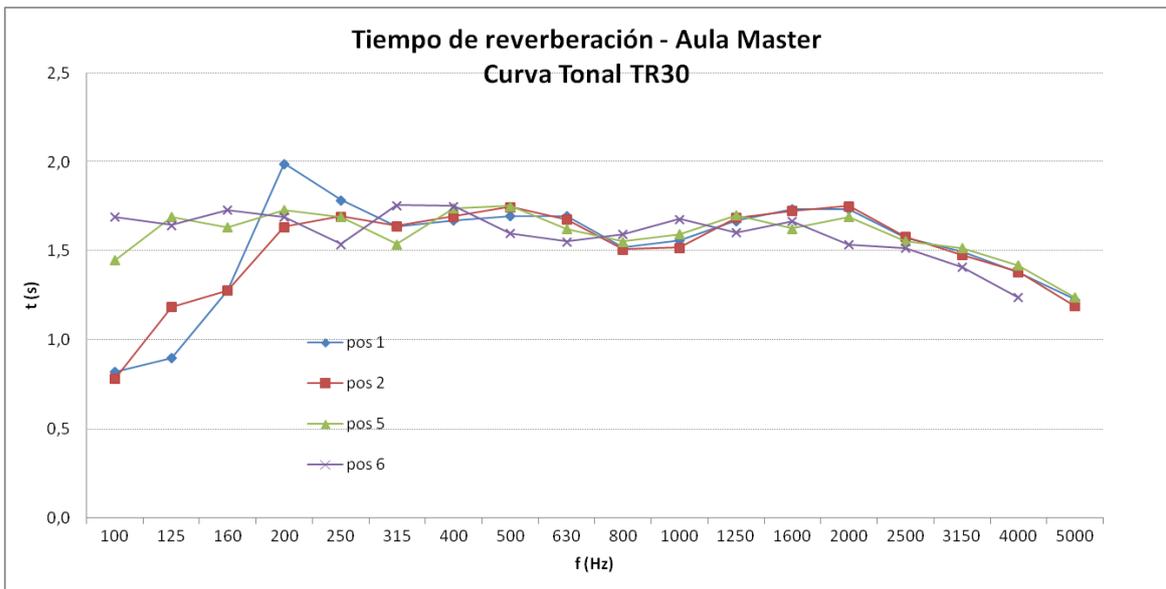


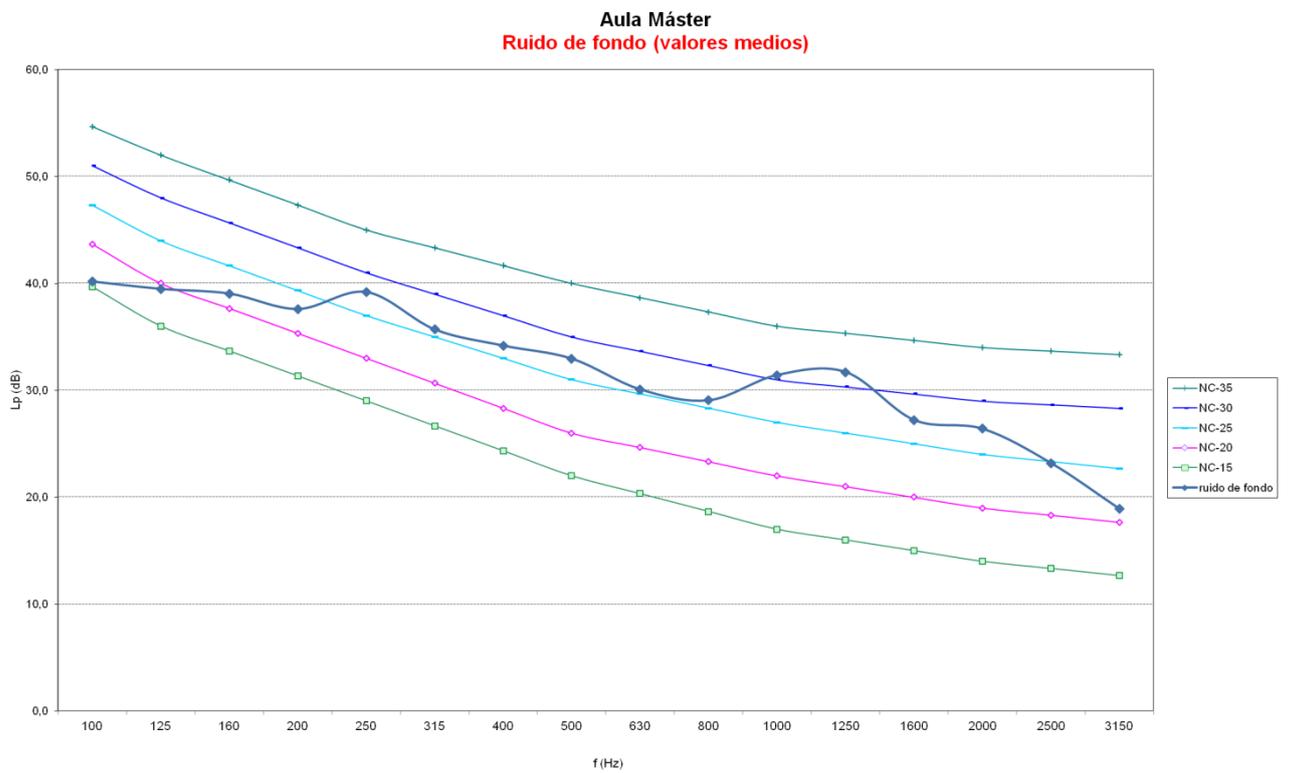
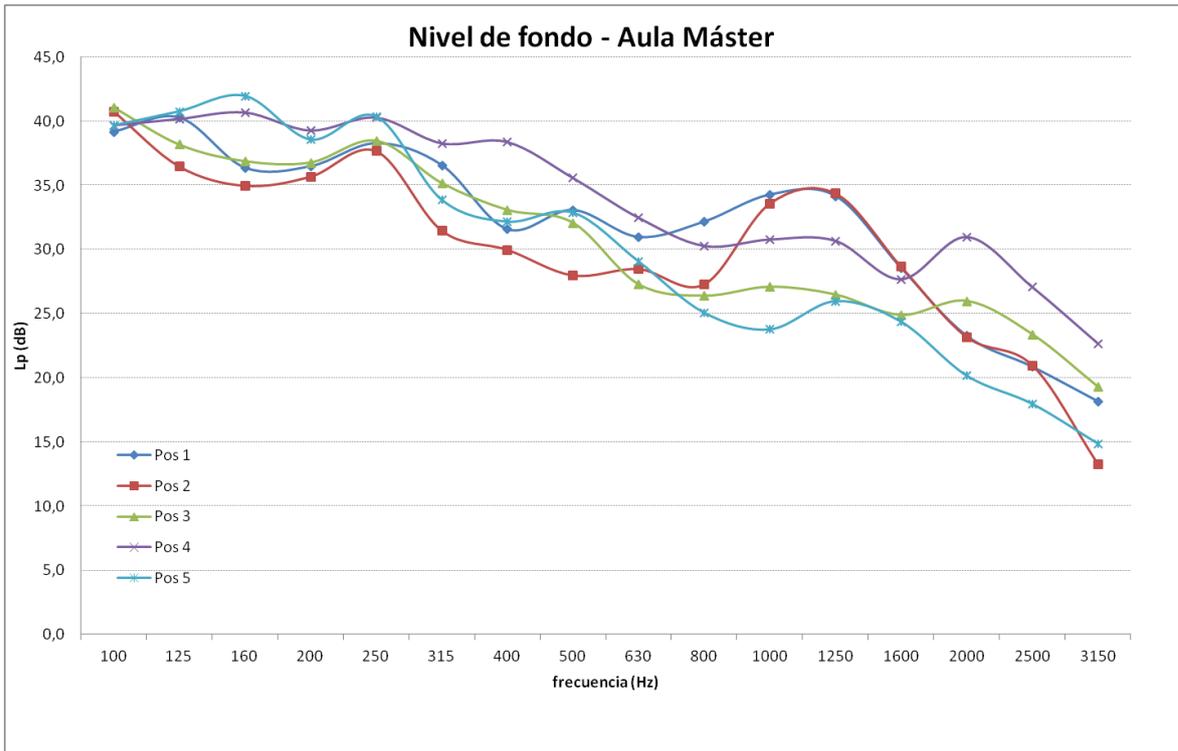
PARTICIÓN D		FACHADA	AULA																
DnT,w=31(0;-2)																			
emisor:	L1	promedio	74,8	77,4	75,0	75,4	73,6	76,3	77,6	81,6	81,6	82,9	80,6	78,7	81,9	85,8	86,7	83,4	
Fachada		Pos 1	77,4	77,7	75,6	77,1	76,1	80,6	78,3	82,4	81,4	85,5	81,3	81,1	85,5	90,3	92,2	88,8	
		Pos 2	76,5	77,1	73,5	74,7	72,9	73,8	79,5	84,9	83,5	82,8	84,1	81,1	83,2	86,4	86,4	82,9	
		Pos 3	70,7	79,8	76,2	75,0	72,4	75,3	76,8	79,2	80,6	80,7	77,7	77,2	81,2	82,2	81,2	79,0	
		Pos 4	68,5	75,6	76,5	75,6	72,6	72,1	76,8	77,7	80,0	82,7	75,6	73,8	76,0	80,9	77,5	75,2	
		Pos 5	74,9	75,2	70,7	74,1	72,5	74,0	75,4	79,6	81,8	80,8	79,4	75,4	75,6	79,8	78,1	75,0	
receptor:	L2	promedio	48,5	55,4	56,5	57,9	58,0	56,4	54,2	55,4	55,1	55,0	55,1	53,2	57,9	58,5	56,0	50,7	
Aula		Pos 1	45,8	52,6	54,5	54,9	56,1	55,1	51,3	52,5	54,5	52,6	54,8	53,5	55,1	57,0	53,3	48,4	
		Pos 2	43,4	49,0	49,6	57,0	54,9	54,9	53,1	55,4	52,8	53,6	53,1	52,4	57,0	56,4	55,1	49,0	
		Pos 3	46,0	51,6	53,7	55,9	61,1	56,3	54,4	53,4	51,2	53,3	54,6	53,8	57,8	58,1	54,5	49,8	
		Pos 4	48,0	59,2	59,7	58,9	57,2	58,5	56,4	57,7	57,2	57,1	54,6	3,5	59,3	60,5	57,9	52,3	
		Pos 5	52,9	57,1	58,3	60,5	57,8	56,1	54,3	56,1	56,9	56,6	57,3	56,2	59,2	59,2	57,6	52,5	
	B2	promedio	40,2	39,5	39,0	37,6	39,2	35,7	34,2	33,0	30,1	29,1	31,4	31,7	27,2	26,4	23,2	18,9	
		Pos 1	39,2	40,3	36,4	36,5	38,3	36,6	31,6	33,1	31,0	32,2	34,3	34,2	28,6	23,3	20,9	18,2	
		Pos 2	40,8	36,5	35,0	35,7	37,7	31,5	30,0	28,0	28,5	27,3	33,6	34,4	28,7	23,2	21,0	13,3	
