
Estudio del estado actual y propuesta de intervención acústica del edificio de la Sociedad Musical de San Antonio de Benageber

11 de septiembre de 2014



AUTOR:

MARINA ANDRÉS ANGLÉS

TUTORES ACADÉMICOS:

Vicente Gómez Lozano. Departamento de Física Aplicada.

Salvadora Reig García San Pedro. Departamento de Física Aplicada



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

Resumen

La tesina trata sobre el acondicionamiento acústico de un edificio destinado al ensayo de la Sociedad Musical de San Antonio de Benageber. A partir de los planos realizados en AutoCad se han señalado unos puntos concretos y posteriormente, calculado con los aparatos de medición pertinentes, los parámetros acústicos de varias aulas y sala de ensayo. Del mismo modo, atendiendo a dichos parámetros obtenidos tras su estudio, se ha propuesto una mejora para el acondicionamiento acústico del mismo.

Palabras clave:

- **Acondicionamiento Acústico, “Dirac 3.0”, Edificación, Etsie, Parámetros de calidad acústica.**
- **Acoustics conditioning, “Dirac 3.0”, Edification, Etsie, Acoustic quality parameters.**

Agradecimientos

El presente proyecto no habría sido posible sin:
La colaboración de la Sociedad Musical de San Antonio de Benageber, que me ha brindado la total
disposición del recinto para mi proyecto y ha colaborado en las encuestas.
Cabe destacar la importancia del departamento de física aplicada de la UPV, por prestarme el material
necesario para realizar las mediciones.
Agradecer a mi familia y a todas aquellas personas que han participado en este proyecto, por su ayuda,
paciencia y apoyo incondicional.

Índice

Resumen	1
Palabras clave	1
Agradecimientos	2
ÍNDICE	3
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Objeto del proyecto	6
1.2 Situación y entorno	7
1.3 Descripción general.....	11
1.3.1 Características generales.....	11
1.3.2 Características particulares.....	14
1.3.3 Fotografías del recinto.....	15
2 ESTUDIO PREVIO	
2.1 Encuestas.....	18
3 CONCEPTOS ACÚSTICA	
3.1 Conceptos de Acústica.....	22
4 MEDICIONES "IN SITU"	
4.1 Instrumentos utilizados.....	29
4.2 Mediciones de aislamiento.....	32
4.3 Medición del tiempo de reverberación.....	40
4.4 Medición ruido de fondo.....	47
5 ANÁLISIS DE MEDICIONES Y PARÁMETROS DE CALIDAD	
5.1 Aislamiento.....	50
5.2 Parámetros de calidad.....	60
5.2.1 Tiempo de reverberación.....	60
5.2.1.1 Early Decay Time (EDT).....	60
5.2.1.2 Tiempo de reverberación Tr10.....	66
5.2.1.3 Tiempo de reverberación Tr20.....	71
5.2.1.4 Tiempo de reverberación Tr30.....	77

5.2.1.5 Grado de reverberación.....	82
5.2.2 Ruido de fondo.....	87
5.2.3 Brillo y calidez.....	93
5.2.4 Rasti.....	94
5.2.5 Claridad C80.....	95
5.2.6 Definición D50.....	99
6 SIMULACIÓN ACÚSTICA DEL ESTADO ACTUAL	
6.1 Simulación mediante software.....	104
6.2 Interpretación de datos obtenidos.....	105
7 FICHAS CUMPLIMIENTO CTE.....	108
8 PROPUESTA DE MEJORA	
8.1Propuestas planteadas.....	116
8.2 Fichas de verificación de cumplimiento del CTE.....	118
9 VALORACIÓN ECONÓMICA	
9.1 Presupuesto por capítulos.....	126
9.2 Resumen de presupuestos.....	128
10 CONCLUSIÓN TFG.....	130
11 BIBLIOGRAFÍA.....	132
12 ANEXOS	
Anexo I.....	134
Anexo II.....	143
Anexo III.....	146

1 Introducción

1.1 Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto, se basa en un estudio de las diferentes salas de la Sociedad Musical de San Antonio de Benageber, en busca de mejoras en el acondicionamiento acústico de las instalaciones.

Como familiar de un miembro de la Sociedad musical soy conocedora del desagrado que manifiestan sus usuarios respecto a la acústica de las salas.

Al contactar con la organización y administración del centro me informan que en su origen el edificio se creó para albergar la comunidad de regantes San Antonio Pla del Pou y tras un cambio de uso el ayuntamiento lo cedió a la Sociedad Musical municipal para acoger las actividades que le son propias, dado que no tenían local propio y ensayaban en un aula del colegio público.

Como la acústica del recinto no era la adecuada para los fines inherentes a los usos básicos de la sociedad musical se realizó una mínima adecuación del edificio, aunque no fue suficiente.

Este cambio de uso influyó en la acústica del recinto ya que, dependiendo del uso, los parámetros de calidad varían y más teniendo en cuenta que se destina para un uso musical, donde la acústica es un factor muy importante.

Este edificio data del año 1952, en un principio se destinó para acoger a los miembros de la comunidad de regantes del Pla del Pou, pero fue en el año 2006 cuando la Sociedad musical pasó a ocupar este edificio.

El objetivo del estudio es realizar una medición “in situ” con los aparatos que nos proporciona el laboratorio de física aplicada de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia. Con este estudio se conseguirán un conjunto de valores y parámetros, que se interpretarán para definir el comportamiento acústico de la salas.

Por ello debemos analizar en profundidad los parámetros acústicos que caracterizan la construcción. Con estos datos podremos presentar una solución que combine los diferentes usos que albergan las salas de forma que la acústica se adapte a las necesidades y a sus fines.

Finalmente elaboraremos una propuesta de mejora de las instalaciones incluyendo en la misma un presupuesto económico-material lo más ajustado posible por si alguna vez hiciese alguna modificación.

1.2 Situación y entorno

El edificio se encuentra ubicado en la calle Nieva 4, en la localidad de San Antonio de Benagéber, provincia de Valencia.

Éste se sitúa en pleno núcleo urbano, teniendo en la parte posterior y izquierda un almacén de suministros y en los alrededores encontramos viviendas residenciales.

Al estar en el mismo centro resulta muy accesible para las personas del pueblo que van a estudiar música al edificio.

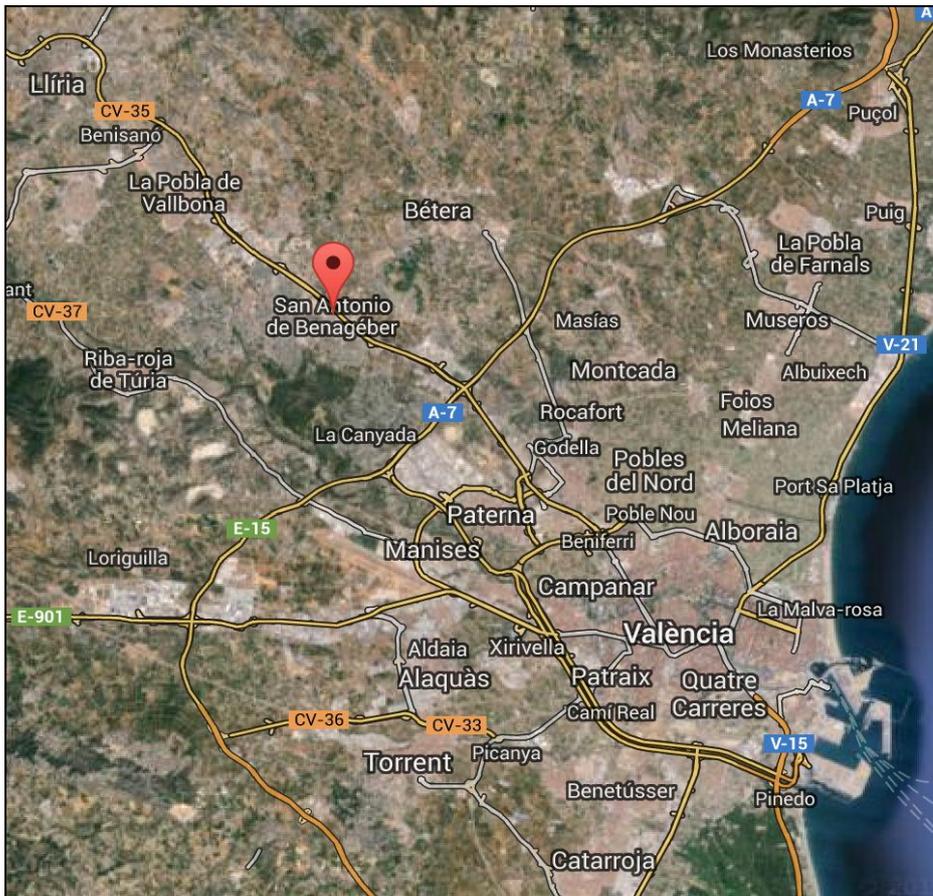


Figura 1. Situación general. Google maps.

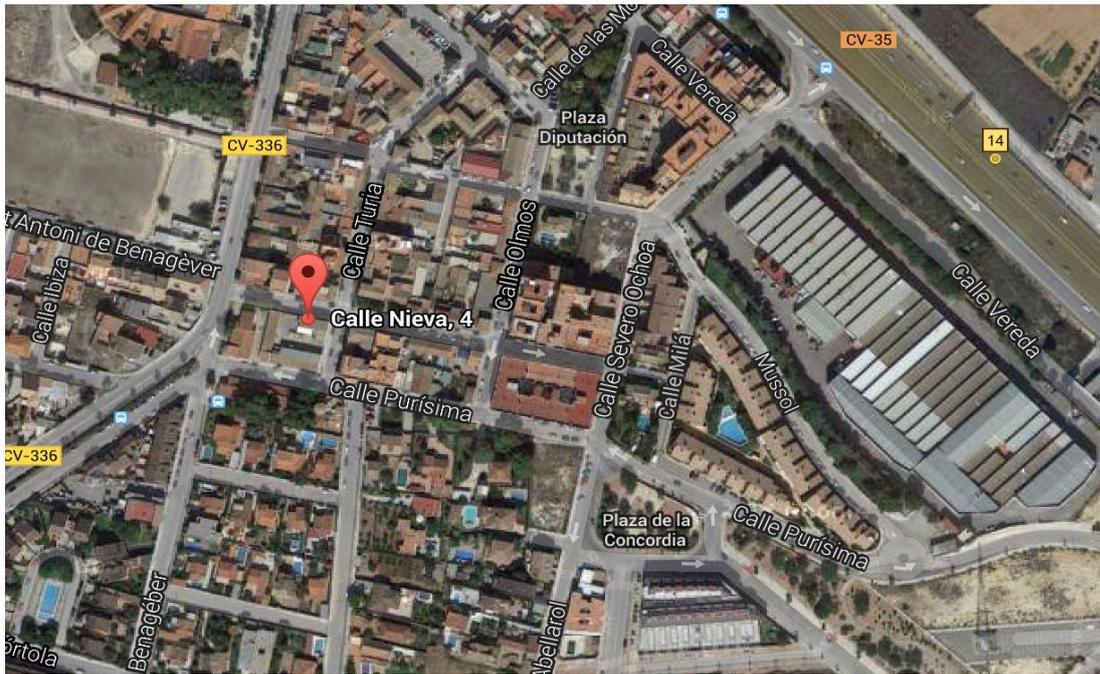


Figura 2. Situación concreta. Google maps

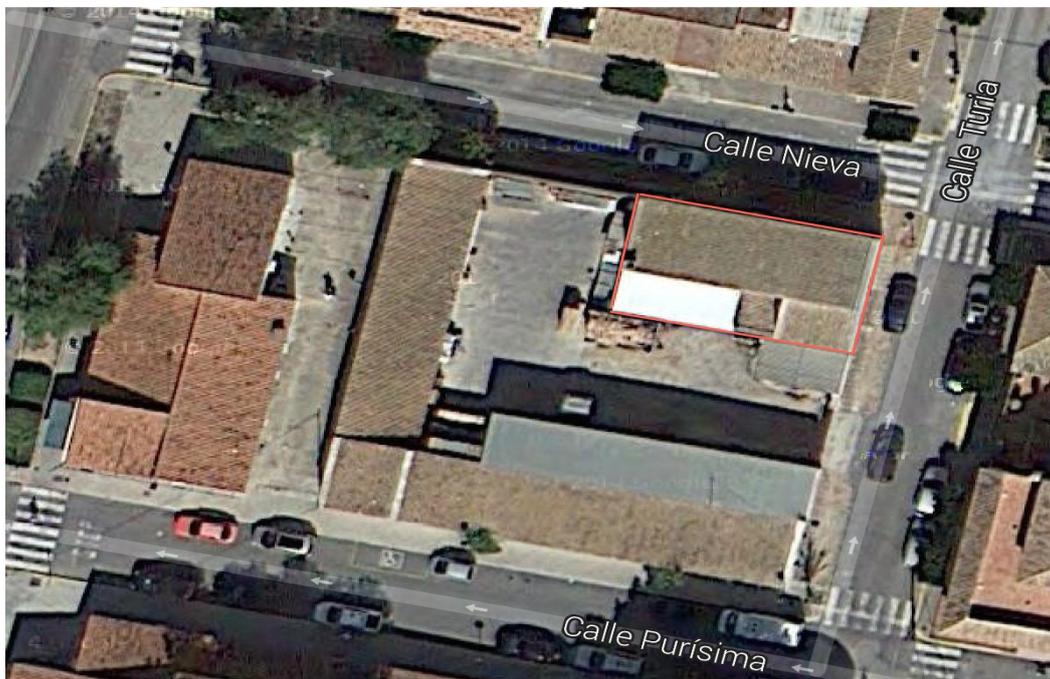


Figura 3. Situación exacta. Google maps.



Figura 4. Fachada principal. Google maps.



Figura 5. Fachada lateral.

Según los datos obtenidos de la ficha catastral, el Local fue construido en el año 1952, y el mismo está destinado a uso industrial teniendo una superficie total 521 m² correspondientes a la Planta Baja. De los cuales la zona descubierta pertenece al almacén y el resto, que es la zona edificada pertenece a la Sociedad musical.

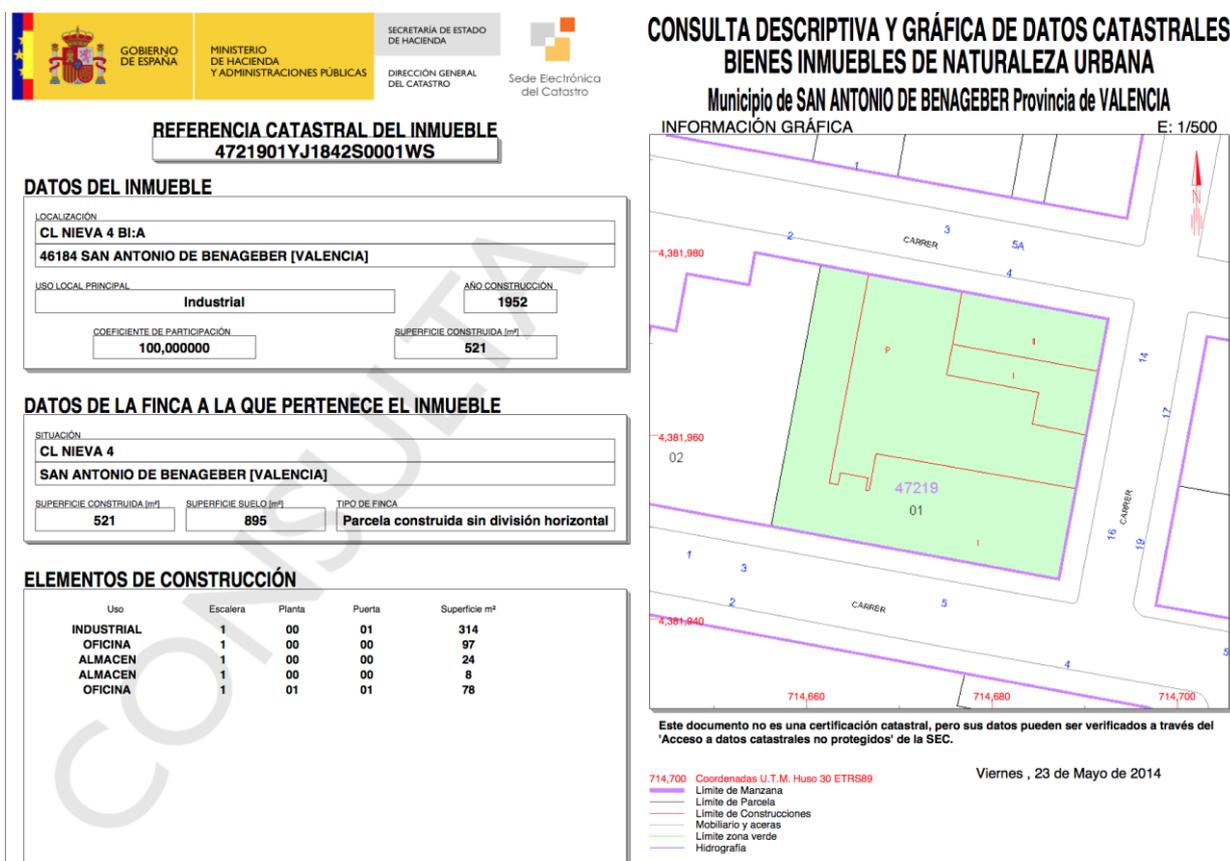


Figura 6. Ficha catastral. Web catastro.

1.3 Descripción general

1.3.1 Características generales

El edificio está formado por dos plantas, planta baja y planta primera. En la planta baja es donde se imparten las clases de solfeo durante el año y en la planta primera es donde la banda municipal de música realiza sus ensayos.

En la planta baja, al entrar en el edificio nos encontramos con un hall donde está la recepción, un baño y el despacho de la directiva de la sociedad musical (dicho despacho era anteriormente una cocina y aún figura mobiliario que no se ha modificado). Una vez atravesamos el hall entramos en una sala grande que a su vez comunica a dos salas más pequeñas, en estos tres habitáculos se imparten clases particulares de uso de instrumentos y clases grupales de solfeo.

Las escaleras que comunican ambas alturas y acaban en la primera planta abriendo espacio a un pequeño distribuidor que acomoda a su derecha los baños, al frente un almacén (el cual no es accesible para la sociedad musical porque sigue perteneciendo a la Comunidad de regantes) a la izquierda se accede a una sala diáfana donde están todos los instrumentos acomodados y las sillas, es aquí donde la banda ensaya semanalmente durante todo el año.

CUADRO DE SUPERFICIES		
Dependencia		Sup. construida(m ²)
Planta baja	Hall de entrada	23,07
	Baño	5,29
	Despacho	7,43
	Sala grande	38,61
	Aula mediana	14,08
	Aula pequeña	8,16
Planta 1ª	Distribuidor	3,16
	Sala ensayo	54,21
	Baño	8,24
	Almacén	14,30
	Escalera	6,16
TOTAL		182,71

Tabla 1. Cuadro superficies.

A continuación, se incluyen las plantas de distribución realizadas en AutoCAD tras su medición.

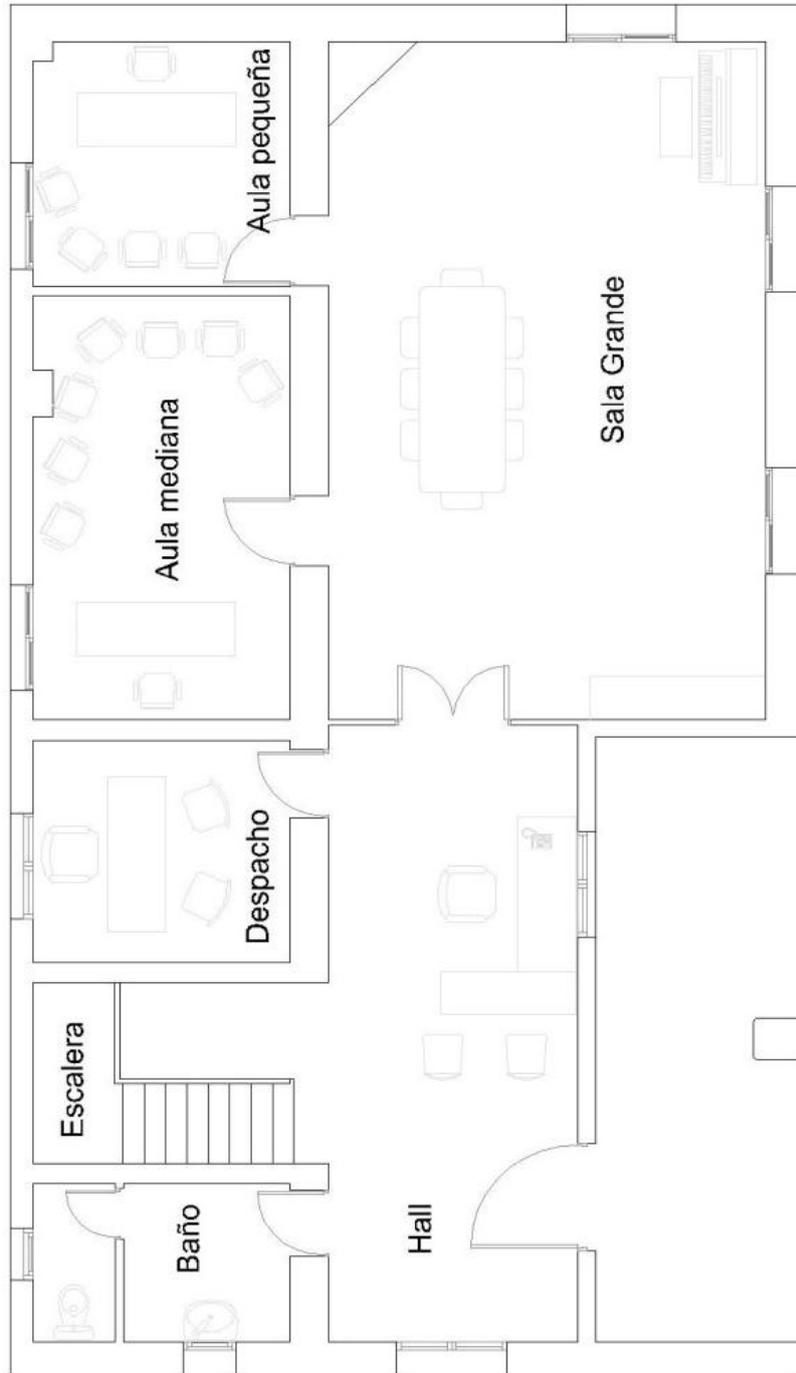


Figura 7. Distribución planta baja.

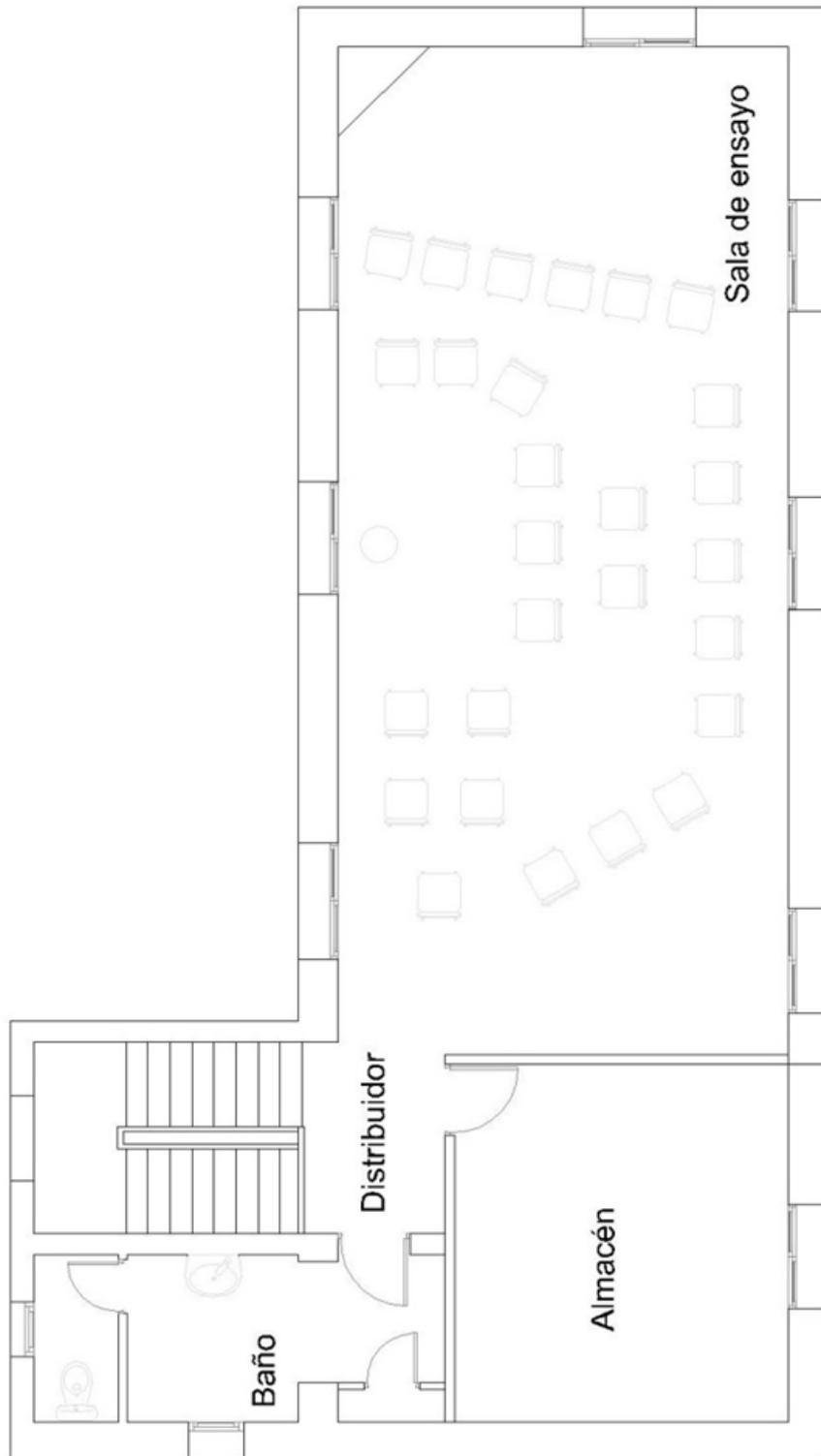


Figura 8. Distribución planta primera.

1.3.2 Características particulares

- **Pared medianera entre aulas**

Formada por ladrillo hueco doble de 33x16x7cm rejuntado con mortero de cemento (1:6), junta de aproximadamente 1cm. Enlucido de yeso de 1,5cm de espesor y acabado de pintura lisa

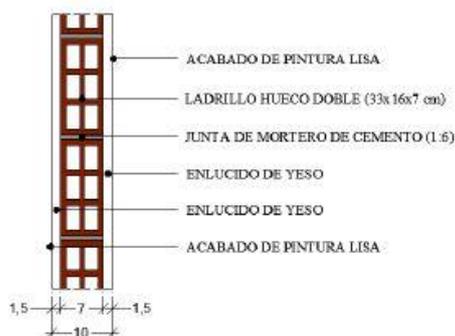


Figura 9. Pared medianera entre aulas.

- **Pared exterior fachada**

Debido a la falta de documentación al respecto y a la imposibilidad de realizar catas que nos suministrasen dicha información. Nos hemos remontado a la historia de la edificación en Valencia en los años 50.

Formada por piedras de gran formato de mampostería enfoscadas en su cara exterior, una cámara de aire y ladrillo hueco doble de 33x16x7 cm rejuntado con mortero de cemento, junta aproximada de 1 cm. y interior de enlucido de yeso acabado liso y pintado.

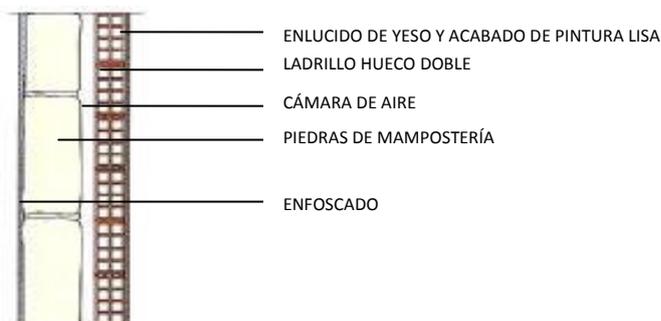


Figura 10. Pared exterior fachada.

- **Techo**

El techo con cámara de aire, está realizado con placas de yeso laminado suspendido mediante tirantes metálicos y en su parte interior hay aislamiento de lana de roca de 30mm.

- **Suelo**

El pavimento está realizado con panelado de madera sobre una lámina anti impacto y éste colocado sobre el antiguo pavimento de terrazo.

1.3.3 Fotografías del recinto



Figura 11. hall, puerta baño y escaleras



Figura 12. Recepción, puerta despacho y puerta de acceso a sala grande.



Figura 13. Sala Grande.



Figura 14. Aula mediana.



Figura 15. Aula pequeña.



Figura 16. Sala de ensayo de la Banda.



Figura 17. Sala de ensayo de la Banda (2).



Figura 18. Escaleras.

2 Estudio previo

2.1 Encuestas

Para conocer la opinión de los usuarios acerca de la calidad del sonido de las diferentes salas y poder realizar un estudio previo de forma subjetiva, hemos realizado encuestas a 21 miembros de la Banda de la sociedad musical San Antonio de Benageber. De ellos 12 son mayores de 18 años y 9 menores de edad.

MUESTRA DE LA ENCUESTA

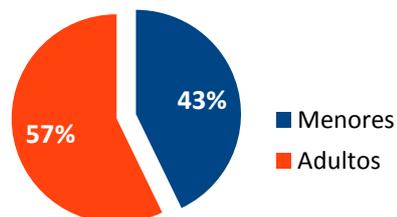


Figura 19. Gráfico del rango de edad de los encuestados.

Como muestra la figura 18, de los 21 miembros, más de $\frac{3}{4}$ partes tienen más de 6 años de experiencia musical, lo que avala su criterio musical subjetivo.

EXPERIENCIA MUSICAL

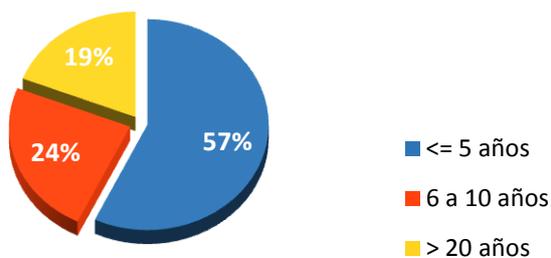


Figura 20. Gráfico de experiencia musical adquirida.

A la pregunta de si perciben con la misma intensidad todos los instrumentos, responden que la percepción es mala en un 57 %.

PERCEPCIÓN ACÚSTICA

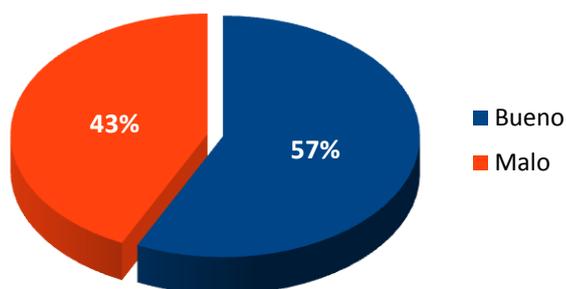


Figura 21. Gráfico de percepción acústica general en sala de ensayo de la Banda.

Hemos querido conocer, según el lugar que ocupan en la sala, como le llegan (con más o menos intensidad) los sonidos de los diferentes instrumentos.

En el dibujo siguiente, figura 21, señalamos las zonas en la que hemos dividido la sala.

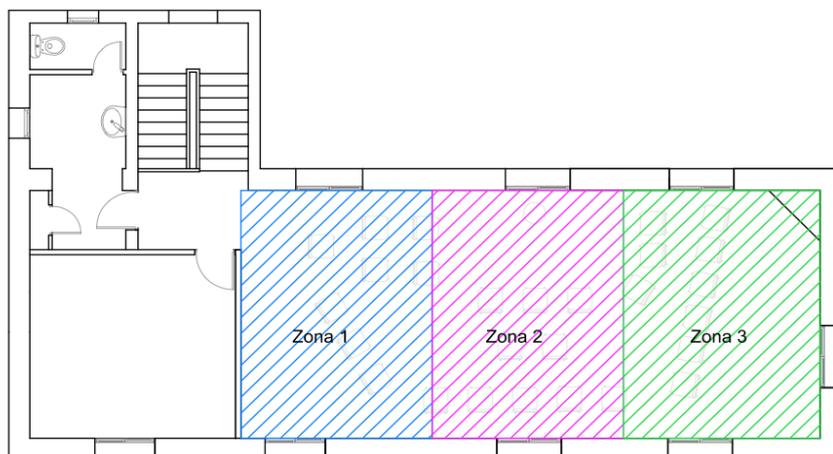


Figura 22. Dibujo de diferenciación de zonas.

Como muestra la figura 22, la zona 3 con un 75%, son los músicos que con menos claridad perciben los diferentes instrumentos durante los ensayos, a diferencia de la zona 2 que las opiniones se equilibran con un 50%.

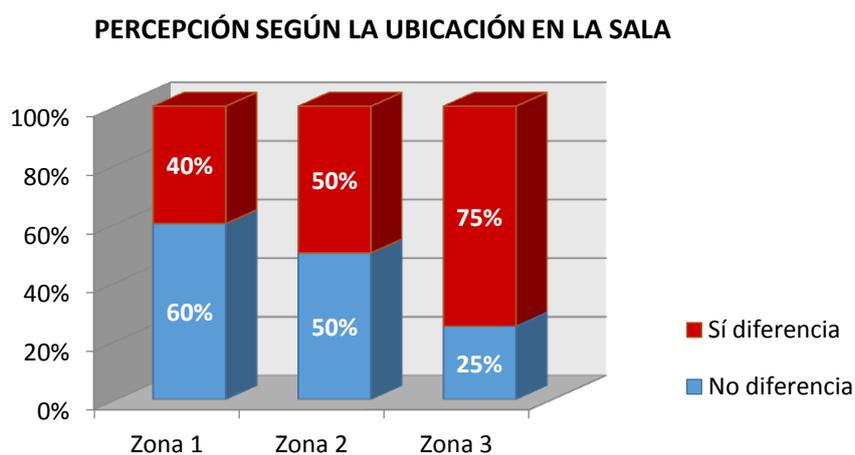


Figura 23. Gráfico de percepción de los diferentes instrumentos según situación.

En esta última pregunta hemos considerado valorar la opinión que tienen los músicos de la sala para los ensayos



Figura 24. Gráfico de calidad de la sala.

Como vemos reflejado en la figura 23, un 62 % la califican de inapropiada por distintas razones, como son el tamaño pequeño respecto al volumen de músicos que hay y sobre todo por la mala calidad acústica que tiene, con ecos y reverberación.

3 Conceptos acústica

3.1 Conceptos de Acústica

A continuación, se definirán algunos de los parámetros clave utilizados para la realización del estudio.

Definición de sonido

Un sonido es una sensación que se genera en el oído a partir de las vibraciones de las cosas. Estas vibraciones se transmiten por el aire u otro medio elástico.

Para la física, el sonido implica un fenómeno vinculado a la difusión de una onda de características elásticas que produce una vibración en un cuerpo, aun cuando estas ondas no se escuchen.

El sonido audible para los seres humanos está formado por las variaciones que se producen en la presión del aire, que el oído convierte en ondas mecánicas para que el cerebro pueda percibir las y procesarlas.

Al propagarse, el sonido transporta energía pero no materia. Las vibraciones se generan en idéntico rumbo en el que se difunde el sonido: puede hablarse, por lo tanto, de ondas longitudinales.

Definición de ruido

Cuando el sonido no es agradable, se llama ruido, y puede producir por su intensidad o prolongación temporal, contaminación acústica o sonora. No posee armonía ni cadencia, no es una manifestación artística sino indeseable.

Acondicionamiento acústico

Se entiende por acondicionamiento acústico a la definición del volumen, las formas y los revestimientos de las superficies interiores de un recinto con objeto de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas según el tipo de actividad, o actividades, a realizar.

Aislamiento acústico

Se refiere a la definición de las soluciones constructivas necesarias para conseguir una correcta atenuación en la transmisión de ruido y vibraciones entre espacios diferenciados (normalmente, entre la sala objeto de diseño y el resto de espacios del recinto, o bien, el exterior). Dicho ruido puede proceder de salas contiguas, puede ser debido a la maquinaria de climatización, al conjunto de instalaciones eléctricas y/o hidráulicas, o bien, puede provenir del exterior del recinto (tráfico rodado, tráfico aéreo, ruido de la lluvia...). Las soluciones de aislamiento acústico planteadas tienen que garantizar el cumplimiento del Documento Básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación (CTE), en aquellos casos que sea de aplicación.

Eco

El eco es un fenómeno acústico producido cuando una onda se refleja y regresa hacia su emisor. En el caso del oído humano, para que sea percibido es necesario que el eco supere la persistencia acústica, en caso contrario el cerebro interpreta el sonido emitido y el reflejado como un mismo sonido.

Absorción acústica

Coefficiente adimensional empleado para evaluar las propiedades de absorción de un material, que expresa la relación entre la energía absorbida (Ea) y la energía incidente (Ei) por unidad de superficie:

$$\alpha = \frac{Ea}{Ei}$$

Sus valores se encuentran comprendidos entre 0 y 1, lo cual representa nula absorción o una gran absorción respectivamente. Además, para un mismo material, el coeficiente de absorción acústica varía en función de la frecuencia del sonido incidente. Los materiales de obra típicos poseen valores de absorción bajos, y los materiales porosos valores de absorción elevados que se incrementan con la frecuencia.

Frecuencia (f)

Es el número de pulsaciones que una onda acústica senoidal experimenta en un segundo. Su unidad es el hercio (Hz).

Bandas de octava y de tercio de octava

Una octava es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior. Un tercio de octava es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada f_1 y una frecuencia f_2 relacionadas por la expresión $(f_2/f_1)^3=2$. Las frecuencias centrales de las bandas de octava normalizadas son 31, 62, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 y 16000 Hz, aunque en edificación los suelen abarcar el intervalo comprendido entre las frecuencias de 100 a 5000Hz.

Decibelio (dB)

Es la unidad de la escala de medida empleada para la cuantificación del sonido, la cual se establece a partir de una expresión matemática basada en la noción del logaritmo decimal que relaciona la magnitud que se pretende cuantificar (presión, potencia o intensidad acústica) con una referencia correspondiente al límite de sensibilidad humana respecto a tal magnitud:

$$L \text{ (dB)} = 10 \lg \frac{M}{M_0}, \text{ donde:}$$

L = Representa el nivel de la magnitud cuantificada, en dB.

M = Representa la magnitud que se desea cuantificar (en sus unidades naturales).

M_0 = Valor de referencia de la magnitud (en sus unidades naturales).

Decibelio A

Resultado de emplear la escala de ponderación A en una medida acústica. Dicha escala atenúa de modo importante los sonidos de baja frecuencia, no modifica la medida del sonido alrededor de los 1000 Hz y aumenta algo la medición de los sonidos comprendidos entre

2000 y 4000Hz. Así se caracteriza la reacción humana frente a los ruidos complejos y se imita la sensación de la molestia que estos originan. Los decibelios se denominan entonces decibelios A.

Ruido rosa

El ruido que tiene un espectro continuo de frecuencia y una potencia constante dentro de una anchura de banda proporcional a la frecuencia central de la banda.

Ruido blanco

Un sonido cuya densidad de potencia espectral es esencialmente independiente de la frecuencia.

(El ruido blanco no tiene por qué ser ruido aleatorio.)

Potencia acústica

Cantidad de energía sonora emitida (o radiada) por una determinada fuente sonora. Su valor no depende del punto del espacio donde se mida ni de las condiciones del recinto en el que se localiza el foco sonoro, y es intrínseca o característica de dicha fuente sonora. Se expresa en vatios (W).

Presión acústica

Representa el incremento de presión respecto a la presión atmosférica debido a la presencia de la onda acústica; es dependiente de la distancia a la fuente y de las condiciones del lugar en donde ésta se encuentre (en campo abierto, sin obstáculos o en un recinto cerrado). Se expresa en pascales (Pa) o N/m^2 .

Nivel de potencia acústica (L_w)

Se define mediante la expresión:

$$L_w (dB) = 10 \lg \frac{W}{W_0}, \text{ donde:}$$

L_w = Representa el nivel de potencia sonora (potencia expresada en dB).

W = Representa la potencia acústica que se desea cuantificar.

W_0 = Representa la potencia de referencia, que corresponde al límite de sensibilidad humana a 1000 Hz ($10^{-12}W$).

Nivel de presión sonora o presión acústica (L_p)

Se define mediante la expresión:

$$L_p (dB) = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \text{ donde:}$$

L_p = Representa el nivel de presión acústica, expresado en dB.

p = Representa la presión acústica que se desea cuantificar.

p_0 = representa la presión de referencia, que corresponde al límite de sensibilidad humana a 1000 Hz ($2 \cdot 10^{-5} N/m^2$).



Tiempo de reverberación (T_r)

El tiempo de reverberación de un recinto se define como el tiempo que transcurre desde que cesa una fuente sonora hasta que la energía sonora contenida en el mismo disminuye a una millonésima parte de la original.