		Pos 3	41,1	38,2	36,9	36,8	38,5	35,2	33,1	32,1	27,3	26,4	27,1	26,5	24,9	26,0	23,4	19,3	
		Pos 4	39,7	40,2	40,7	39,3	40,3	38,3	38,4	35,6	32,5	30,3	30,8	30,7	27,7	31,0	27,1	22,7	
		Pos 5	39,7	40,8	42,0	38,6	40,4	33,9	32,2	32,9	29,1	25,1	23,8	26,0	24,4	20,2	18,0	14,9	
	T30	promedio	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50	
		Pos 1	0,823	0,900	1,278	1,990	1,787	1,639	1,672	1,698	1,696	1,520	1,562	1,671	1,737	1,736	1,574	1,495	
		Pos 2	0,783	1,187	1,278	1,636	1,695	1,640	1,695	1,747	1,677	1,509	1,519	1,688	1,726	1,752	1,580	1,479	
		Pos 5	1,449	1,691	1,635	1,732	1,693	1,539	1,740	1,753	1,623	1,553	1,595	1,702	1,627	1,692	1,557	1,517	
		Pos 6	3,659	1,691	1,645	1,732	1,693	1,539	1,759	1,753	1,600	1,553	1,595	1,679	1,605	1,669	1,536	1,517	
		Corrección LN alto																	
		L2_{corregido}	47,9	55,4	56,5	57,9	58,0	56,4	54,2	55,4	55,1	55,0	55,1	53,2	57,9	58,5	56,0	50,7	
		Diferencia	26,9	22,0	18,5	17,5	15,6	19,9	23,4	26,1	26,5	27,8	25,5	25,4	23,9	27,3	30,7	32,7	
		Difer TR	30,0	26,3	23,1	22,8	21,0	25,0	28,7	31,6	31,7	32,7	30,5	30,7	29,2	32,6	35,6	37,5	
		ref ajuste	13	16	19	22	25	28	31	32	33	34	35	36	36	36	36	36	
0,162*V/T2																			
Sabine	A2		71,823	53,494	50,130	43,023	42,597	46,022	42,610	42,089	44,354	47,687	46,653	43,406	43,698	42,716	46,832	48,695	
coef abs	α		0,1635	0,1218	0,114	0,098	0,097	0,1048	0,097	0,096	0,101	0,109	0,1062	0,099	0,099	0,097	0,1066	0,111	
	Volumen		451,48	m3															
	Superficie	total	m2	439,3				pA m2	pB m2	pC m2	pD m2	suelo m2	techo m2						
								35,71	23,5	23,5	31,81	162,4	162,4						