Esto es equivalente a decir que es el tiempo que el nivel de presión sonora tarda en disminuir 60 dB. Puede calcularse mediante la *fórmula de Sabine*:

$$T_r = 0,16V/A, \text{ donde:}$$

V = es el volumen de la sala en m³.

A = es la absorción de la sala en m².

Brillo (Br)

Es la relación entre los tiempos de reverberación de las altas frecuencias (2 y 4 KHz) y de las frecuencias medias (500 y 1000 Hz).

$$Br = \frac{RT(125) + RT(250)}{RT(500) + RT(1K)}$$

Representa la riqueza en bajas frecuencias (sonidos graves) de una sala, lo que es indicativo de la sensación subjetiva de calidez y suavidad de la música escuchada en ella.

Durante la fase de diseño se deberá tener especial cuidado con los materiales usados, a fin de evitar coeficientes de absorción altos en bajas frecuencias, que reducirían la calidez acústica.

Así, según *Beranek*, los valores recomendados para una sala ocupada, dependen del TR_{mid} óptimo:

$$TR_{mid} = 1,8 \text{ segundos} \rightarrow 1,10 \leq BR \leq 1,45$$

$$TR_{mid} = 2,2 \text{ segundos} \rightarrow 1,10 \leq BR \leq 1,25$$

Para los valores de TR_{mid} intermedios, el valor de BR se obtiene por interpolación de los anteriores.

Definición (d_{50})

Se denomina así a la proporción de energía que llega durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo (este incluido) respecto a la energía total recibida:

$$D = \frac{\text{Energía } t_0-50ms}{\text{Energía } t_0-\infty}$$

Esta relación fue definida por el alemán *Thiele* como "Deutlichkeit" y se utiliza exclusivamente para salas destinadas a la palabra.

Su valor depende de la posición del oyente respecto a la fuente sonora, disminuyendo al aumentar la distancia a la misma. Esto se debe a que alejándose de la fuente aumenta el nivel del campo reverberante y, como consecuencia, la proporción de energía de las primeras reflexiones disminuye.

En cualquier caso, para un correcto diseño de una sala destinada a la palabra, deberá cumplirse que, cuando la sala está ocupada, el valor de D sea lo más uniforme posible para cualquier posición del oyente y que, para cada banda de frecuencias, supere los 0.5 dB.

STI

Significa "*Speech Transmission Index*" y fue definido por *Houtgast* y *Steeneken* en la primera mitad de la década de los 70. Puede tomar valores comprendidos entre 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima).

EDT

Significa "*Early Decay Time*" y se calcula multiplicando por seis, el tiempo que transcurre en caer 10 dB el nivel de presión sonora, desde que la fuente deja de emitir. Es un parámetro muy relacionado con TR, con la salvedad de que EDT mide la reverberación percibida (subjetiva) y TR la reverberación real (objetiva). Por este motivo, para determinar el grado de viveza de una sala es más fiable guiarse por el valor de EDT.

Al igual que para el tiempo de reverberación, existen valores recomendados para EDT. Así, para asegurar una correcta difusión del sonido se aconseja que la media aritmética de EDT en las frecuencias de 500 Hz y 1 KHz con la sala vacía, denominada EDTmid, sea lo más similar posible a los valores recomendados para TRmid.

Claridad (c80)

El parámetro C80 se define como el cociente entre la energía sonora recibida durante los primeros 80 ms después de recibir el sonido directo (este incluido) y la energía que llega después de esos 80 ms. Se expresa en dB:

$$C80 (dB) = \frac{\text{Energía } t0-80ms}{\text{Energía } 80ms-\infty}, \text{ donde:}$$

$t0$ = representa el instante de tiempo en el que llega el sonido directo.

Para la sala ocupada, L.G.Marshall, aconseja el siguiente margen de valores: $-2 \leq C80 \leq 2$ dB

Diferencia de niveles (d)

Es la diferencia, en decibelios, del promedio espacio-temporal de los niveles de presión sonora producidos en los dos recintos por una o varias fuentes de ruido situadas en uno de ellos:

$$D=L1-L2, \text{ donde:}$$

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

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

Diferencia de niveles normalizada (dn)

Es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un área de absorción de referencia en el recinto receptor:



$$D_n = D - 10 \lg \frac{A}{A_0} \text{ dB, donde:}$$

D = es la diferencia de niveles, en decibelios.

A = es el área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, en m^2 .

A₀ = es el área de absorción de referencia, en m^2 (para recintos en viviendas o recintos de tamaño comparable: A₀=10 m²).

Diferencia de niveles estandarizada (dnt)

Es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el recinto receptor:

$$D_{nt} = D + 10 \lg \frac{T}{T_0} \text{ dB, donde:}$$

D = es la diferencia de niveles

T = es el tiempo de reverberación en el recinto receptor;

T₀ = es el tiempo de reverberación de referencia; para viviendas, T₀=0,5 s.

Nivel medio de presión sonora en un recinto (l)

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente entre el promedio espacio-temporal de los cuadrados de las presiones sonoras y el cuadrado de la presión sonora de referencia, tomándose el promedio espacial en todo el recinto, con excepción de las zonas en las que la radiación directa de la fuente o el campo próximo de las paredes, el techo, etc., tienen una influencia significativa; se expresa en decibelios.



4 Mediciones “in situ”

4.1 Instrumentos utilizados

- **Sonómetro integrador con bandas de octava**

El sonómetro utilizado es el 2238 Mediator de la casa comercial Brüel&Kjaer. Se trata de un sonómetro de tipo 1, lo cual nos indica que la medición tendrá una precisión que puede variar en ± 1 dB.

Dispone de un filtro para corregir el efecto de la pantalla anti viento y el almacenamiento de un historial de calibración. Tiene capacidad para almacenar hasta 500 archivos de mediciones que pueden transferirse luego a un ordenador.

El sonómetro tiene dos aplicaciones, sonómetro básico y análisis de frecuencias, en esta última podemos hacer la medición en bandas de octava o en bandas de tercios de octava.



Figura 25. Sonómetro utilizado.

- **Micrófono de condensador de campo libre**

El micrófono utilizado para las mediciones con el sonómetro, es un micrófono de condensador pre vaporizado de campo libre modelo 4188, de $\frac{1}{2}$ pulgada, de la marca Brüel&Kjaer. Este micrófono cuenta con una sensibilidad de 31,6 mV, un rango de frecuencia de 8Hz a 12,5 kHz y un rango de dinámico de 15.8 a 146 dB.



Figura 26. Micrófono de condensador de campo libre.

- **Micrófono de condensador de incidencia aleatoria**

Utilizado para las mediciones del tiempo de reverberación, de la casa Brüel & Kjaer del tipo 4189 H-41.

Este conjunto está formado por un micrófono tipo 4189 y un preamplificador tipo 1706. Tiene una mayor precisión y estabilidad a largo plazo. La sensibilidad es de 50mV y mide en un rango de 15 a 128 dB.



Figura 27. .Micrófono de condensador de incidencia aleatoria y preamplificador.

- **Fuente sonora**

La fuente de ruido utilizada para las mediciones de aislamiento como para las mediciones realizadas con el software Dirac es el modelo “Sound Source Type 4224” de la marca Brüel&Kjaer.

Es una fuente sonora capaz de producir altos niveles de ruido. Es eminentemente utilizada para mediciones acústicas in situ tales como aislamiento acústico y mediciones de tiempos de reverberación en bandas de octavas. Es capaz de producir una potencia sonora de hasta 118dB. En su modo de banda ancha, la fuente produce el sonido conocido como ruido rosa en las frecuencias de 100 Hz a 4 kHz.



Figura 28 .Fuente sonora utilizada para la medición.

- **Portátil preparado con software "DIRAC"**

Utilizado para medir los tiempos de reverberación. Se trata de un ordenador portátil conectado en su salida de audio a la fuente sonora y en la entrada de micrófono conectaremos el micrófono de incidencia aleatoria poniendo entre ambos un amplificador.

En el portátil está instalado el software "Dirac 3.0", que también pertenece a la casa Brüel&Kjaer. Se trata de un programa que se utiliza para medir una amplia gama de parámetros acústicos de las salas mediante la medida y análisis de la respuesta impulsiva. Pueden utilizarse distintas formas de emisión como MLS internamente generado o barrido senoidal, fuente sonora impulsiva, tal como pistola.

Características principales del software:

- Medida de reverberación, inteligibilidad y muchos otros parámetros de salas
- Entrada de dos canales a través de tarjeta de audio en PC
- Soporta distintos tipos de fuentes y receptores
- Realiza cálculos estadísticos (media, desviación estándar, min-max)
- Comprobación y validación de la tarjeta de sonido

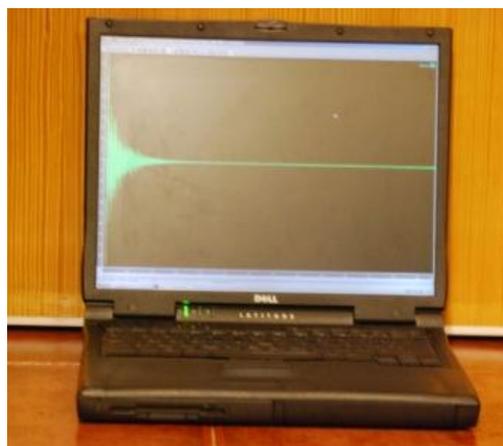


Figura 29 .Imagen software "Dirac 3.0".Google.

4.2 Mediciones de aislamiento

El objetivo de la medición del aislamiento “in situ” es conocer el aislamiento de algunas de las paredes que forman el edificio, para posteriormente comprobar si cumplen con las exigencias fijadas por el CTE.

Antes de realizar la medición, sobre el plano se marcaron los puntos en los cuales iba a realizar las mediciones:

- El paramento de fachada planta baja y planta primera.
- Tabiquería interior de planta baja entre aulas mediana/pequeña y entre sala grande/aula mediana
- Forjado de planta primera/planta baja.

Los aparatos utilizados para realizar la medición fueron:

El ordenador portátil con el software Dirac 3.0 Type 7841 instalado en el mismo, la fuente sonora modelo “Sound Source Type 4224”, el sonómetro integrador, un acondicionador de señal, el micrófono de incidencia aleatoria del tipo 4189 H-41(descritos anteriormente) y un alargador de cable para poder conectar la fuente a la corriente eléctrica.

Para realizar las mediciones de aislamiento de las paredes de tabiquería interior tuvimos que utilizar el Dirac 3.0 para obtener los parámetros de tiempo de reverberación necesarios para obtener dicha información.

La medición la llevamos a cabo siguiendo la norma UNE-EN ISO 140-5. “*Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción*”, en concreto utilizando el método global del altavoz que se describe en el apartado 5.7 de dicha norma.

A continuación se detallan dichas mediciones:

- ***El paramento de fachada, planta baja***

Antes de realizar la medición, sobre el plano marcamos los puntos en los cuales realizamos las mediciones, que se sitúan en frente de la fachada principal del edificio por su exterior, donde habían tres puntos en la misma acera de la fachada y uno en la acera de enfrente más alejada, mientras que por el interior los puntos se sitúan alrededor de 2,5m de distancia de la pared. La fuente sonora la colocamos centrada en la sala y enfocada hacia la pared de fachada, graduando la misma casi al máximo de su potencial y emitiendo un ruido rosa, la cual potencia sonora equivalente era de 98 dB.

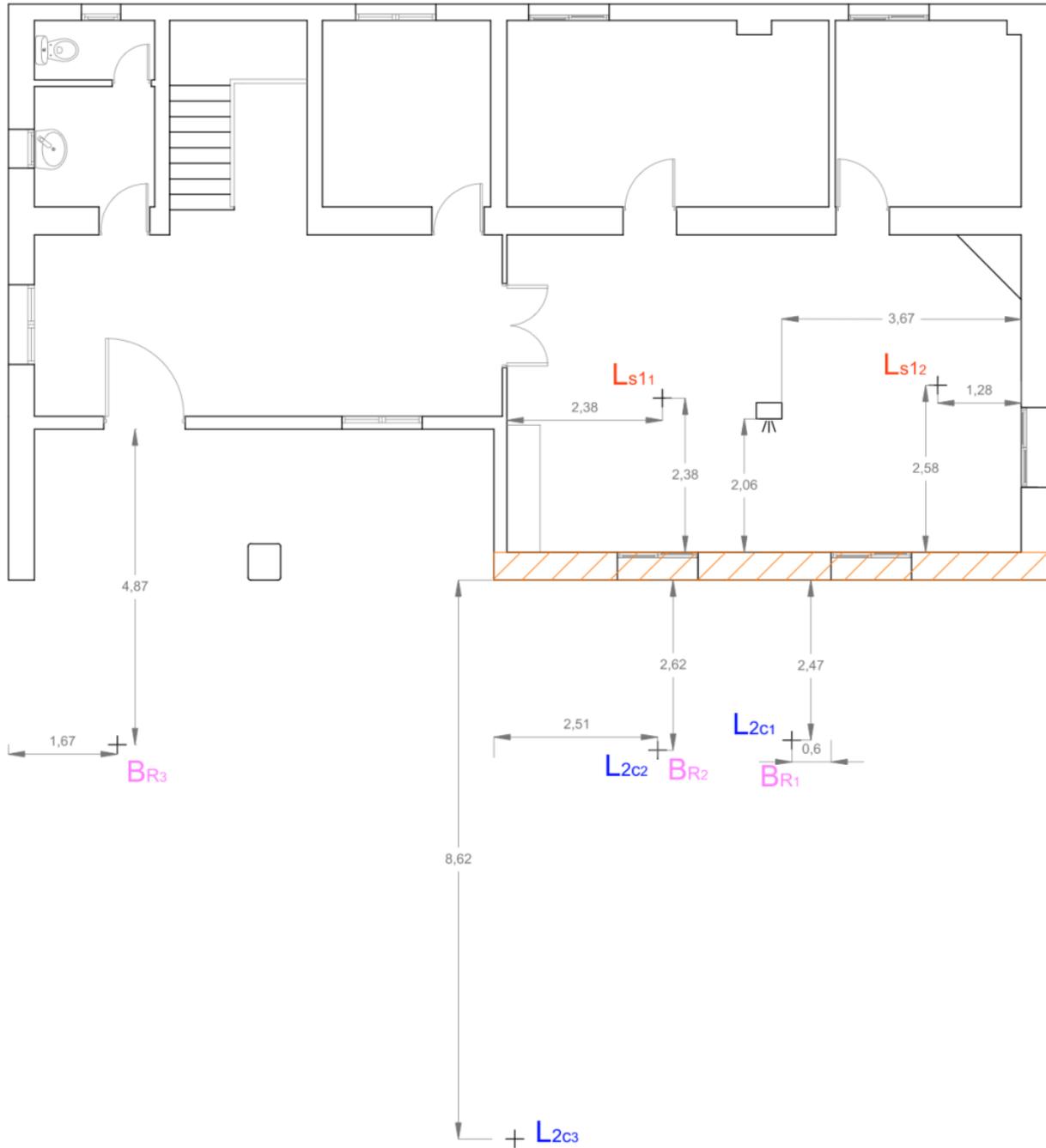


Figura 30. Plano de mediciones de L1, L2 y B2.



Una vez situada la fuente y realizada una primera medición de prueba, con la fuente en marcha se mide en los puntos, que se muestran en la figura 30, para determinar el valor de **L1 (emisor)**.

Después se midieron los puntos situados en la calle, también con la fuente en marcha, que se muestran en la figura 30, con el fin de determinar el valor de **L2 (receptor)**.

Terminadas las mediciones en las que necesitaba tener la fuente en marcha, se procedió a apagar la misma, y se realizó la medición de los puntos situados en la calle, puntos que se muestran en la figura 30. Éstos coinciden con algunos puntos marcados para la medición de **L2**.

Con esta medición se pretende determinar el ruido de fondo exterior **B2**, para realizar las correcciones si fueran necesarias a la hora de determinar el aislamiento.

Terminadas las mediciones de aislamiento, procesaremos los datos obtenidos en el ordenador, para calcular el aislamiento D_n de la fachada en planta baja, los cuales se detallaran más adelante.

- **El paramento de fachada, planta primera**

De igual manera que en la situación anterior, seguiremos el mismo procedimiento para medir el aislamiento.

Antes de medir, situaremos los puntos en el plano de manera que para obtener **L1**, colocaremos los tres puntos alrededor de la sala. La fuente estará centrada a la sala en dirección a la pared de fachada y tanto **L2** como **B2** estarán en la calle del edificio y en la de enfrente.

Figura 31. Plano de medición de L1.

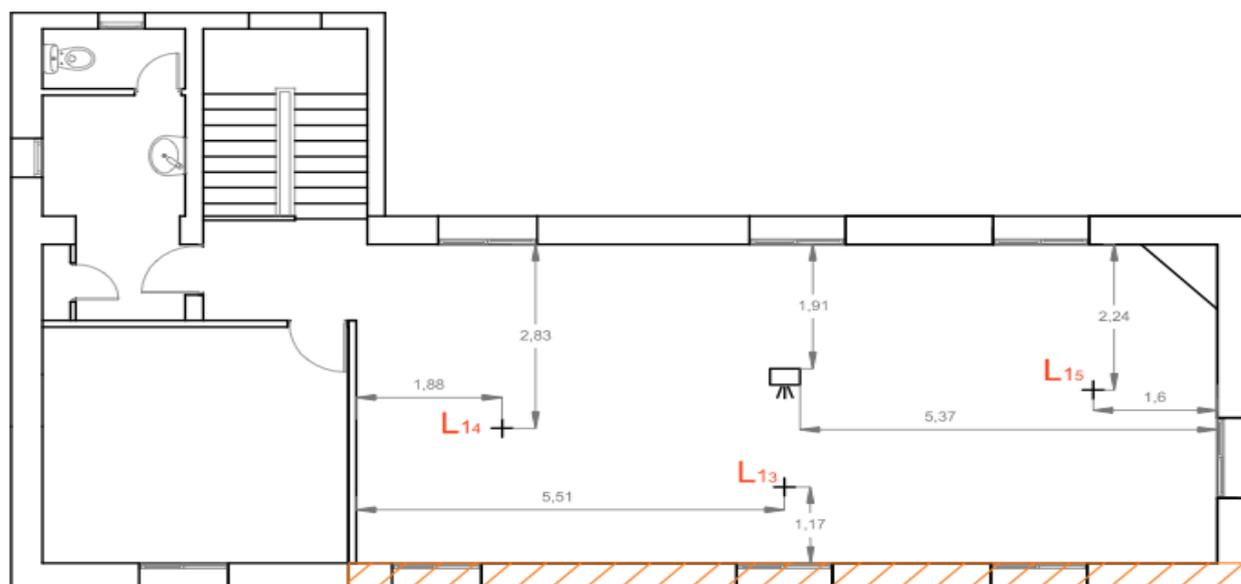
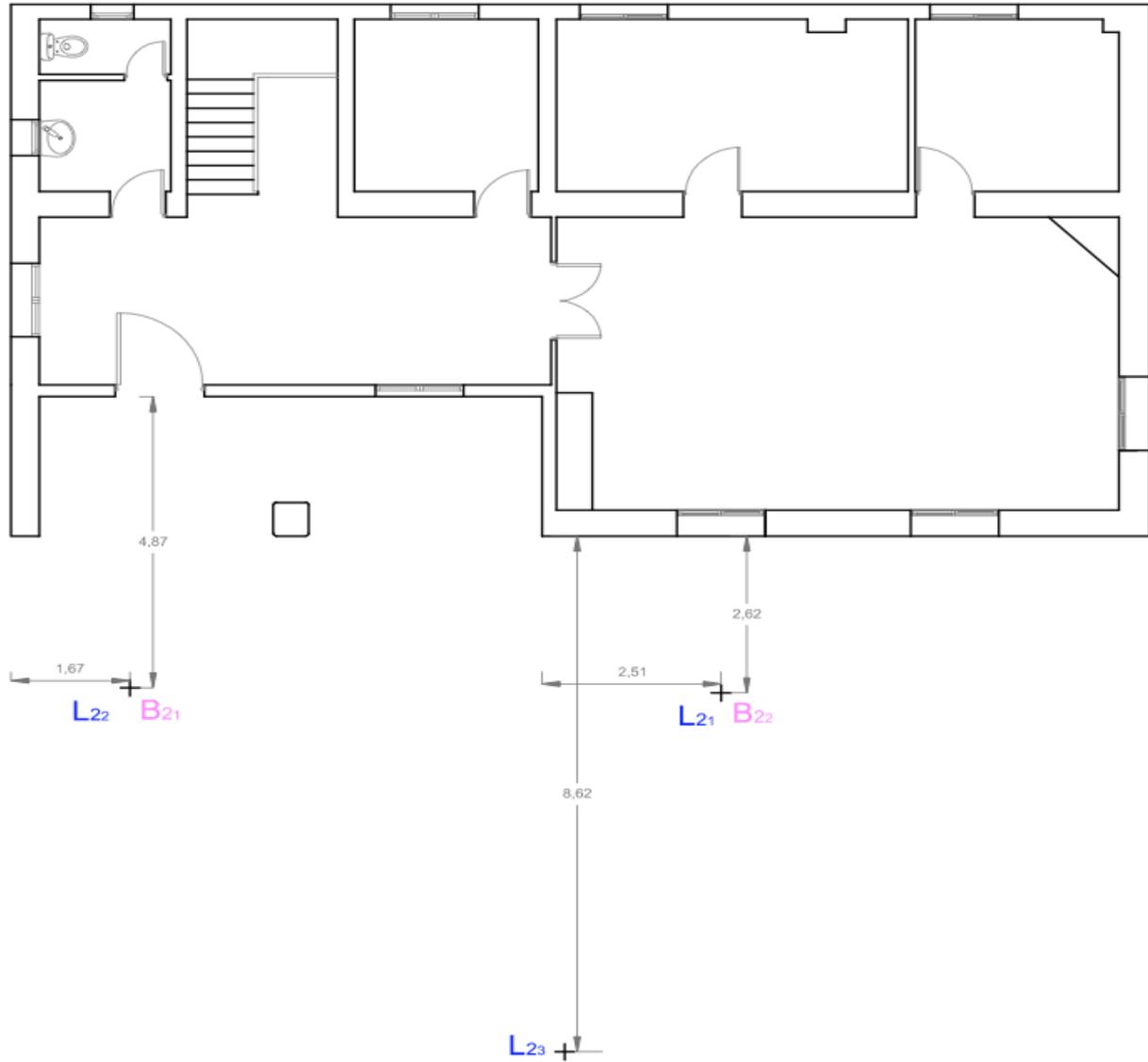


Figura 32. Plano de medición de L2 y B2.



- **Pared tabiquería entre aula mediana y aula pequeña, planta baja.**

En este caso seguiremos el mismo procedimiento que en los dos anteriores, salvo que en este caso tuvimos que sacar un parámetro más, dado que al estar entre dos aulas debemos averiguar el tiempo de reverberación del aula mediana.

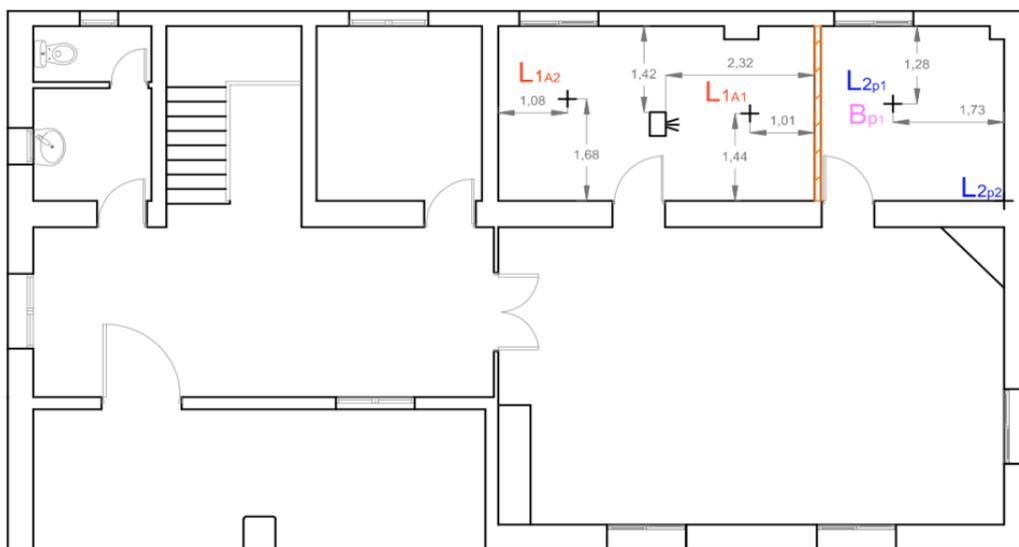


Figura 33 Plano de medición de L1, L2 y B2.

Por lo que sacaremos L1, L2, B2 y Tr y así obtendremos Dnt.

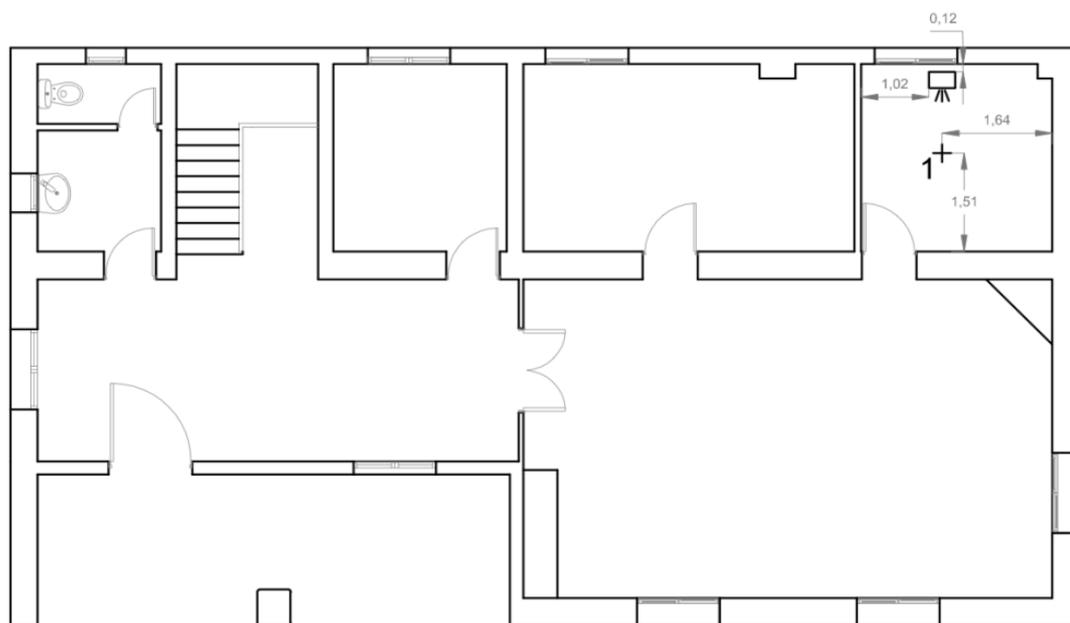


Figura 34. Plano de medición Tr.

Después de haber medido los parámetros nombrados más arriba, procederemos a obtener el tiempo de reverberación en el aula pequeña. Como es un aula muy pequeña sólo nos hizo falta situar un punto.

- **Pared tabiquería entre sala grande y aula mediana**

En este caso analizaremos la tabiquería que está entre la sala grande y un aula, por ello también utilizaremos en software Dirac 3.0 para obtener el tiempo de reverberación en el aula mediana.

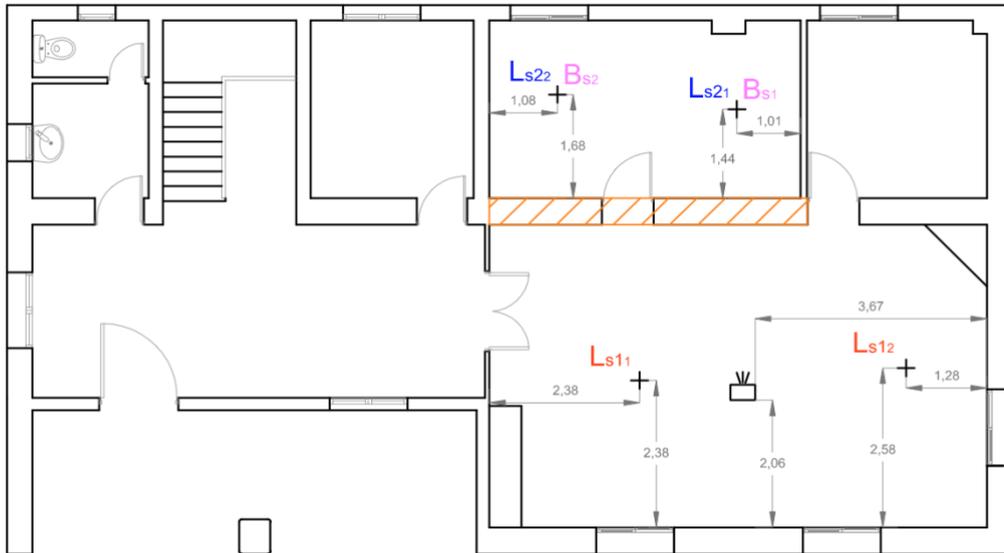


Figura 35 Plano de medición L1, L2 y B2.

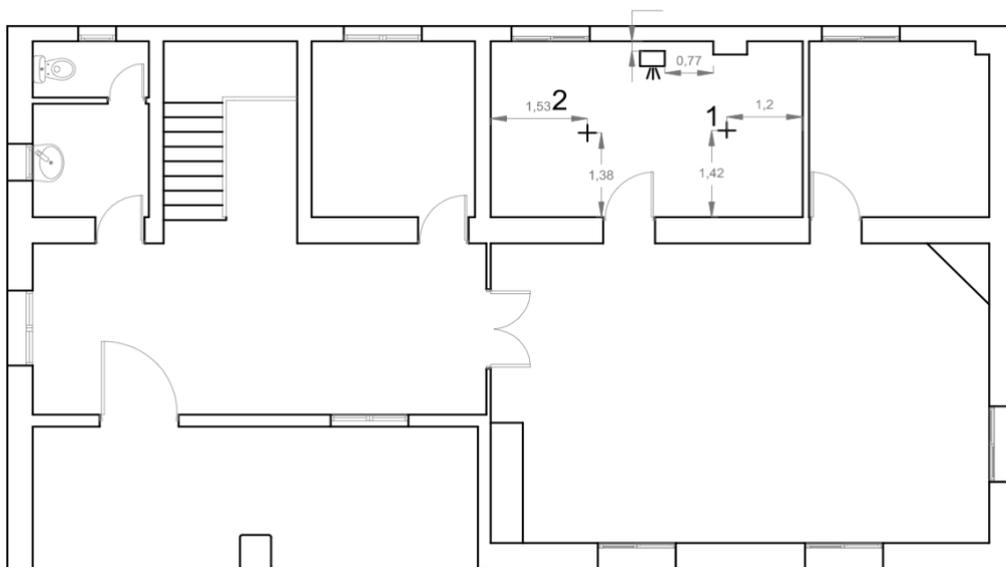


Figura 36 .Plano de medición Tr.

Para la obtención del tiempo de reverberación 1 y 2. La fuente sonora la colocamos en la pared posterior del aula enfocada hacia la pared que queremos estudiar.

- **Forjado entre P1 y Planta baja**

En este caso lo que estudiamos es el forjado que hay entre la planta primera y la planta baja, estando situados en la sala de ensayo de la banda en el piso de arriba y en la sala grande de la planta baja.

En esta situación también deberemos obtener el tiempo de reverberación.

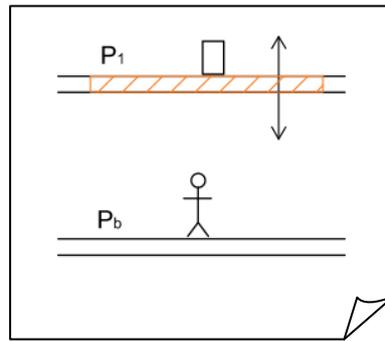


Figura 37. Croquis sección forjado.

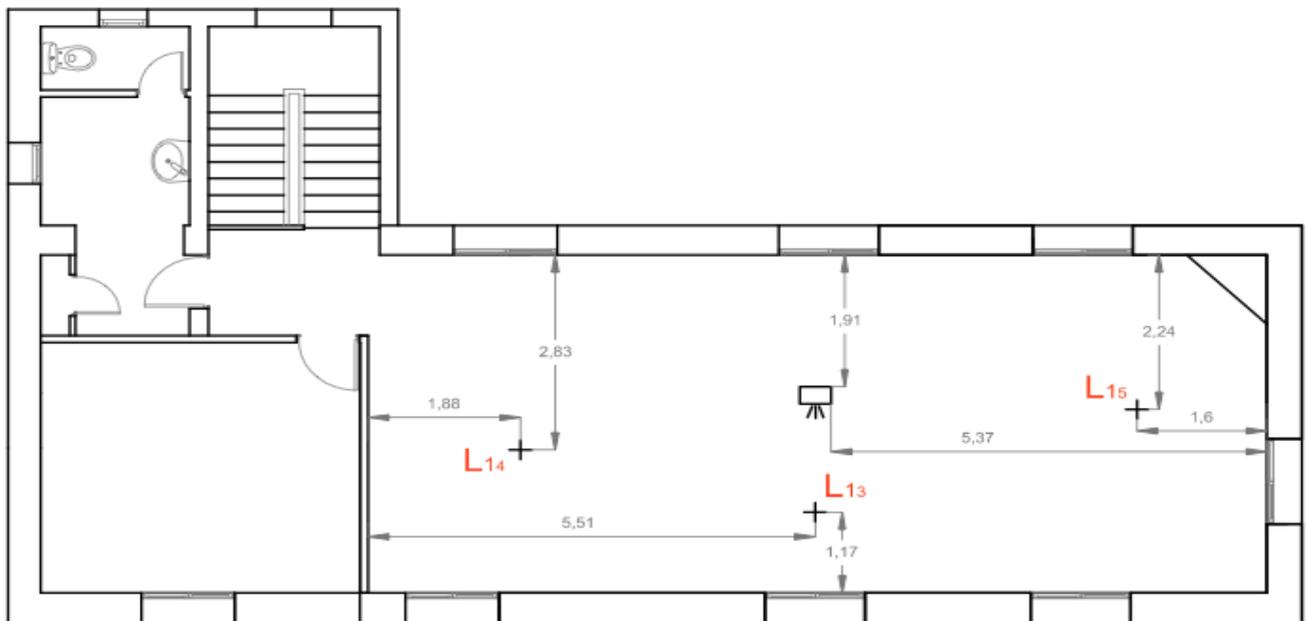


Figura 38. Plano de medición L1.

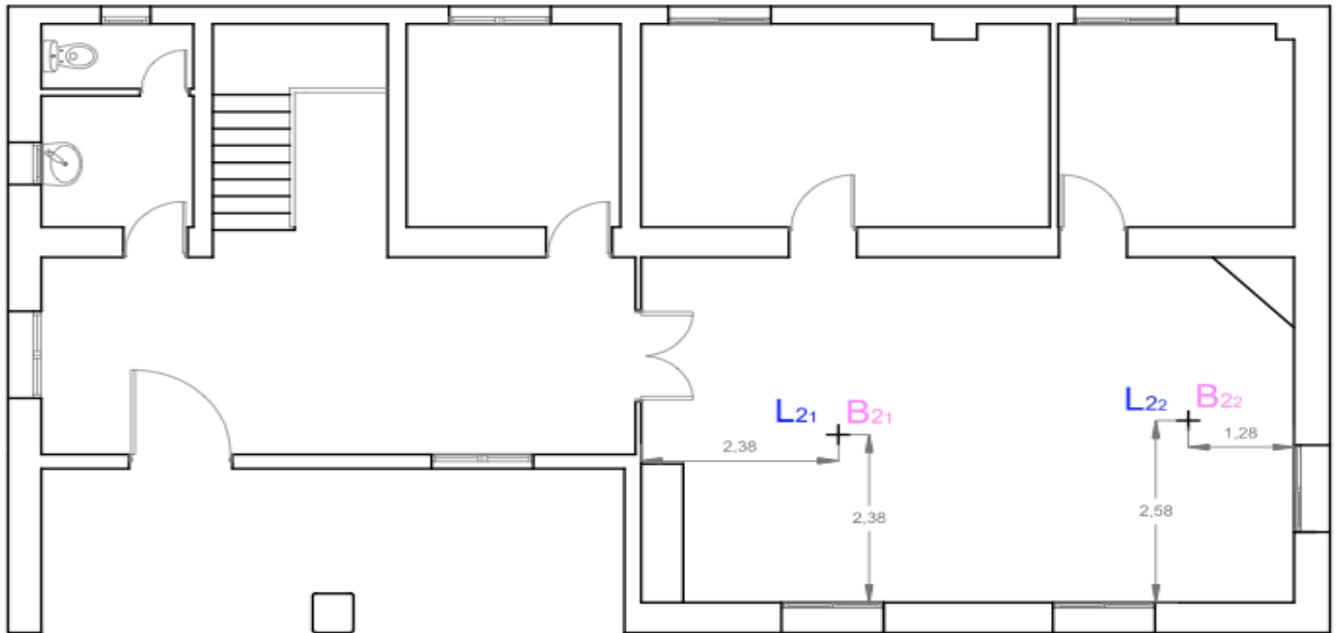


Figura 39. Plano de medición L2 y B2.

4.3 Medición tiempos de reverberación

El objeto de esta medición es conocer el tiempo de reverberación de las salas, que es el problema en cuestión para el que intentaré buscar una propuesta de solución adecuada.

Además la medición nos permitirá determinar los distintos parámetros de calidad como son claridad C80, definición D50, EDT Y RASTI, los cuales van a ser estudiados más adelante.

Para llevar a cabo la medición se han considerado ciertos aspectos contenidos en la norma UNE-EN ISO 354:2003 “Medida de la absorción acústica en campo reverberante”, en la parte de medición del tiempo de reverberación por el método de la respuesta impulsiva.

Los aparatos necesarios para realizar la medición fueron: un ordenador portátil con el software Dirac 3.0 Type 7841 de Brüel&Kjaer instalado en el mismo, la fuente sonora modelo “Sound Source Type 4224” de la marca Brüel&Kjaer, un acondicionador de señal y un micrófono de incidencia aleatoria de la casa Brüel&Kjaer del tipo 4189 H-41. El micrófono de incidencia aleatorio se conecta al acondicionador de señal y este al ordenador portátil, la fuente sonora también se conecta al ordenador.

Para marcar los puntos distribuidos a lo largo de las diferentes salas, se tuvieron en cuenta ciertos criterios para la posición del micrófono especificados por la norma, la cual nos indica que las posiciones del micrófono deben estar separadas entre ellas al menos 1,5m para el rango de frecuencias habitual, la distancia a cualquier superficie reflectante, incluida el suelo debe de ser al menos 1m y la distancia sobre cualquier fuente sonora debe ser al menos de 2m.

El número de puntos marcados fue de 15, y estos están situados tanto en planta baja como en 1ª planta, como se pueden ver en las figuras.

A continuación se muestra la distribución de dichos puntos y sus cotas respecto a puntos fijos:

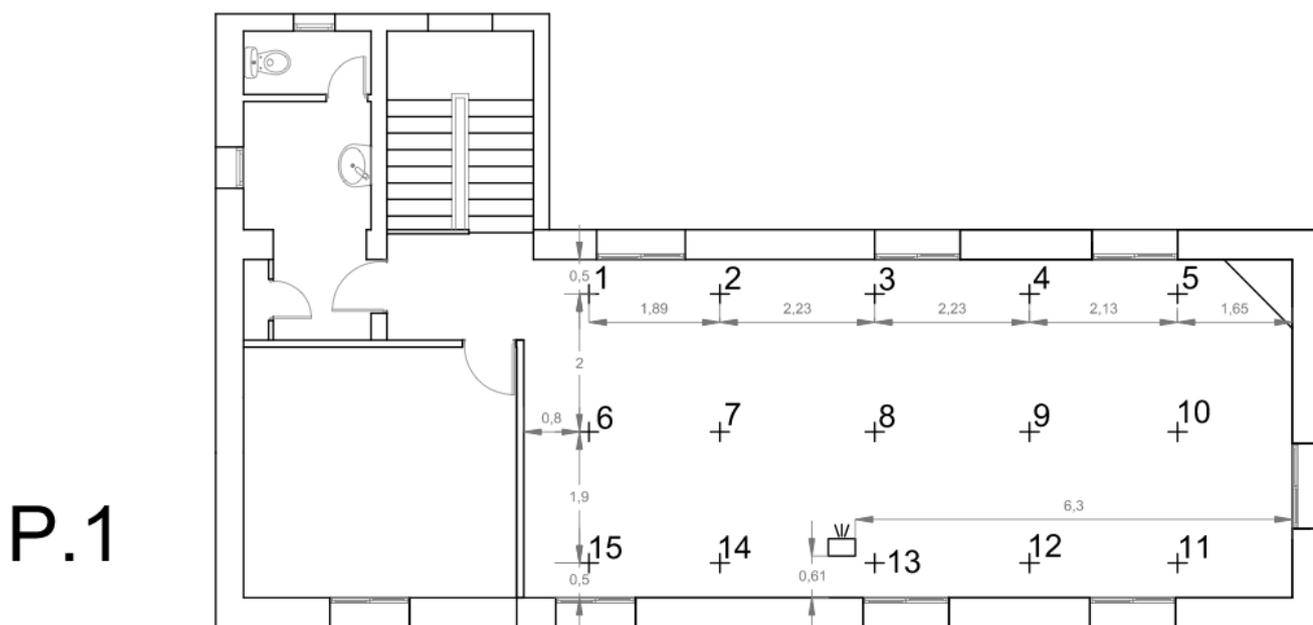


Figura 40. Plano de medición de Tr. En sala de ensayo.