	f (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	t rev med	1,018	1,367	1,459	1,700	1,717	1,589	1,717	1,738	1,649	1,534	1,568	1,685	1,674	1,712	1,562	1,502
	ref UNE 717	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
T30	promedio	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
	Pos 1	0,823	0,900	1,278	1,990	1,787	1,639	1,672	1,698	1,696	1,520	1,562	1,671	1,737	1,736	1,574	1,495
	Pos 2	0,783	1,187	1,278	1,636	1,695	1,640	1,695	1,747	1,677	1,509	1,519	1,688	1,726	1,752	1,580	1,479
	Pos 5	1,449	1,691	1,635	1,732	1,693	1,539	1,740	1,753	1,623	1,553	1,595	1,702	1,627	1,692	1,557	1,517
	Pos 6	3,659	1,691	1,645	1,732	1,693	1,539	1,759	1,753	1,600	1,553	1,595	1,679	1,605	1,669	1,536	1,517
Fondo	Promedio	40,2	39,5	39,0	37,6	39,2	35,7	34,2	33,0	30,1	29,1	31,4	31,7	27,2	26,4	23,2	18,9
B2	Pos 1	39,2	40,3	36,4	36,5	38,3	36,6	31,6	33,1	31,0	32,2	34,3	34,2	28,6	23,3	20,9	18,2
dentro aula	Pos 2	40,8	36,5	35,0	35,7	37,7	31,5	30,0	28,0	28,5	27,3	33,6	34,4	28,7	23,2	21,0	13,3
	Pos 3	41,1	38,2	36,9	36,8	38,5	35,2	33,1	32,1	27,3	26,4	27,1	26,5	24,9	26,0	23,4	19,3
	Pos 4	39,7	40,2	40,7	39,3	40,3	38,3	38,4	35,6	32,5	30,3	30,8	30,7	27,7	31,0	27,1	22,7
	Pos 5	39,7	40,8	42,0	38,6	40,4	33,9	32,2	32,9	29,1	25,1	23,8	26,0	24,4	20,2	18,0	14,9
impacto P1	Pos 1	39,9	42,8	44,3	43,0	42,9	44,0	41,8	45,4	43,9	44,3	42,4	43,1	44,7	44,2	47,6	51,6
impacto P2	Pos 2	40,2	41,6	43,9	39,4	43,0	42,8	44,2	44,4	42,8	45,1	42,7	44,0	44,8	44,9	44,5	46,3
	promedio	40,1	42,2	44,1	41,2	43,0	43,4	43,0	44,9	43,4	44,7	42,6	43,6	44,8	44,6	46,1	49,0
t rev receptor	T	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
L-10lg(2T)	L _{n,T}	37,0	37,8	39,4	35,9	37,6	38,4	37,6	39,5	38,2	39,8	37,6	38,3	39,5	39,2	41,1	44,2
corrección pasillo	ruido pasillo	79,5	79,4	83,0	84,6	85,1	86,5	89,3	89,2	90,6	90,4	88,8	84,6	85,7	86,7	86,9	83,1
	ruido aula	62,3	62,3	61,4	64,5	64,1	63,9	64,0	64,1	63,6	63,5	60,8	57,5	58,5	61,9	61,1	57,9
	fondo	40,1	38,8	37,3	37,1	38,7	35,4	33,3	32,2	29,8	29,1	31,5	31,5	27,5	25,9	23,1	18,4
	diferencia ruido-ruido-fondo	17,2	17,1	21,6	20,1	21,0	22,6	25,3	25,1	27,0	26,9	28,0	27,1	27,2	24,8	25,8	25,1
	NC-65	76,7	75,0	73,7	72,3	71,0	70,0	69,0	68,0	67,3	66,7	66,0	65,3	64,7	64,0	63,7	63,3
	NC-60	73,0	71,0	69,7	68,3	67,0	65,7	64,3	63,0	62,3	61,7	61,0	60,3	59,7	59,0	58,7	58,3
	NC-55	69,3	67,0	65,3	63,7	62,0	60,7	59,3	58,0	57,3	56,7	56,0	55,3	54,7	54,0	53,7	53,3
	NC-50	66,3	64,0	62,0	60,0	58,0	56,7	55,3	54,0	53,0	52,0	51,0	50,3	49,7	49,0	48,7	48,3
	NC-45	62,3	60,0	58,0	56,0	54,0	52,3	50,7	49,0	48,0	47,0	46,0	45,3	44,7	44,0	43,7	43,3
	NC-40	59,3	57,0	54,7	52,3	50,0	48,3	46,7	45,0	43,7	42,3	41,0	40,3	39,7	39,0	38,7	38,3
	NC-35	54,7	52,0	49,7	47,3	45,0	43,3	41,7	40,0	38,7	37,3	36,0	35,3	34,7	34,0	33,7	33,3
	NC-30	51,0	48,0	45,7	43,3	41,0	39,0	37,0	35,0	33,7	32,3	31,0	30,3	29,7	29,0	28,7	28,3
	NC-25	47,3	44,0	41,7	39,3	37,0	35,0	33,0	31,0	29,7	28,3	27,0	26,0	25,0	24,0	23,3	22,7
	NC-20	43,7	40,0	37,7	35,3	33,0	30,7	28,3	26,0	24,7	23,3	22,0	21,0	20,0	19,0	18,3	17,7
	NC-15	39,7	36,0	33,7	31,3	29,0	26,7	24,3	22,0	20,3	18,7	17,0	16,0	15,0	14,0	13,3	12,7

f(Hz)	pos1	pos2	pos5	pos6	media
100	0,823	0,783	1,449	3,659	1,018
125	0,900	1,187	1,691	1,691	1,367
160	1,278	1,278	1,635	1,645	1,459
200	1,990	1,636	1,732	1,732	1,700
250	1,787	1,695	1,693	1,693	1,717
315	1,639	1,640	1,539	1,539	1,589
400	1,672	1,695	1,740	1,759	1,717
500	1,698	1,747	1,753	1,753	1,738
630	1,696	1,677	1,623	1,600	1,649
800	1,520	1,509	1,553	1,553	1,534
1000	1,562	1,519	1,595	1,595	1,568
1250	1,671	1,688	1,702	1,679	1,685
1600	1,737	1,726	1,627	1,605	1,674
2000	1,736	1,752	1,692	1,669	1,712
2500	1,574	1,580	1,557	1,536	1,562
3150	1,495	1,479	1,517	1,517	1,502
4000	1,381	1,383	1,421	1,410	1,399
5000	1,229	1,192	1,241	1,241	1,226

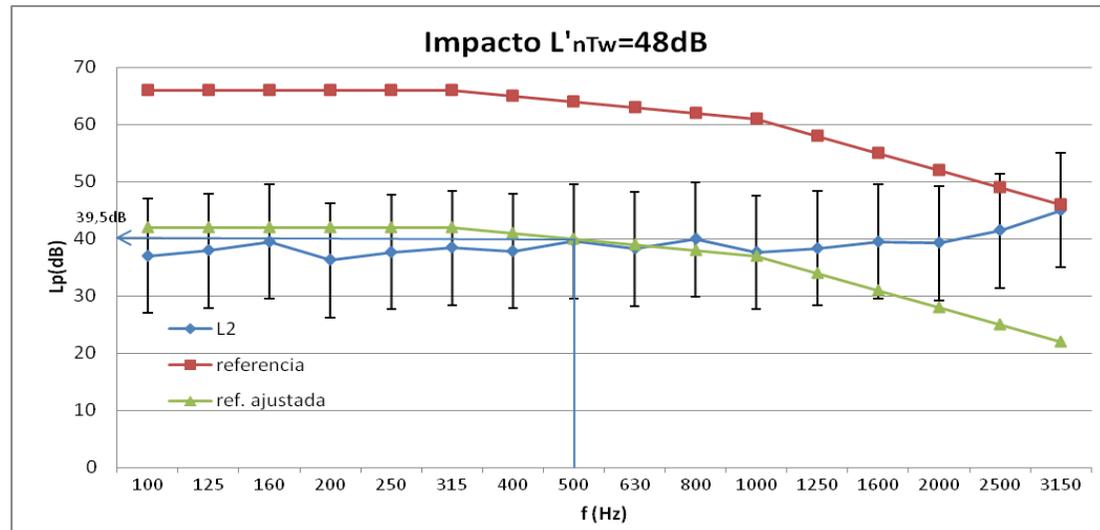




CALCULO RUIDO DE IMPACTO.

	frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
impacto P1	Pos 1	39,9	42,8	44,3	43,0	42,9	44,0	41,8	45,4	43,9	44,3	42,4	43,1	44,7	44,2	47,6	51,6
impacto P2	Pos 2	40,2	41,6	43,9	39,4	43,0	42,8	44,2	44,4	42,8	45,1	42,7	44,0	44,8	44,9	44,5	46,3
	promedio	40,1	42,2	44,1	41,6	43,0	43,4	43,2	44,9	43,4	44,7	42,6	43,6	44,8	44,6	46,3	49,7
t rev receptor	T	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
L- 10lg(T/0'5)	L'n,T	37,0	37,9	39,5	36,2	37,6	38,4	37,8	39,5	38,2	39,9	37,6	38,3	39,5	39,2	41,4	44,9
ref 717/2		66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	65,0	64,0	63,0	62,0	61,0	58,0	55,0	52,0	49,0	46,0
ref ajust		42	42	42	42	42	42	41	40	39	38	37	34	31	28	25	22

L_{nw}=48dB



2.3. COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

RUIDO DE FONDO.

He representado los valores de nivel de presión de fondo en decibelios frente a la frecuencia tomados en distintas posiciones. Tenemos que destacar que tiene una tendencia decreciente conforme aumenta la frecuencia, y en las medidas correspondientes a las posiciones 1 y 2 en torno a las frecuencias de 1000 Hz, también observamos otro pico en la posición 4 en 2000 Hz. Estas variaciones que aparecen en las graficas, han podido ser producidas por influencias externas debido al ruido exterior del tráfico, viento, los conductos de ventilación del edificio, tránsito de personas por los pasillos y los ruidos de las aulas adyacentes en las cuales se estaban impartiendo clase.

NC.

Las curvas de referencia Noise Criteria NC establecen los niveles máximos de ruido que pueden estar llegando a un aula, para que las actividades de clase se desarrollen adecuadamente. Representando esas curvas y el ruido de fondo se puede establecer por comparación a qué nivel corresponde el aula, puede observarse que se trata de un NC-35 al encontrarse el nivel promedio de fondo por debajo de esa curva.

ESTUDIO POR PARTICIONES.

Se han denominado a las particiones de la siguiente manera:

Partición	Local emisor	Local receptor
A	Pasillo	aula
B	Terraza 1	aula
C	Terraza 2	aula
D	Fachada	aula

Se ha representado para cada una de ellas los promedios de nivel de fondo B2, el nivel L1 en el local emisor y el nivel L2 en el local receptor (aula).

D_{n,T} AISLAMIENTO ACÚSTICO NORMALIZADO

Partiendo del promedio de niveles L2 y B2 se calcula el nivel L2 corregido de la siguiente manera:

$$L_2^{corr} = L_2 \ominus B_2 = 10 \cdot \log \left\{ 10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{B_2}{10}} \right\}$$

$$D = L_1 - L_2^{corr}$$

$$D_{n,T} = D + 10 \cdot \log \left(\frac{T_2}{0.5} \right)$$

De ahí, conociendo el aislamiento puede calcularse el coeficiente de absorción despejando de la fórmula de Sabine:



$A_2 = \frac{0.162 \cdot V}{T_2}$, donde T_2 es el tiempo de reverberación, promediado a partir de una serie de medidas tomadas en el aula. De las 6 que se tomaron, 2 tenían una elevada dispersión, por lo que se descartaron. De las 4 restantes, se observa cierta uniformidad entre ellas, excepto en dos valores correspondientes a las frecuencias de 100 Hz y 200 Hz, probablemente debidas a la frecuencia de las luminarias y sus múltiplos y a que los paneles de pladur actúan como una membrana, por lo que al promediar las medidas en esas frecuencias, se eliminó el valor más disperso.

Una vez se tiene el $D_{n,T}$, se representa para cada partición junto con la referencia de la ISO 717 y la curva de referencia ajustada para el valor de 500 Hz, de modo que pueda apreciarse de forma gráfica el aislamiento entre el local emisor y el local receptor.

Al calcular la absorción por Sabine se observa que a bajas frecuencias se obtienen valores muy elevados, debidos a que en ellas los paramentos de pladur absorben al tratarse de un material poroso. A frecuencias más altas, va disminuyendo la absorción.



2.4. ENSAYOS REALIZADOS. INSTRUMENTACIÓN Y PROTOCOLO.

- *MEDICION DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.*

Norma a seguir: La metodología aplicada para evaluar el aislamiento acústico de las diferentes particiones del aula “in situ”, se basa en la norma **UNE-EN ISO 140-4**.

Instrumentación necesaria:

El equipo utilizado para realizar las medidas de los tiempos de reverberación consistió en:

- Amplificador de guitarra.
- Micrófono.
- Programa Dirac, emisor de impulsos sonoros.
- Sonómetro modelo 2260 Investigator de Brüel&Kjaer
- Fuente de ruido Tipo 4224 de Brüel&Kjaer

SONOMETRO.

El sonómetro pertenece al modelo 2260 Investigator, de la casa comercial Brüel&Kjaer. El Investigator 2260 es un analizador versátil de dos canales de entrada que funciona a pilas y puede llevarse en una sola mano. Comprende el hardware y su correspondiente sistema operativo.

Se trata de una plataforma para el análisis acústico en tiempo real. Al igual que un ordenador personal, las distintas aplicaciones serán configuradas por un software específico.



Figura.24 Sonómetro 2260 investigator de Brüel&Kjaer.



FUENTE DE RUIDO

La fuente pertenece al Tipo 4224, de la casa comercial Brüel&Kjaer. Es un equipo compacto que tiene incorporado tanto el altavoz como la etapa de amplificación y un generador de ruido. Está especialmente diseñada para medidas de acústica arquitectónica como la determinación de índice de reducción sonora, el tiempo de reverberación y la absorción.

El nivel de potencia sonora es de:

0 a 118 dB re 1 pW cuando está conectada a la red eléctrica y de

0 a 115 dB re 1 pW funcionando con baterías internas.



Figura 25. Fuente de ruido Tipo 4224 de Brüel&Kjaer



Figura 26. Fuente de ruido Tipo 4224 de Brüel&Kjaer



UNE-EN ISO 140- 4:1998

Para la realización de los ensayos con el equipo de medida, se ha tomado como referencia la norma UNE-EN ISO 140 "Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición *"in situ"* del aislamiento al ruido aéreo entre locales". En el punto 6.5 se especifica la medición del tiempo de reverberación y evaluación del área de absorción acústica equivalente.

-INDICE A EVALUAR.

Según el CTE-DB-HR, el índice a evaluar es la Diferencia de Niveles Estandarizada **DnT,A**, ponderada A, en dBA, entre el recinto emisor y el recinto receptor.

$$DnT,A = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T_2}{T_0} \text{ (dBA)}$$

L1 es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

L2 es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.

T₂ es el tiempo de reverberación en el recinto receptor.

T₀ es el tiempo de reverberación de referencia, para viviendas, 0.5s.

-SELECCIÓN DE POSICIONES DE MICROFONO.

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 altavoz). Las posiciones de micrófono se distribuirán de forma uniforme, tanto en el recinto emisor como en el receptor, manteniendo las siguientes distancias mínimas:

- 0.7m entre posiciones de micrófono.
- 0,5m entre cualquier posición de micrófono y los bordes del recinto.
- 1m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.

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 analiza en el recinto receptor según las indicaciones de la Norma ISO 354. Se tomarán, como mínimo, seis medidas utilizando dos posiciones de altavoz y tomando 3 registros para cada una de ellas.



Fotos mediciones.

Fotos de las mediciones del tiempo de reverberación, y ruido de fondo.



Figura 27. Foto aula Máster. Mediciones.



Figura 28. Foto fuente de ruido en pasillo.



Figura 29. Foto medición del tiempo de reverberación.



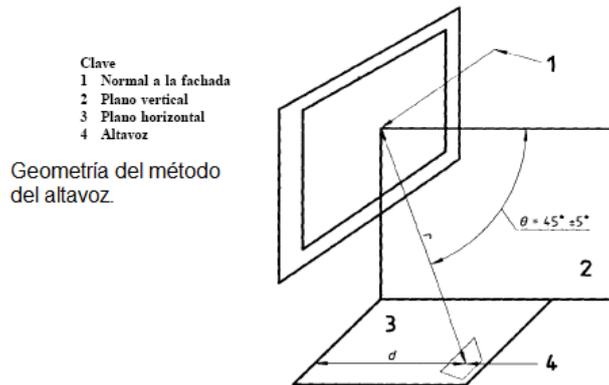
Figura 30. Foto resultados medición del tiempo de reverberación.



-MEDICION DEL RUIDO AEREO EN FACHADA.

Colocaremos el altavoz fuera del edificio, lo separaremos a una distancia "d" de la fachada, inclinado a unos 45°.

El nivel de presión sonora medio se determina a 2m frente a la fachada (método global, como no disponíamos de alargador telescópico hubo que hacerlo a la distancia que permitía el brazo), así como en el local receptor.



En el local receptor mediremos tanto el nivel de ruido de fondo $B2$ como el nivel de presión sonora proveniente de la fuente exterior $L2$, en 5 posiciones distribuidas lo más uniformemente posible dentro del recinto, respetando que estén separadas al menos 0'7 m entre ellas, 0'5 m con los paramentos perimetrales y 1 m con la fuente.

Fotos medición ruido aéreo en fachada.



Figura 31. Foto medición ruido aéreo en fachada.



Figura 32. Foto medición ruido aéreo en fachada.



Figura 33. Foto medición ruido aéreo en fachada.



- **MEDICION DE RUIDO A IMPACTO.**

Se trata de evaluar la transmisión de ruido que produce un forjado, suelo, o revestimiento, al recinto inferior, cuando es golpeado por una máquina de impactos normalizada.

Normativa: UNE-EN ISO 140- 7:1999.

Instrumentación necesaria:

Maquina de impactos normalizada:

- Cilindros metálicos de determinado tamaño, golpean al suelo cayendo desde una altura prefijada y con una frecuencia también prefijada.

De esta manera se consigue excitar al forjado el cual a su vez transmite ruido aéreo al local inferior.

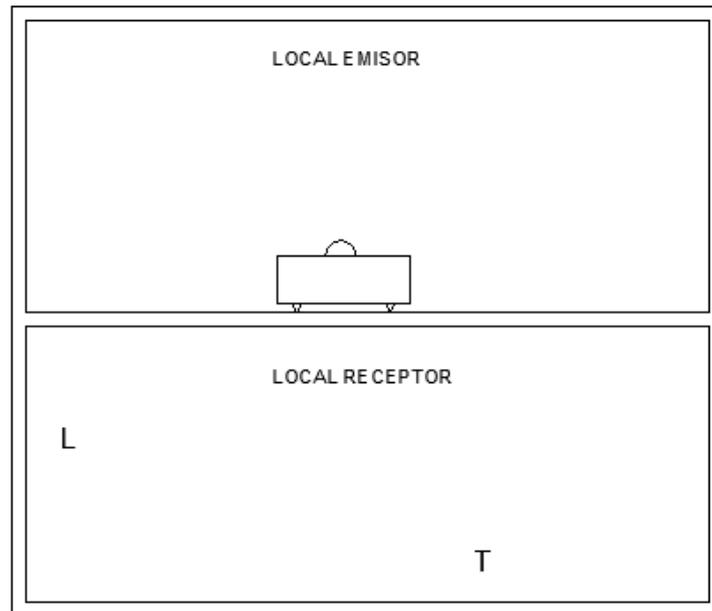
- El ruido emitido se considera normalizado y lo que registraremos será el valor de transmisión de este ruido al local inferior. **(L2)**



Figura34. Maquina de impacto.

Procedimiento para el ensayo:

Los parámetros necesarios para evaluar el aislamiento son los mismos que para los ensayos ya comentados a excepción de L1 ya que se utiliza una máquina normalizada de impactos. **(L2, B2, T2).**



$$L'_{nT} = L - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad T_0 = 0.5s$$

Protocolo de medida:

- Colocación de la máquina de impactos sobre el suelo del recinto superior en al menos 4 posiciones diferentes:

- Distancia de la máquina a los bordes 0,5 m
- Angulo con respecto a los nervios del forjado 45 °

- Colocación de micrófonos en local inferior al menos en 4 posiciones:

- 0,7 m entre micrófonos
- 0,7 m entre micrófonos y paredes y 0,5 m para medicas “in situ”
- 1m entre micrófono y muestra

- Medida de L2 en el local inferior con promedio de 6 registros combinando al menos 4 posiciones de micrófono y al menos 4 posiciones de máquina. EJ: 4 combinaciones de 2 posiciones de maquina con 2 de micrófono, 2 restantes con las 2 posiciones de máquina y 2 de micrófono.

-Medidas de Ruido de fondo (B2) y tiempo de reverberación (T2) en el local de recepción.



Fotos medición ruido de impacto.



Figura 35. Foto medición ruido de impacto.



Figura 36. Foto medición ruido de impacto.



CAPITULO 3.
ESTUDIO Y CUMPLIMIENTO DEL
C.T.E-DB-HR.



Para el estudio y verificar el cumplimiento del CTE-DB-HR , hemos utilizado una aplicación preparada por el Ministerio de Fomento y del catálogo de soluciones constructivas vinculado a él.

En dicha aplicación, se rellenan una serie de fichas identificando los materiales y soluciones más parecidas a la realidad objeto de estudio, incluyendo medidas y aquellos parámetros que permitan completar el análisis general de transmisión acústica del aula objeto de estudio, de forma que pueda determinarse el cumplimiento de la normativa.

OBSERVACIONES DE LOS RESULTADOS.