P.B

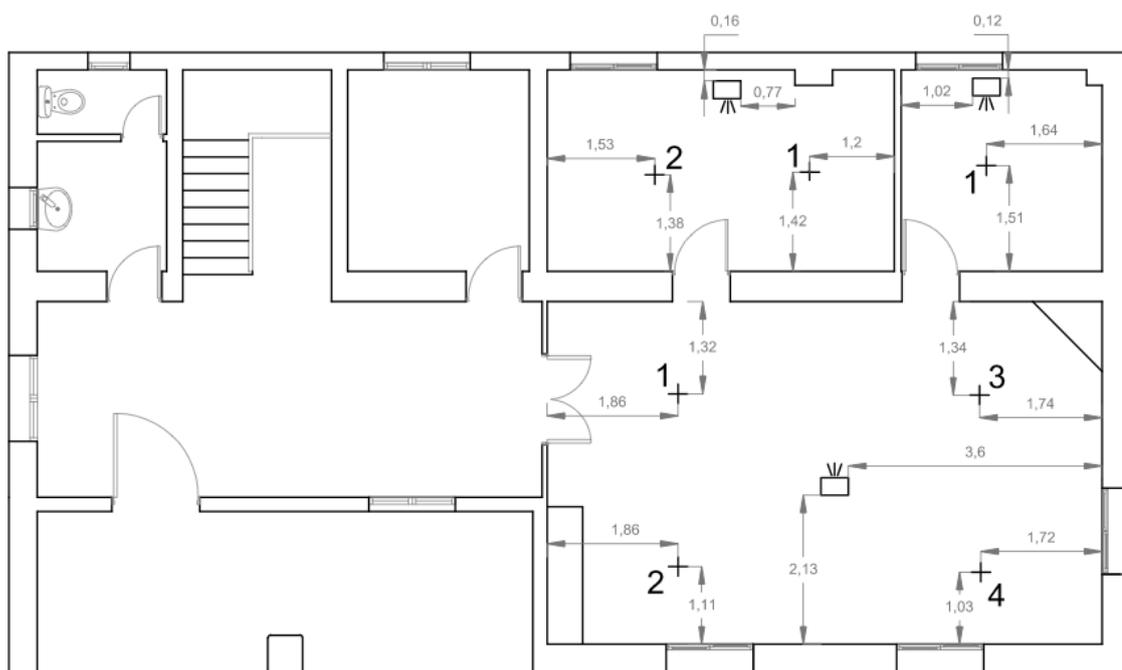


Figura 41. Plano de medición Tr en planta baja.

Una vez conectados de forma correcta todos los aparatos y comprobando que es así, procedemos a iniciar el software Dirac 3.0 el cual nos proporcionara unos determinados sonidos.

La idoneidad de estos viene definida en la norma como unos impulsos producidos por chispazos, salvas de ruido, barridos sinusoidales o secuencias de longitud máxima como señales, en nuestro caso utilizamos el modo e-Sweep, el cual produce un barrido de todas las frecuencias (dando mayor tiempo a los graves para su mejor captación) para poder obtener sus tiempos de reverberación.

Una vez posicionado el micro y habiendo escogido el modo correcto, se comprueba mediante la opción test, que con el nivel del amplificador, el micrófono no produzca saturación en la muestra puesto que esto sería poco beneficioso para la misma.

A continuación presionamos "Start", produciéndose una serie de sonidos repetidos en escala de frecuencias, o lo que la norma menciona excitación del recinto, con la cual la fuente impulsiva debe ser capaz de producir un nivel de presión acústica de pico suficiente para garantizar una curva de decrecimiento empezando al menos 35 dB por encima del ruido de fondo.

Una vez recopiladas todas las mediciones de cada aula y la sala, fueron examinadas una por una, comprobando que el parámetro INR estaba por encima de 40 dB en todas sus frecuencias. El proceso de estudio de este parámetro mediante el programa Excel 2007 se muestra a continuación.

- **Aula grande planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)							INR mid
	63	125	250	500	1000	2000	4000	
Punto 1	39	49	46	52	49	44	38	50,5
Punto 2	33	45	50	53	50	47	39	51,5
Punto 3	41	48	51	52	50	45	38	51,0
Punto 4	43	47	47	53	50	44	37	51,5

Tabla 2.

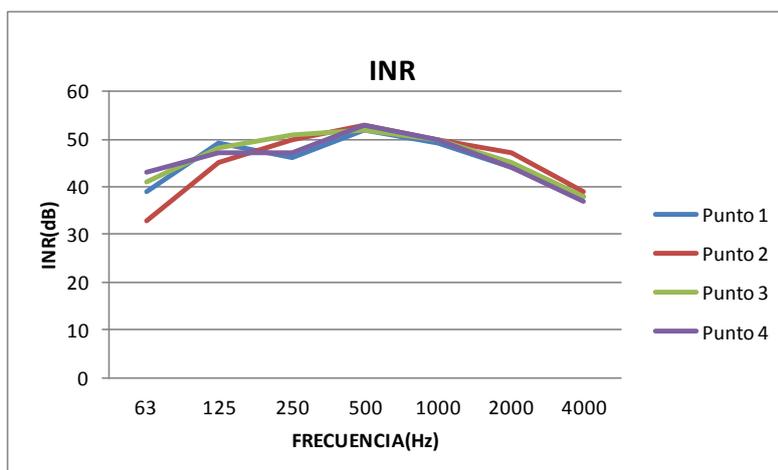


Figura 42. Gráfico INR.

	FRECUENCIA(Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
INR Media	39,00	47,25	48,50	52,50	49,75	45,00	38,00
Desv.estándar	3	3	2	2	2	1	1
Des.Mínima	36,00	44,25	46,50	50,50	47,75	44,00	37,00
Desv. Máxima	42,00	50,25	50,50	54,50	51,75	46,00	39,00

Tabla 3.

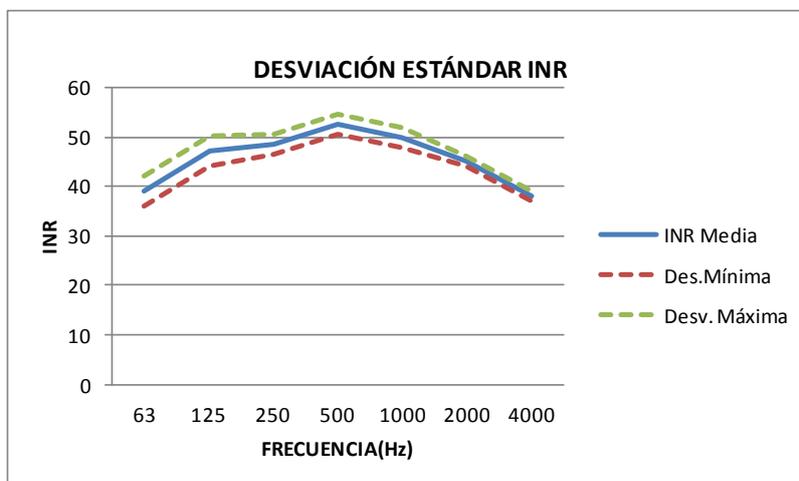


Figura 43. Gráfico desviación estándar INR.

- **Aula mediana planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)							INR mid
	63	125	250	500	1000	2000	4000	
Punto 1	41	36	32	50	46	41	34	48,0
Punto 2	33	35	34	42	46	40	32	44,0

Tabla 4.

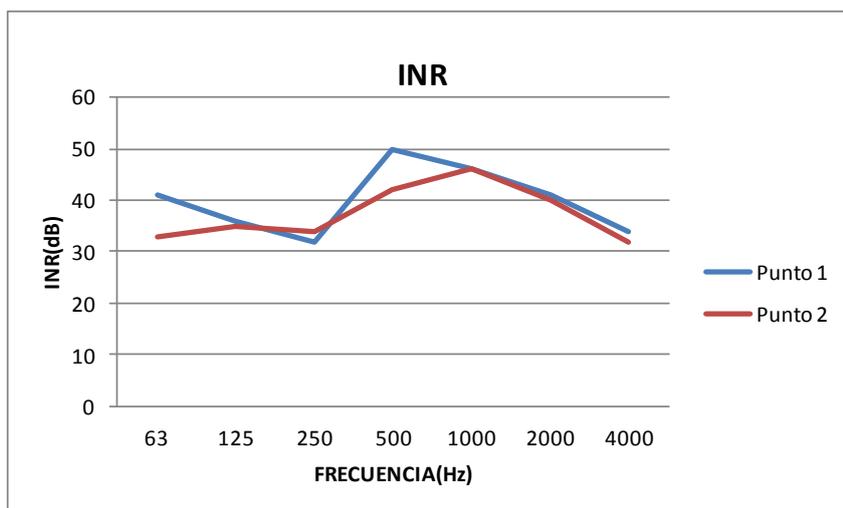


Figura 44. Gráfico INR.

	FRECUENCIA(Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
INR Media	37,00	35,50	33,00	46,00	46,00	40,50	33,00
Desv.estándar	3	3	2	2	2	1	1
Des.Mínima	34,00	32,50	31,00	44,00	44,00	39,50	32,00
Desv. Máxima	40,00	38,50	35,00	48,00	48,00	41,50	34,00

Tabla 5.

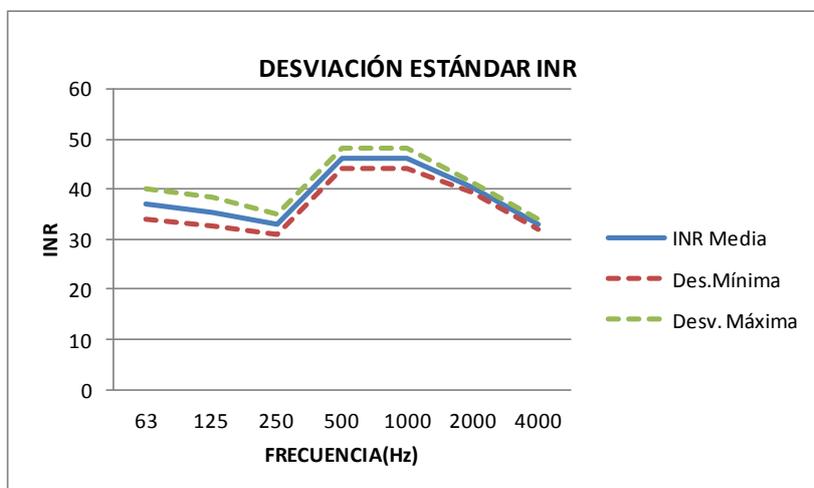


Figura 45. Gráfico desviación estándar INR.

- **Aula pequeña planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)							INR mid
	63	125	250	500	1000	2000	4000	
Punto 1	38	35	27	43	43	37	33	43,0

Tabla 6.

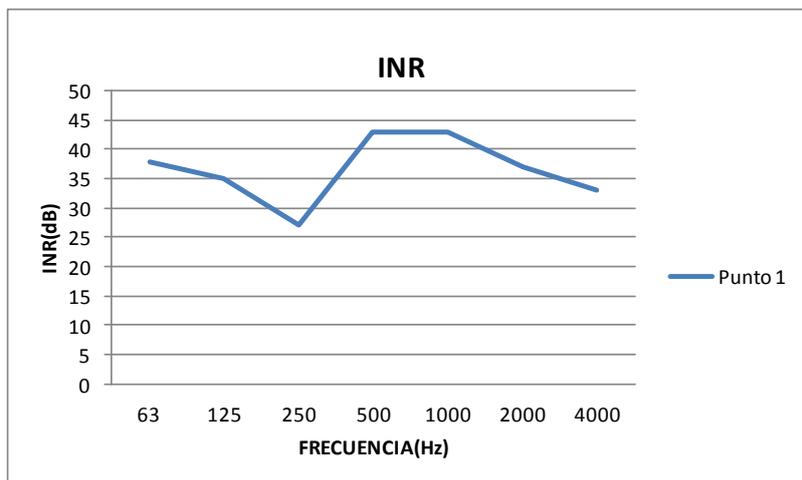


Figura 46. Gráfico INR.

	FRECUENCIA(Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
INR Media	38	35	27	43	43	37	33
Desv. estándar	3	3	2	2	2	1	1
Des. Mínima	35	32	25	41	41	36	32
Desv. Máxima	41	38	29	45	45	38	34

Tabla 7.

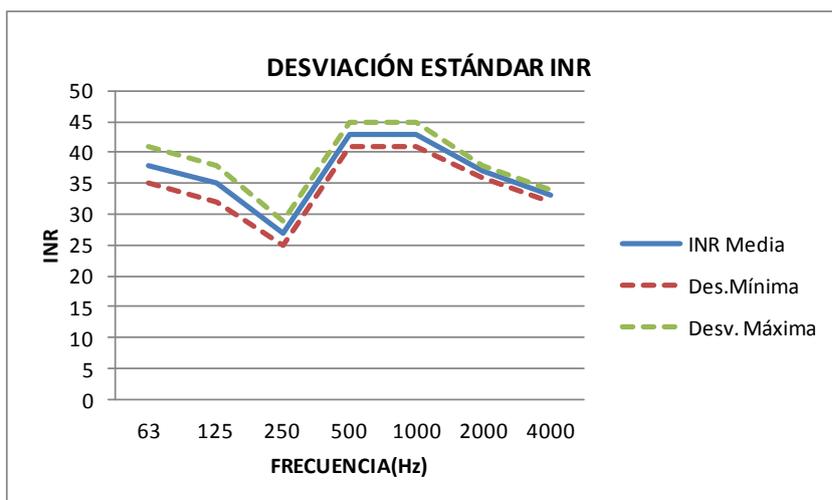


Figura 47. Gráfico desviación estándar INR.

- **Sala de ensayo planta primera**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)							INR mid
	63	125	250	500	1000	2000	4000	
Punto 1	35	46	47	50	52	50	43	51,0
Punto 2	40	46	47	52	52	50	46	52,0
Punto 3	39	48	50	52	53	51	47	52,5
Punto 4	45	47	49	52	52	50	43	52,0
Punto 5	38	46	49	52	52	50	44	52,0
Punto 6	37	47	48	51	51	49	44	51,0
Punto 7	39	48	49	52	52	51	44	52,0
Punto 8	39	49	48	52	52	51	45	52,0
Punto 9	42	45	47	51	52	50	43	51,5
Punto 10	43	46	47	52	52	50	44	52,0
Punto 11	32	45	48	51	51	49	43	51,0
Punto 12	37	47	46	52	51	49	44	51,5
Punto 13	45	46	43	50	50	48	43	50,0
Punto 14	38	50	44	49	48	49	43	48,5
Punto 15	38	48	43	47	47	47	42	47,0

Tabla 8.

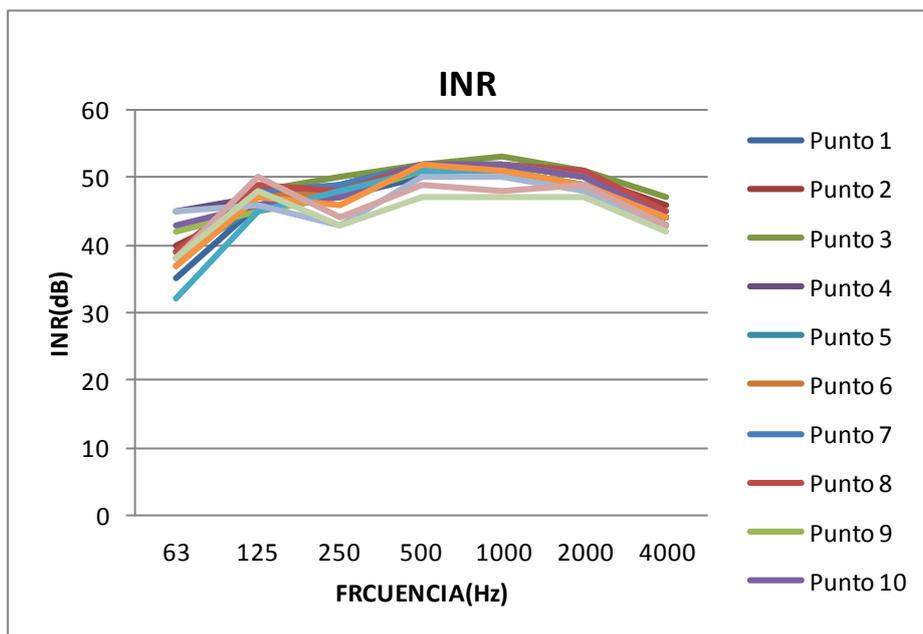


Figura 48. Gráfico INR.

	FRECUENCIA(Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
INR Media	39,13	46,93	47,00	51,00	51,13	49,60	43,87
Desv.estándar	3	3	2	2	2	1	1
Des.mínima	36,13	43,93	45,00	49,00	49,13	48,60	42,87
Desv. Máxima	42,13	49,93	49,00	53,00	53,13	50,60	44,87

Tabla 9.

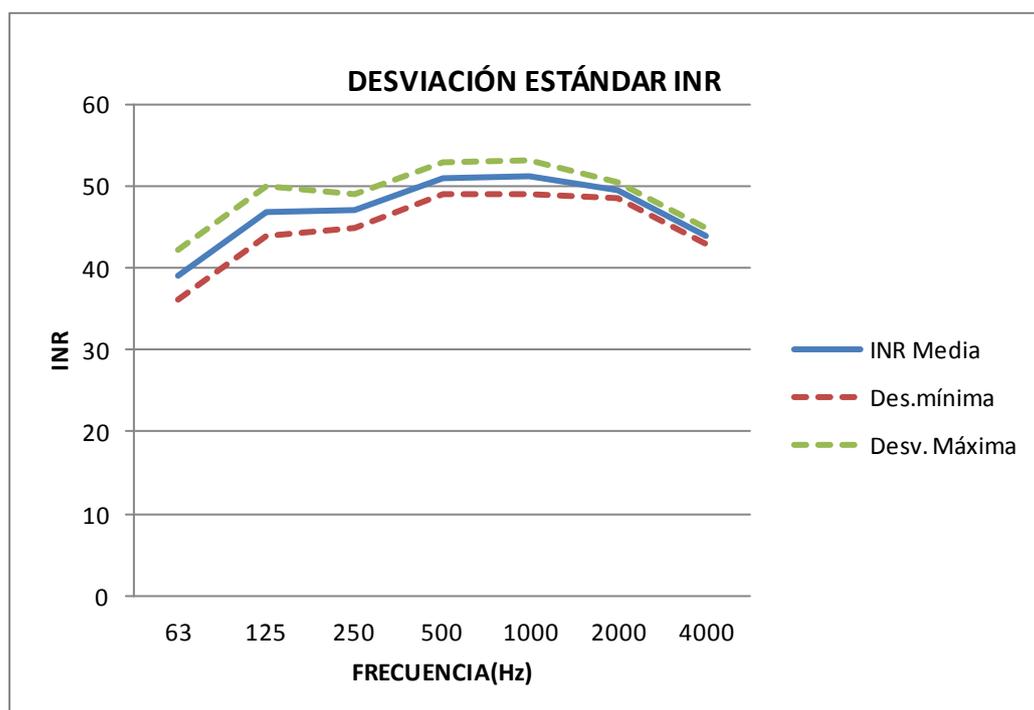


Figura 49. Gráfico desviación estándar INR.

4.4 Medición ruido de fondo interior

La última medición realizada fue la del ruido de fondo interior. Esta medición la realicé durante varios días porque necesitaba que no hubiera nadie en las aulas.

Para esta medición, el único aparato necesario fue el sonómetro integrador.

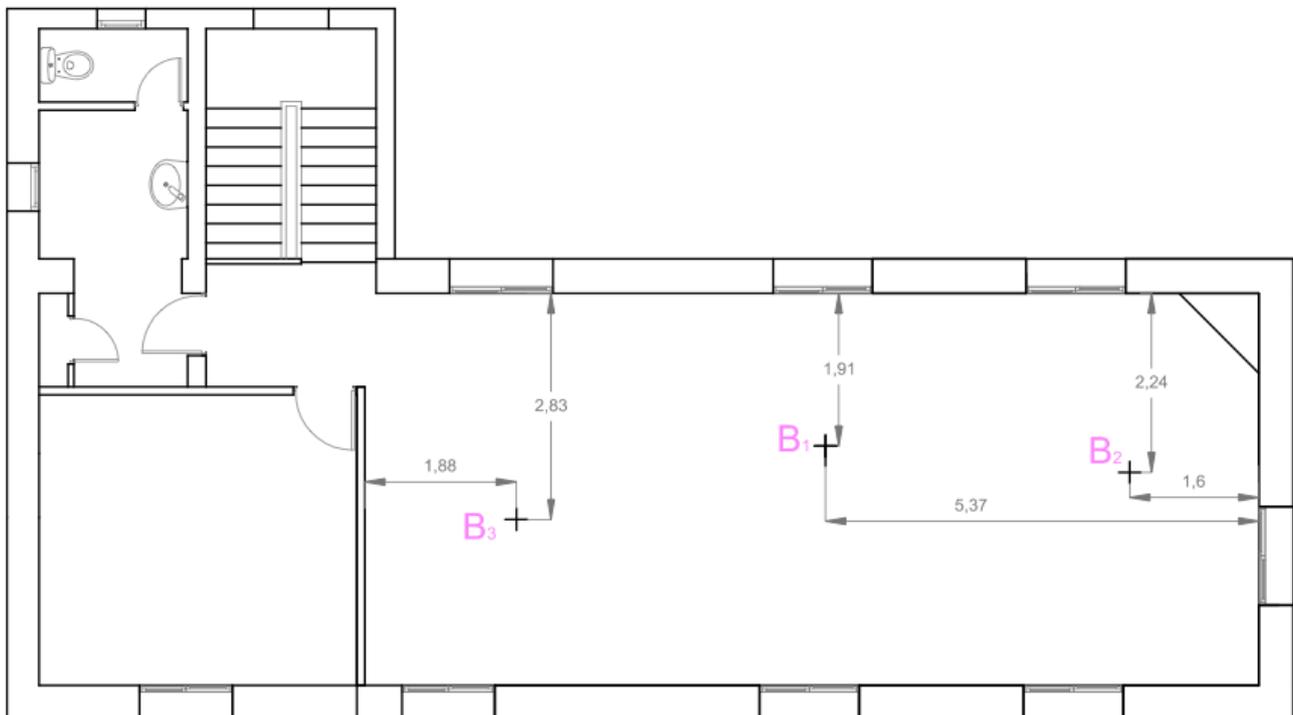


Figura 50. Plano medición B2 en planta primera.

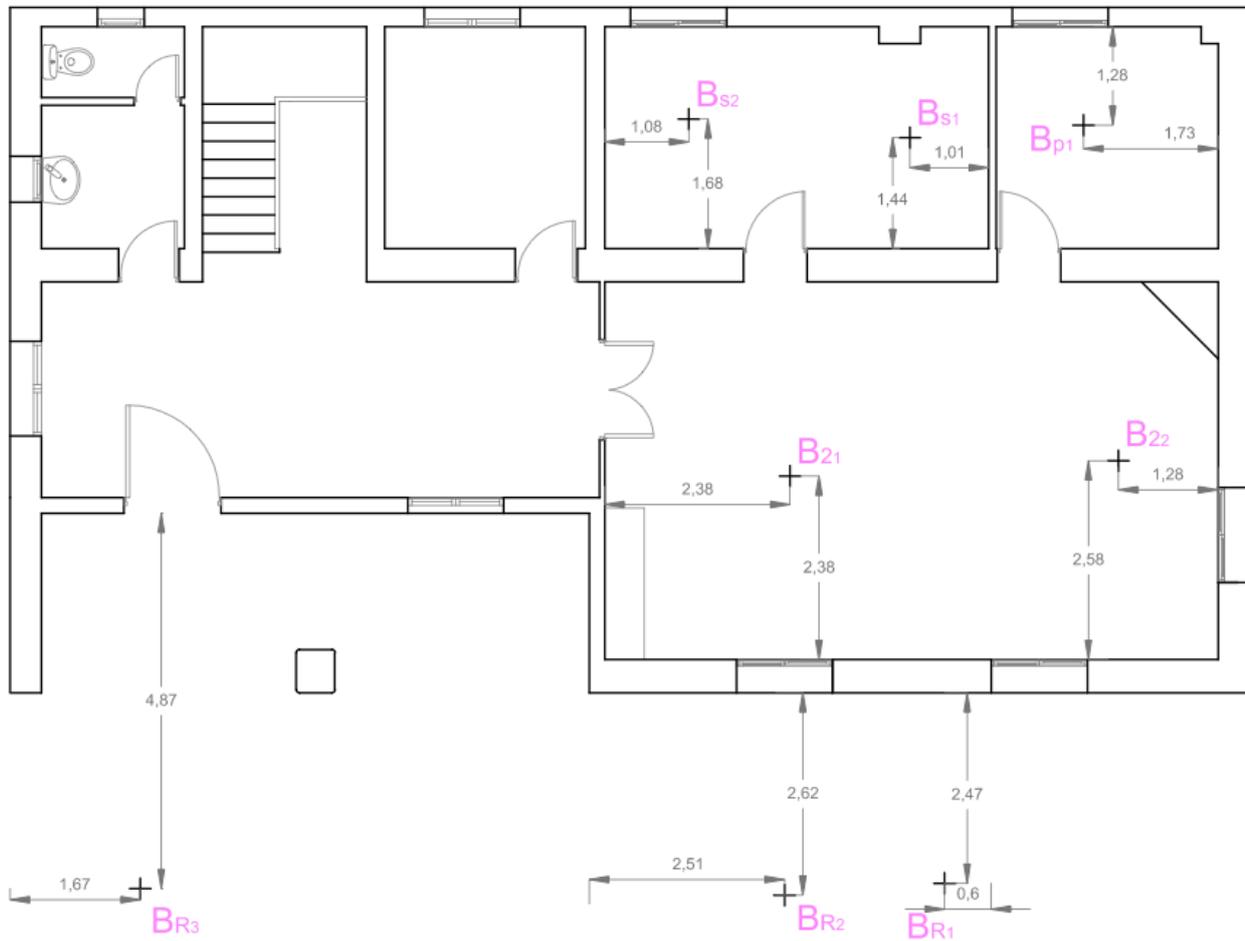


Figura 51. Plano medición B2 en planta baja.

5 Análisis de mediciones y parámetros de calidad

5.1 Aislamiento

Datos previos

Determinación de L_d (valor máximo que se pueden emitir al exterior).

Las exigencias de aislamiento acústico a ruido exterior se fijan en el DB HR en función del ruido de la zona donde se ubica el edificio, es decir, en función del ruido de día, L_d , que es el índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y definido como el nivel sonoro medio a largo plazo, ponderado A, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año.

El valor del índice de ruido día, L_d , puede obtenerse mediante consulta en las administraciones competentes, que son las que han elaborado los mapas estratégicos de ruido. Sin embargo, en Piles, el municipio del edificio de estudio no se ha elaborado ningún mapa de ruido y por tanto realizaremos una estimación de éste.

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Tabla 10.

Esta tabla del Código Técnico explica los diferentes valores de aislamiento acústico según el nivel exterior. Ya que no tenemos un mapa acústico del edificio, el CTE recomienda en esta situación coger un nivel L_d de 60dBA. Teniendo en cuenta que la calle que da a la fachada de nuestro edificio es poco transitada y que el pueblo cuenta con **2.300 habitantes**, es decir, no se trata de una ciudad en la cual haya mucha contaminación acústica, elegiremos el L_d de 60dBA, y por lo tanto escogeremos un valor de aislamiento acústico para nuestra fachada de 30 dBA.

Zonificación y exigencias

Las exigencias de aislamiento frente a ruido interior se establecen:

- Entre una unidad de uso y cualquier recinto del edificio que no pertenezca a dicha unidad de uso.
- Entre recintos protegidos o habitables y:
 - Recintos de instalaciones
 - Recintos de actividad o ruidosos

Para determinar los valores de aislamiento acústico a ruido interior, (ruido aéreo y de impactos entre recintos) exigidos en el DB HR, previamente debe zonificarse el edificio e identificarse las diferentes unidades de uso. Después deberían identificarse aquellos recintos que no son una unidad de uso, como: Recinto de instalaciones, de actividad, ruidosos, y otros recintos que no forman parte de ninguna unidad de uso, ya sean recintos habitables o protegidos.

El DB-HR calificaría la Sala de ensayo como recinto de **actividad ruidosa** según queda reflejado en el siguiente párrafo:

“En el DB HR se ha establecido que los recintos de actividad son aquellos en los que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, es mayor que 70 dBA y no mayor de 80 dBA, ya que a partir de este valor se consideraría al recinto como ruidoso.
Ejemplos de recintos ruidosos son: Recintos de uso industrial, locales con equipos de reproducción sonora o audiovisuales, locales donde se realicen actuaciones en directo, talleres mecánicos, etc.”

Volviendo a la parte de la zonificación del edificio, primero se deben grafiar los distintos recintos del mismo, marcándose la zona a la que pertenece cada recinto. Se muestra a continuación en la *figura 1000*, lo comentado anteriormente:

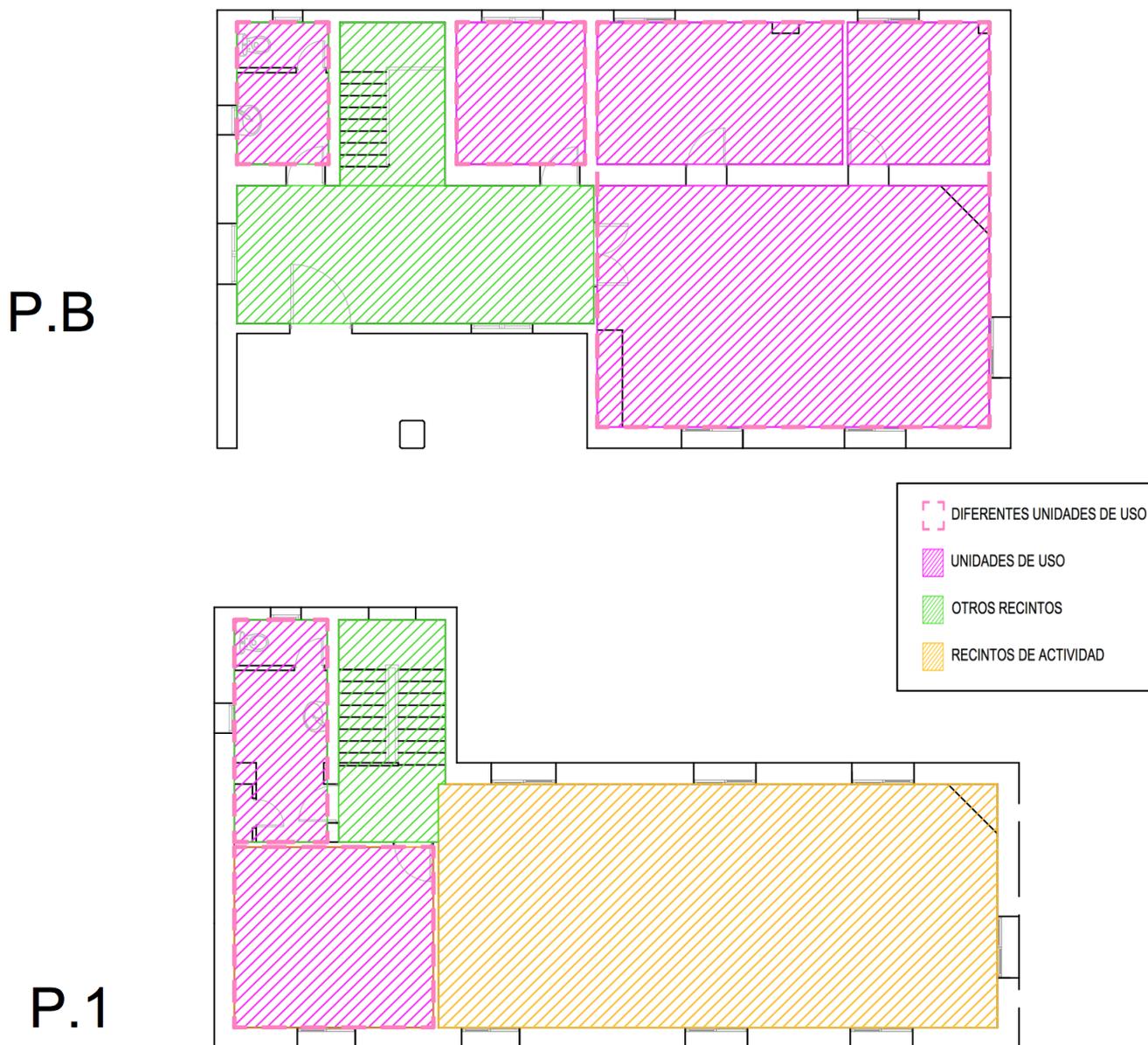
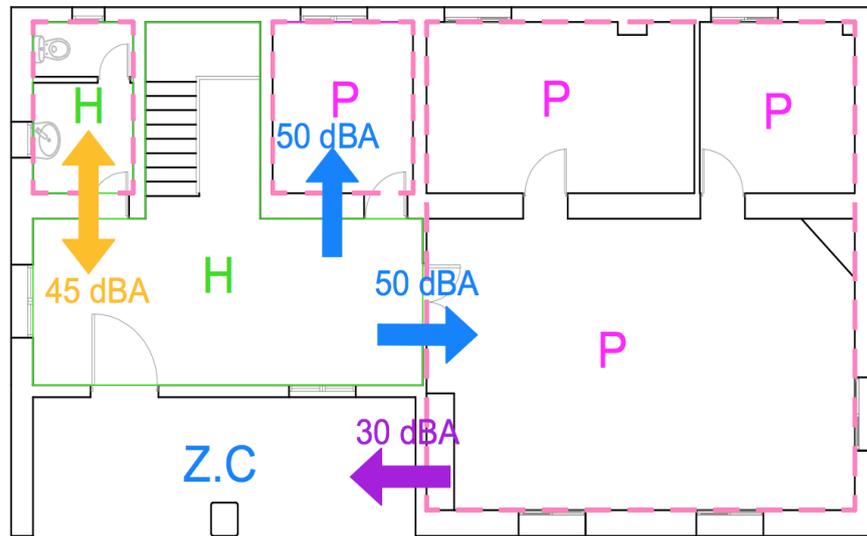


Figura 52. Plantas de diferenciación de unidades de uso.

Seguidamente realizamos un plano distinguiendo las diferentes zonas del edificio, habitable, no habitable, protegido, zona común y recinto de actividad. Además de señalar las exigencias marcadas por la norma en cuanto al cumplimiento de aislamientos entre estancias.

P.B



P	PROTEGIDO
H	HABITABLE
N.H	NO HABITABLE
Z.C	ZONA COMÚN
R.A	RECINTOS DE ACTIVIDAD

P.1

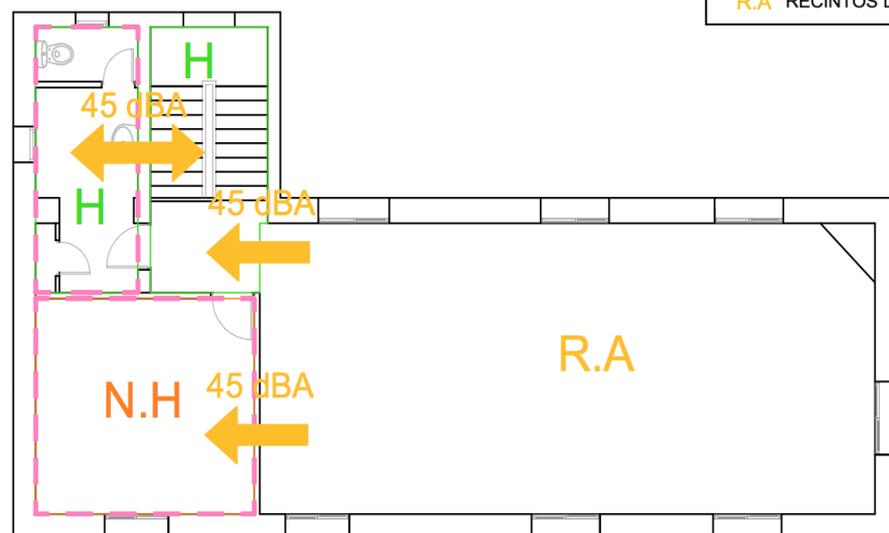


Figura 53. Plantas de zonificación y estudio de exigencia.

Calculo de aislamiento

A continuación se procede a calcular el aislamiento bruto (D) de la medianera, acorde a la norma UNE-EN ISO 717-1 y se compararan los valores obtenidos con las exigencias del CTE. Según la norma UNE-EN ISO 140-5, se deben hacer correcciones en el ruido de fondo cuando la diferencia entre el nivel de ruido en el exterior y el ruido de fondo sea menor de 10 dB, en concreto:

- Si la diferencia entre ambas es inferior a 10, pero mayor a 6 se aplicara la siguiente fórmula:

$$L = 10 \log (10^{Lw/10} - 10^{Lw/10}) dB$$

- Si la diferencia es menor o igual a 6 dB se utilizara la corrección de 1,3 dB

Para el cálculo del aislamiento, primero se calcula D, haciendo la media de los puntos que se han obtenido en esa medianera y las correcciones de ruido de fondo, obteniéndose unos valores que luego se aproximarán a la curva de referencia para poder calcular Dw acorde a la norma UNE-EN ISO 717-1. Además en las particiones interiores que analizaremos necesitaremos también el tiempo de reverberación de la sala.

- **Aislamiento paramento fachada planta baja**

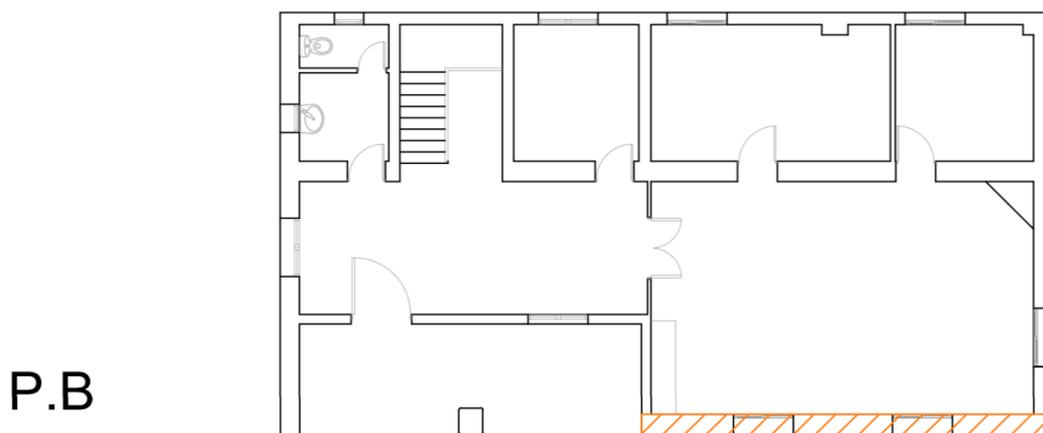


Figura 54. Paramento fachada objeto de estudio.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L1spb (dB)medio	92,61	93,29	95,66	98,82	99,12	99,25	95,56	97,73	95,25	97,63	94,66	90,67	91,85	91,60	86,05	82,05	78,46	71,80
L2c1 (dB)medio	72,27	70,17	72,01	71,53	68,20	68,35	56,76	53,47	56,94	52,89	51,86	47,51	44,96	42,88	43,72	43,27	42,02	42,47
B2c (dB)medio	63,72	70,96	63,74	56,52	51,43	46,12	50,79	52,02	48,72	49,74	48,88	50,72	49,66	48,67	47,66	44,89	42,30	45,68
L2 (dB)corregido	71,62	68,87	71,31	71,39	68,11	68,32	55,49	48,01	56,23	50,02	48,82	46,21	43,66	41,58	42,42	41,97	40,72	41,17
Dn	20,99	24,42	24,34	27,43	31,01	30,92	40,06	49,72	39,02	47,61	45,84	44,46	48,19	50,02	43,63	40,08	37,74	30,63

Tabla 11.

En la tabla anterior se indica un resumen de los datos calculados a partir de las mediciones tomadas. (mediciones completas en el Anexo).

A continuación, utilizando el método de comparación, según la norma UNE-EN ISO 717-1, para valorar los resultados en bandas de tercio de octava, desplazando la curva de referencia hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea lo mayor posible pero no mayor que 32,0dB. De este modo obtenemos el valor Dn de la fachada:

	FRECUENCIA(Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Referencia	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00	48,00	51,00	52,00	53,00	54,00	55,00	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00
D	20,99	24,42	24,34	27,43	31,01	30,92	40,06	49,72	39,02	47,61	45,84	44,46	48,19	50,02	43,63	40,08
Referencia desplazada	20,00	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00	38,00	39,00	40,00	41,00	42,00	43,00	43,00	43,00	43,00	43,00

Tabla 12.