Después de haber rellenido las fichas, llegamos a la conclusión que las particiones correspondientes a ruido aéreo en fachada y terrazas si se cumple, pero la partición correspondiente al pasillo no cumple.

[A continuación adjuntamos las fichas.](#)

Proyecto		
Autor		
Fecha		
Referencia		

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles			L_d (dBA)	60		
Forma de fachada	Plano de Fachada			ΔL_{fs} (dB)	0		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Sección Flanco F1	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Sección Flanco F2	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Sección Flanco F3	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Sección Flanco F4	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m ²)	l_i (m)	m'_i (kg/m ²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)		
Sección Separador	37,5022	-	157	51	56	-	-
Sección Flanco F1	25,02	9,93	157	51	56	-	-
Sección Flanco F2	27,6	9,93	157	51	56	-	-
Sección Flanco F3	7,9508	2,78	157	51	56	-	-
Sección Flanco F4	7,9508	2,78	157	51	56	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas			Volumen	400 m ³		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Suelo f1	LM 300 mm						
Techo f2	LM 300 mm						
Pared f3	RE + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	RE + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m ²)	l_i (m)	m'_i (kg/m ²)	R_A (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	ΔR_A (dBA)	
Sección Separador	37,5022	-	157	56	51	0	-
Suelo f1	162,33	9,93	750	67	-	7	-
Techo f2	162,33	9,93	750	67	-	0	-
Pared f3	7,9508	2,78	161	42	-	8	-
Pared f4	7,9508	2,78	161	42	-	8	-

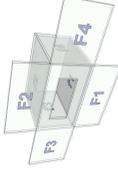
Huecos en el separador					
Ventanas, puertas y lucernarios		S (m ²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	8,43	30	34	-3
	Hueco 2	2	0	0	0
	Hueco 3	3	0	0	0
	Hueco 4	4	0	0	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	20
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,33	17,91	8,33
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,33	17,91	8,33
fachada - pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8,70	8,89	8,70
fachada - pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8,70	8,89	8,70

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	31	30	CUMPLE

Documento Básico HR Protección frente al ruido



Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas

Datos de Entrada

Sección de Fachada Directa

Superficie S_s (m²)

37,5022

REF	Elemento constructivo base	m'_i (kg/m ²)	R_{Atr}	R_A	REF	Forma de la fachada	α_w	h_{lm}	ΔL_{rs}	REF	Revestimiento Interior	$\Delta R_{d,i}$
F.5.2.a	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	56,0	FF 1	Plano de Fachada	0	2,78	0	R.0.0	Sin Revestimiento	0

REF	S (m ²)	Ventanas/Capialzados	R_{Atr}	R_A	ΔR
V.30	8,43	Ventana sencilla OSC/NP6-(6...16)-8	30	34	-3
V.00	2	Sin Ventana	0	0	0
V.00	3	Sin Ventana	0	0	0
V.00	4	Sin Ventana	0	0	0

S_0 (m ²)	$D_{n,si,Atr}$ (dBA)
20	(aireadores con tratamiento acústico...)
0	(aireadores sin tratamiento acústico)
0	(techos suspendidos, conductos, pasillos...)

L_d (dBA)	Tipo de Ruido
60	Automóviles

$D_{2m,nt,Atr}$	Requisito CTE
31	30
	CUMPLE

Secciones de Fachada de Flanco

REF	Elemento constructivo base	m'_i (kg/m ²)	$R_{r,Atr}$	S_i (m ²)	I_r (m ²)
Elemento F1 (Fachada)	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	25,02	9,93
Elemento F2 (Fachada)	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	27,6	9,93
Elemento F3 (Fachada)	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	7,9508	2,78
Elemento F4 (Fachada)	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	7,9508	2,78

Recinto Receptor

Tipo de Recinto

Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas

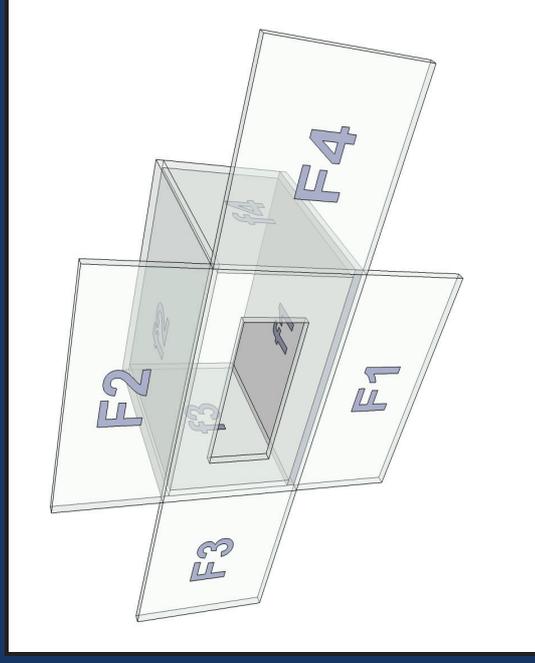
Volumen V_r (m³)

400

REF	Elemento constructivo base	m'_r (kg/m ²)	$R_{r,A}$	S_r (m ²)	I_r (m ²)	REF	Revestimiento	$\Delta R_{r,A}$
Fo.LM.3 Elemento f1 (Suelo)	LM 300 mm	750,0	67,0	162,33	9,9	S1.d.1	AC + M 50 + AR PE-E 3	7
Fo.LM.3 Elemento f2 (Techo)	LM 300 mm	750,0	67,0	162,33	9,9	T.3.a	YL 15 + C [≥ 48]	0
F.4.1.a Elemento f3 (Pared)	RE + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	161,0	42,0	7,9508	2,8	TR.1.i	YL 15 + MW 48 + SP (300<ms350kg/m2)	8
F.4.1.a Elemento f4 (Pared)	RE + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	161,0	42,0	7,9508	2,8	TR.1.i	YL 15 + MW 48 + SP (300<ms350kg/m2)	8

Uniones de los Elementos Constructivos

REF	Tipo de unión	K_{Fl}	K_{Fd}	K_{Df}
T 0.3 Arista 1 (Unión Fachada-Suelo)	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,3	17,9	8,3
T 0.3 Arista 2 (Unión Fachada-Techo)	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,3	17,9	8,3
C 0.1 Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8,7	8,9	8,7
C 0.1 Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8,7	8,9	8,7



Proyecto		
Autor		
Fecha		
Referencia		

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles			L_d (dBA)	60		
Forma de fachada	Plano de Fachada			ΔL_{fs} (dB)	0		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	UVA 8-(12...20)-6						
Sección Flanco F1	UVA 8-(12...20)-6						
Sección Flanco F2	UVA 8-(12...20)-6						
Sección Flanco F3	UVA 8-(12...20)-6						
Sección Flanco F4	UVA 8-(12...20)-6						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m ²)	l_i (m)	m'_i (kg/m ²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)		
Sección Separador	31,9422	-	35	29	33	-	-
Sección Flanco F1	31,9422	11,49	35	29	33	-	-
Sección Flanco F2	31,9422	11,49	35	29	33	-	-
Sección Flanco F3	31,9422	2,78	35	29	33	-	-
Sección Flanco F4	31,9422	2,78	35	29	33	-	-

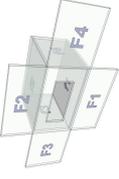
Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas			Volumen	400 m ³		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	UVA 8-(12...20)-6						
Suelo f1	LM 300 mm						
Techo f2	LM 300 mm						
Pared f3	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m ²)	l_i (m)	m'_i (kg/m ²)	R_A (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	ΔR_A (dBA)	
Sección Separador	31,9422	-	35	33	29	0	-
Suelo f1	162,33	11,49	750	67	-	7	-
Techo f2	162,33	11,49	750	67	-	0	-
Pared f3	41,7	2,78	156	42	-	8	-
Pared f4	41,7	2,78	156	42	-	8	-

Huecos en el separador					
Ventanas, puertas y lucernarios		S (m ²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	31,9422	30	34	-3
	Hueco 2	2	0	0	0
	Hueco 3	3	0	0	0
	Hueco 4	4	0	0	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	40
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	15,80	34,56	15,80
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	15,80	34,56	15,80
fachada - pared	Unión de elementos homogéneos y fachadas ligeras (orientación 2)	16,49	11,49	16,49
fachada - pared	Unión de elementos homogéneos y fachadas ligeras (orientación 2)	16,49	11,49	16,49

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	36	30	CUMPLE



Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas

Datos de Entrada

Sección de Fachada Directa

Superficie S_s (m²) **31,9422**

REF	Elemento constructivo base	m' (kg/m ²)	R_{Atr}	R_A	REF	Forma de la fachada	α_w	h_{lm}	ΔL_{is}	REF	Revestimiento Interior	$\Delta R_{d,A}$
F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	35,0	29,0	33,0	FF 1	Plano de Fachada	0	2,78	0	R.0.0	Sin Revestimiento	0

REF	S (m ²)	Ventanas/Capialzados	R_{Atr}	R_A	ΔR
V.30	31,9422	Ventana sencilla OSC/NP6-(6...16)-8	30	34	-3
V.00	2	Sin Ventana	0	0	0
V.00	3	Sin Ventana	0	0	0
V.00	4	Sin Ventana	0	0	0

S_0 (m ²)	$D_{n,sI,Atr}$ (dBA)
0	40
0	0
0	0

Transmisión Aérea Directa I $D_{n,e1,Atr}$
 Transmisión Aérea Directa II $D_{n,e2,Atr}$
 Transmisión Aérea Indirecta $D_{n,s,Atr}$

(aireadores con tratamiento acústico...)
 (aireadores sin tratamiento acústico)
 (techos suspendidos, conductos, pasillos...)

L_d (dBA)	Tipo de Ruido
60	Automóviles

$D_{2m,nT,Atr}$	Requisito CTE
36	30 CUMPLE

Secciones de Fachada de Flanco

REF	Elemento constructivo base	m' (kg/m ²)	$R_{i,Atr}$	S_i (m ²)	I_i (m ³)
Elemento F1 (Fachada)	F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	29,0	31,9422	11,49
Elemento F2 (Fachada)	F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	29,0	31,9422	11,49
Elemento F3 (Fachada)	F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	29,0	31,9422	2,78
Elemento F4 (Fachada)	F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	29,0	31,9422	2,78

Recinto Receptor

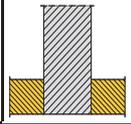
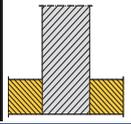
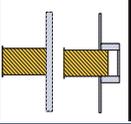
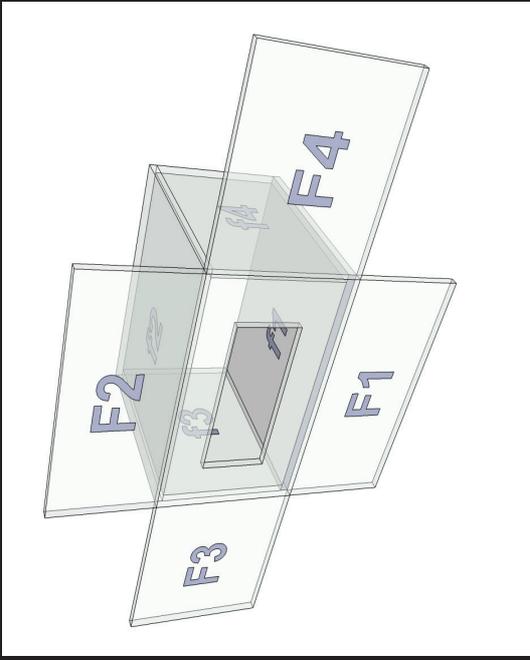
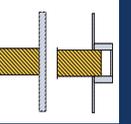
Volumen V_r (m³) **400**

Tipo de Recinto	Elemento constructivo base	m' (kg/m ²)	$R_{i,A}$	S_i (m ²)	I_i (m ³)	REF	Revestimiento	$\Delta R_{f,A}$
Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas								

Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	162,33	11,5	St.d.1	AC + M 50 + AR PE-E 3	7
---------------------	---------	-----------	-------	--------	------	--------	-----------------------	---

Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.3	L.M 300 mm	750,0	67,0	162,33	11,5	T.3.a	YL 15 + C [≥ 48]	0
Elemento f3 (Pared)	F.8.1.a	RE + CV + AT + LP 115 + EnI 15 (valores mínimos)	156,0	42,0	41,7	2,8	TR.1.i	YL 15 + MW 48 + SP (300<ms350kg/m2)	8
Elemento f4 (Pared)	F.8.1.a	RE + CV + AT + LP 115 + EnI 15 (valores mínimos)	156,0	42,0	41,7	2,8	TR.1.i	YL 15 + MW 48 + SP (300<ms350kg/m2)	8

Uniones de los Elementos Constructivos

REF	Tipo de unión	K_{F1}	K_{Fd}	K_{Df}				
T 0.3 Arista 1 (Unión Fachada-Suelo)	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	15,8	34,6	15,8			Vista en sección	
T 0.3 Arista 2 (Unión Fachada-Techo)	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	15,8	34,6	15,8			Vista en sección	
T 0.22 Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	Unión de elementos homogéneos y fachadas ligeras (orientación 2)	16,5	11,5	16,5			Vista en planta	
T 0.22 Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	Unión de elementos homogéneos y fachadas ligeras (orientación 2)	16,5	11,5	16,5			Vista en planta	



Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR Protección frente al ruido, del CTE.

v 2.0 Diciembre 2009

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.

Caso: Recintos adyacentes con 2 aristas comunes. Transmisión horizontal. Caso A

Proyecto		
Autor		
Fecha		
Referencia		

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	-	Volumen	451,5 m ³				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo F1	LM 300 mm						
Techo F2	LM 300 mm						
Pared F3	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	35,71	-	127	40	-	15	-
Suelo F1	162,33	12,84	750	67	63	7	16
Techo F2	162,33	12,84	750	67	63	0	0
Pared F3	37,5	2,78	156	42	-	-	-
Pared F4	37,5	2,78	156	42	-	-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Otros recintos(*)						
Tipo de recinto como receptor	Habitable	Volumen	71,28 m ³				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo f1	LM 300 mm						
Techo f2	LM 300 mm						
Pared f3	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	35,71	-	127	40	-	42	-
Suelo f1	25,45	12,84	750	67	63	7	16
Techo f2	25,45	12,84	750	67	63	0	0
Pared f3	8	2,78	127	40	-	42	-
Pared f4	8,26	2,78	127	40	-	42	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m ²)	7,73
	índice de reducción	R _A (dBA)	30
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D _{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D _{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos adyacentes con 2 aristas comunes. Transmisión horizontal. Caso A

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	-1,78	9,09	9,09
separador - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	-1,78	9,09	9,09
separador - pared	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,75	5,75	7,00
separador - pared	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,75	5,75	7,00

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	35	-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	27	-	

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	43	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	28	65	CUMPLE



Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo entre recintos interiores. Recintos Adyacentes con 2 aristas comunes. Caso A.