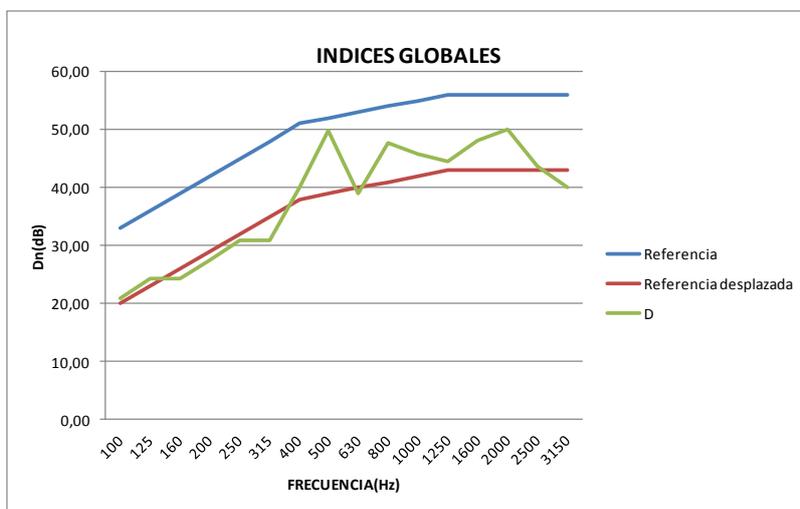


Figura 55. Gráfico de índices globales.

Como ya se ha explicado anteriormente, contamos con un nivel de ruido exterior de 60 dB. Para el cual la norma establece como mínimo un aislamiento acústico de 30 dB. En nuestro caso, el Dw nos resulta de 39 dB, por tanto **SI CUMPLE** con las exigencias de la normativa.

- **Aislamiento partición entre aula grande y aula mediana planta baja.**

P.B

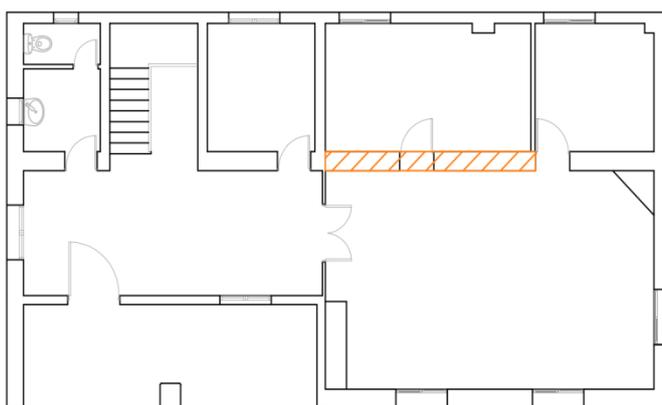


Figura 56. Partición objeto de estudio.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L1spb (dB)medio	92,61	93,29	95,66	98,82	99,12	99,25	95,56	97,73	95,25	97,63	94,66	90,67	91,85	91,60	86,05	82,05	78,46	71,80
L2am (dB)medio	66,82	70,03	71,11	77,76	72,87	72,06	72,42	69,19	68,96	70,23	68,29	66,73	66,48	66,82	63,81	59,06	52,90	46,21
B2am (dB)medio	22,69	23,16	20,57	20,66	17,47	16,44	17,26	16,76	15,13	15,32	14,18	12,98	10,49	15,08	21,07	31,00	22,87	21,33
L2am (dB)corregido	66,82	70,03	71,11	77,76	72,87	72,06	72,42	69,19	68,96	70,23	68,29	66,73	66,48	66,82	63,81	59,06	52,89	46,20
TR medio(sala Med PB)	0,260	0,328	0,558	0,480	0,668	0,747	0,706	0,615	0,765	0,805	0,875	0,934	0,973	0,816	0,867	0,851	0,753	0,702
Dnt	22,95	21,43	25,02	20,88	27,50	28,92	24,64	29,44	28,14	29,47	28,81	26,66	28,27	26,91	24,63	25,31	27,34	27,08

Tabla 13.

	FRECUENCIA(Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
Dnt	22,95	21,43	25,02	20,88	27,50	28,92	24,64	29,44	28,14	29,47	28,81	26,66	28,27	26,91	24,63	25,31
Referencia desplazada	16	19	22	25	28	31	34	35	36	37	38	39	39	39	39	39
A2	3,24	2,57	1,51	1,76	1,26	1,13	1,19	1,37	1,10	1,05	0,96	0,90	0,87	1,03	0,97	0,99
D	25,79	23,26	24,54	21,05	26,25	27,18	23,14	28,54	26,29	27,40	26,38	23,95	25,37	24,78	22,24	23,00
Dn	30,69	29,16	32,75	28,61	35,24	36,66	32,37	37,17	35,88	37,20	36,54	34,39	36,00	34,65	32,36	33,04
Desviación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,63	0,00	0,12	0,00	1,46	4,61	3,00	4,35	6,64	5,96

Tabla 14.

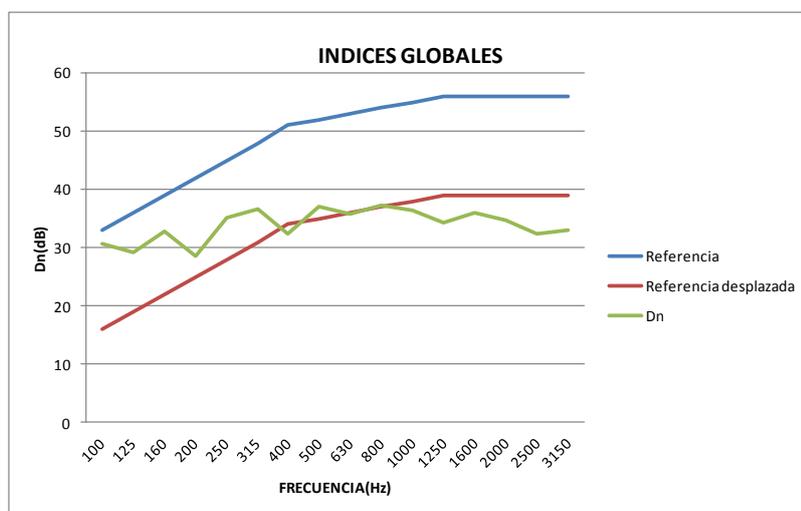


Figura 57. Gráfico índices globales.

Este proceso se realiza desplazando la curva de referencia en saltos de 1 dB hacia la curva medida, hasta que la suma de las desviaciones sea lo mayor posible pero no mayor a 32 dB.

Sabemos que se produce una desviación desfavorable en una determinada frecuencia cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia. De acuerdo con este procedimiento, una vez finalizado el desplazamiento, el valor en decibelios de la curva de referencia a 500 Hz, es el del DnT,w, el cual es igual a 35dB.

Según el CTE HR para el aislamiento entre recintos protegidos, establece un DnT,A no menor que 50 dBA. En la medición realizada “in situ” obtenemos un DnT de 35 dBA, por tanto la partición **NO CUMPLE** con los requisitos mínimos de la norma.

• **Aislamiento partición entre aulas mediana y pequeña**

P.B

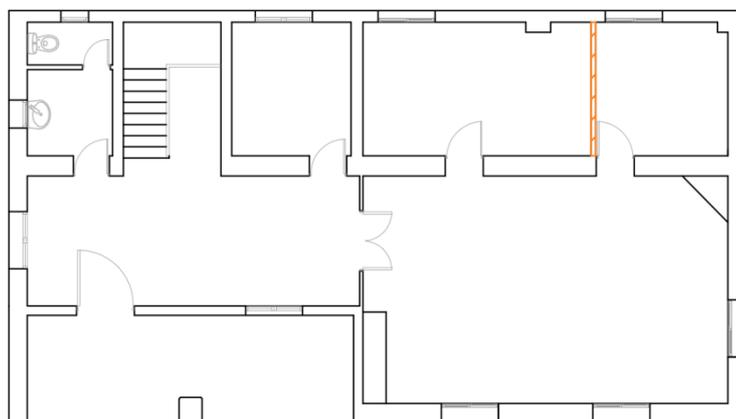


Figura 58. Partición objeto de estudio.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L1am (dB)medio	92,93	101,62	101,83	105,97	104,91	104,19	103,15	101,36	99,87	103,17	99,42	97,14	96,72	96,10	90,09	85,88	82,59	76,59
L2ap (dB)medio	76,53	88,16	80,76	79,02	76,56	71,80	68,03	66,40	66,31	68,43	67,92	59,88	62,90	65,45	61,16	53,86	48,15	40,30
Bs1 (dB)	24,1	27,0	19,2	22,7	19,4	16,2	13,1	10,7	9,5	9,1	10,3	19,6	9,3	10,2	9,2	15,7	11,1	15,6
L2ap (dB)corregido	76,53	88,16	80,76	79,02	76,56	71,80	68,03	66,40	66,31	68,43	67,92	59,88	62,90	65,45	61,16	53,86	48,15	40,29
TR medio(sala peq PB)	0,279	0,457	0,374	0,595	0,653	0,782	0,637	0,557	0,580	0,645	0,705	0,756	0,772	0,744	0,658	0,647	0,670	0,598
Dnt	13,87	13,08	19,81	27,71	29,52	34,33	36,17	35,43	34,21	35,85	32,99	39,05	35,71	32,38	30,13	33,13	35,71	37,08

Tabla 15.

	FRECUENCIA(Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
Dnt	13,87	13,08	19,81	27,71	29,52	34,33	36,17	35,43	34,21	35,85	32,99	39,05	35,71	32,38	30,13	33,13
Referencia desplazada	31	34	37	40	43	46	49	50	51	52	53	54	54	54	54	54
A2	0,38	0,23	0,29	0,18	0,16	0,14	0,17	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,14	0,14	0,16	0,17
D	16,40	13,47	21,07	26,96	28,36	32,38	35,12	34,96	33,56	34,75	31,50	37,26	33,82	30,65	28,94	32,01
Dn	30,57	29,77	36,51	44,41	46,21	51,03	52,87	52,13	50,91	52,55	49,69	55,75	52,41	49,08	46,83	49,83
Desviación	0,43	4,23	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	3,31	0,00	1,59	4,92	7,17	4,17

Tabla 16.

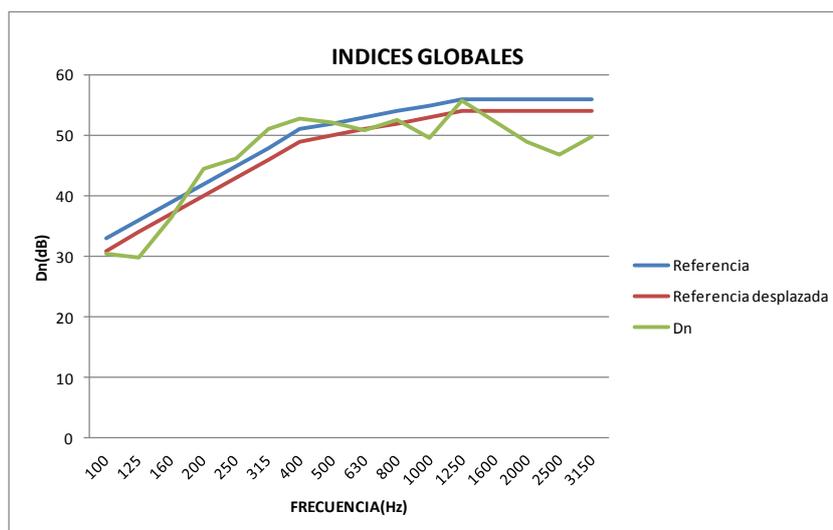
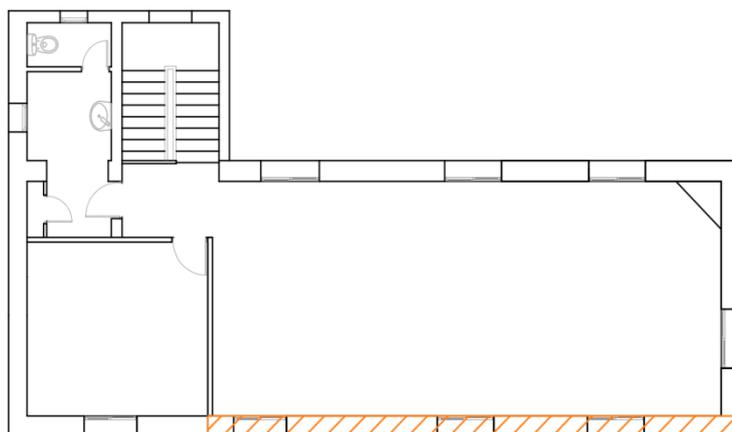


Figura 59. Gráfico índices globales.

Según el CTE HR para el aislamiento entre recintos protegidos, establece un DnT,A no menor que 50 dBA. En la medición realizada “in situ” obtenemos un DnT de 50 dBA, por tanto la partición **SI CUMPLE** con los requisitos mínimos de la norma. Aunque debería mejorarse.

• **Aislamiento paramento fachada planta primera**



P.1

Figura 60. Paramento objeto de estudio.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L1s (dB)medio	91,01	95,35	97,18	98,00	98,76	96,05	95,78	96,38	95,68	96,09	92,64	90,23	89,63	88,51	84,83	80,87	76,33	72,21
L2c (dB)medio	62,11	60,89	63,30	62,30	58,94	55,69	53,86	56,10	52,39	53,51	49,52	46,79	46,26	46,29	43,35	41,32	42,84	45,73
BZc (dB)medio	63,72	70,96	63,74	56,52	51,43	46,12	50,79	52,02	48,72	49,74	48,88	50,72	49,66	48,67	47,66	44,89	42,30	45,68
L2c (dB)corregido	60,81	59,59	62,00	60,96	58,09	55,19	50,92	53,94	49,95	51,15	40,88	45,49	44,96	44,99	42,05	40,02	33,55	26,53
Dn	30,20	35,76	35,18	37,04	40,67	40,87	44,86	42,44	45,73	44,94	51,76	44,74	44,67	43,52	42,79	40,85	42,78	45,67

Tabla 17.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150		
Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56		
D	30,20	35,76	35,18	37,04	40,67	40,87	44,86	42,44	45,73	44,94	51,76	44,74	44,67	43,52	42,79	40,85		
Referencia desplazada	25	28	31	34	37	40	43	44	45	46	47	48	48	48	48	48		

tabla 18.

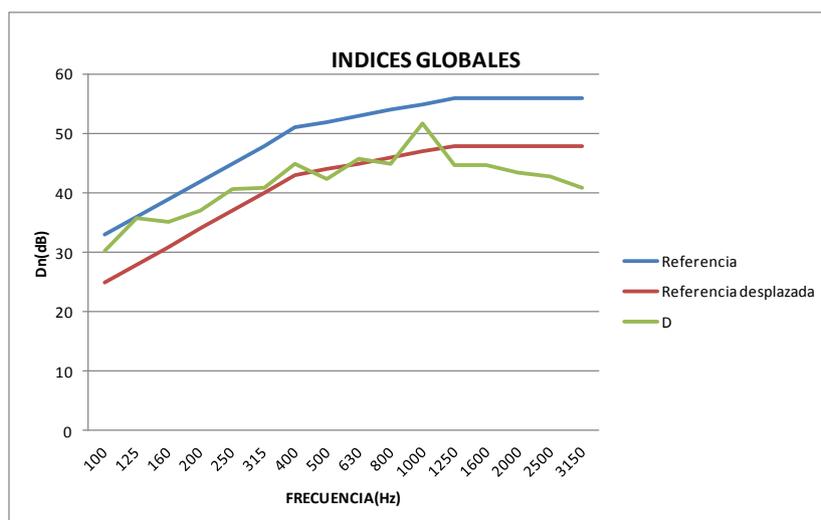


Figura 61. Gráfico índices globales.

Como ya se ha explicado anteriormente, contamos con un nivel de ruido exterior de 60 dB. Para el cual la norma establece como mínimo un aislamiento acústico de 30 dB. En nuestro caso, el Dw nos resulta de 44 dB, por tanto **SI CUMPLE** con las exigencias de la normativa. Aunque deberíamos comprobar de nuevo las mediciones.

- **Aislamiento forjado planta primera con planta baja.**

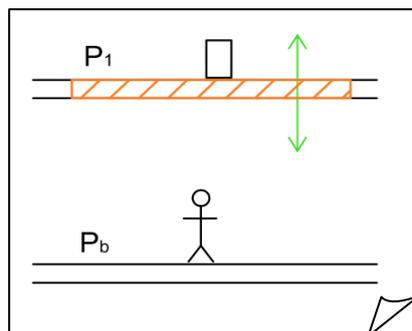


Figura 62. Croquis forjado objeto de estudio.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L1s (dB)medio	91,01	95,35	97,18	98,00	98,76	96,05	95,78	96,38	95,68	96,09	92,64	90,23	89,63	88,51	84,83	80,87	76,33	72,21
L2spb (dB)medio	52,81	56,75	60,40	61,81	60,51	58,40	54,70	53,20	52,56	52,41	50,47	45,40	46,41	49,21	44,98	42,04	35,91	30,00
BZG (dB)medio	27,01	24,37	22,96	29,12	21,69	17,64	16,10	15,55	16,78	15,80	15,15	12,18	16,06	20,12	19,36	16,53	12,73	14,02
L2 (dB)corregido	52,80	56,75	60,40	61,81	60,51	58,40	54,70	53,20	52,56	52,41	50,47	45,40	46,41	49,21	44,97	42,03	35,89	29,89
TR medio(sala PB)	0,402	0,591	0,572	0,739	0,882	0,929	0,780	0,736	0,831	1,019	1,141	1,187	1,251	1,298	1,197	1,059	0,984	0,914
Dnt	37,26	39,32	37,37	37,89	40,71	40,34	43,00	44,85	45,32	46,77	45,75	48,58	47,21	43,44	43,65	42,10	43,38	44,94

Tabla 19.

	FRECUENCIA(Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Referencia	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00	48,00	51,00	52,00	53,00	54,00	55,00	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00
Dnt	37,26	39,32	37,37	37,89	40,71	40,34	43,00	44,85	45,32	46,77	45,75	48,58	47,21	43,44	43,65	42,10
Referencia desplazada	29,00	32,00	35,00	38,00	41,00	44,00	47,00	48,00	49,00	50,00	51,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00
A2	6,56	4,46	4,60	3,56	2,99	2,83	3,38	3,58	3,17	2,59	2,31	2,22	2,11	2,03	2,20	2,49
D	38,21	38,59	36,78	36,19	38,25	37,65	41,07	43,18	43,11	43,68	42,17	44,83	43,22	39,30	39,86	38,84
Dn	40,04	42,11	40,15	40,67	43,50	43,13	45,79	47,64	48,10	49,55	48,54	51,37	49,99	46,23	46,43	44,88
Desviación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	1,21	0,36	0,90	0,45	2,46	0,63	2,01	5,77	5,57	7,12

Tabla 20.

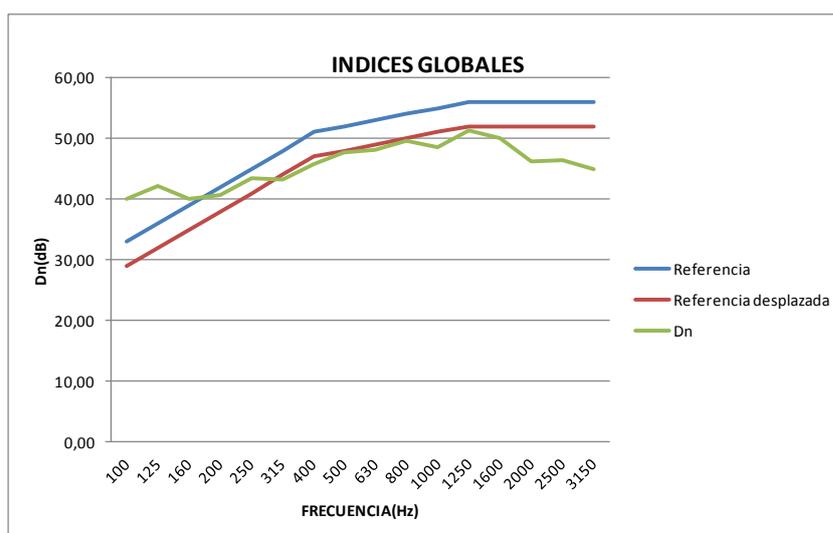


Figura 63. Gráfico de índices globales.

Según el CTE HR para el aislamiento entre recintos protegidos, establece un DnT,A no menor que 50 dBA. En la medición realizada "in situ" obtenemos un DnT de 48 dBA, por tanto la partición **NO CUMPLE** con los requisitos mínimos de la norma.

Además se aporta el plano de la planta donde se representan los valores medidos con una escala de colores, en ella se ha optado por un alto contraste de colores y una escala numérica muy pequeña, de 5dB en 5dB para apreciar la poca diferencia que existe entre los valores.

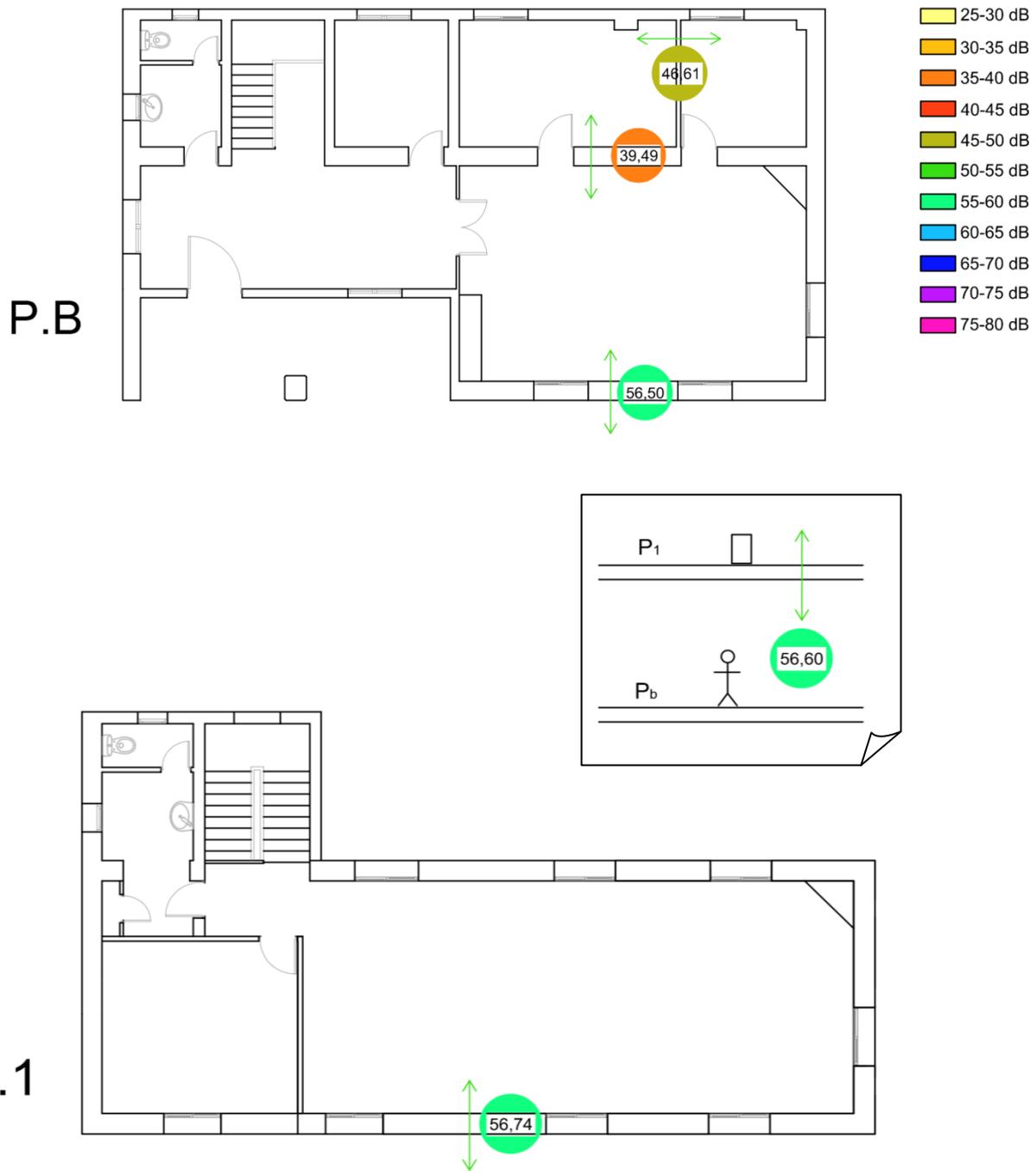


Figura 64. Plano de valores medidos de aislamiento.

5.2 Parámetros de calidad

5.2.1 Tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación es el parámetro que se va a estudiar en profundidad. Para ello se van a estudiar el EDT, TR10, TR20 y TR30, se compararan los valores obtenidos, a lo que se le llama grado de reverberación.

Dentro de cada parámetro se analizará el valor en cada punto que se ha realizado la medición, además de la media de todos ellos con su desviación estándar.

5.2.1.1 Early Decay Time (EDT)

El EDT se define como seis veces el tiempo que transcurre desde que la fuente sonora deja de radiar hasta que el nivel cae 10 dB.

El EDT está más relacionado con la impresión subjetiva de viveza que el RT, utilizado tradicionalmente. Esto significa que, en todos aquellos puntos de una sala con un EDT significativamente menor que el RT, la sala resultara, desde un punto de vista subjetivo, mas apagada de lo que deduciría del valor de RT.

Con objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala ocupada, es preciso que el valor medio de los EDT correspondientes a las frecuencias de 500Hz y 1 kHz sea de mismo orden que RTmid.

A continuación se exponen los valores obtenidos

- **Aula grande planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																	EDT Mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
Punto 1	0,321	0,458	0,673	0,768	0,519	0,674	0,609	0,694	0,649	0,831	1,234	1,237	1,396	1,262	1,179	1,081	0,965	0,915	0,964
Punto 2	0,644	0,367	0,649	0,726	0,862	0,752	0,792	0,821	0,992	1,037	1,063	1,381	1,385	1,208	1,229	1,001	0,833	0,976	0,942
Punto 3	0,608	0,329	0,439	0,664	0,638	0,828	0,836	0,834	0,744	1,044	1,061	1,214	1,335	1,457	1,388	0,991	1,001	0,860	0,948
Punto 4	0,280	0,112	0,598	0,494	0,815	1,161	0,710	0,884	0,932	0,830	1,198	1,257	1,613	1,156	1,216	1,181	1,090	0,951	1,041

Tabla 21.

Como se puede observar en la tabla y en el gráfico aportado a continuación los valores obtenidos en los distintos puntos de la medición son valores muy uniformes, es decir que no hay apenas diferencia entre unos y otros. Únicamente observamos un valor más alto en el punto 4 a una frecuencia de 315Hz que sobresale del resto de los valores.

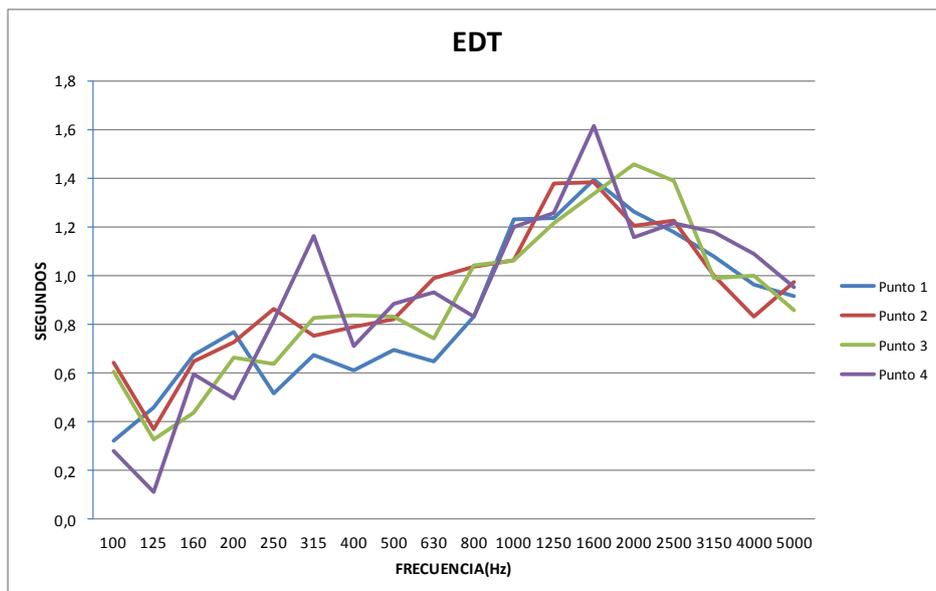


Figura 65. Gráfico EDT

Con los valores medidos en los 4 puntos, hemos obtenido el EDT medio de la sala, con el que hemos obtenido la curva tonal, la cual está representada con su desviación estándar.

	FRECUCIA(Hz)																		
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
EDT medio	0,46	0,32	0,59	0,66	0,71	0,85	0,74	0,81	0,83	0,94	1,14	1,27	1,43	1,27	1,25	1,06	0,97	0,93	
Des. Estandar	0,15	0,27	0,30	0,31	0,29	0,21	0,24	0,13	0,10	0,13	0,11	0,08	0,08	0,11	0,12	0,09	0,10	0,10	
Des. Mínima	0,31	0,05	0,29	0,35	0,42	0,64	0,50	0,68	0,73	0,81	1,03	1,19	1,35	1,16	1,13	0,97	0,87	0,83	
Des. Máxima	0,61	0,59	0,89	0,97	1,00	1,06	0,98	0,94	0,93	1,07	1,25	1,35	1,51	1,38	1,37	1,15	1,07	1,03	

Tabla 22.

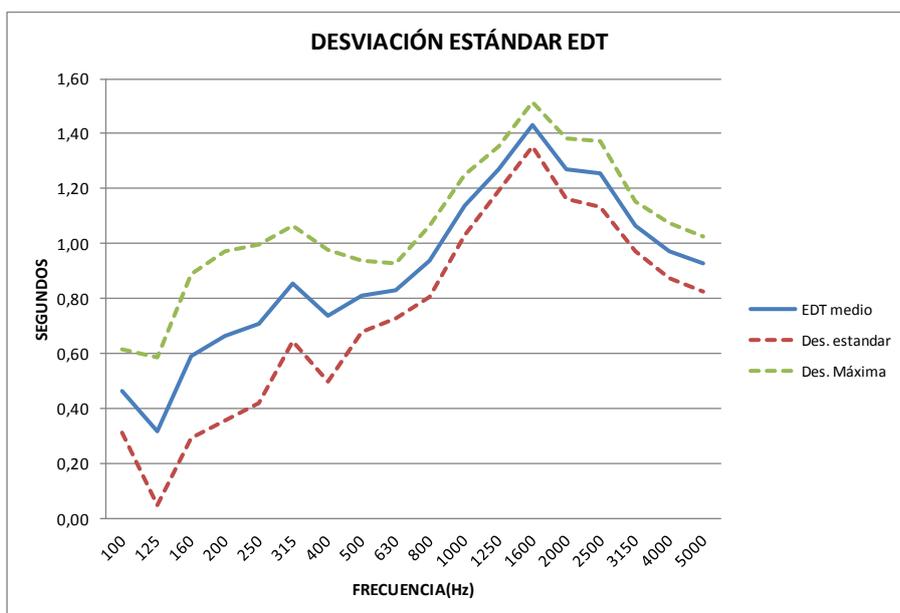


Figura 66. Gráfico desviación estándar EDT.

A partir de los valores medios también se ha obtenido el EDTmid, el cual resulta de la media del EDT de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del EDTmid es de 0,97 seg.

• Aula mediana planta baja

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																	EDT Mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
Punto 1	0,159	0,267	0,547	0,754	0,664	0,796	0,893	0,905	0,797	0,940	1,001	1,051	1,074	1,033	0,926	0,934	0,885	0,822	0,953
Punto 2	0,497	0,425	0,352	0,966	0,633	0,775	0,666	0,939	0,764	0,765	1,036	0,780	1,007	0,800	0,742	0,720	0,811	0,836	0,988

Tabla 23.

Los puntos tomados en esta aula han sido únicamente dos, debido a las medidas reducidas de la misma nos daban la información suficiente.

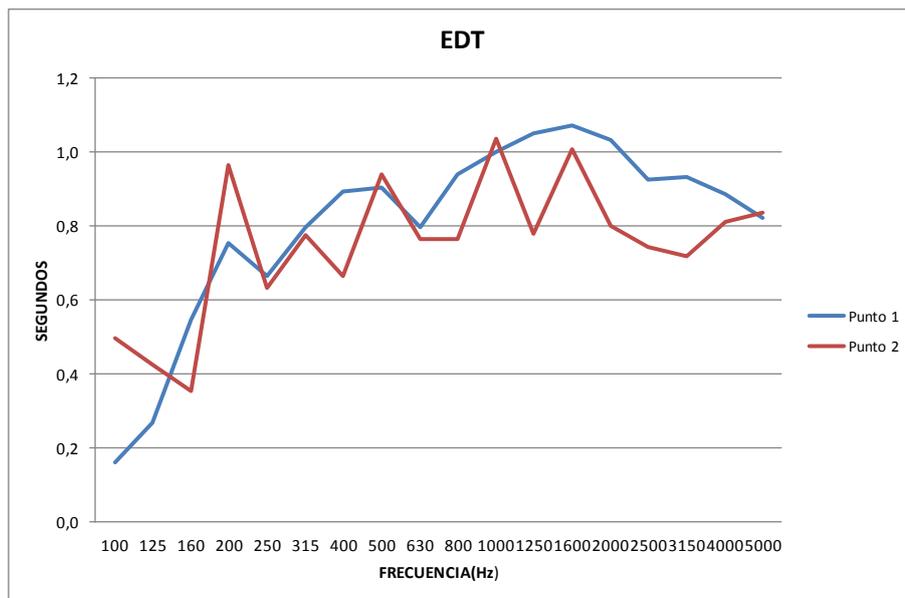


Figura 67. Gráfico EDT.

Como observamos en los datos anteriores, la EDT obtenida entre los dos puntos ha sido uniforme a frecuencias bajas. Sin embargo, a frecuencias altas los datos han sido dispares.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EDT medio	0,33	0,35	0,45	0,86	0,65	0,79	0,78	0,92	0,78	0,85	1,02	0,92	1,04	0,92	0,83	0,83	0,85	0,83
Des. Estandar	0,15	0,27	0,30	0,31	0,29	0,21	0,24	0,13	0,10	0,13	0,11	0,08	0,08	0,11	0,12	0,09	0,10	0,10
Des. Mínima	0,18	0,08	0,15	0,55	0,36	0,58	0,54	0,79	0,68	0,72	0,91	0,84	0,96	0,81	0,71	0,74	0,75	0,73
Des. Máxima	0,48	0,62	0,75	1,17	0,94	1,00	1,02	1,05	0,88	0,98	1,13	1,00	1,12	1,03	0,95	0,92	0,95	0,93

Tabla 24.

A partir de los valores medios también se ha obtenido el EDTmid, el cual resulta de la media del EDT de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del EDTmid es de 0,97 seg.

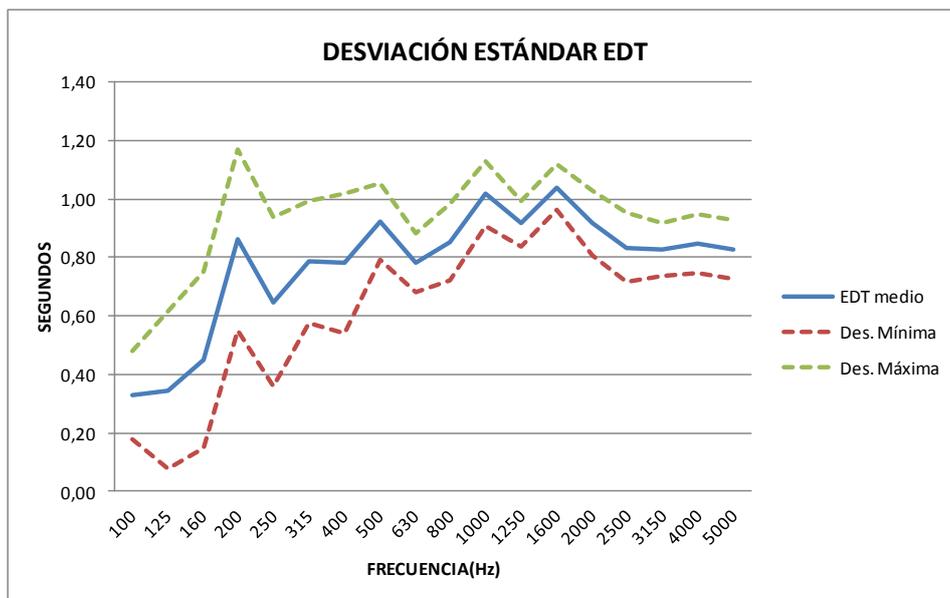


Figura 68. Gráfico desviación estándar EDT.

- **Aula pequeña planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		EDT Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,380	0,321	0,510	0,285	0,769	1,003	0,951	0,707	0,837	0,799	0,811	0,682	0,628	0,806	0,650	0,625	0,580	0,557	0,759

Tabla 25.

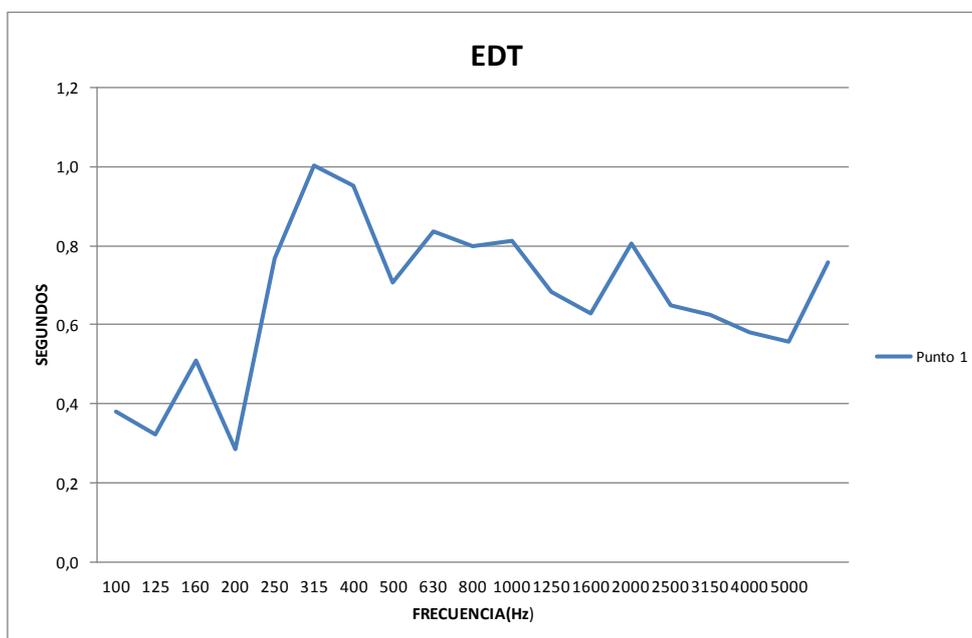


Figura 69. Gráfico EDT.

Analizando los datos adquiridos, observamos que hay un salto considerable de la frecuencia 200Hz a la 250Hz.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EDT medio	0,38	0,32	0,51	0,29	0,77	1,00	0,95	0,71	0,84	0,80	0,81	0,68	0,63	0,81	0,65	0,63	0,58	0,56
Des. Estandar	0,15	0,27	0,30	0,31	0,29	0,21	0,24	0,13	0,10	0,13	0,11	0,08	0,08	0,11	0,12	0,09	0,10	0,10
Des. Mínima	0,23	0,05	0,21	-0,03	0,48	0,79	0,71	0,58	0,74	0,67	0,70	0,60	0,55	0,70	0,53	0,54	0,48	0,46
Des. Máxima	0,53	0,59	0,81	0,60	1,06	1,21	1,19	0,84	0,94	0,93	0,92	0,76	0,71	0,92	0,77	0,72	0,68	0,66

Tabla 26.

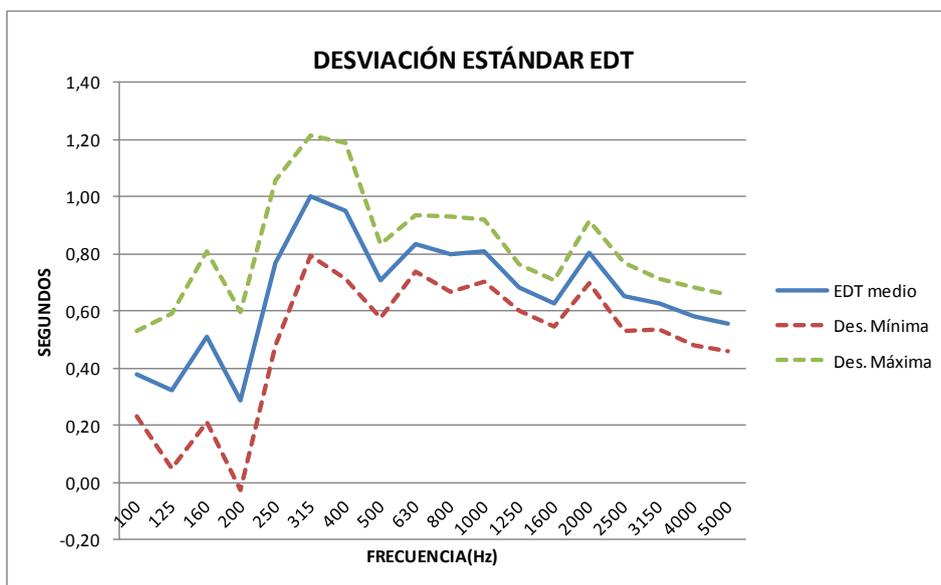


Figura 70. Gráfico desviación estándar EDT.

El valor obtenido del EDTmid es de 0,76 seg.

- **Sala de ensayo planta primera**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																	EDT Mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
Punto 1	0,472	0,855	0,968	0,701	1,119	0,995	0,805	0,888	0,859	0,778	0,962	1,072	0,930	0,804	0,982	0,807	0,788	0,801	0,925
Punto 2	0,957	0,851	0,727	0,838	0,816	1,030	0,910	0,753	0,643	0,697	0,616	0,794	0,755	0,930	0,913	0,971	0,810	0,704	0,685
Punto 3	0,544	0,907	0,819	0,823	0,717	0,804	0,468	0,932	0,855	0,923	0,775	0,810	0,875	0,859	0,915	0,793	0,760	0,689	0,854
Punto 4	0,458	0,487	0,884	0,953	0,629	0,718	0,689	1,088	0,675	0,510	0,525	0,717	0,760	0,884	0,994	0,853	0,886	0,822	0,807
Punto 5	0,548	0,839	1,263	0,641	0,611	0,675	0,783	0,634	0,676	0,620	0,641	0,998	0,878	0,855	0,903	0,859	0,816	0,889	0,638
Punto 6	0,971	0,591	0,837	1,180	0,564	0,886	0,531	0,715	0,774	0,942	0,593	0,994	0,859	0,858	0,976	0,854	0,832	0,771	0,654
Punto 7	0,654	0,687	0,522	0,624	0,462	0,871	0,944	0,630	0,676	0,697	0,765	0,852	0,972	0,972	0,965	0,968	0,923	0,796	0,698
Punto 8	0,823	0,271	0,182	0,142	0,744	0,976	0,643	1,072	0,767	0,714	0,595	0,677	0,677	0,865	0,855	0,733	0,757	0,682	0,834
Punto 9	0,750	0,514	1,119	0,685	0,717	0,972	1,118	1,089	0,900	0,735	0,764	0,855	0,821	1,037	0,943	0,920	0,879	0,857	0,927
Punto 10	0,827	0,440	0,177	1,081	0,923	0,819	0,709	0,793	0,775	0,768	0,880	0,701	1,031	1,056	0,941	0,873	0,898	0,851	0,837
Punto 11	0,600	1,015	1,058	0,767	0,647	0,440	0,654	0,801	0,750	0,695	0,798	0,830	0,959	0,824	0,954	0,970	0,846	0,868	0,800
Punto 12	0,459	0,675	0,615	0,418	0,472	0,753	0,922	0,749	0,821	0,864	0,904	0,649	0,913	0,900	0,989	0,932	0,913	0,838	0,827
Punto 13	0,415	0,251	0,496	0,960	0,663	0,755	0,696	0,756	1,047	0,746	0,959	0,983	0,792	0,943	0,806	0,734	0,869	0,834	0,858
Punto 14	0,277	0,493	0,314	0,556	0,571	1,256	1,185	0,910	0,893	0,676	0,859	1,066	0,786	0,990	0,801	0,851	0,872	0,788	0,885
Punto 15	1,177	0,535	0,444	0,586	0,586	0,959	1,181	0,841	0,674	0,645	0,928	0,891	1,056	0,862	1,019	0,822	0,799	0,678	0,885

Tabla 27.

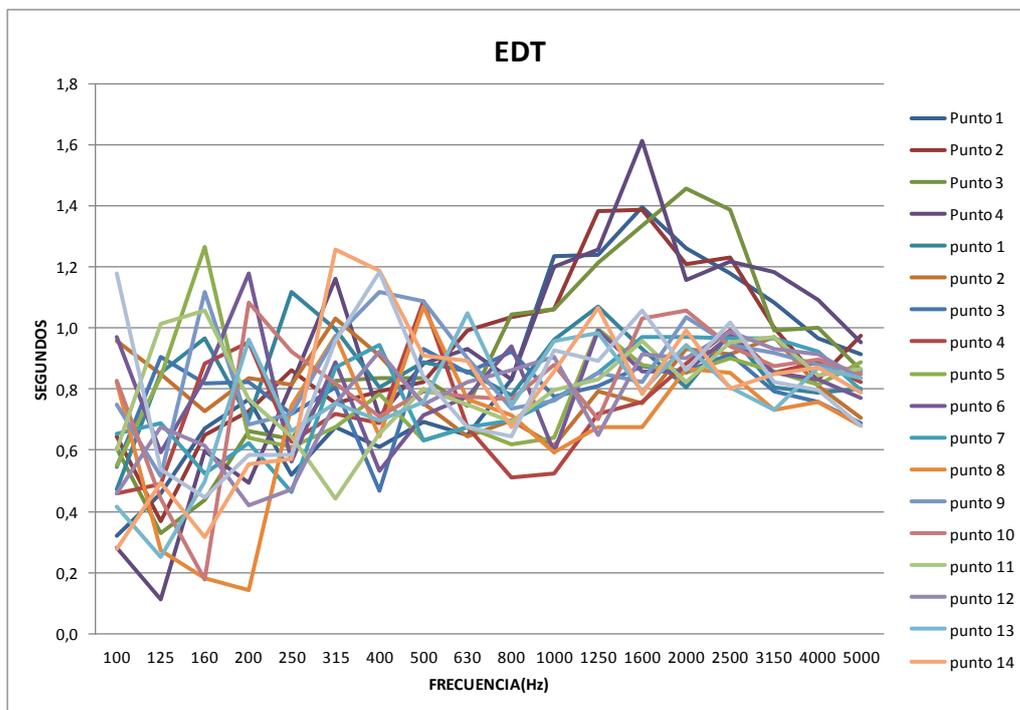


Figura 71. Gráfico EDT.

Como se puede observar en la tabla y en el gráfico todos los valores obtenidos en los distintos puntos son uniformes, salvo los puntos 1,2,3 y 4 a frecuencias altas, sobresalen del resto de los valores .

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EDT medio	0,66	0,63	0,70	0,73	0,68	0,86	0,82	0,84	0,79	0,73	0,77	0,86	0,87	0,91	0,93	0,86	0,84	0,79
Des. Estandar	0,15	0,27	0,30	0,31	0,29	0,21	0,24	0,13	0,10	0,13	0,11	0,08	0,08	0,11	0,12	0,09	0,10	0,10
Des. Mínima	0,51	0,36	0,40	0,42	0,39	0,65	0,58	0,71	0,69	0,60	0,66	0,78	0,79	0,80	0,81	0,77	0,74	0,69
Des. Máxima	0,81	0,90	1,00	1,04	0,97	1,07	1,06	0,97	0,89	0,86	0,88	0,94	0,95	1,02	1,05	0,95	0,94	0,89

Tabla 28.

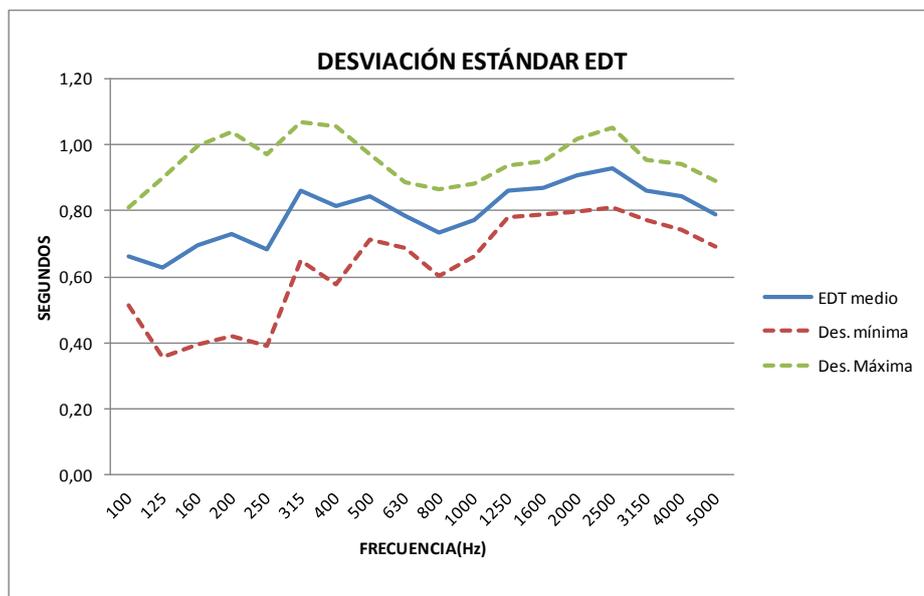


Figura 72. Gráfico desviación estándar EDT.

El valor obtenido en este último análisis del EDTmid es 0,81 seg. El EDT debe ser un valor semejante al del tiempo de reverberación para que haya una buena difusión del sonido.

5.2.1.2 Tiempo de reverberación TR10

Otro parámetro a estudiar es el Tr10, que es el tiempo que transcurre desde que deja de emitir un sonido la fuente hasta que el nivel desciende en 10 dB.

A continuación se indican los valores obtenidos.

- **Aula grande planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																	Tr10 Mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
Punto 1	0,22	0,20	0,51	0,81	1,14	1,02	1,09	0,72	0,97	0,97	1,50	1,20	1,17	1,31	1,09	1,09	0,95	1,13	1,11
Punto 2	0,59	0,97	0,66	0,81	1,23	0,97	0,69	0,70	0,94	1,14	1,42	1,10	1,29	1,25	1,24	1,12	1,04	0,83	1,06
Punto 3	0,50	0,94	0,68	0,78	0,99	0,90	0,74	0,89	0,90	0,83	1,15	1,21	1,21	1,21	1,21	1,02	0,93	0,81	1,02
Punto 4	0,16	0,16	0,53	0,70	0,76	1,18	0,76	0,62	0,74	1,19	1,13	1,30	1,40	1,34	1,11	1,08	0,98	0,90	0,88

Tabla 29.

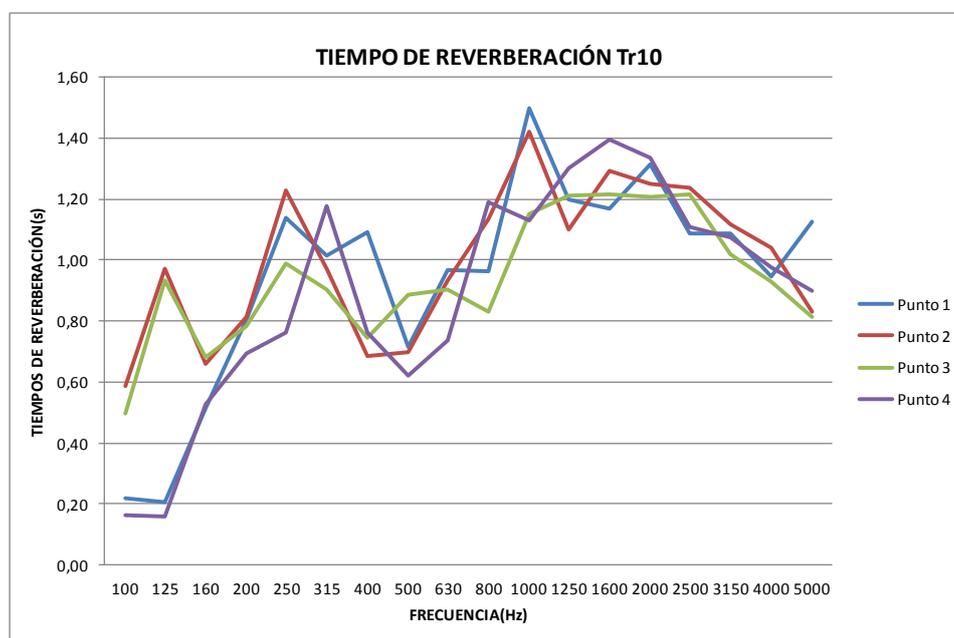


Figura 73. Gráfico Tr10.

Como se puede observar en las figuras anteriores, los valores obtenidos en los diferentes puntos de la medición son valores bastante aproximados.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr10 medio	0,37	0,57	0,59	0,77	1,03	1,02	0,82	0,73	0,89	1,03	1,30	1,20	1,27	1,28	1,16	1,07	0,97	0,92
Des. Estandar	0,25	0,30	0,23	0,24	0,29	0,17	0,16	0,16	0,10	0,16	0,10	0,06	0,09	0,09	0,06	0,06	0,07	0,05
Des. Mínima	0,12	0,27	0,36	0,53	0,74	0,85	0,66	0,57	0,79	0,87	1,20	1,14	1,18	1,19	1,10	1,01	0,90	0,87
Des. Máxima	0,62	0,87	0,82	1,01	1,32	1,19	0,98	0,89	0,99	1,19	1,40	1,26	1,36	1,37	1,22	1,13	1,04	0,97

Tabla 30.

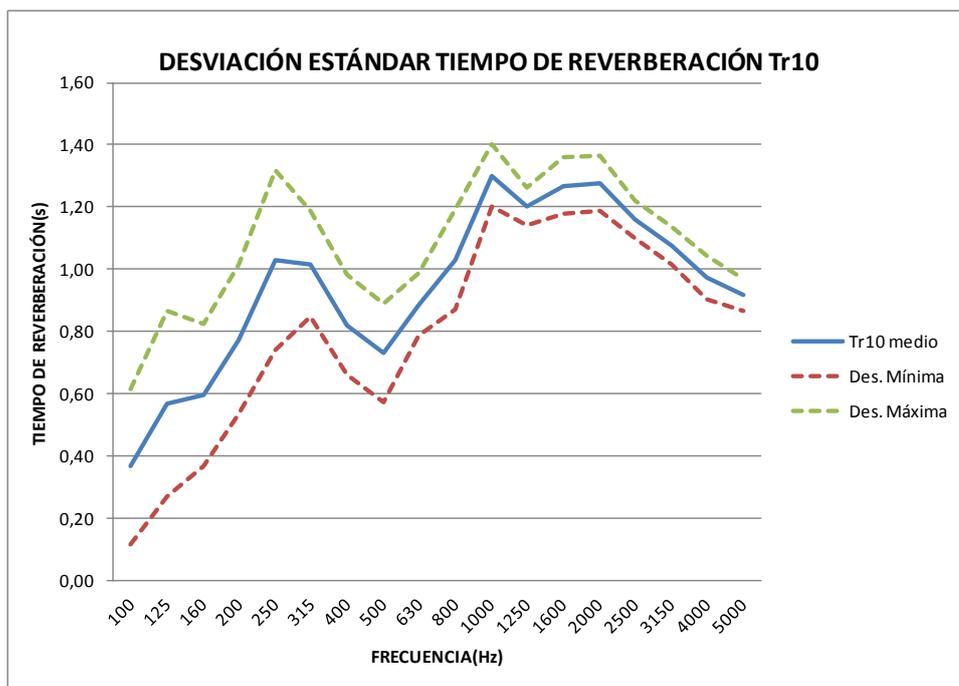


Figura 74. Gráfico desviación estándar Tr10.

Por último a partir de los valores medios también se ha obtenido el TR10mid, el cual resulta de la media del TR10 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor de obtenido del TR10mid es de 1,01 seg.

- **Aula mediana planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																			Tr10 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000		
Punto 1	0,09	0,47	0,60	0,78	0,55	0,81	0,94	0,68	0,71	0,96	0,91	1,10	1,21	0,94	0,90	0,81	0,77	0,76	0,80	
Punto 2	0,29	0,24	0,57	0,56	0,63	0,72	0,68	0,70	0,77	0,86	0,94	0,87	0,88	0,69	0,80	0,70	0,73	0,77	0,82	

Tabla 31.

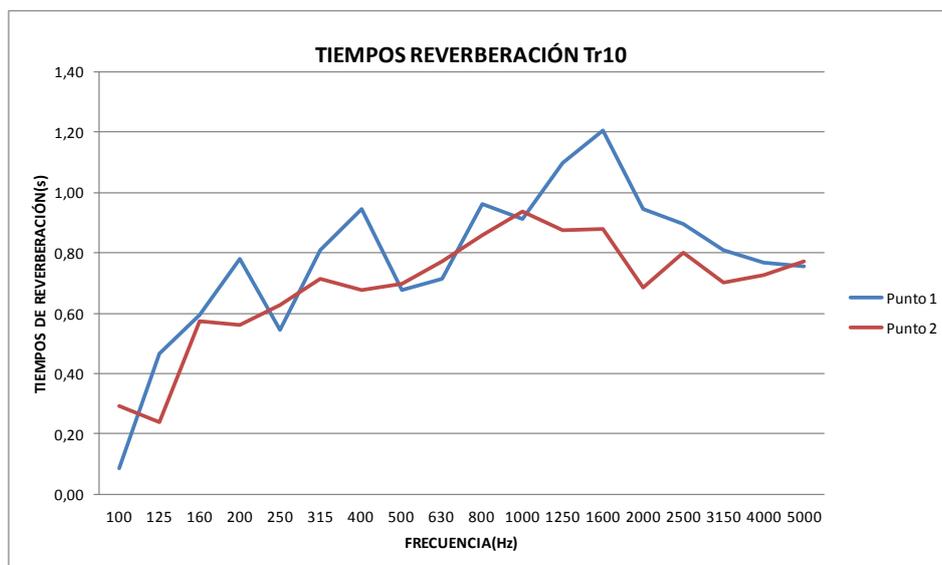


Figura 75. Gráfico Tr10.

En este caso se puede ver que el punto 2 es estable mientras el punto 1 tiene unos picos dispares.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr10 medio	0,19	0,35	0,58	0,67	0,59	0,76	0,81	0,69	0,74	0,91	0,93	0,99	1,04	0,82	0,85	0,76	0,75	0,76
Des. Estandar	0,25	0,30	0,23	0,24	0,29	0,17	0,16	0,16	0,10	0,16	0,10	0,06	0,09	0,09	0,06	0,06	0,07	0,05
Des. Mínima	-0,06	0,05	0,35	0,43	0,30	0,59	0,65	0,53	0,64	0,75	0,83	0,93	0,95	0,73	0,79	0,70	0,68	0,71
Des. Máxima	0,44	0,65	0,81	0,91	0,88	0,93	0,97	0,85	0,84	1,07	1,03	1,05	1,13	0,91	0,91	0,82	0,82	0,81

Tabla 32.

Con los valores medidos en los 4 puntos, hemos obtenido TR10 medio del aula con el que se ha obtenido la curva tonal TR10, la cual está representada con su desviación estándar.

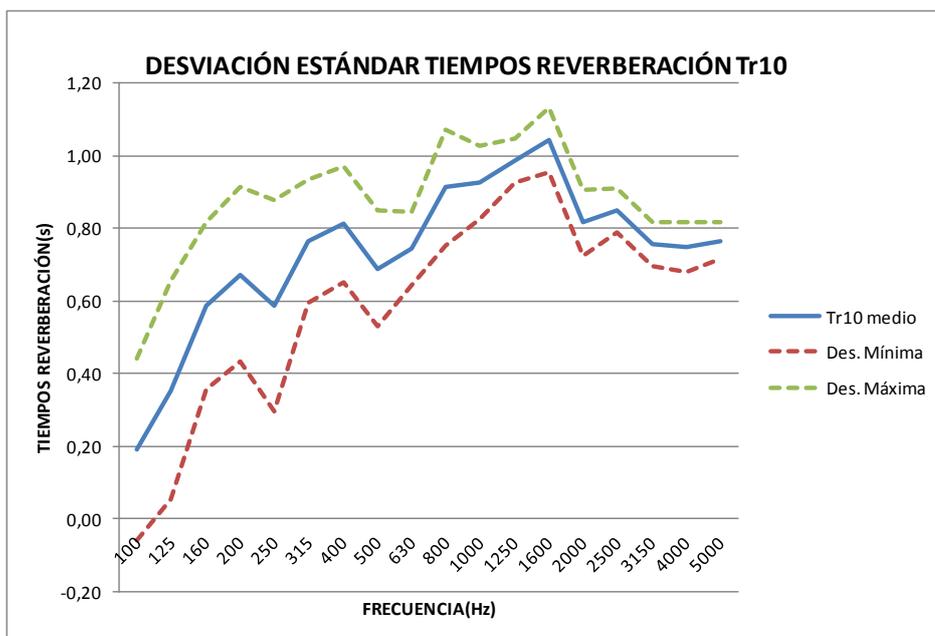


Figura 76. Desviación estándar Tr10.

El valor obtenido de TRmid es de 0,81 seg.

- **Aula pequeña planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		Tr10 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,15	0,50	0,78	0,58	0,77	0,87	0,62	0,65	0,47	0,58	0,83	0,71	0,79	0,83	0,61	0,77	0,58	0,58	0,74

Tabla 33.

En este caso, un único punto ha sido suficiente debido a las reducidas dimensiones del aula.

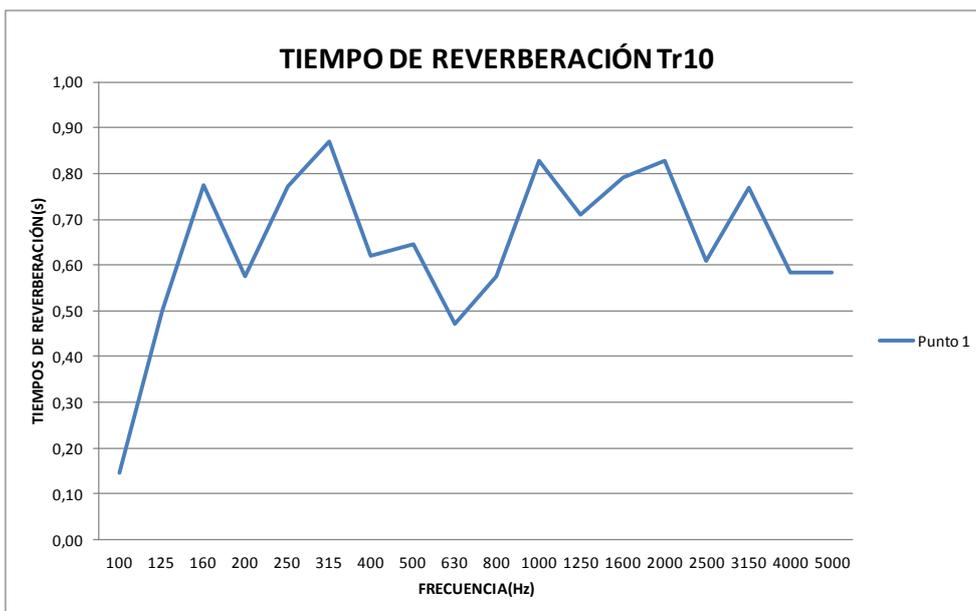


Figura 77. Gráfico Tr10.

	FRECUCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr10 medio	0,15	0,50	0,78	0,58	0,77	0,87	0,62	0,65	0,47	0,58	0,83	0,71	0,79	0,83	0,61	0,77	0,58	0,58
Des. Estandar	0,25	0,30	0,23	0,24	0,29	0,17	0,16	0,16	0,10	0,16	0,10	0,06	0,09	0,09	0,06	0,06	0,07	0,05
Des. Mínima	-0,10	0,20	0,55	0,34	0,48	0,70	0,46	0,49	0,37	0,42	0,73	0,65	0,70	0,74	0,55	0,71	0,51	0,53
Des. Máxima	0,40	0,80	1,01	0,82	1,06	1,04	0,78	0,81	0,57	0,74	0,93	0,77	0,88	0,92	0,67	0,83	0,65	0,63

Tabla 34.

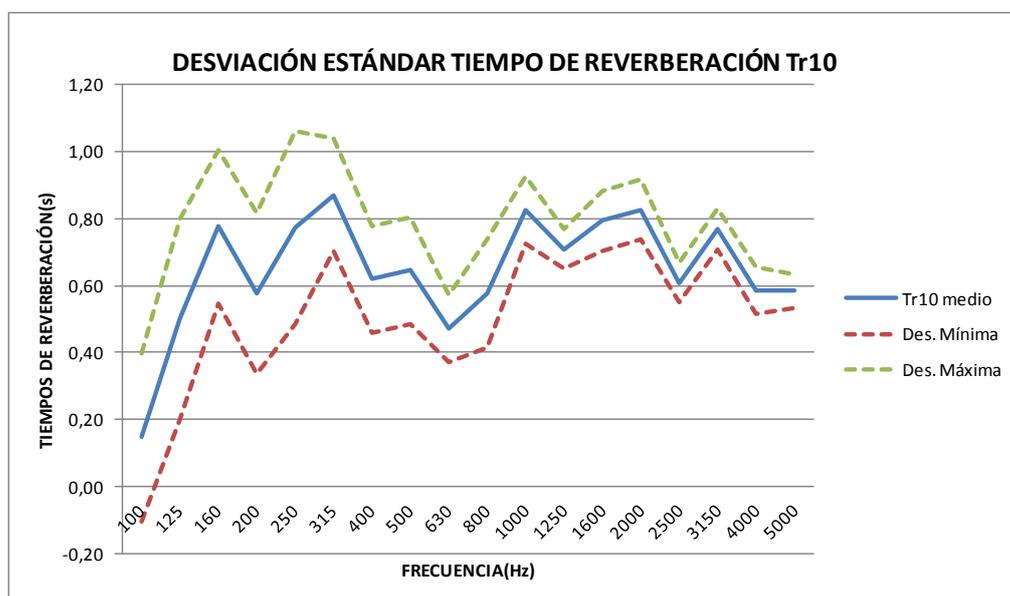


Figura 78. Gráfico Desviación estándar Tr10

El valor obtenido de TR10mid es 0,74 seg.

• **Sala de ensayo planta primera**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																Tr10 Mid		
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150		4000	5000
Punto 1	0,34	0,68	1,16	1,00	0,84	1,23	0,95	1,09	0,97	0,95	0,93	1,04	1,01	1,01	0,95	0,96	0,87	0,86	1,01
Punto 2	0,85	0,82	0,77	0,79	0,69	0,91	1,06	0,83	0,78	0,96	0,76	0,90	1,00	0,92	0,88	0,87	0,78	0,84	0,80
Punto 3	0,37	0,76	1,23	0,51	0,56	0,84	0,96	1,09	0,79	0,93	0,84	0,80	1,04	1,00	1,00	0,76	0,76	0,81	0,97
Punto 4	1,18	0,74	1,19	1,04	0,46	0,95	0,94	0,78	0,85	0,89	0,99	0,96	0,90	1,04	0,96	0,95	0,79	0,78	0,88
Punto 5	1,17	1,01	0,73	0,73	0,77	0,93	1,29	1,14	0,95	0,75	0,85	0,93	0,95	0,86	0,94	0,90	0,84	0,79	1,00
Punto 6	0,85	0,76	0,80	0,75	0,64	0,78	0,86	1,09	0,92	0,90	0,95	0,92	0,96	0,86	0,90	0,88	0,81	0,77	1,02
Punto 7	1,02	0,68	0,44	0,97	1,19	0,86	0,97	0,73	0,69	0,90	0,89	0,87	0,91	0,78	0,93	0,85	0,85	0,83	0,81
Punto 8	0,99	0,61	0,73	1,51	0,62	0,71	0,75	1,16	0,95	0,98	0,93	0,86	0,81	0,95	0,85	0,85	0,82	0,87	1,04
Punto 9	0,59	0,87	0,89	0,68	0,78	0,99	0,88	0,74	1,04	1,06	0,82	0,69	0,98	0,81	1,02	0,84	0,77	0,86	0,78
Punto 10	0,80	0,68	0,93	0,94	1,02	1,04	0,90	0,94	0,89	0,92	0,83	0,85	0,98	0,91	0,94	0,86	0,87	0,70	0,88
Punto 11	0,74	0,72	0,68	0,47	0,80	0,71	1,06	0,69	0,76	0,94	0,97	0,93	1,00	1,10	1,01	0,93	0,85	0,79	0,83
Punto 12	0,51	0,64	0,59	0,70	0,58	0,75	0,93	0,83	0,68	0,80	0,80	0,87	1,04	1,06	1,08	0,85	0,76	0,86	0,81
Punto 13	1,21	0,46	0,61	1,11	0,82	0,60	0,81	0,90	0,81	0,85	1,02	0,82	1,05	1,05	1,00	0,93	0,78	0,82	0,96
Punto 14	0,52	0,85	0,72	0,68	1,13	1,17	0,76	0,70	0,68	0,92	0,98	0,86	0,85	0,90	0,94	0,91	0,83	0,86	0,84
Punto 15	1,07	0,57	1,27	1,03	0,70	1,20	0,80	0,93	0,89	0,79	0,77	1,02	1,03	0,94	0,97	1,08	0,85	0,91	0,85

Tabla 35.

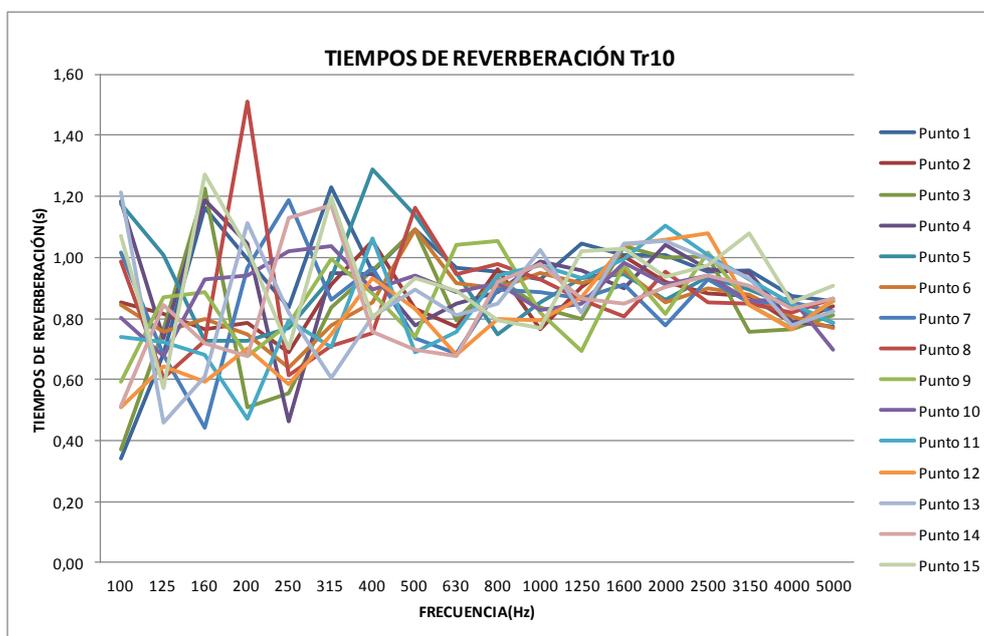


Figura 79. Gráfico Tr10.

Como se puede observar en la tabla y en el gráfico aportado arriba, los valores obtenidos en los distintos puntos de la medición son valores muy uniformes, es decir que no hay apenas diferencia entre unos y otros.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr10 medio	0,81	0,72	0,85	0,86	0,77	0,91	0,93	0,91	0,84	0,90	0,89	0,89	0,97	0,95	0,96	0,89	0,82	0,82
Des. Estandar	0,25	0,30	0,23	0,24	0,29	0,17	0,16	0,16	0,10	0,16	0,10	0,06	0,09	0,09	0,06	0,06	0,07	0,05
Des. Mínima	0,56	0,42	0,62	0,62	0,48	0,74	0,77	0,75	0,74	0,74	0,79	0,83	0,88	0,86	0,90	0,83	0,75	0,77
Des. Máxima	1,06	1,02	1,08	1,10	1,06	1,08	1,09	1,07	0,94	1,06	0,99	0,95	1,06	1,04	1,02	0,95	0,89	0,87

Tabla 36.

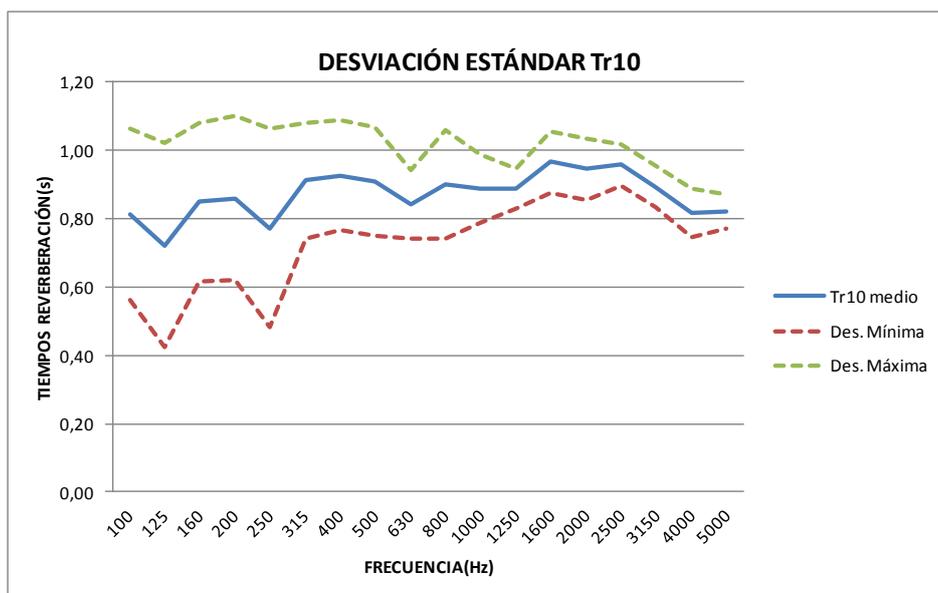


Figura 80. Gráfico desviación estándar Tr10.

Por último a partir de los valores medios también se ha obtenido el TR10mid, el cual resulta de la media del TR10 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor de obtenido del TR10mid es de 0,90 seg.

5.2.1.3 Tiempo de reverberación TR20

También se ha estudiado el tiempo de reverberación TR20, que es el tiempo que transcurre desde que deja de emitir un sonido la fuente hasta que el nivel desciende en 20 dB.

Este es el valor óptimo al que se intentará ajustar el tiempo de reverberación, mediante el programa de simulación, llegando si es posible a valores de entre 0,7 y 0,4 seg. que se recomiendan para salas o aulas de ensayo musicales. Aunque dichos valores no vienen prefijados en ninguna norma.

A continuación se indican los valores obtenidos

- **Aula grande planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		Tr20 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,31	0,33	0,53	0,76	0,98	1,08	0,98	0,82	0,87	1,07	1,12	1,16	1,26	1,32	1,18	1,04	0,99	0,99	0,97
Punto 2	0,41	0,74	0,58	0,85	1,07	0,74	0,64	0,69	0,81	1,08	1,12	1,17	1,24	1,24	1,18	1,11	0,98	0,89	0,90
Punto 3	0,55	1,21	0,65	0,71	0,73	0,90	0,74	0,74	0,88	0,89	1,20	1,15	1,22	1,20	1,22	1,03	0,98	0,89	0,97
Punto 4	0,33	0,08	0,53	0,64	0,75	0,99	0,76	0,70	0,76	1,04	1,14	1,28	1,29	1,43	1,21	1,06	1,00	0,90	0,92

Tabla 37

Como se puede observar en la tabla y en el gráfico siguiente los valores obtenidos en los distintos puntos de la medición son valores muy uniformes, es decir que no hay apenas diferencia entre unos y otros. Salvo el punto 3 a bajas frecuencias que tiene un salto considerable.

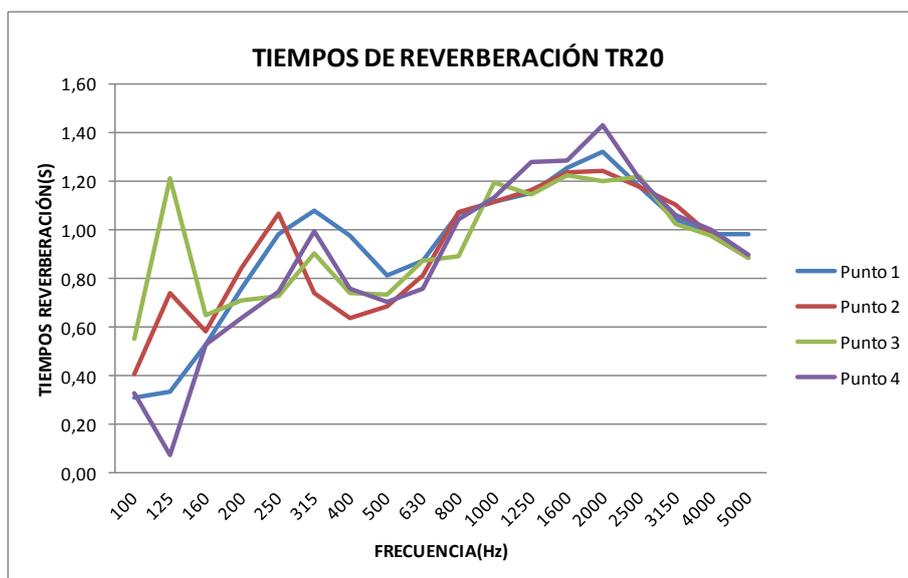


Figura 81. Gráfico tiempos de reverberación Tr20.

Con los valores medidos en los 4 puntos, hemos obtenido el TR20 medio del aula, con el que se ha obtenido la curva tonal (TR20), la cual está representada con su desviación estándar.

	FRECUENCIA(Hz)																		
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Tr20 medio	0,40	0,59	0,57	0,74	0,88	0,93	0,78	0,74	0,83	1,02	1,14	1,19	1,25	1,30	1,20	1,06	0,98	0,91	
Des. Estandar	0,20	0,14	0,13	0,09	0,10	0,14	0,08	0,12	0,09	0,09	0,04	0,03	0,06	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	
Des. Mínima	0,20	0,45	0,44	0,65	0,78	0,79	0,70	0,62	0,74	0,93	1,10	1,16	1,19	1,26	1,18	1,04	0,95	0,89	
Des. Máxima	0,60	0,73	0,70	0,83	0,98	1,07	0,86	0,86	0,92	1,11	1,18	1,22	1,31	1,34	1,22	1,08	1,01	0,93	

Tabla 38.

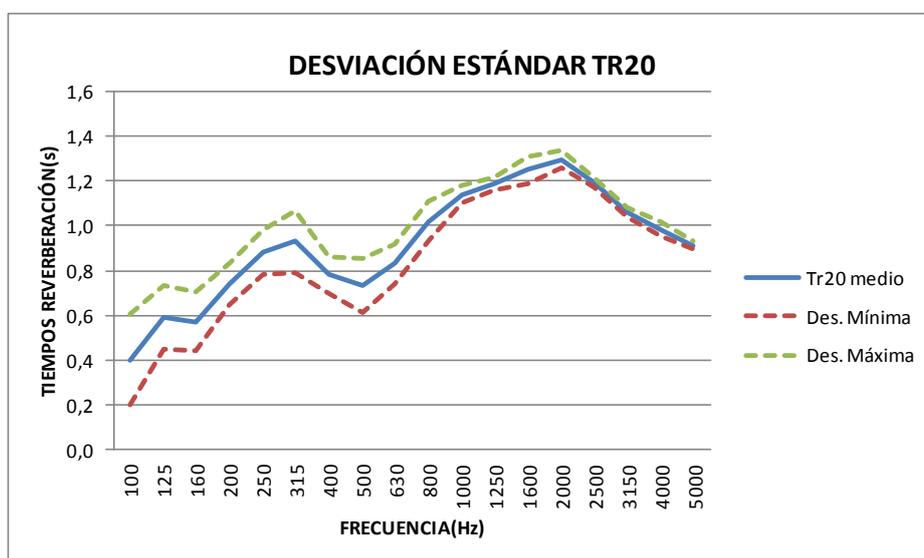


Figura 82. Gráfico desviación estándar Tr20.

Por último a partir de los valores medios también hemos obtenido el TR20mid, el cual resulta de la media del TR20 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del TR20mid es de 0,91 seg.

El valor del TR20mid es el que vamos a aproximar al valor de entre 0,7 y 0,4 seg. que es el tiempo óptimo de reverberación recomendado para salas de ensayo.

• **Aula mediana planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																	Tr20 Mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
Punto 1	0,24	0,36	0,56	0,60	0,66	0,77	0,74	0,59	0,74	0,88	0,97	1,00	1,02	0,93	0,92	0,90	0,82	0,79	0,78
Punto 2	0,28	0,30	0,56	0,36	0,67	0,72	0,68	0,64	0,79	0,73	0,78	0,87	0,93	0,71	0,81	0,80	0,69	0,62	0,71

Tabla 39.

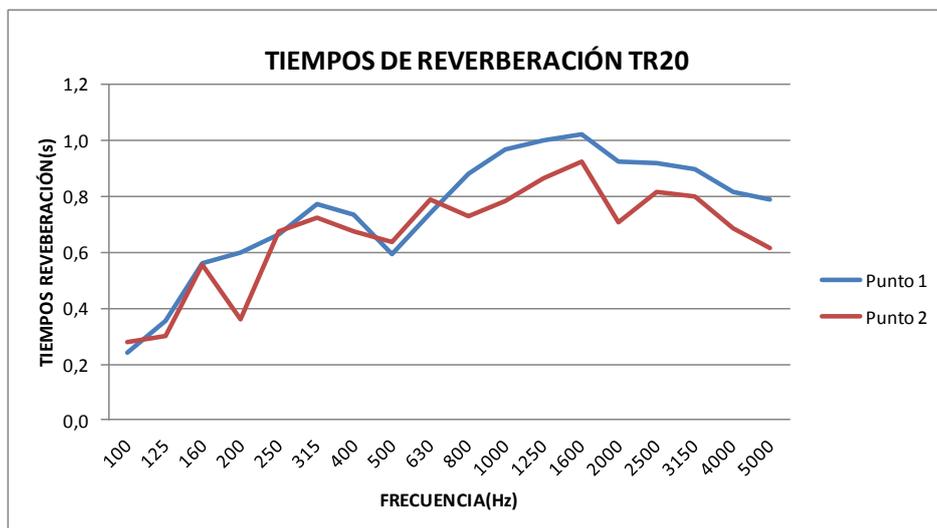


Figura 83. gráfico Tr20.