Datos de Entrada

Elemento Separador

Superficie S_s (m²) **35,71**

REF	Elemento constructivo base	m'_1 (kg/m ²)	$R_{i,A}$	REF	Revestimiento Recinto 1	$\Delta R_{D,A}$	REF	Revestimiento Recinto 2	$\Delta R_{d,A}$
P.1.3.a	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)	127,0	40,0	TR.1.c	YL 15 + MW 48 + SP (100$m \leq 140$kg/m ²)	15	TR.1.d	RF + YL 15 + MW 48 + SP (100$m \leq 140$kg/m ²)	42

S (m ²)	R_A
7,73	30

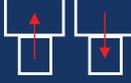
Ventanas, puertas y lucernarios

Transmisión Aérea $D_{n,a,i,A}$

indirecta

$D_{n,e,A}$	$D_{n,s,A}$

$D_{n,T,A}$	Requisito CTE	$L'_{n,T,W}$	Requisito CTE
35	-	27	-
43	50	28	65



Recinto 1

Tipo de recinto como emisor	Tipo de recinto como receptor
Unidad de uso	Protegido

Volumen V_1 (m³) **451,5**

REF	Elemento constructivo base	m (kg/m ²)	R_A	$L_{n,W}$	S_i (m ²)	l_i (m)	Como flanco		REF	Revestimiento	$\Delta R_{F,A}$	ΔL_w
							m'_F (kg/m ²)	$R_{F,A}$				
Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	63,0	162,33	12,84	750,0	67,0	S1.d.1	AC + M 50 + AR PE-E 3	7	16
Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	63,0	162,33	12,84	750,0	67,0	T.3.a	YL 15 + C [≥ 48]	0	0
F.8.1.a	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	156,0	42,0	-	37,5	2,78	156,0	42,0		solución conjunta	-	-
F.8.1.a	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	156,0	42,0	-	37,5	2,78	156,0	42,0		solución conjunta	-	-

Recinto 2

Tipo de recinto como emisor	Tipo de recinto como receptor
Otros recintos(*)	

Volumen V_2 (m³) **71,28**

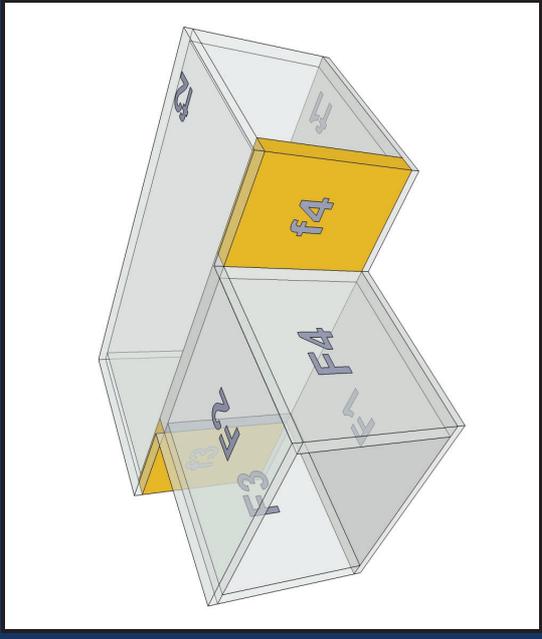
(*) no pertenecientes a la unidad de uso, que no sean de instalaciones o de actividad

REF	Elemento constructivo base	m'_1 (kg/m ²)	$R_{i,A}$	$L_{n,W}$	S_i (m ²)	l_i (m ²)	REF	Revestimiento	$\Delta R_{F,A}$	ΔL_w
Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	63,0	25,45	12,8	S1.d.1	AC + M 50 + AR PE-E 3	7	16

Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	63,0	25,45	12,8	T.3.a	YL 15 + C [≥ 48]	0	0	0
Elemento f3 (Pared)	P.1.3.a	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)				8	2,8	TR.1.d	RF + YL 15 + MW 48 + SP (100 < m ≤ 140 kg/m ²)	42	-	-
Elemento f4 (Pared)	P.1.3.a	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)				8,26	2,8	TR.1.d	RF + YL 15 + MW 48 + SP (100 < m ≤ 140 kg/m ²)	42	-	-

Uniones de los elementos constructivos

REF	Tipo de unión	K _{Ff}	K _{Fd}	K _{Df}
Arista 1 (Unión Elemento-Suelo) T 0.2	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	-1,8	9,1	9,1
Arista 2 (Unión Elemento-Techo) T 0.1	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	-1,8	9,1	9,1
Arista 3 (Unión Elemento-Pared) T 0.40	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,7	5,7	7,0
Arista 4 (Unión Elemento-Pared) T 0.40	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,7	5,7	7,0



Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR Protección frente al ruido, del CTE.

v 2.0 Diciembre 2009

Bibliografía.

- 1-**UNE-EN ISO 140- 4:1999. Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales.
 - 2-** UNE-EN ISO 140- 5:1999. Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Medición in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas.
 - 3-**UNE-EN ISO 140- 7:1999. Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Medición in situ del aislamiento acústico de suelos a ruido de impacto.
 - 4-** UNE-EN ISO 717-1:1997. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1.
 - 5-** UNE-EN ISO 717-2:1997. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2.
 - 6-** UNE-EN ISO 3382-2. Medición de parámetros acústicos en recintos.
 - 7-**CTE-DB-HR.Proteccion frente al ruido.
 - 8-**SANCHO VENDRELL, Francisco Javier – LLINARES GALIANA, Jaime – LLOPIS REYNA, Ana, *Acústica arquitectónica y urbanística*, Valencia, Servicio de Publicaciones de la UPV, 1996. (PAGINAS 221-228).
 - 9-**RECUERDO LÓPEZ, Manuel – GIL GONZALEZ, Constantino, *Acústica arquitectónica*, Madrid, Artes Gráficas Benzal, 1993.
 - 10-**RECUERDO LÓPEZ, Manuel, *Ingeniería acústica*, Móstoles -Madrid, Unigraf, 1999.
 - 11-**RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Francisco Javier – DE LA PUENTE CRESPO, Javier, *guía acústica de la construcción*, Madrid, Editoriales Dossat, 2006.
 - 12-**MANUAL DE NORMAS UNE. *Acústica en la edificación*, Madrid,2002.
 - 13-** ARAU, Higinio , *ABC de la Acústica Arquitectónica*, Barcelona, Grupo editorial Ceac S.A,1999. (PAGINAS 197-211).
- <http://acusticarquitectonicaymedioambiental.blogspot.com/2009/03/materialesabsorbentes.html>.
- http://www.isover.net/asesoria/manuales/edificacion/Acustica_absorbentes.pdf
- http://www.acusticaintegral.com/absorbentes_acusticos_index.htm