En este caso, los dos puntos localizados en el aula, como muestran la tabla y el gráfico anterior, nos indican que a frecuencias bajas tenemos tiempos de reverberación más bajos y a frecuencias más altas tenemos tiempos de reverberación más altos.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr20 medio	0,26	0,33	0,56	0,48	0,67	0,75	0,71	0,61	0,77	0,80	0,87	0,93	0,97	0,82	0,87	0,85	0,75	0,70
Des. Estandar	0,20	0,14	0,13	0,09	0,10	0,14	0,08	0,12	0,09	0,09	0,04	0,03	0,06	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02
Des. Mínima	0,06	0,19	0,43	0,39	0,57	0,61	0,63	0,49	0,68	0,71	0,83	0,90	0,91	0,78	0,85	0,83	0,72	0,68
Des. Máxima	0,46	0,47	0,69	0,57	0,77	0,89	0,79	0,73	0,86	0,89	0,91	0,96	1,03	0,86	0,89	0,87	0,78	0,72

Tabla 40.

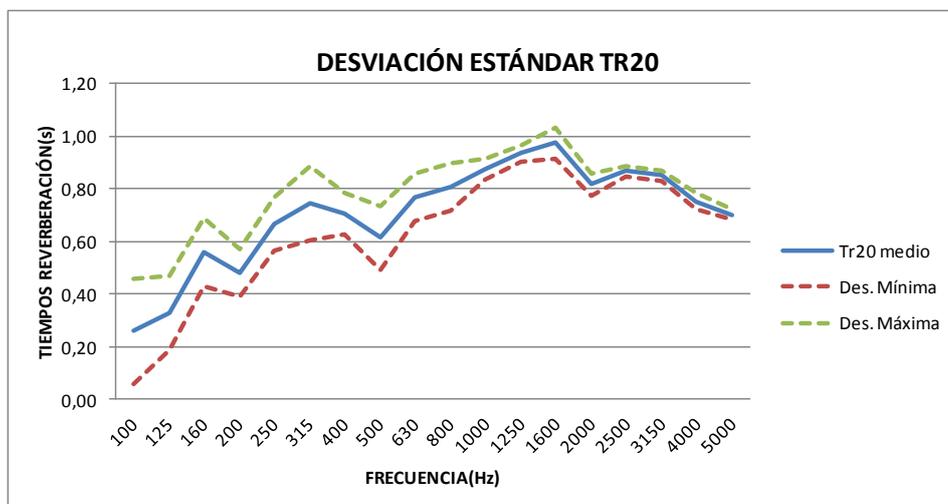


Figura 84. Gráfico desviación estándar Tr20.

El valor obtenido del TR20mid es de 0,70 seg.

El valor del TR20mid es el que vamos a aproximar al valor de entre 0,7 y 0,4 seg. que es el tiempo óptimo de reverberación recomendado para salas de ensayo.

En este caso, esta aula se aproxima bastante a los valores recomendados, aunque aún deberíamos bajar más el tiempo de reverberación.

- **Aula pequeña planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		Tr20 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,28	0,46	0,37	0,60	0,65	0,78	0,64	0,56	0,58	0,65	0,71	0,76	0,77	0,74	0,66	0,65	0,67	0,60	0,63

Tabla 41.

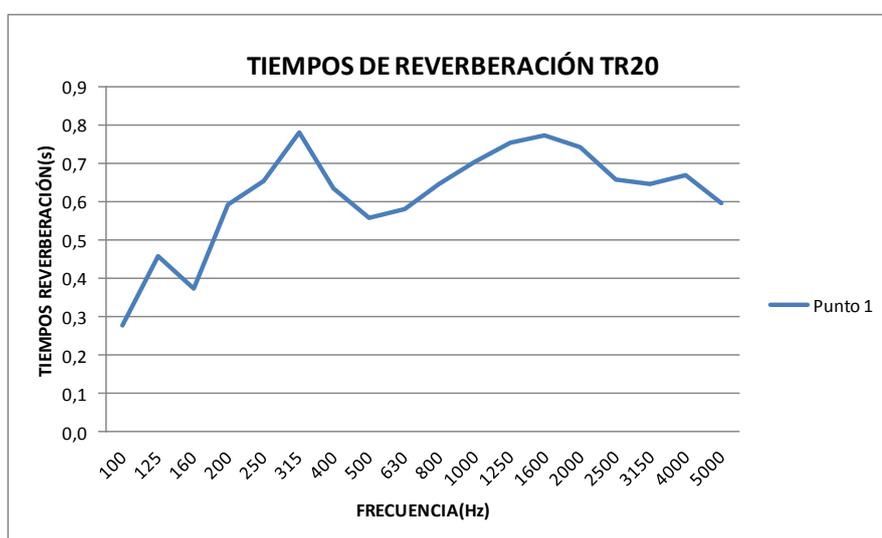


Figura 85. Gráfico Tr20.

Como en mediciones anteriores, en esta aula hemos señalado y analizado posteriormente un único punto, debido a las dimensiones de la misma.

Este punto nos indica que a una frecuencia de 315 realiza un salto considerable subiendo los tiempos de reverberación.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr20 medio	0,28	0,46	0,37	0,60	0,65	0,78	0,64	0,56	0,58	0,65	0,71	0,76	0,77	0,74	0,66	0,65	0,67	0,60
Des. Estandar	0,20	0,14	0,13	0,09	0,10	0,14	0,08	0,12	0,09	0,09	0,04	0,03	0,06	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02
Des. Mínima	0,08	0,32	0,24	0,51	0,55	0,64	0,56	0,44	0,49	0,56	0,67	0,73	0,71	0,70	0,64	0,63	0,64	0,58
Des. Máxima	0,48	0,60	0,50	0,69	0,75	0,92	0,72	0,68	0,67	0,74	0,75	0,79	0,83	0,78	0,68	0,67	0,70	0,62

Tabla 42.

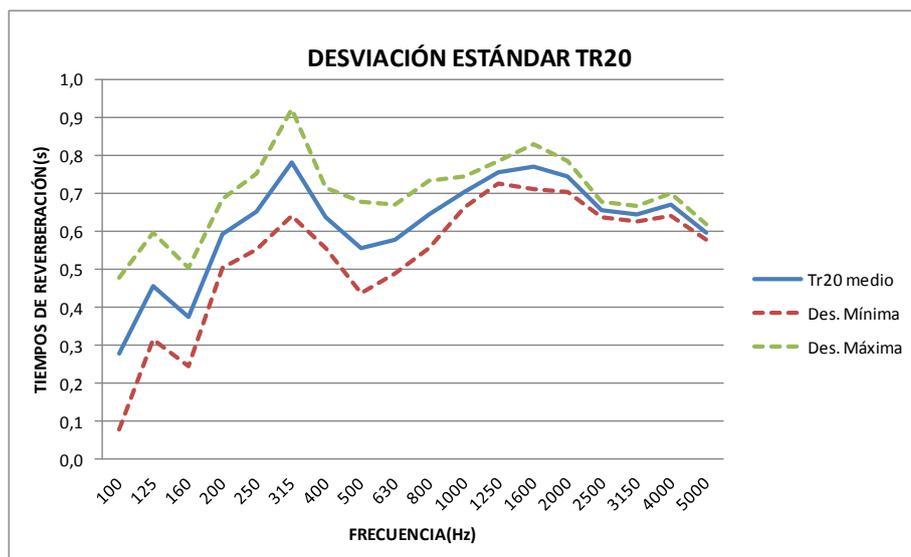


Figura 86. Gráfico desviación estándar Tr20.

El valor obtenido del TR20mid es de 0,63 seg. Por tanto, el valor del TR20mid en este caso esta dentro del tiempo óptimo de reverberación recomendado para salas de ensayo. No obstante, aún debería bajarse más para conseguir que esté alrededor de 0,4 seg.

- **Sala de ensayo planta primera**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																	Tr20 Mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
Punto 1	1,10	0,67	1,18	0,82	0,72	1,06	0,99	0,97	0,99	0,91	0,88	0,89	0,95	0,99	0,91	0,94	0,92	0,86	0,93
Punto 2	0,72	0,68	1,05	0,95	0,72	0,94	1,02	1,04	0,84	0,84	0,83	0,84	1,01	0,88	0,97	0,85	0,87	0,83	0,93
Punto 3	0,64	0,67	0,83	0,84	0,82	0,86	0,99	1,04	0,74	0,83	0,84	0,84	0,98	0,95	0,98	0,79	0,79	0,80	0,94
Punto 4	0,93	0,74	1,15	0,83	0,90	0,85	0,96	0,75	0,92	0,89	0,89	0,92	0,91	1,01	0,92	0,91	0,82	0,83	0,82
Punto 5	1,08	0,68	0,72	0,97	0,97	0,89	0,89	1,02	0,97	0,79	0,85	0,79	0,89	0,92	0,92	0,88	0,82	0,78	0,94
Punto 6	0,95	0,59	0,79	0,71	0,94	0,75	0,95	1,00	1,07	0,88	0,87	0,91	1,03	0,95	0,92	0,91	0,83	0,78	0,94
Punto 7	1,18	0,64	0,72	0,89	0,85	0,87	0,94	0,90	0,77	0,99	0,82	0,86	0,95	0,91	0,96	0,91	0,84	0,87	0,86
Punto 8	0,99	0,61	0,81	0,93	0,70	0,93	0,83	0,88	0,88	0,87	0,94	0,88	0,88	0,90	0,87	0,90	0,87	0,90	0,91
Punto 9	0,58	0,63	0,84	0,63	0,97	1,05	0,91	0,85	0,95	0,87	0,87	0,83	0,94	0,99	0,91	0,85	0,86	0,81	0,86
Punto 10	0,65	0,65	1,44	0,83	0,87	1,08	1,02	0,97	0,75	0,84	0,78	0,90	1,00	0,94	0,91	0,84	0,83	0,70	0,88
Punto 11	0,80	0,60	0,77	0,82	0,97	0,84	0,95	1,02	0,97	0,92	0,95	0,87	0,93	1,07	0,97	0,91	0,87	0,80	0,98
Punto 12	1,05	0,66	0,74	0,76	0,69	0,88	0,96	0,89	0,87	0,85	0,85	0,92	1,02	0,99	0,98	0,82	0,76	0,88	0,87
Punto 13	1,40	0,63	0,83	0,94	0,81	1,03	0,94	1,03	0,86	0,84	0,87	0,84	0,99	0,99	0,99	0,95	0,80	0,84	0,95
Punto 14	0,75	0,78	0,78	0,76	1,06	1,01	1,04	0,98	0,80	0,79	0,83	0,85	0,80	0,92	0,93	0,90	0,91	0,84	0,91
Punto 15	0,86	0,55	1,19	0,92	0,66	1,01	1,04	1,01	1,05	0,72	0,75	0,94	0,93	0,96	0,91	0,99	0,83	0,82	0,88

Tabla 43.

Esta sala es la más interesante de analizar, debido a sus dimensiones. En ella señalamos 15 puntos de análisis en la que divisamos un patrón uniforme, salvo los punto 4, 10 y 15 que a frecuencias bajas sobresale del trazado creado por el resto de los puntos analizados.

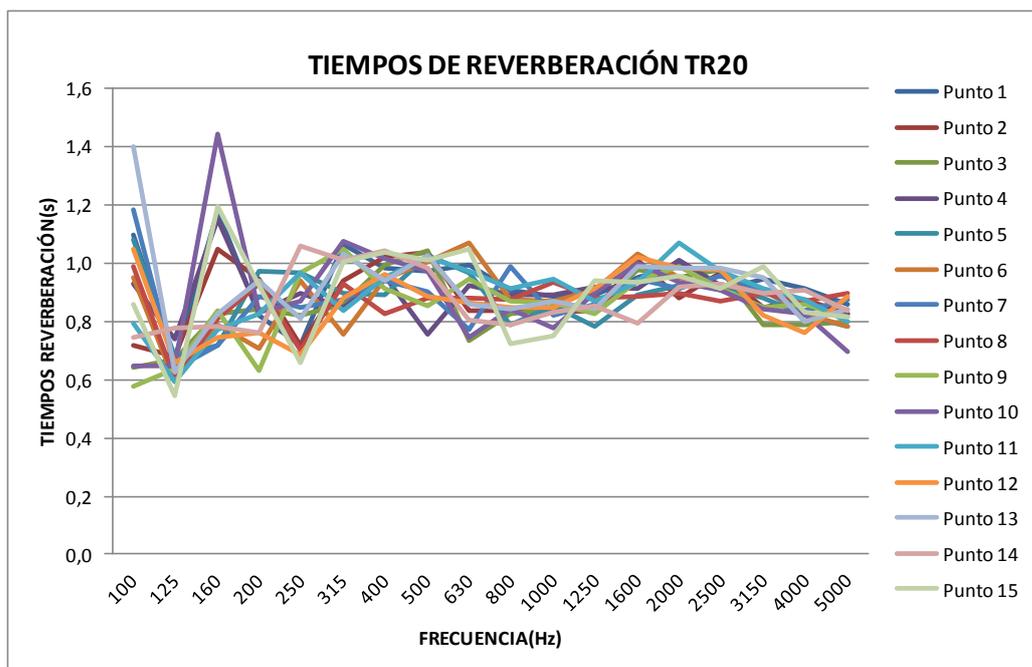


Figura 87. Gráfico Tr20.

Con los valores medidos en los 15 puntos, hemos obtenido el TR20 medio de la sala de ensayo, con el que se ha obtenido la curva tonal (TR20), la cual está representada con su desviación estándar.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr20 medio	0,91	0,65	0,92	0,84	0,84	0,94	0,96	0,96	0,89	0,85	0,85	0,87	0,95	0,96	0,94	0,89	0,84	0,82
Des. Estandar	0,20	0,14	0,13	0,09	0,10	0,14	0,08	0,12	0,09	0,09	0,04	0,03	0,06	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02
Des. Mínima	0,71	0,51	0,79	0,75	0,74	0,80	0,88	0,84	0,80	0,76	0,81	0,84	0,89	0,92	0,92	0,87	0,81	0,80
Des. Máxima	1,11	0,79	1,05	0,93	0,94	1,08	1,04	1,08	0,98	0,94	0,89	0,90	1,01	1,00	0,96	0,91	0,87	0,84

Tabla 44.

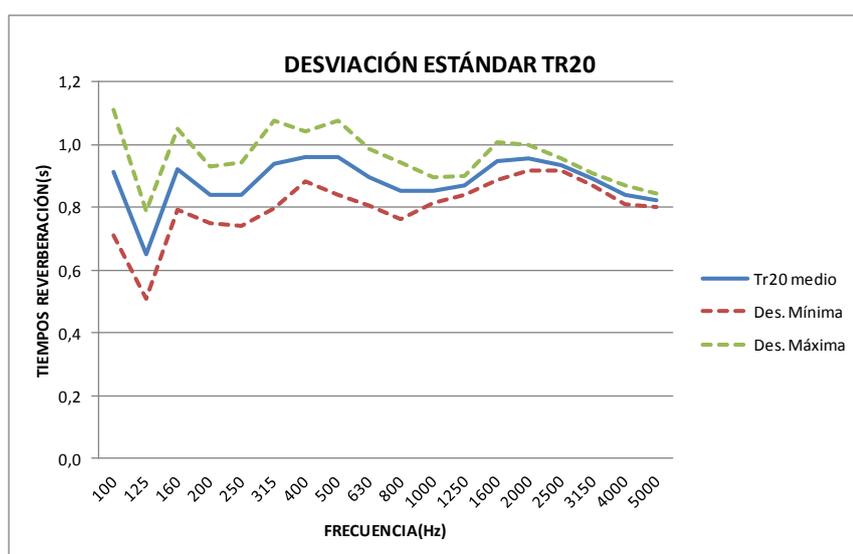


Figura 88. Desviación estándar Tr20.

El valor obtenido del TR20mid es de 0,82 seg.

En este caso, debemos hacer mejoras para bajar los tiempos ya que no está dentro de los parámetros recomendados.

5.2.1.4 Tiempo de reverberación TR30

El último parámetro estudiado en cuanto a reverberación se refiere es el tiempo de reverberación TR 30, que es el tiempo que transcurre desde que deja de emitir un sonido la fuente hasta que el nivel desciende en 30 dB.

A continuación se indican los valores obtenidos

- **Aula grande planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		Tr30 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,53	0,39	0,59	1,18	0,90	1,04	0,88	0,78	0,87	1,09	1,17	1,19	1,28	1,34	1,18	1,03	0,99	0,93	0,97
Punto 2	0,55	0,85	0,91	0,86	0,92	0,85	0,88	0,74	0,81	1,08	1,13	1,19	1,23	1,24	1,17	1,06	0,94	0,82	0,93
Punto 3	1,49	1,58	0,64	0,75	0,77	1,30	0,81	0,80	0,87	0,92	1,18	1,20	1,27	1,19	1,22	1,04	0,97	0,83	0,99
Punto 4	1,22	0,26	0,83	0,86	0,85	1,29	0,85	0,77	0,94	1,14	1,16	1,28	1,25	1,42	1,20	1,01	0,89	0,85	0,96

Tabla 45.

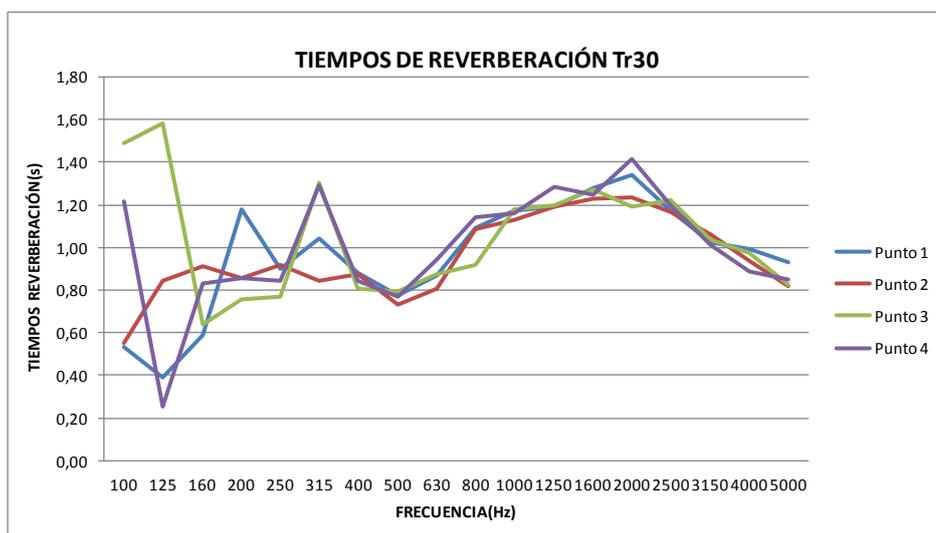


Figura 89. Tr30.

En este caso, tras analizar los datos anteriores se observa que en la gráfica a frecuencias bajas el punto 3 y 4 dan unos tiempos de reverberación muy altos que bajan casi a 0,60 seg. en los 160Hz.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr30 medio	0,95	0,77	0,74	0,91	0,86	1,12	0,85	0,77	0,87	1,06	1,16	1,22	1,26	1,30	1,19	1,03	0,95	0,86
Des. Estanda	0,19	0,08	0,10	0,08	0,08	0,09	0,06	0,04	0,07	0,07	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Des. Mínima	0,76	0,69	0,64	0,83	0,78	1,03	0,79	0,73	0,80	0,99	1,12	1,20	1,22	1,28	1,17	1,02	0,93	0,84
Des. Máxima	1,14	0,85	0,84	0,99	0,94	1,21	0,91	0,81	0,94	1,13	1,20	1,24	1,30	1,32	1,21	1,04	0,97	0,88

Tabla 46.

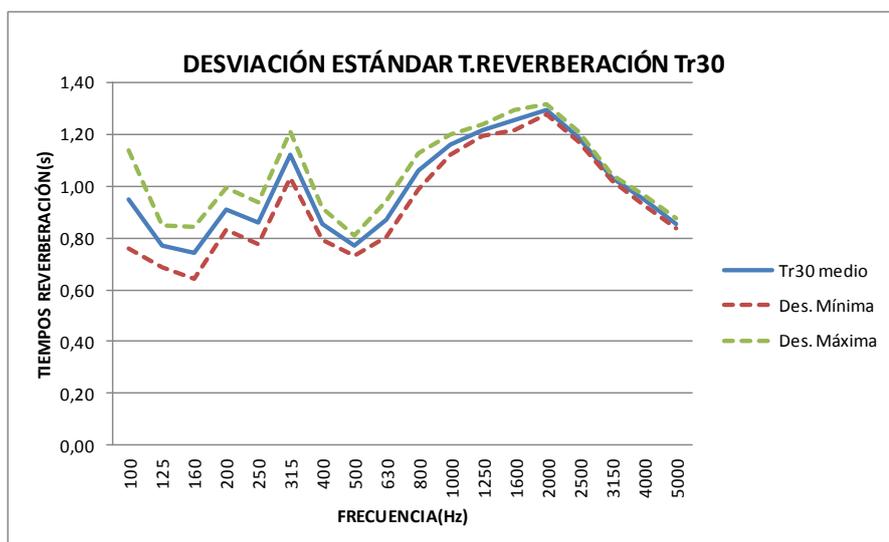


Figura 90. Gráfico desviación estándar Tr30.

Por último, a partir de los valores medidos, también hemos obtenido el Tr30mid, el cual resulta de la media de Tr30 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido de Tr30mid es 0,96 seg.

- **Aula mediana planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																			Tr30 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000		
Punto 1	0,27	0,45	0,58	0,61	0,68	0,72	0,71	0,65	0,73	0,90	0,98	1,05	1,06	1,11	0,83	0,80	0,75	0,72	0,82	
Punto 2	0,26	0,40	0,59	0,37	0,67	0,65	0,71	0,61	0,80	0,71	0,83	0,81	1,04	0,79	0,76	0,67	0,59	0,53	0,72	

tabla 47.

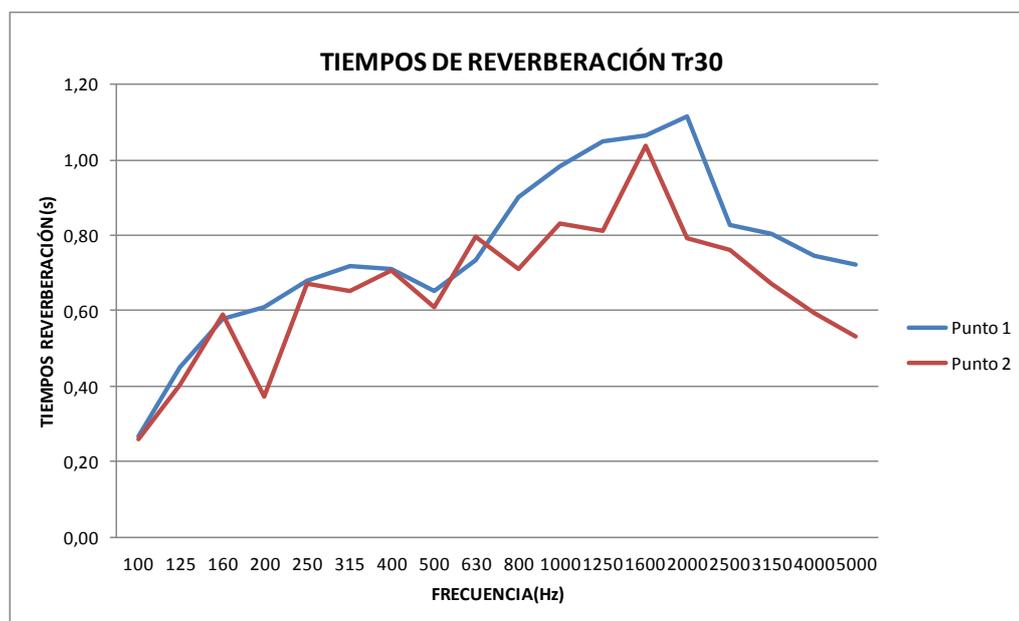


Figura 91. Gráfico Tr30.

En este caso, ambos puntos a frecuencias bajas tienen tiempos de reverberación similares, mientras que a frecuencias altas el punto 1 proporciona unas mediciones mas elevadas.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr30 medio	0,26	0,43	0,58	0,49	0,68	0,69	0,71	0,63	0,76	0,81	0,91	0,93	1,05	0,95	0,79	0,74	0,67	0,63
Des. Estandar	0,19	0,08	0,10	0,08	0,08	0,09	0,06	0,04	0,07	0,07	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Des. Mínima	0,07	0,35	0,48	0,41	0,60	0,60	0,65	0,59	0,69	0,74	0,87	0,91	1,01	0,93	0,77	0,73	0,65	0,61
Des. Máxima	0,45	0,51	0,68	0,57	0,76	0,78	0,77	0,67	0,83	0,88	0,95	0,95	1,09	0,97	0,81	0,75	0,69	0,65

Tabla 48.

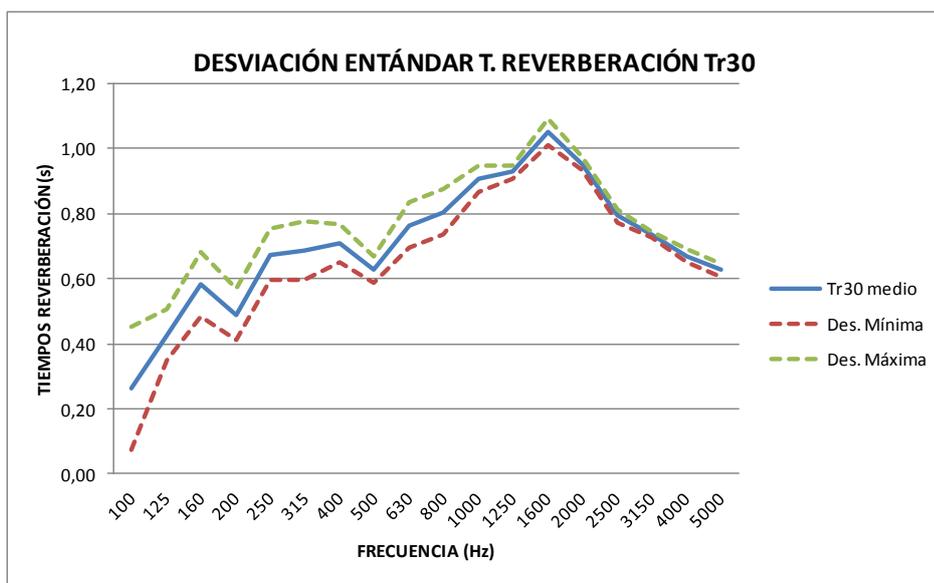


Figura 92. Gráfico desviación estándar Tr30.

El valor obtenido de Tr30mid es 0,77 seg.

- **Aula pequeña planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		Tr30 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,24	0,46	0,52	0,62	0,64	0,73	0,62	0,59	0,58	0,67	0,70	0,84	0,80	0,75	0,75	0,55	0,54	0,51	0,65

Tabla 49.

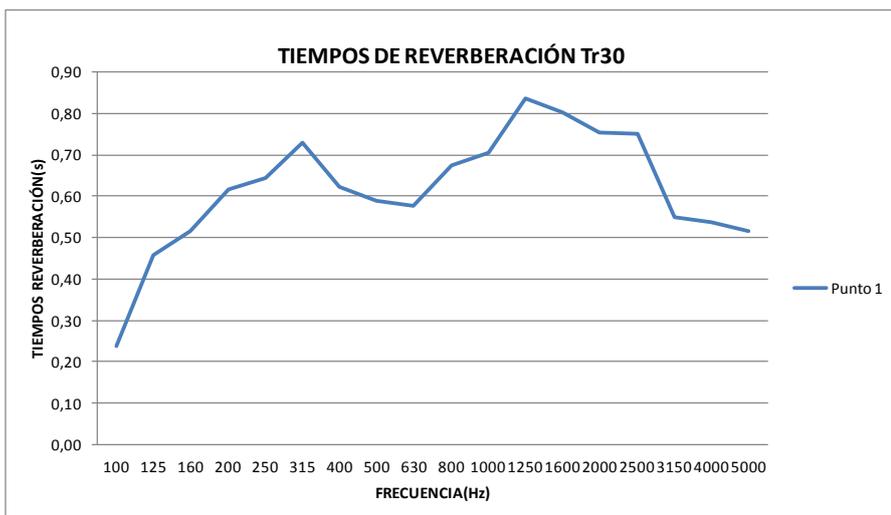


Figura 93. Gráfico Tr30.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr30 medio	0,24	0,46	0,52	0,62	0,64	0,73	0,62	0,59	0,58	0,67	0,70	0,84	0,80	0,75	0,75	0,55	0,54	0,51
Des. Estandar	0,19	0,08	0,10	0,08	0,08	0,09	0,06	0,04	0,07	0,07	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Des. Mínima	0,05	0,38	0,42	0,54	0,56	0,64	0,56	0,55	0,51	0,60	0,66	0,82	0,76	0,73	0,73	0,54	0,52	0,49
Des. Máxima	0,43	0,54	0,62	0,70	0,72	0,82	0,68	0,63	0,65	0,74	0,74	0,86	0,84	0,77	0,77	0,56	0,56	0,53

Tabla 50.

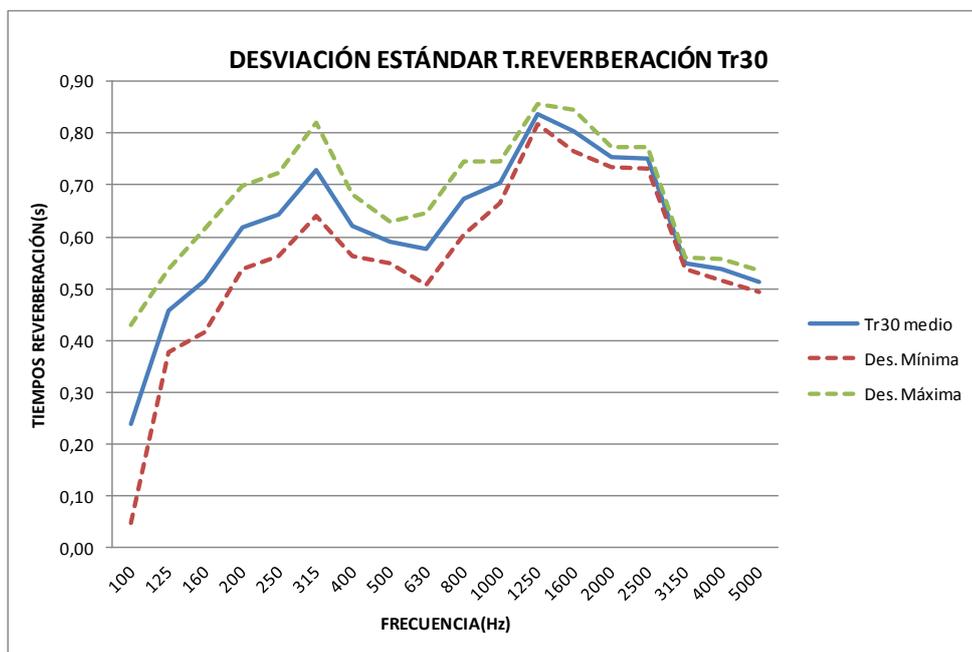


Figura 94. Gráfico desviación estándar Tr30.

El valor obtenido de Tr30mid es 0,65 seg.

• **Sala de ensayo planta primera**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		Tr30 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	1,04	0,65	2,05	0,98	0,82	1,20	1,07	1,02	0,91	0,91	0,91	0,93	0,93	1,01	0,98	0,94	0,93	0,85	0,96
Punto 2	0,96	0,70	1,25	0,96	0,83	1,28	1,19	1,07	0,79	0,78	0,85	0,80	0,95	0,93	0,98	0,86	0,88	0,82	0,96
Punto 3	0,64	0,74	0,78	0,92	0,74	1,05	1,01	0,97	0,73	0,80	0,84	0,88	0,97	0,96	0,96	0,85	0,74	0,83	0,91
Punto 4	0,95	0,78	1,19	0,85	0,89	0,92	0,98	0,92	0,94	0,93	0,87	0,90	0,92	0,99	0,91	0,90	0,83	0,89	0,90
Punto 5	0,93	0,61	1,57	1,05	0,99	1,23	1,09	1,06	0,92	0,78	0,87	0,87	0,92	0,98	0,97	0,88	0,89	0,79	0,96
Punto 6	0,83	0,56	1,40	0,61	0,97	1,03	0,99	1,06	0,99	0,91	0,88	0,90	0,98	0,98	0,97	0,90	0,82	0,86	0,97
Punto 7	1,01	0,64	0,71	0,81	0,90	0,89	1,02	0,96	0,81	0,94	0,91	0,90	0,98	0,92	0,96	0,88	0,86	0,85	0,93
Punto 8	0,92	0,66	0,96	0,83	0,66	1,07	1,03	0,93	0,83	0,87	0,92	0,90	0,86	0,95	0,95	0,92	0,90	0,91	0,92
Punto 9	0,62	0,66	1,68	0,68	1,04	1,01	1,02	0,92	0,92	0,88	0,87	0,80	0,98	1,02	0,92	0,92	0,90	0,82	0,90
Punto 10	0,61	0,57	1,61	0,94	0,93	1,09	0,96	0,97	0,81	0,83	0,82	0,91	0,94	0,96	0,90	0,86	0,86	0,79	0,89
Punto 11	0,75	0,61	0,94	0,94	1,07	1,09	1,20	1,09	0,97	0,89	0,88	0,87	0,93	1,02	1,01	0,90	0,91	0,82	0,98
Punto 12	1,02	0,73	0,76	0,75	0,75	0,85	1,01	1,04	0,86	0,89	0,90	0,93	0,97	0,98	0,98	0,91	0,79	0,82	0,97
Punto 13	1,33	0,75	1,01	0,96	0,93	1,25	1,08	1,08	0,87	0,83	0,86	0,87	0,96	0,98	1,03	0,95	0,88	0,86	0,97
Punto 14	0,70	0,76	0,79	0,76	1,01	1,50	1,18	1,08	0,91	0,85	0,83	0,84	0,78	0,93	0,94	0,89	0,88	0,87	0,95
Punto 15	1,03	0,55	1,15	0,87	0,63	0,92	1,02	0,96	0,99	0,74	0,84	0,96	0,95	0,97	0,94	0,97	0,88	0,82	0,90

Tabla 51.

En este caso, tras analizar los 15 puntos, observamos que llevan un recorrido muy uniforme dando un pico muy pronunciado a frecuencias bajas y bajando a una frecuencia de 200Hz se va estabilizando.

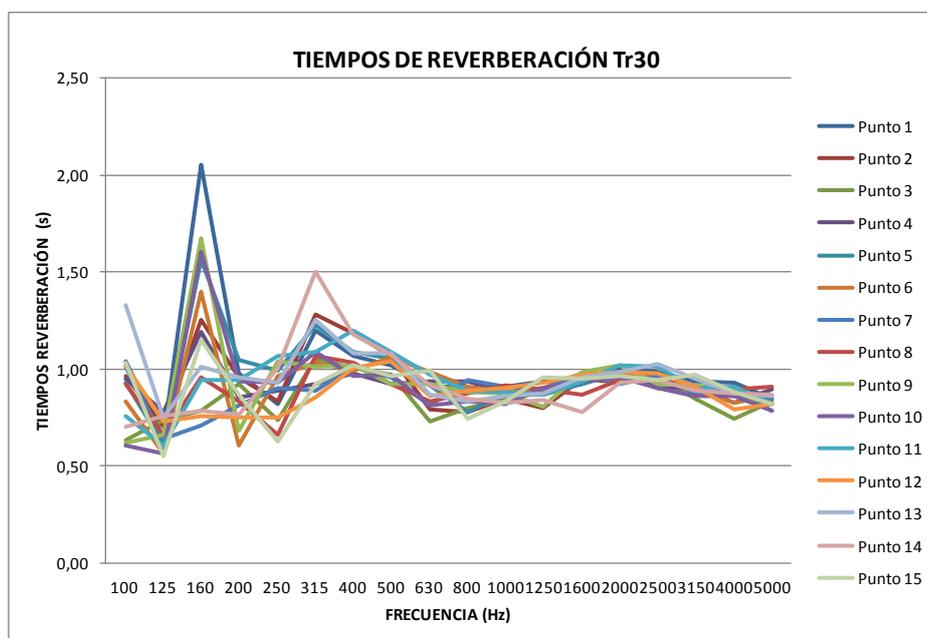


Figura 95. Gráfico Tr30.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr30 medio	0,89	0,66	1,19	0,86	0,88	1,09	1,06	1,01	0,88	0,86	0,87	0,88	0,93	0,97	0,96	0,90	0,86	0,84
Des. Estandar	0,19	0,08	0,10	0,08	0,08	0,09	0,06	0,04	0,07	0,07	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Des. Mínima	0,70	0,58	1,09	0,78	0,80	1,00	1,00	0,97	0,81	0,79	0,83	0,86	0,89	0,95	0,94	0,89	0,84	0,82
Des. Máxima	1,08	0,74	1,29	0,94	0,96	1,18	1,12	1,05	0,95	0,93	0,91	0,90	0,97	0,99	0,98	0,91	0,88	0,86

Tabla 52.

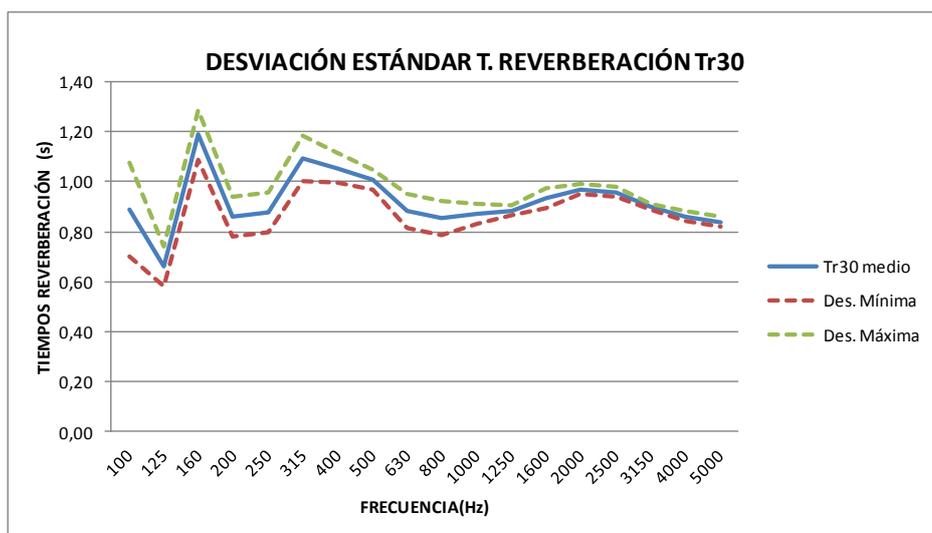


Figura 96. Gráfico desviación estándar Tr30.

Por último, a partir de los valores medidos, también hemos obtenido el Tr30mid, el cual resulta de la media de Tr30 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido de Tr30mid es 0,94 seg.

5.2.1.5 Grado de reverberación

Se ha llamado grado de reverberación a la comparación de los 4 parámetros estudiados dentro del tiempo de reverberación, que son el EDT, TR 10, TR 20 y TR30.

Para ello hemos agrupado en un gráfico la curva tonal de cada uno de los parámetros, que se aporta a continuación en

- **Aula grande planta baja**

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EDT medio	0,46	0,32	0,59	0,66	0,71	0,85	0,74	0,81	0,83	0,94	1,14	1,27	1,43	1,27	1,25	1,06	0,97	0,93
Tr10 medio	0,37	0,57	0,59	0,77	1,03	1,02	0,82	0,73	0,89	1,03	1,30	1,20	1,27	1,28	1,16	1,07	0,97	0,92
Tr20 medio	0,40	0,59	0,57	0,74	0,88	0,93	0,78	0,74	0,83	1,02	1,14	1,19	1,25	1,30	1,20	1,06	0,98	0,91
Tr30 medio	0,95	0,77	0,74	0,91	0,86	1,12	0,85	0,77	0,87	1,06	1,16	1,22	1,26	1,30	1,19	1,03	0,95	0,86

Tabla 53.

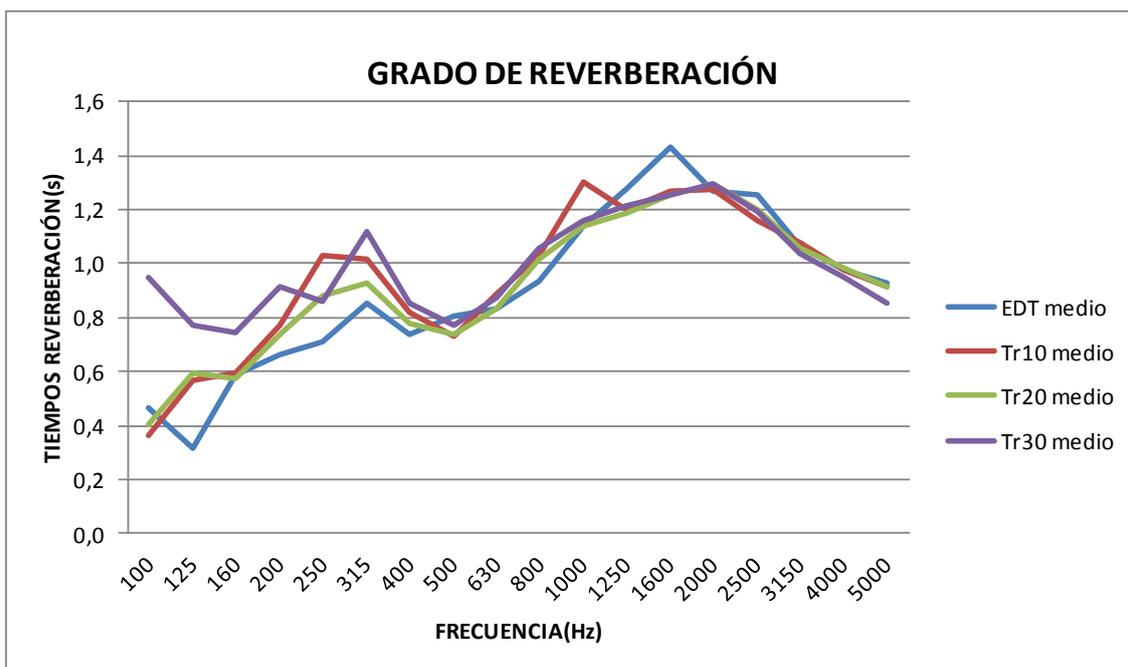


Figura 97. Gráfico grado de reverberación.

A la vista del gráfico, las conclusiones que se obtienen son que los valores TR10, TR20, TR 30 y EDT son muy semejantes. Podemos observar que a frecuencias bajas las mediciones están alrededor de los valores aconsejados, ya que para el diseño de una sala de ensayo los valores que se aconsejan son de 0,7 a 0,4. Sin embargo, a frecuencias altas los tiempos de reverberación se salen de los baremos.

- **Aula mediana planta baja**

	FRECUCENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EDT medio	0,33	0,35	0,45	0,86	0,65	0,79	0,78	0,92	0,78	0,85	1,02	0,92	1,04	0,92	0,83	0,83	0,85	0,83
Tr10 medio	0,19	0,35	0,58	0,67	0,59	0,76	0,81	0,69	0,74	0,91	0,93	0,99	1,04	0,82	0,85	0,76	0,75	0,76
Tr20 medio	0,40	0,59	0,57	0,74	0,88	0,93	0,78	0,74	0,83	1,02	1,14	1,19	1,25	1,30	1,20	1,06	0,98	0,91
Tr30 medio	0,26	0,43	0,58	0,49	0,68	0,69	0,71	0,63	0,76	0,81	0,91	0,93	1,05	0,95	0,79	0,74	0,67	0,63

Tabla 54.

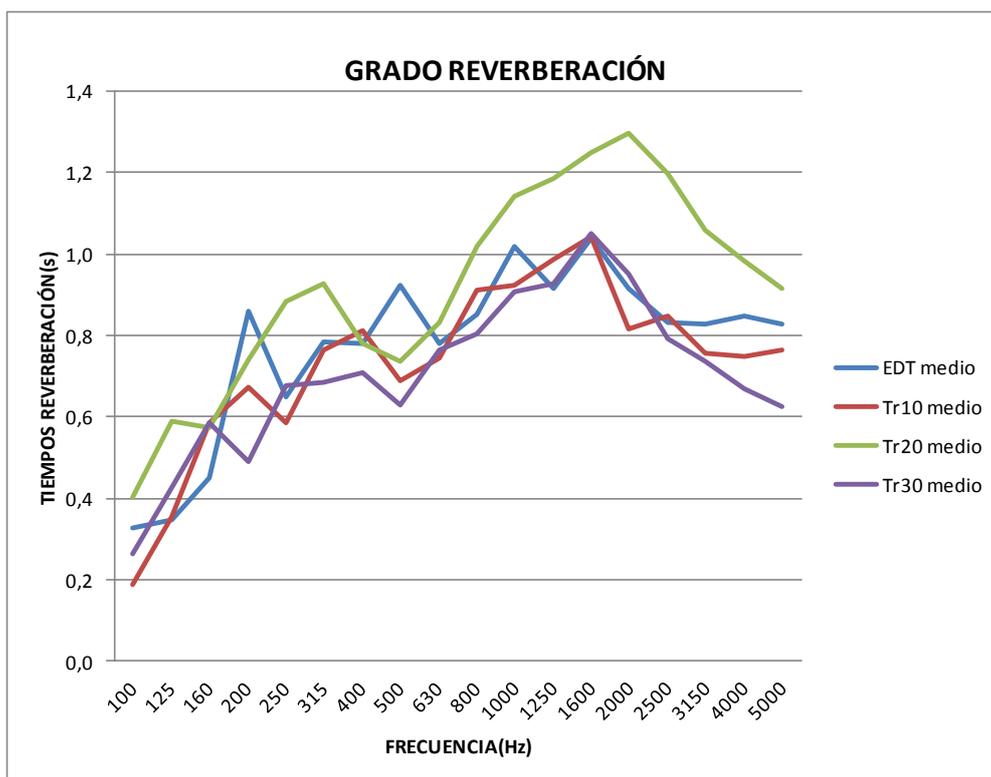


Figura 98. Gráfico Grado de reverberación.

En este caso, el EDT, Tr10 y Tr30 siguen parámetros similares, pero se divisa que a partir de 800Hz Tr20 realiza un ascenso notable alejándose del resto de los valores.

- **Aula pequeña planta baja**

	FRECUENCIA(Hz)																		
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
EDT medio	0,38	0,32	0,51	0,29	0,77	1,00	0,95	0,71	0,84	0,80	0,81	0,68	0,63	0,81	0,65	0,63	0,58	0,56	
Tr10 medio	0,15	0,50	0,78	0,58	0,77	0,87	0,62	0,65	0,47	0,58	0,83	0,71	0,79	0,83	0,61	0,77	0,58	0,58	
Tr20 medio	0,28	0,46	0,37	0,60	0,65	0,78	0,64	0,56	0,58	0,65	0,71	0,76	0,77	0,74	0,66	0,65	0,67	0,60	
Tr30 medio	0,24	0,46	0,52	0,62	0,64	0,73	0,62	0,59	0,58	0,67	0,70	0,84	0,80	0,75	0,75	0,55	0,54	0,51	

Tabla 55.

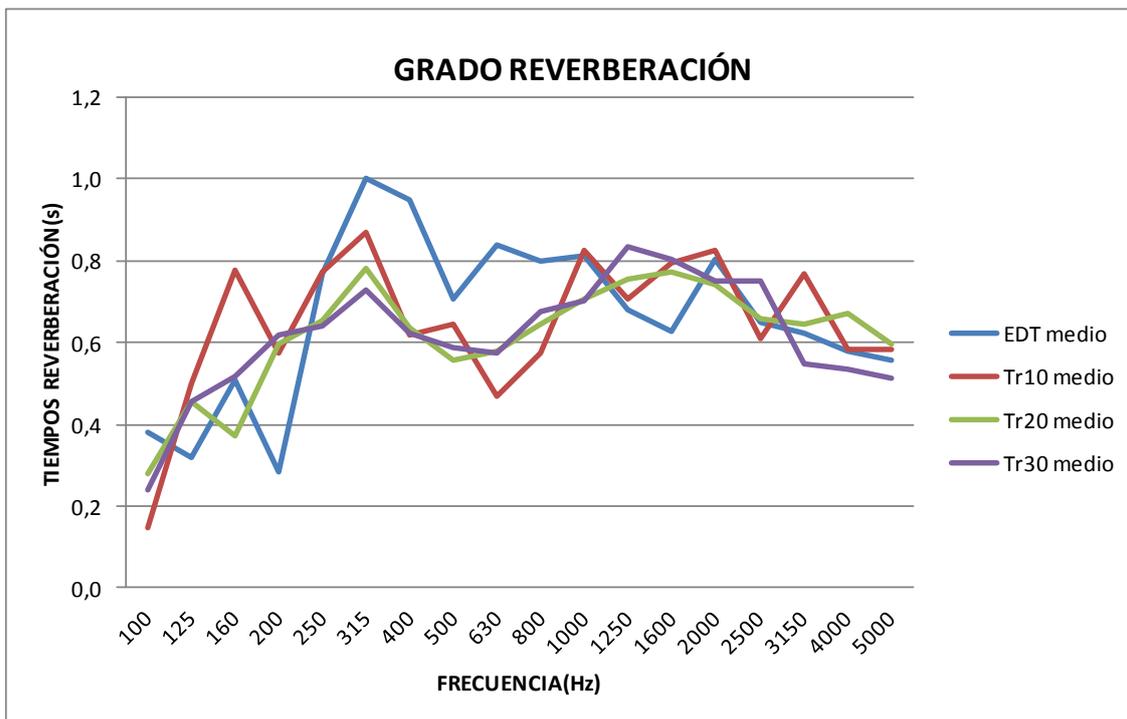


Figura 99. Gráfico grado de reverberación.

En esta ocasión todos los parámetros siguen su curso propio sin ningún tipo de recorrido en común. Apreciándose saltos a lo largo de toda la gráfica.

- **Sala de ensayo planta primera**

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EDT medio	0,66	0,63	0,70	0,73	0,68	0,86	0,82	0,84	0,79	0,73	0,77	0,86	0,87	0,91	0,93	0,86	0,84	0,79
Tr10 medio	0,81	0,72	0,85	0,86	0,77	0,91	0,93	0,91	0,84	0,90	0,89	0,89	0,97	0,95	0,96	0,89	0,82	0,82
Tr20 medio	0,91	0,65	0,92	0,84	0,84	0,94	0,96	0,96	0,89	0,85	0,85	0,87	0,95	0,96	0,94	0,89	0,84	0,82
Tr30 medio	0,89	0,66	1,19	0,86	0,88	1,09	1,06	1,01	0,88	0,86	0,87	0,88	0,93	0,97	0,96	0,90	0,86	0,84

Tabla 56.

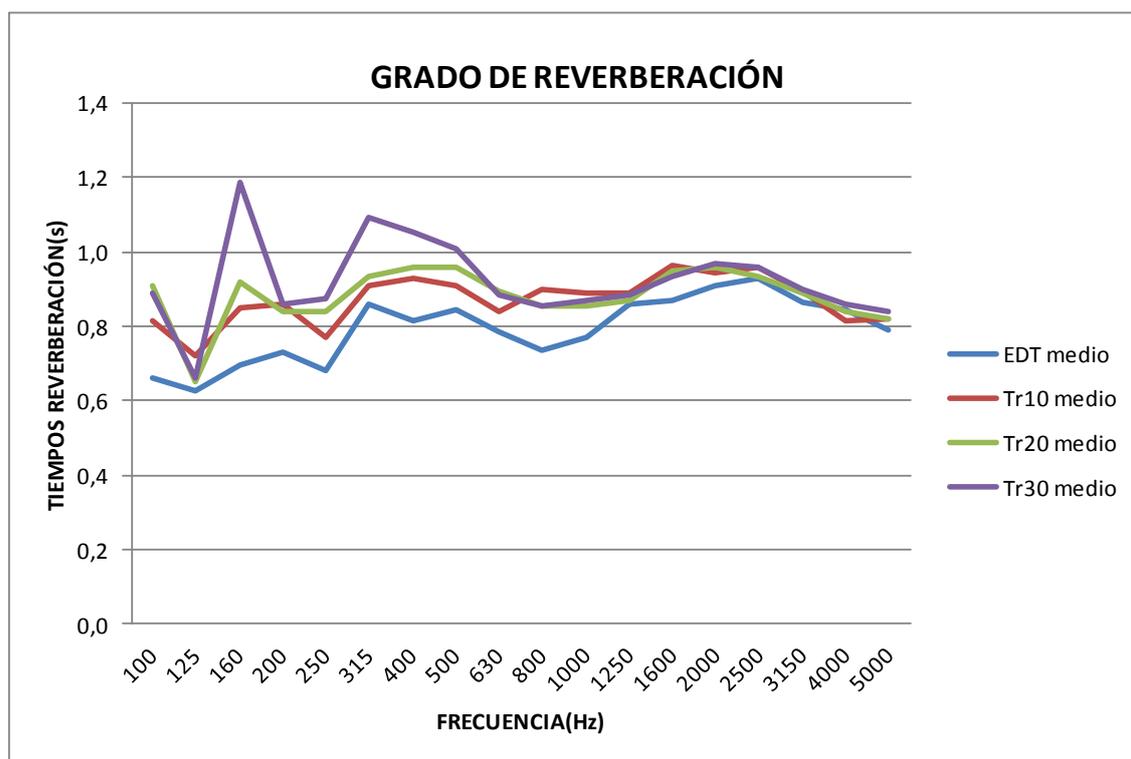


Figura 100. Gráfico grado de reverberación.

Por último, en este caso concreto se distingue un punto notable al comienzo de Tr30 que se va suavizando e matizando con los otros puntos a medida que va avanzando. El resto de parámetros siguen un camino uniforme coincidiendo en el final.

5.2.2. Ruido de fondo

Se considera ruido de fondo aquel ruido que se percibe en una sala cuando en la misma no se realiza ninguna actividad. Dicho ruido puede ser debido al sistema de climatización, a las demás instalaciones, eléctricas y/o hidráulicas, e incluso puede provenir del exterior del recinto.

La evaluación objetiva del grado de molestia que un determinado ruido ambiental provoca en un oyente se realiza por comparación de los niveles de ruido existentes en un recinto, con un conjunto de curvas denominadas NC (Noise Criteria).

Las curvas NC son, además, utilizadas de forma generalizada para establecer los niveles de ruido máximos recomendables para diferentes tipos de recintos en función de su aplicación. Se dice que un recinto cumple una determinada especificación NC, cuando los niveles de ruido de fondo, medidos en cada una de las bandas de octava, están por debajo de la curva NC correspondiente.

Para determinar el ruido de fondo, con los datos obtenidos de la medición realizada en los puntos marcados en el interior del edificio, se ha realizado un promedio y este se ha comparado con las curvas NC para determinar el nivel correspondiente.

- **Aula grande planta baja**

Frecuencia(hz)	Ruido fondo en sala grande pb		B2G (dB)
	B21	B22	medio
100	29,2	22,4	27,01
125	17,6	26,9	24,37
160	18,1	25,2	22,96
200	16,9	32,0	29,12
250	20,2	22,8	21,69
315	18,2	17,0	17,64
400	17,6	13,8	16,10
500	17,5	11,9	15,55
630	18,8	12,9	16,78
800	17,3	13,5	15,80
1000	14,1	16,0	15,15
1250	11,0	13,1	12,18
1600	12,8	17,9	16,06
2000	15,0	22,4	20,12
2500	11,5	22,0	19,36
3150	10,2	19,0	16,53
4000	10,5	14,2	12,73
5000	10,3	16,0	14,02

Tabla 57.

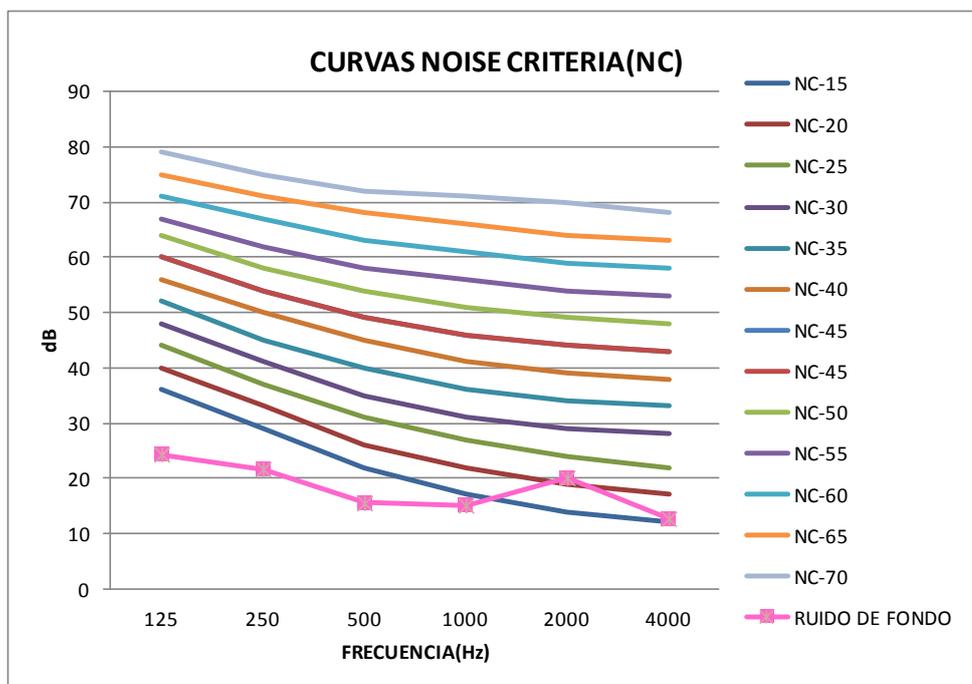


Figura 101. Gráfico curvas NC.

A partir del gráfico se ha deducido que la curva correspondiente al nivel de ruido de fondo del aula es la NC-25, ya que es la primera curva en la que el ruido de fondo está por debajo en todas las frecuencias.

En el libro de “Diseño acústico de espacios arquitectónicos” aparece la siguiente tabla en la cual se muestran las NC recomendadas para los diferentes tipos de recintos.

“Las curvas NC son, además, utilizadas para establecer los niveles máximos recomendados para diferentes tipos de espacios en función de su uso. Se dice que un recinto cumple una determinada especificación NC (por ejemplo: NC-15, NC-20, etc.) cuando los niveles de ruido de fondo, medidos por bandas de octava, están por debajo de la curva NC correspondiente, para todas las frecuencias comprendidas entre 63 Hz y 8 kHz”

En él aparece la siguiente tabla en la cual se muestran las NC recomendadas para los diferentes tipos de recintos

ESPACIO TIPO	CURVA NC RECOMENDADA
Sala de conferencias / aula	20-30
Biblioteca	30-35
Restaurante	35-40
Cafetería	40-45
Polideportivo	40-50

Figura 102. Curvas NC recomendadas para espacios tipo.

Como se observa en la tabla para un aula se recomiendan valores de NC de 20 a 30 dB, en nuestro caso el aula presenta una NC de 25 dB, con lo que se puede decir que el nivel de ruido de fondo del aula es adecuado.

El cumplimiento de la especificación NC, supone el primer paso para conseguir un confort acústico y un grado de inteligibilidad adecuado.

- **Aula mediana planta baja**

Frecuencia(hz)	Ruido fondo aula mediana pb		B2 _{am} (dB)
	B _{s1}	B _{s2}	medio
100	21,7	23,5	22,69
125	21,6	24,3	23,16
160	17,0	22,5	20,57
200	19,3	21,7	20,66
250	15,1	19,0	17,47
315	13,1	18,3	16,44
400	15,1	18,7	17,26
500	10,7	19,2	16,76
630	10,6	17,3	15,13
800	9,6	17,7	15,32
1000	11,3	15,9	14,18
1250	13,5	12,4	12,98
1600	7,0	12,4	10,49
2000	7,4	17,7	15,08
2500	6,8	24,0	21,07
3150	8,5	34,0	31,00
4000	8,5	25,8	22,87
5000	9,3	24,2	21,33

Tabla 58.

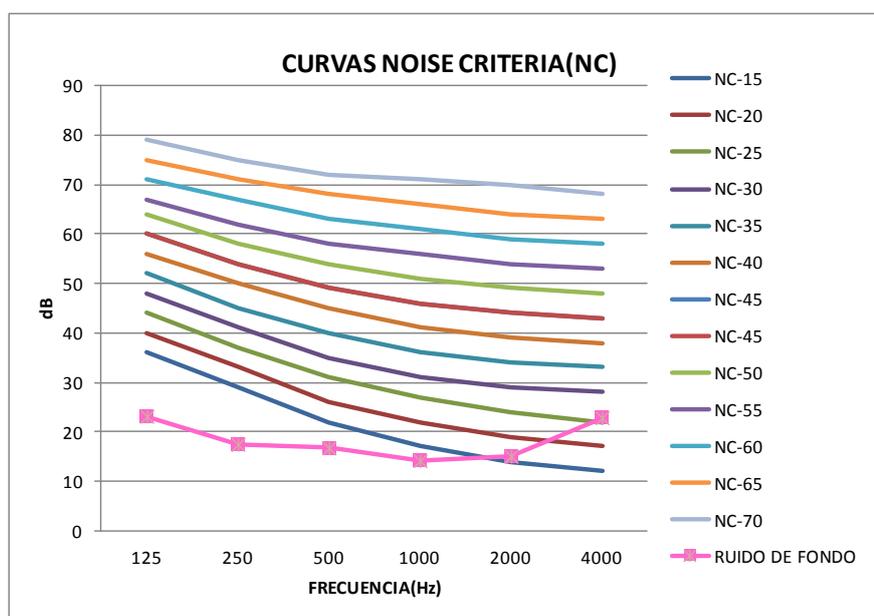


Figura 103. Gráfico curvas NC.

A partir del gráfico anterior se ha deducido que la curva correspondiente al nivel de ruido de fondo del aula es la NC-30, ya que es la primera curva en la que el ruido de fondo está por debajo en todas las frecuencias.

- **Aula pequeña planta baja**

Frecuencia(hz)	Ruido fondo aula pequeña pb	
	Bs1	
100	24,1	
125	27,0	
160	19,2	
200	22,7	
250	19,4	
315	16,2	
400	13,1	
500	10,7	
630	9,5	
800	9,1	
1000	10,3	
1250	19,6	
1600	9,3	
2000	10,2	
2500	9,2	
3150	15,7	
4000	11,1	
5000	15,6	

Tabla 59.

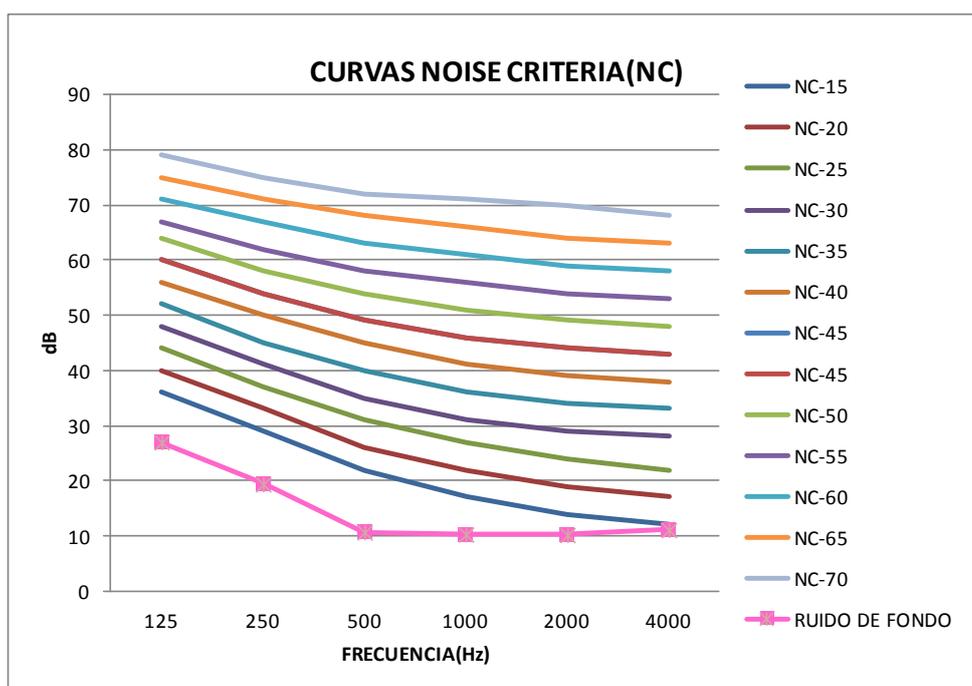


Figura 104. Gráfico curvas NC.

A partir del grafico anterior se ha deducido que la curva correspondiente al nivel de ruido de fondo del aula es la NC-20, ya que es la primera curva en la que el ruido de fondo está por debajo en todas las frecuencias.

- **Sala de ensayo planta primera**

Frecuencia(hz)	Ruido fondo en la sala(dB)			B2s (dB)
	B1	B2	B3	medio
100	26,5	29,2	30,3	28,94
125	20,7	27,3	20,3	24,05
160	19,9	24,8	21,9	22,67
200	22,6	29,2	25,2	26,52
250	18,8	22,3	21,6	21,14
315	25,8	16,9	18,9	22,28
400	26,4	19,2	17,4	22,82
500	21,8	18,9	17,4	19,76
630	19,6	16,0	21,5	19,58
800	18,4	18,3	20,0	18,97
1000	21,1	21,6	15,7	20,15
1250	17,0	18,8	12,1	16,76
1600	16,7	16,9	10,0	15,47
2000	18,1	16,7	10,0	16,07
2500	18,0	20,1	10,0	17,67
3150	12,8	22,4	16,1	18,91
4000	22,1	23,2	16,9	21,46
5000	12,3	18,5	15,7	16,20

Tabla 60.

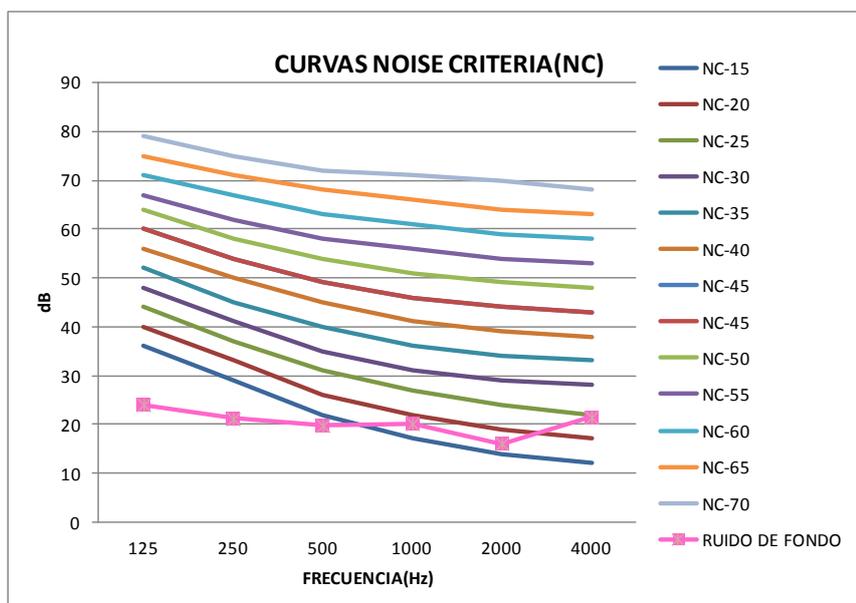


Figura 105. Gráfico curvas NC.

A partir del gráfico anterior se ha deducido que la curva correspondiente al nivel de ruido de fondo del aula es la NC-30, ya que es la primera curva en la que el ruido de fondo está por debajo en todas las frecuencias.

Además se aporta el plano de la planta donde se representan los valores medidos con una escala de colores, en ella se ha optado por un alto contraste de colores y una escala numérica muy pequeña, de 5dB en 5dB para apreciar la poca diferencia que existe entre los valores.

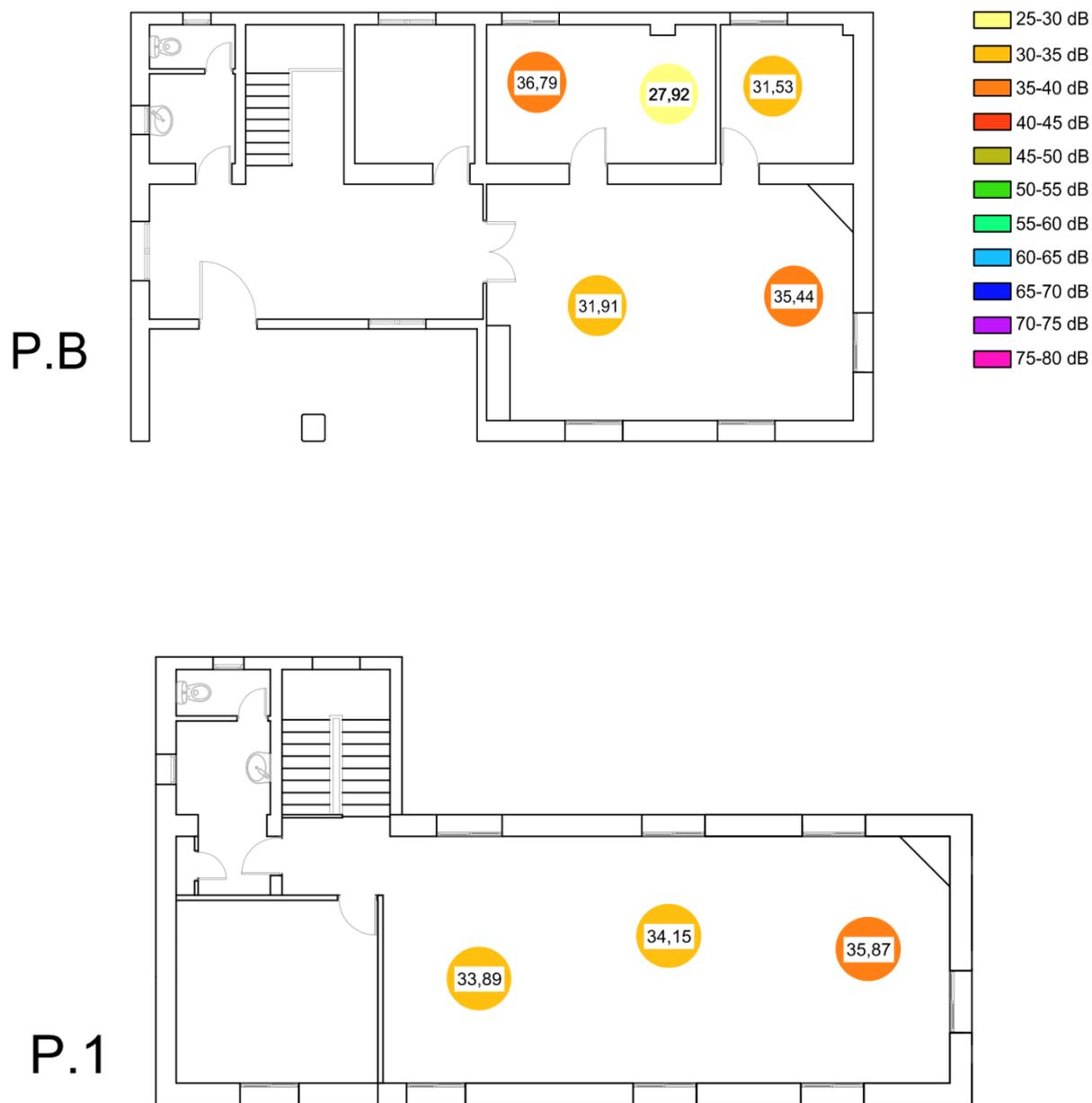


Figura 106. Planos de valores de ruido de fondo.

5.2.3. Brillo y calidez

Estos dos parámetros se van a obtener de los valores medios calculados del TR20, el brillo mide la riqueza en altas frecuencias (sonidos agudos) de la sala, mientras que la calidad representa la riqueza en bajas frecuencias (sonidos graves).

El brillo se calcula haciendo el cociente del tiempo de reverberación correspondiente a las frecuencias de 2000 y 4000 Hz entre el correspondiente a las frecuencias de 500 y 1000Hz.

$$Br = \frac{RT(2K) + RT(4K)}{RT(500) + RT(1K)}$$

La calidez se calcula haciendo el cociente del tiempo de reverberación correspondiente a las frecuencias de 125 y 250 Hz entre el correspondiente a las frecuencias de 500 y 1000Hz.

$$Br = \frac{RT(125) + RT(250)}{RT(500) + RT(1K)}$$

El brillo calculado es de 0,81 segundos y la calidez calculada de 0,98 segundos, el brillo da un valor un poco bajo, puesto que este parámetro tiene que ser mayor de 0,87 segundos y la calidez para la palabra tiene que estar en torno al 1 segundos, por lo tanto el valor de calidez que posee el edificio para la palabra es idóneo.

En las soluciones de mejora con el programa de simulación que se propondrán, se estudiarán si los valores de brillo y calidad resultantes son los adecuados, y se intentarán mejorar, teniendo en cuenta que en el caso de estudio del edificio, el parámetro que hay que intentar mejorar por encima de todos es el TR20.

5.2.4. Rasti

Rasti es un índice que varía entre 0 y 1 y que sirve como medición de la inteligibilidad de la palabra.

El índice se obtiene a partir de la medida de la reducción en la modulación de la señal, en el paso de esta del hablador a las distintas posiciones de los oyentes.

Con el programa Dirac se ha obtenido el RASTI de cada punto

STI (RASTI)	INTELIGIBILIDAD PALABRA
0-0,30	Mala
0,30-0,45	Pobre
0,45-0,60	Aceptable
0,60-0,75	Buena
0,75-1	Excelente

Tabla 61.

- **Aula grande planta baja**

	PUNTOS			
	1	2	3	4
RASTI	0,62	0,59	0,6	0,59

Tabla 62.

- **Aula mediana planta baja**

	PUNTOS	
	1	2
RASTI	0,61	0,62

Tabla 63.

- **Aula pequeña planta baja**

	PUNTOS
	1
RASTI	0,68

Tabla 64.

- **Sala de ensayo planta primera**

	PUNTOS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RASTI	0,66	0,65	0,65	0,62	0,62	0,6	0,63	0,63	0,62	0,62	0,55	0,56	0,65	0,56	0,55

Tabla 65.

Todas las mediciones nos ofrecen unos valores de inteligibilidad de la palabra adecuados, ya que están dentro de los valores prefijados en la norma.

5.2.5. Claridad C80

La claridad C80 indica la idoneidad que presenta una sala frente al sonido que es emitido por la música. Conceptualmente indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrante de una composición musical.

Se define como el cociente entre la energía sonora recibida durante los primeros 80 ms después de recibir el sonido directo (éste incluido) y la energía que llega después de esos 80 ms. Se expresa en dB.

Del mismo programa Dirac 3.0 se han obtenido los valores de cada punto medido en todas las frecuencias, y a partir de la siguiente formula se ha calculado un único valor en cada punto.

$$C_{80} = 0,15C_{80}(500) + 0,25C_{80}(1000) + 0,35C_{80}(2000) + 0,25C_{80}(4000)$$

Los valores obtenidos son los de la siguiente tabla de la y representados a continuación

- **Aula grande planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																	C80 Mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
Punto 1	16,09	13,48	10,76	5,87	9,78	8,79	7,03	6,39	6,45	4,70	1,57	2,53	0,46	1,23	2,75	2,42	1,99	2,99	2,28
Punto 2	8,95	13,39	8,77	8,53	9,05	4,21	5,78	5,76	3,87	4,08	0,14	0,26	-1,11	1,73	2,77	3,96	3,95	2,60	2,49
Punto 3	5,14	11,59	11,39	10,35	7,82	5,53	8,23	3,13	5,58	4,26	2,09	0,12	0,90	2,58	1,12	2,21	2,21	3,40	2,45
Punto 4	16,70	10,69	5,87	7,82	6,76	6,55	6,80	2,10	3,98	5,21	1,79	1,54	0,83	1,37	1,83	0,04	1,37	2,58	1,58

Tabla 66.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
C80 medio	11,72	12,29	9,20	8,14	8,35	6,27	6,96	4,35	4,97	4,56	1,40	1,11	0,27	1,73	2,12	2,16	2,38	2,89
Des. Estandar	1,58	2,69	2,71	2,52	3,17	1,52	1,64	1,74	2,41	2,03	1,55	1,35	0,89	1,98	2,37	1,88	2,29	2,40
Des. Mínima	10,14	9,60	6,49	5,62	5,18	4,75	5,32	2,61	2,56	2,53	-0,15	-0,24	-0,62	-0,25	-0,25	0,28	0,09	0,49
Des. Máxima	13,30	14,98	11,91	10,66	11,52	7,79	8,60	6,09	7,38	6,59	2,95	2,46	1,16	3,71	4,49	4,04	4,67	5,29

Tabla 67.



Figura 107. Gráfico desviación estándar C80

Por último, con la formula anterior se ha sacado un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 2,20.

• **Aula mediana planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		C80 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	16,72	13,70	12,21	8,82	9,62	7,14	7,03	4,89	3,49	3,19	4,80	3,28	4,39	2,42	4,23	3,73	3,47	4,95	3,65
Punto 2	6,92	12,15	11,54	3,14	7,64	2,38	4,78	2,25	1,91	2,69	2,45	3,71	2,65	2,80	3,73	3,57	1,90	1,95	2,41

Tabla 68.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
C80 medio	11,82	12,93	11,88	5,98	8,63	4,76	5,91	3,57	2,70	2,94	3,63	3,50	3,52	2,61	3,98	3,65	2,69	3,45
Des. Estandar	1,58	2,69	2,71	2,52	3,17	1,52	1,64	1,74	2,41	2,03	1,55	1,35	0,89	1,98	2,37	1,88	2,29	2,40
Des. Mínima	10,24	10,24	9,17	3,46	5,46	3,24	4,27	1,83	0,29	0,91	2,08	2,15	2,63	0,63	1,61	1,77	0,40	1,05
Des. Máxima	13,40	15,62	14,59	8,50	11,80	6,28	7,55	5,31	5,11	4,97	5,18	4,85	4,41	4,59	6,35	5,53	4,98	5,85

Tabla 69.

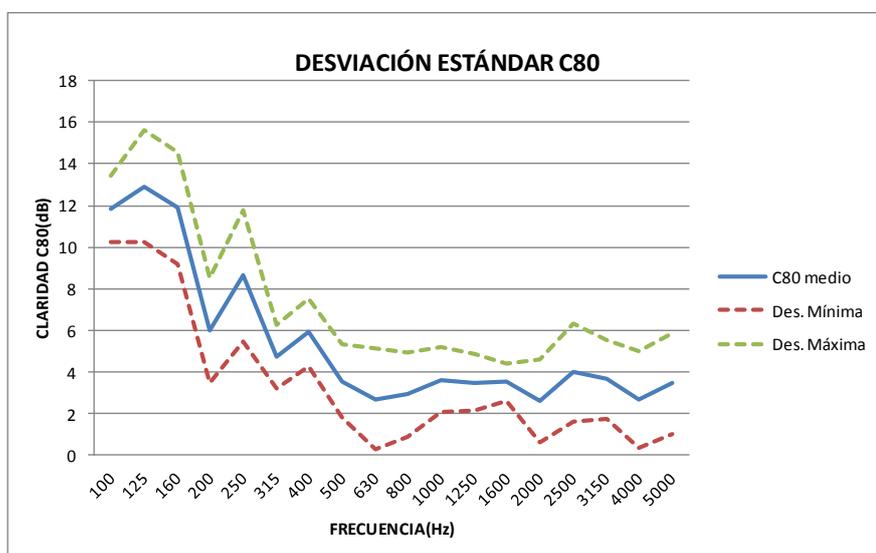


Figura 108. Gráfico desviación estándar C80.

En este caso, con la fórmula anterior se ha sacado un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 3,02.

• **Aula pequeña planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		C80 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	17,41	12,56	12,56	11,29	5,13	4,96	4,28	6,88	4,15	4,64	5,22	6,74	6,44	5,02	6,20	7,33	6,54	4,90	5,73

Tabla 70.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
C80 medio	17,41	12,56	12,56	11,29	5,13	4,96	4,28	6,88	4,15	4,64	5,22	6,74	6,44	5,02	6,20	7,33	6,54	4,90
Des. Estandar	1,58	2,69	2,71	2,52	3,17	1,52	1,64	1,74	2,41	2,03	1,55	1,35	0,89	1,98	2,37	1,88	2,29	2,40
Des. Mínima	15,83	9,87	9,85	8,77	1,96	3,44	2,64	5,14	1,74	2,61	3,67	5,39	5,55	3,04	3,83	5,45	4,25	2,50
Des. Máxima	18,99	15,25	15,27	13,81	8,30	6,48	5,92	8,62	6,56	6,67	6,77	8,09	7,33	7,00	8,57	9,21	8,83	7,30

Tabla 71.

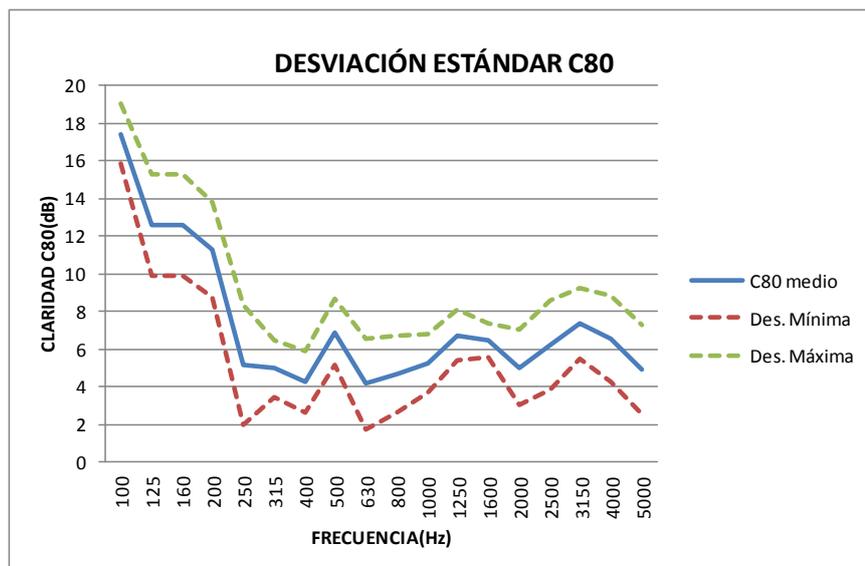


Figura 109. Gráfico desviación estándar C80.

En este caso, con la fórmula anterior se ha sacado un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 5,73.

Habría que revisar estos valores tan negativos en un aula de dimensiones tan reducidas y volver a realizar la medición.

- **Sala de ensayo planta primera**

PUNTOS	FRECUENCIA(HZ)																C80 Mid		
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150		4000	5000
Punto 1	11,21	3,48	3,56	4,79	2,90	4,71	9,43	7,75	4,99	7,42	5,51	6,36	5,04	5,34	4,13	5,39	5,07	4,81	5,68
Punto 2	-1,26	5,31	0,91	4,73	6,09	6,33	7,17	4,35	8,97	8,19	10,42	6,47	4,94	4,26	3,81	4,74	7,39	7,30	6,60
Punto 3	7,66	3,29	5,61	5,27	7,50	9,13	9,35	5,38	6,95	5,34	7,36	6,22	6,17	4,19	5,01	6,02	6,25	6,15	5,68
Punto 4	10,35	10,32	7,96	7,32	6,44	7,35	8,45	-0,15	4,39	9,03	7,95	5,78	3,67	4,63	2,94	4,64	3,53	4,01	4,47
Punto 5	6,68	7,50	3,44	6,44	6,62	6,89	7,02	8,66	5,85	5,41	6,27	4,15	3,73	1,74	1,20	2,96	3,03	2,14	4,23
Punto 6	3,38	7,09	3,20	3,74	9,08	4,68	9,04	7,10	5,16	4,43	8,16	4,69	5,41	1,63	4,67	4,50	4,44	4,81	4,79
Punto 7	5,04	6,03	11,29	9,18	10,21	3,12	6,24	6,96	5,77	6,23	4,96	5,37	2,59	5,10	5,02	4,02	4,22	4,79	5,12
Punto 8	7,87	14,09	14,47	10,99	6,08	6,56	7,96	5,11	6,30	6,34	8,57	8,29	7,12	5,00	3,80	6,17	6,03	7,03	6,17
Punto 9	4,36	7,16	5,83	6,13	6,93	5,79	2,97	2,71	4,14	6,59	5,82	3,52	4,35	1,98	3,98	3,81	3,32	4,52	3,38
Punto 10	7,34	9,59	11,20	4,75	1,67	6,64	5,58	4,04	5,10	5,21	3,76	5,42	3,04	3,41	3,32	2,68	3,39	3,65	3,59
Punto 11	9,01	6,76	2,12	3,30	6,97	9,48	6,10	2,87	3,54	5,04	2,68	3,18	0,08	3,14	3,09	3,29	2,88	3,67	2,92
Punto 12	11,78	11,14	9,61	10,63	10,26	3,42	4,38	5,04	3,78	3,61	2,55	4,96	2,18	1,83	4,48	4,19	3,80	4,13	2,98
Punto 13	11,07	15,46	10,85	6,17	5,25	2,19	5,24	5,66	4,89	8,80	4,74	4,18	5,10	4,89	5,41	6,12	3,59	5,16	4,64
Punto 14	15,17	8,72	12,09	9,83	7,01	3,88	0,78	2,14	5,59	7,93	4,22	2,83	6,48	3,93	5,70	5,06	3,90	5,70	3,73
Punto 15	5,70	8,06	8,77	7,72	7,86	5,14	4,68	4,69	3,56	5,76	2,95	5,20	5,05	4,78	2,38	4,71	3,74	6,27	4,05

Tabla 72.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
C80 medio	7,69	8,27	7,39	6,73	6,72	5,69	6,29	4,82	5,27	6,36	5,73	5,11	4,33	3,72	3,93	4,55	4,31	4,94
Des. Estandar	1,58	2,69	2,71	2,52	3,17	1,52	1,64	1,74	2,41	2,03	1,55	1,35	0,89	1,98	2,37	1,88	2,29	2,40
Des. Mínima	6,11	5,58	4,68	4,21	3,55	4,17	4,65	3,08	2,86	4,33	4,18	3,76	3,44	1,74	1,56	2,67	2,02	2,54
Des. Máxima	9,27	10,96	10,10	9,25	9,89	7,21	7,93	6,56	7,68	8,39	7,28	6,46	5,22	5,70	6,30	6,43	6,60	7,34

Tabla 73.

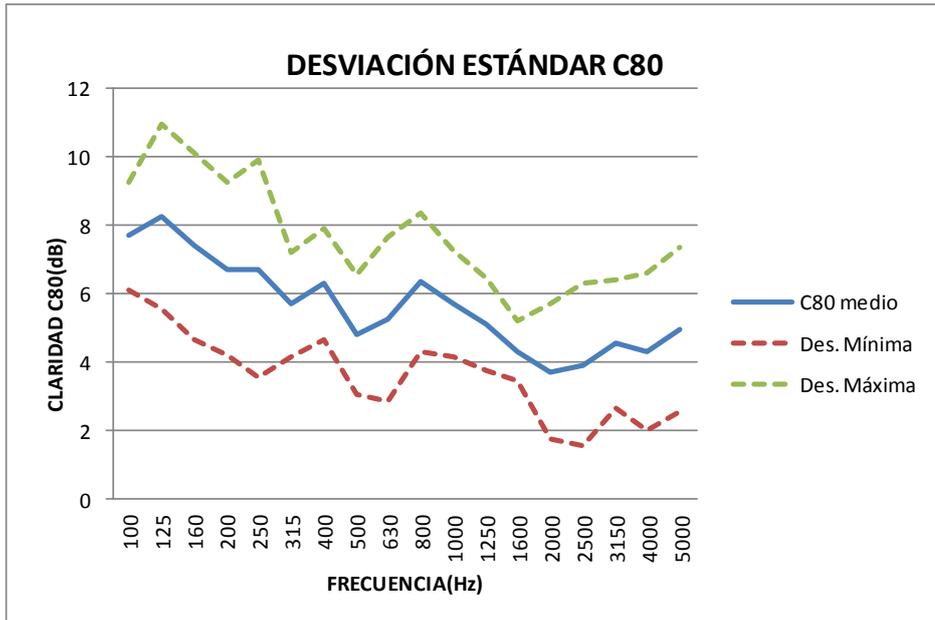


Figura 110. Gráfico desviación estándar C80.

En este último caso, con la formula anterior se ha sacado un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 4,53. Esto quiere decir que la claridad C80 es mala porque está fuera de los valores que considera Beranek para salas vacías.

$-4 < C_{80} < 0$	Sala vacía
$-2 < C_{80} < 2$	Sala ocupada

Figura 111. Rango de beranek.

5.2.6. Definición D50

Se denomina así a la proporción de energía que llega durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo (éste incluido) respecto a la energía total recibida.

Su valor depende de la posición del oyente respecto a la fuente sonora, disminuyendo al aumentar la distancia a la misma. Esto se debe a que alejándose de la fuente aumenta el nivel del campo reverberante y, como consecuencia, la proporción de energía de las primeras reflexiones disminuye.

En cualquier caso, para un correcto diseño de una sala destinada a la palabra, deberá cumplirse que, cuando la sala está ocupada, el valor de D sea lo más uniforme posible para cualquier posición del oyente y que, para cada banda de frecuencias, supere los 0.5 dB.

Del mismo programa Dirac 3.0 se ha obtenido los valores de cada punto medido en todas las frecuencias, y a partir de la siguiente fórmula se ha calculado un único valor en cada punto.

$$D_{50} = 0,15D_{0(500)} + 0,25D_{50(1000)} + 0,35D_{50} + 0,25D_{50(4000)}$$

Los valores obtenidos en cada aula y en la sala están representados a continuación.

- **Aula grande planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		D50 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,95	0,77	0,34	0,62	0,84	0,74	0,77	0,65	0,71	0,57	0,50	0,54	0,38	0,40	0,47	0,46	0,37	0,49	0,46
Punto 2	0,65	0,93	0,86	0,88	0,83	0,59	0,65	0,74	0,64	0,61	0,24	0,40	0,27	0,46	0,54	0,50	0,52	0,46	0,46
Punto 3	0,20	0,88	0,84	0,78	0,79	0,63	0,73	0,56	0,65	0,62	0,41	0,33	0,43	0,57	0,44	0,40	0,46	0,50	0,50
Punto 4	0,96	0,62	0,47	0,85	0,74	0,76	0,68	0,49	0,60	0,60	0,39	0,36	0,36	0,39	0,47	0,31	0,39	0,46	0,41

Tabla 74.

Como en todos los parámetros anteriores con los valores medidos en los 4 puntos, se ha obtenido el D50 medio del edificio, con el que se ha obtenido el gráfico de definición (D50), la cual está representada con su desviación estándar.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
D50 medio	0,69	0,80	0,63	0,78	0,80	0,68	0,71	0,61	0,65	0,60	0,39	0,41	0,36	0,46	0,48	0,42	0,44	0,48
Desv. Estándar	0,09	0,14	0,15	0,16	0,17	0,11	0,10	0,09	0,14	0,15	0,10	0,09	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,09
Desv. Mínima	0,60	0,66	0,48	0,62	0,63	0,57	0,61	0,52	0,51	0,45	0,29	0,32	0,27	0,38	0,38	0,32	0,34	0,39
Desv. Máxima	0,78	0,94	0,78	0,94	0,97	0,79	0,81	0,70	0,79	0,75	0,49	0,50	0,45	0,54	0,58	0,52	0,54	0,57

Tabla 75.

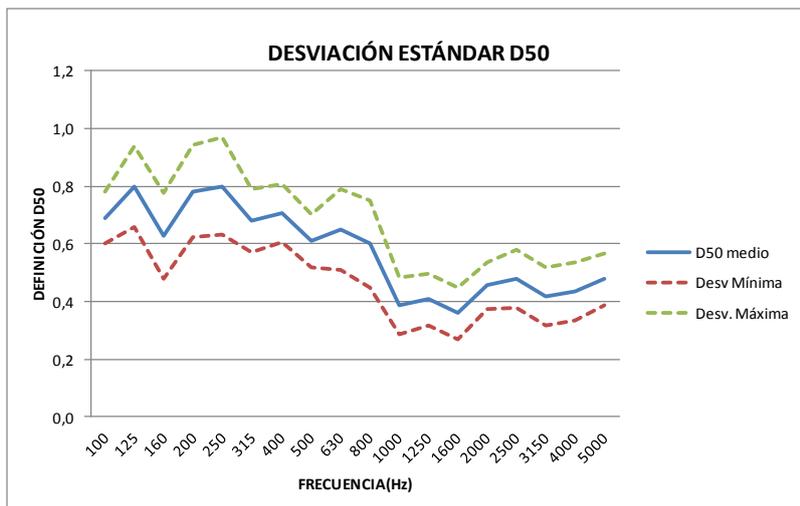


Figura 112. Gráfico desviación estándar D50.

Por último, con la formula anterior se ha obtenido un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 0,45.

- **Aula mediana planta baja**

PUNTOS	FRECUENCIA(Hz)																		D50 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,99	0,95	0,82	0,79	0,82	0,64	0,66	0,59	0,53	0,42	0,59	0,51	0,63	0,50	0,60	0,57	0,47	0,60	0,53
Punto 2	0,65	0,80	0,85	0,50	0,60	0,38	0,52	0,39	0,48	0,36	0,39	0,41	0,39	0,52	0,45	0,57	0,41	0,46	0,44

Tabla 76.

	FRECUENCIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
D50 medio	0,82	0,88	0,84	0,65	0,71	0,51	0,59	0,49	0,51	0,39	0,49	0,46	0,51	0,51	0,53	0,57	0,44	0,53
Desv. Estándar	0,09	0,14	0,15	0,16	0,17	0,11	0,10	0,09	0,14	0,15	0,10	0,09	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,09
Desv. Mínima	0,73	0,74	0,69	0,49	0,54	0,40	0,49	0,40	0,37	0,24	0,39	0,37	0,42	0,43	0,43	0,47	0,34	0,44
Desv. Máxima	0,91	1,02	0,99	0,81	0,88	0,62	0,69	0,58	0,65	0,54	0,59	0,55	0,60	0,59	0,63	0,67	0,54	0,67

Tabla 77.

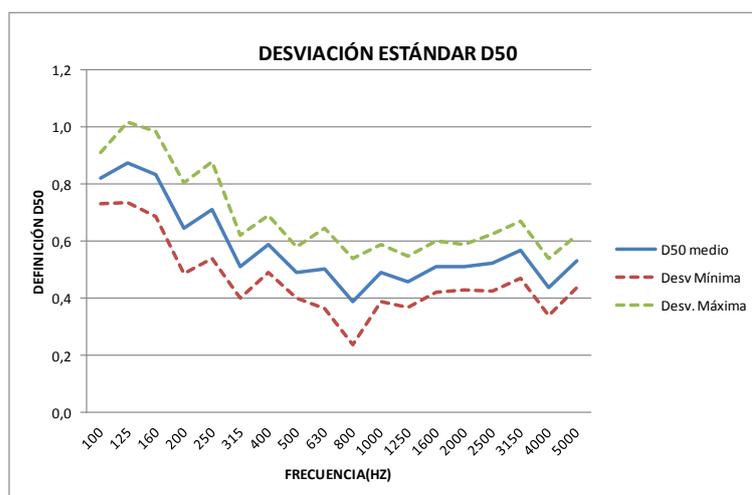


Figura 113. Gráfico desviación estándar D50.

Por último, con la formula anterior se ha obtenido un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 0,48.

- Aula pequeña planta baja**

PUNTOS	FRECUECIA(Hz)																		D50 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,97	0,91	0,87	0,86	0,69	0,71	0,67	0,71	0,60	0,55	0,64	0,70	0,69	0,59	0,59	0,75	0,65	0,66	0,64

Tabla 78.

	FRECUECIA(Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
D50 medio	0,97	0,91	0,87	0,86	0,69	0,71	0,67	0,71	0,60	0,55	0,64	0,70	0,69	0,59	0,59	0,75	0,65	0,66
Desv. Estándar	0,09	0,14	0,15	0,16	0,17	0,11	0,10	0,09	0,14	0,15	0,10	0,09	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,09
Desv. Mínima	0,88	0,77	0,72	0,70	0,52	0,60	0,57	0,62	0,46	0,40	0,54	0,61	0,60	0,51	0,49	0,65	0,55	0,57
Desv. Máxima	1,06	1,05	1,02	1,02	0,86	0,82	0,77	0,80	0,74	0,70	0,74	0,79	0,78	0,67	0,69	0,85	0,75	0,75

Tabla 79.

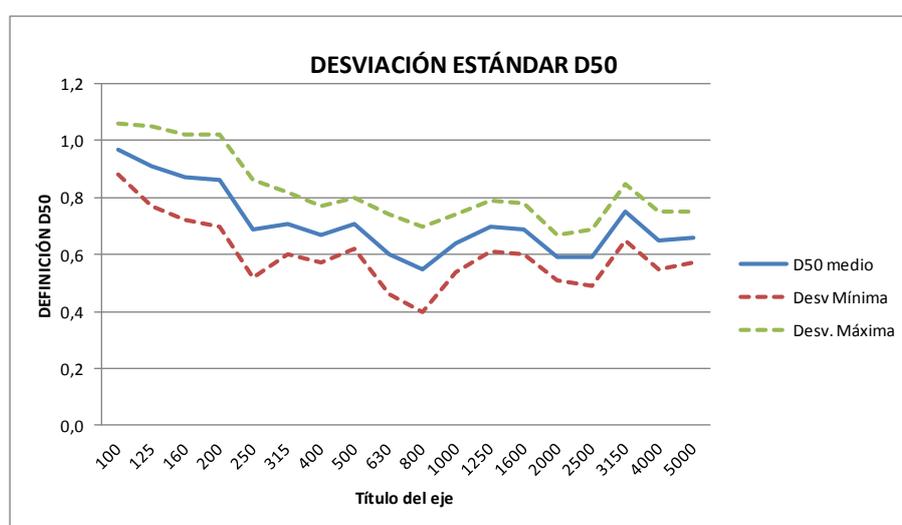


Figura114. Gráfico desviación estándar D50.

Por último, con la formula anterior se ha obtenido un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 0,64.

- Sala de ensayo planta primera**

PUNTOS	FRECUECIA(Hz)																		D50 Mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Punto 1	0,71	0,72	0,62	0,46	0,55	0,44	0,83	0,77	0,58	0,71	0,66	0,73	0,65	0,56	0,58	0,66	0,60	0,59	0,63
Punto 2	0,38	0,67	0,19	0,67	0,78	0,75	0,77	0,63	0,81	0,77	0,82	0,74	0,61	0,62	0,55	0,66	0,74	0,74	0,70
Punto 3	0,68	0,67	0,45	0,56	0,64	0,80	0,86	0,62	0,74	0,70	0,68	0,70	0,74	0,57	0,64	0,70	0,71	0,70	0,64
Punto 4	0,78	0,86	0,62	0,80	0,67	0,70	0,79	0,36	0,54	0,77	0,69	0,56	0,47	0,46	0,49	0,54	0,50	0,53	0,51
Punto 5	0,73	0,69	0,68	0,56	0,62	0,74	0,59	0,82	0,65	0,61	0,69	0,61	0,39	0,39	0,34	0,53	0,49	0,46	0,55
Punto 6	0,50	0,46	0,38	0,48	0,67	0,35	0,74	0,65	0,54	0,52	0,72	0,60	0,62	0,37	0,62	0,57	0,58	0,58	0,55
Punto 7	0,72	0,65	0,79	0,76	0,82	0,50	0,72	0,65	0,56	0,65	0,48	0,59	0,45	0,67	0,67	0,59	0,58	0,57	0,60
Punto 8	0,85	0,92	0,94	0,91	0,73	0,69	0,69	0,60	0,59	0,62	0,82	0,77	0,71	0,67	0,59	0,69	0,64	0,71	0,69
Punto 9	0,51	0,75	0,67	0,61	0,73	0,65	0,55	0,48	0,50	0,69	0,61	0,51	0,51	0,51	0,52	0,58	0,48	0,60	0,52
Punto 10	0,60	0,76	0,93	0,74	0,54	0,80	0,67	0,53	0,57	0,46	0,47	0,58	0,51	0,55	0,43	0,49	0,50	0,53	0,51
Punto 11	0,86	0,69	0,57	0,62	0,74	0,69	0,54	0,52	0,50	0,67	0,53	0,36	0,40	0,48	0,41	0,50	0,49	0,53	0,50
Punto 12	0,83	0,55	0,70	0,88	0,79	0,37	0,59	0,36	0,48	0,58	0,47	0,51	0,42	0,42	0,60	0,56	0,49	0,54	0,44
Punto 13	0,89	0,92	0,81	0,62	0,62	0,45	0,50	0,34	0,69	0,80	0,67	0,61	0,58	0,66	0,60	0,66	0,53	0,63	0,58
Punto 14	0,93	0,85	0,94	0,72	0,52	0,55	0,27	0,31	0,63	0,68	0,55	0,53	0,68	0,53	0,65	0,57	0,54	0,64	0,50
Punto 15	0,56	0,67	0,84	0,48	0,64	0,69	0,63	0,48	0,40	0,51	0,42	0,54	0,67	0,60	0,39	0,59	0,58	0,70	0,53

Tabla 80.

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
D50 medio	0,70	0,72	0,68	0,66	0,67	0,61	0,65	0,54	0,59	0,65	0,62	0,60	0,56	0,54	0,54	0,59	0,56	0,60
Desv. Estándar	0,09	0,14	0,15	0,16	0,17	0,11	0,10	0,09	0,14	0,15	0,10	0,09	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,09
Desv. Mínima	0,61	0,58	0,53	0,50	0,50	0,50	0,55	0,45	0,45	0,50	0,52	0,51	0,47	0,46	0,44	0,49	0,46	0,51
Desv. Máxima	0,79	0,86	0,83	0,82	0,84	0,72	0,75	0,63	0,73	0,80	0,72	0,69	0,65	0,62	0,64	0,69	0,66	0,69

Tabla 81.

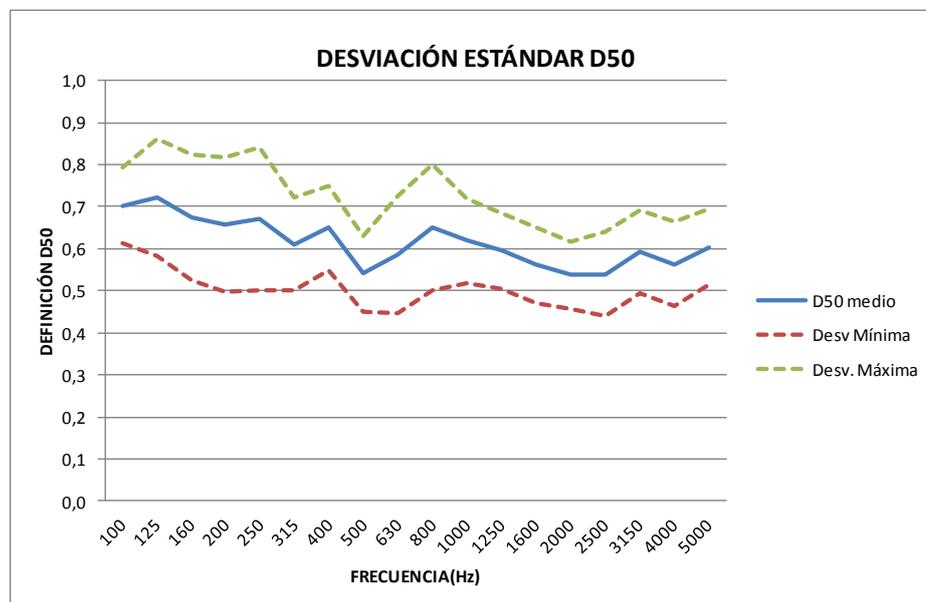


Figura 115. Desviación estándar D50.

Por último, con la formula anterior se ha obtenido un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 0,56.

6 Simulación acústica del estado actual

6.1 Simulación mediante software

Para realizar la simulación de la sala de ensayo de la banda, se ha utilizado el programa llamado "Simulación acústica", el cual se encuentra instalado en los ordenadores del laboratorio 2 de física aplicada de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura Superior.

Para poder realizar esta simulación lo primero que se hizo fue realizar un 3d de la sala en su estado actual, todo ello, realizado con el comando 3d caras del programa Autocad. Cada material con los que está construida la sala va asignado a una capa.

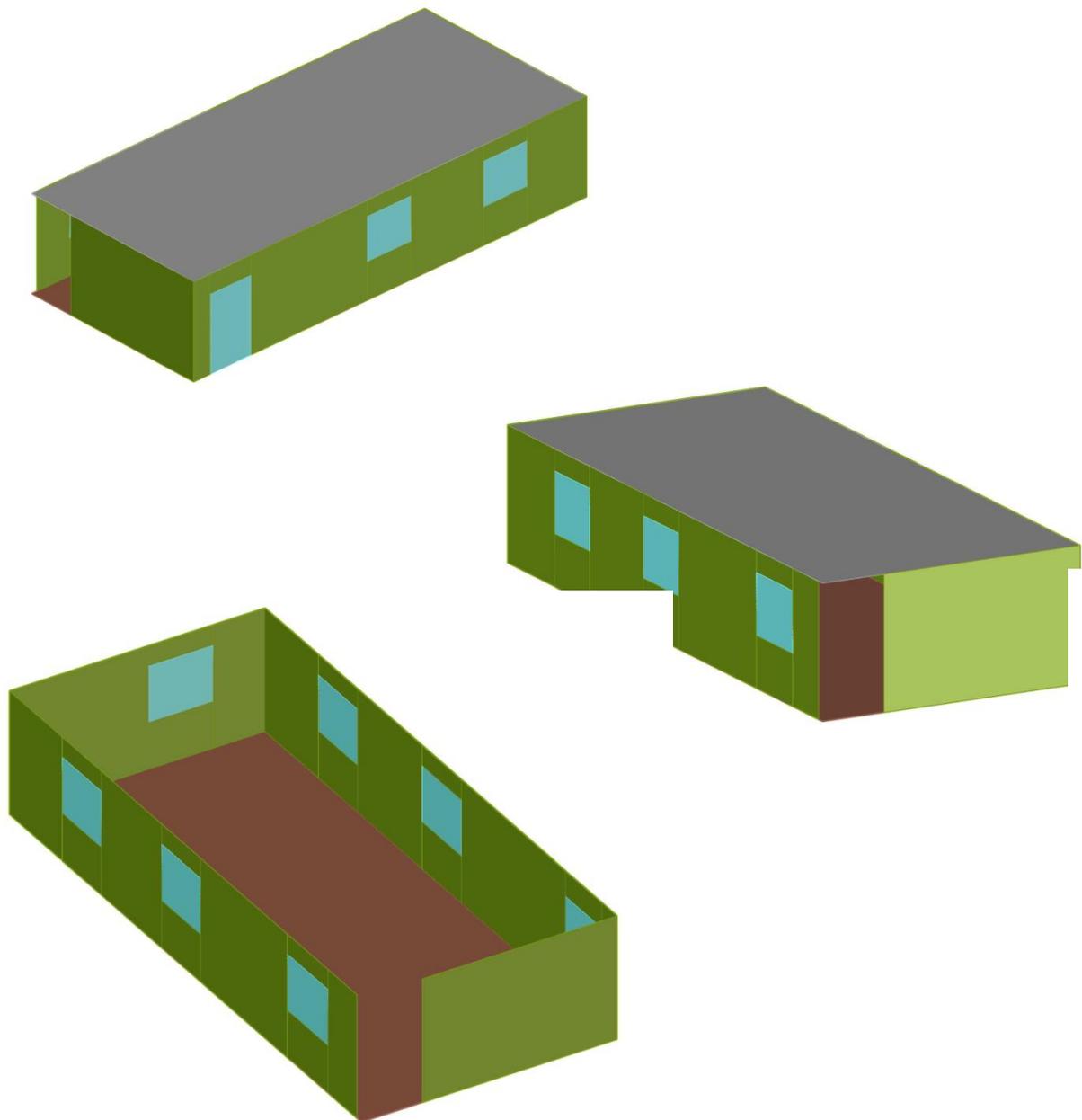


Figura 116. Vistas de la sala de ensayo con 3D Cara.

Cada color es una superficie diferente, pero hay superficies que son revestidas con el mismo material. La distribución de materiales es la siguiente:

- Verde: Revestimiento enlucido de yeso.
- Gris: Falso techo de placa de escayola.
- Azul claro: Vidrio.
- Marrón: Revestimiento suelo parquet.

Una vez realizado el modelado 3d, este se exporta en formato DXF para poderlo cargar desde el programa de simulación acústica.

Previamente a la asignación de materiales en el software, realizaremos un estudio de los materiales que nos proporcionen una curva tonal parecida a la obtenida mediante los ensayos con los instrumentos (Dirac 3.0).

Una vez ajustada la curva a nuestra curva obtenida de las mediciones “in situ “ que se han realizado, elegiremos las posiciones del emisor y el receptor en un punto, para comprobar el ecograma y la curva que nos dé un resultado similar a nuestro cálculo.

A continuación colocamos una malla de receptores en la zona de pavimento donde se situarán los espectadores. Para realizar la simulación de manera más exhaustiva, la malla se coloca a una altura de 0,86 y con un inter eje de 0,25, para que nos salga una cuadrícula más pequeña.

Se inicia así el cálculo de la simulación

6.2 Interpretación de datos obtenidos.

Tras la simulación obtenemos ecograma, curva tonal, valores de reverberación, niveles de presión sonora y claridad.

- **Nivel de presión sonora**

El primer parámetro obtenido es el nivel de presión sonora, se ha calculado para la frecuencia de 1000 Hz, porque apenas varía en las distintas frecuencias.

A continuación vemos los mapas de niveles, en los que el programa diferencia los niveles con una escala de alto contraste y unos niveles comprendidos entre los 82 y los 95 dB. Recordar que la fuente se sitúa en el mismo lugar que para realizar las mediciones.

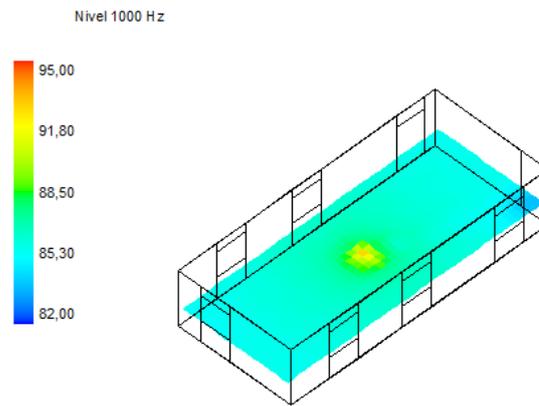


Figura 117. Niveles de presión sonora.

Como se observa en la figura el nivel de presión sonora es bastante uniforme en toda la sala y los mayores niveles están al lado de la fuente.

- **Tiempo de reverberación**

Dentro del tiempo de reverberación, los parámetros que se han obtenido del programa Simulación Acústica son el EDT, TR 20 y TR 30.

En la obtención de estos parámetros también se ha seleccionado la opción de la escala con alto contraste, y aun de esta manera en alguno de los parámetros sale con un color uniforme, donde no se aprecia diferencia de unas zonas a otras.

Sólo se ha obtenido el mapa de colores en la frecuencia de 1000 Hz, ya que es la mas representativa para el oído humano.

El primer parámetro obtenido es EDT

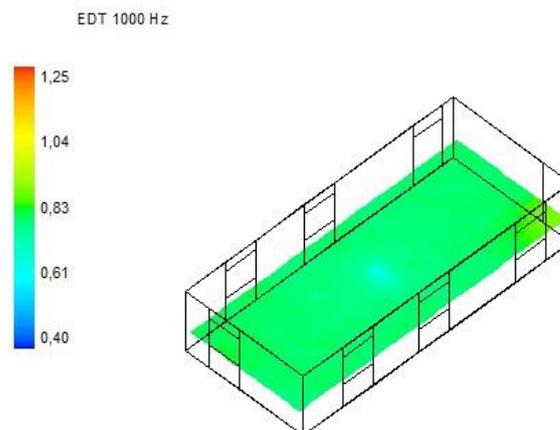


Figura 118. EDT.

Como se observa en la figura, el EDT en la sala es bastante uniforme. Y los niveles varían de 0,40 a 1,25 seg.

El segundo parámetro es Tr20, por problemas con el programa y el ordenador no hemos logrado obtener dicha información.

El tercer parámetro es Tr30

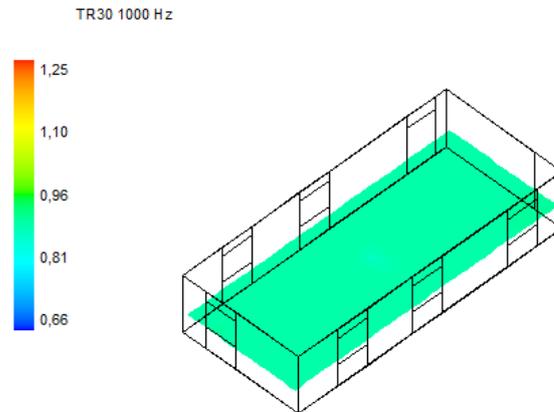


Figura 119. Tr30.

Como se observa en la figura anterior, el Tr30 de la sala es completamente uniforme. Siendo sus niveles entre 0,66 y 95 seg.

- **Claridad**

Debemos recordar que la claridad C80 indica la idoneidad que presenta una sala frente al sonido que es emitido por la música. Conceptualmente indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrante de una composición musical.

Se define como el cociente entre la energía sonora recibida durante los primeros 80 ms después de recibir el sonido directo (este incluido) y la energía que llega después de esos 80 ms. Se expresa en dB.

Según Beranek, el margen de valores recomendado cuando la sala está vacía es:

$$-4 \leq C80 \leq 0 \text{ dB}$$

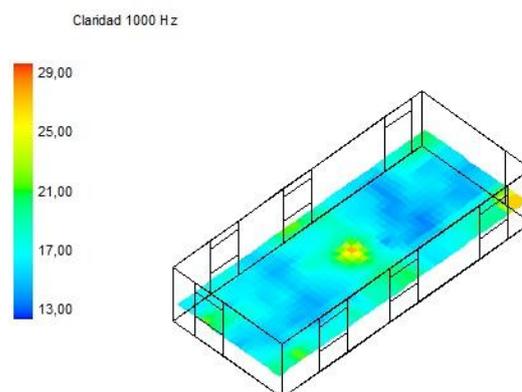


Figura 120. Claridad C80.

Como observamos, la claridad en la sala es bastante uniforme. Los niveles varían de 13 y 29 dB. Solo se aprecia un punto en el que aumenta, debido a que existe un recoveco producido por un pilar, y en consecuencia el programa lo capta. La claridad en esta sala es muy mala, ya que los valores deberían estar entre -4 y 0, y todos pasan de 13 unidades.

7 Fichas cumplimiento CTE

Esta comprobación se realiza mediante las fichas de la herramienta de cálculo del Documento Básico HR Protección frente al ruido. Las condiciones de aislamiento Acústico que debe cumplir son las siguientes:



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 4 aristas comunes.

Proyecto	Acondicionamiento acústico sociedad musical SAB	
Autor	Marina Andrés Anglés	
Fecha		
Referencia	Partición entre aula mediana y pequeña PB	

Características técnicas del recinto 1								
Tipo de recinto como emisor		Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor		Protegido				Volumen	90	
Soluciones Constructivas								
Separador	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)							
Suelo F1	LM 200 mm							
Techo F2	U_BC 350 mm							
Pared F3	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)							
Pared F4	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)							
Parámetros Acústicos								
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)	
Separador	6.24		89	36	-	-		
Suelo F1	36	6	500	60	70	-	-	
Techo F2	36	6	360	55	75	-	-	
Pared F3	15	2.5	82	35		-	-	
Pared F4	15	2.5	82	35		-	-	

Características técnicas del recinto 2								
Tipo de recinto como emisor		Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor		Protegido				Volumen	75	
Soluciones Constructivas								
Separador	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)							
Suelo f1	LM 200 mm							
Techo f2	U_BC 350 mm							
Pared f3	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)							
Pared f4	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)							
Parámetros Acústicos								
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)	
Separador	6.24		89	36	-	-		
Suelo f1	30	6	500	60	70	-	-	
Techo f2	30	6	360	55	75	-	-	
Pared f3	12.5	2.5	82	35		-	-	
Pared f4	12.5	2.5	82	35		-	-	

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
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 4 aristas comunes.

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)	-1.7	8.9	8.9
Separador - Techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	-0.8	7.8	7.8
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	6.2	5.7	5.7
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	6.2	5.7	5.7

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	39	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	64	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	40	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	64	65	CUMPLE



Documento Básico HR Protección frente al ruido

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

Caso: Recintos superpuestos con 4 aristas comunes.

Proyecto	Acondicionamiento acústico sociedad musical SAB	
Autor	Marina Andrés Anglés	
Fecha		
Referencia	Forjado entre planta primera y planta baja	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	62.5
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BC 350 mm						
Pared F1	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared F2	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared F3	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	54.21		360	55	75	-	-
Pared F1	12.5	5	82	35	70	-	-
Pared F2	12.5	5	82	35	75	-	-
Pared F3	12.5	5	89	36		-	-
Pared F4	12.5	5	82	35		-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Recinto de actividad o instalaciones						
Tipo de recinto como receptor						Volumen	62.5
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BC 350 mm						
Pared f1	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared f2	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared f3	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	54.21		360	55	75	-	-
Pared f1	12.5	5	82	35	70	-	-
Pared f2	12.5	5	82	35	75	-	-
Pared f3	12.5	5	89	36		-	-
Pared f4	12.5	5	82	35		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
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 superpuestos con 4 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	22	11.1	11.1
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	22	11.1	11.1
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	16.4	7.8	7.8
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	17.1	8.1	8.1

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	47	-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nTW} (dB)	74	-	

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	47	55	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nTW} (dB)	-	-	-



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 3 aristas comunes.

Proyecto	Acondicionamiento acústico sociedad musical SAB	
Autor	Marina Andrés Anglés	
Fecha		
Referencia	Partición entre sala grande y aula mediana PB	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Habitable	Volumen	50				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + BHAL-P 80 + AT + BHAL-P 80 + Enl 15						
Suelo F1	LM 200 mm						
Techo F2	U_BC 350 mm						
Pared F3	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	12.096		225	47	-	-	
Suelo F1	25	5	500	60	70	-	-
Techo F2	25	5	360	55	75	-	-
Pared F3	12.5	2.5	89	36		-	-
Pared F4	12.5	2.5	89	36		-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	60				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + BHAL-P 80 + AT + BHAL-P 80 + Enl 15						
Suelo f1	LM 200 mm						
Techo f2	U_BC 350 mm						
Pared f3	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + BHAL-P 80 + AT + BHAL-P 80 + Enl 15						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	12.096		225	47	-	-	
Suelo f1	24	5	500	60	70	-	-
Techo f2	24	5	360	55	75	-	-
Pared f3	10	2.5	89	36		-	-
Pared f4	2.5	2.5	225	47		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
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 3 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Of}
Separador - Suelo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 2)	1.5	6.4	6.4
Separador - Techo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 1)	3.1	5.9	5.9
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	16.5	9.6	9.6
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	6.6	6.6	0.9

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	46	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	63	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	45	45	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	64	-	

Como se puede observar en las fichas, al introducir los diferentes parámetros del local ninguno de los elementos cumple con las condiciones que marca el código técnico.

Consecuentemente tanto las particiones, como la fachada, deberán ser tratados mediante trasdosados, para así lograr acondicionar el local con las exigencias que vienen marcadas en la normativa

8 Propuesta de mejora

8.1 Propuestas planteadas

Tras analizar los parámetros obtenidos y comprobar que no cumplen con los valores normativos, procedemos a proponer algunas mejoras que ayuden a corregir los defectos acústicos que tienen las aulas y la sala de ensayo.

- En primer lugar, suprimir la chimenea que se encuentra en la sala de la planta baja y la sala de ensayo de la Banda de música de la planta primera, para evitar así las transmisiones de ruido.
- En segundo lugar, cambiaremos la distribución de la planta baja realizando un pasillo que dé independencia a las aulas que se encuentran dentro de la sala grande de la planta baja. Para evitar que mientras se está dando clase en la sala, se moleste para entrar a las otras dos aulas.

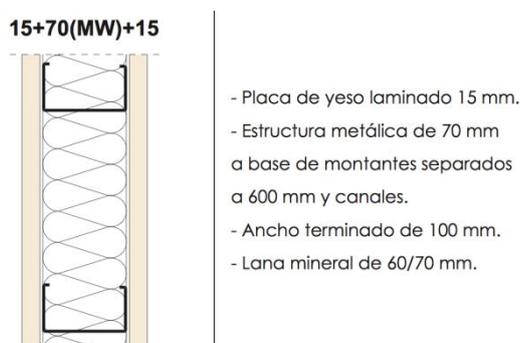


Figura 121. Partición de pasillo.

- En tercer lugar, cambiaremos y colocaremos la puerta de entrada a la sala de planta baja y otra que acceda al pasillo que lleva a las aulas. Estas serán de 30 dB.



Figura 122. Puerta sugerida.

- En cuarto lugar, colocaremos dobles ventanas en las aulas y en las salas de planta baja y primera, para evitar así la transmisión de ruido al exterior.
- En quinto lugar, colocaremos trasdosado con placa de yeso laminado en todas las aulas y salas para evitar transmisiones y aumentar la absorción.

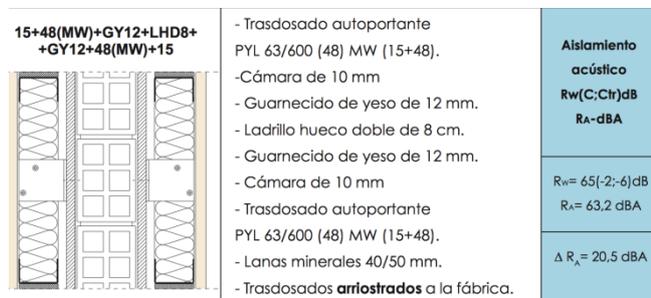


Figura 123. Partición trasdosado entre aulas.

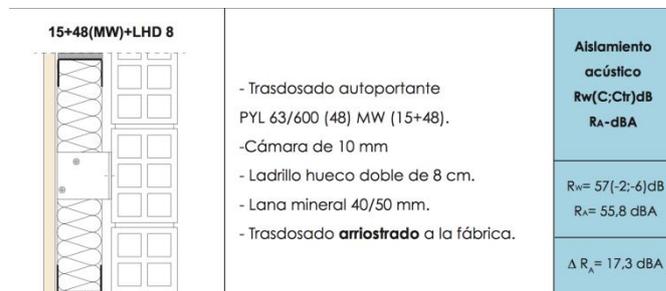


Figura 124. Trasdoso en fachada.

- En sexto lugar, colocaremos paneles Rockfon en todas las aulas y salas de ensayo. Previamente habremos quitado el falso techo de placa de escayola existente ya que no ejerce su función absorbente.
- En último lugar, cerraremos la sala de ensayo de la planta primera colocando una puerta de 30dB.

A continuación, adjuntamos los planos de distribución con las propuestas que hemos citado anteriormente.

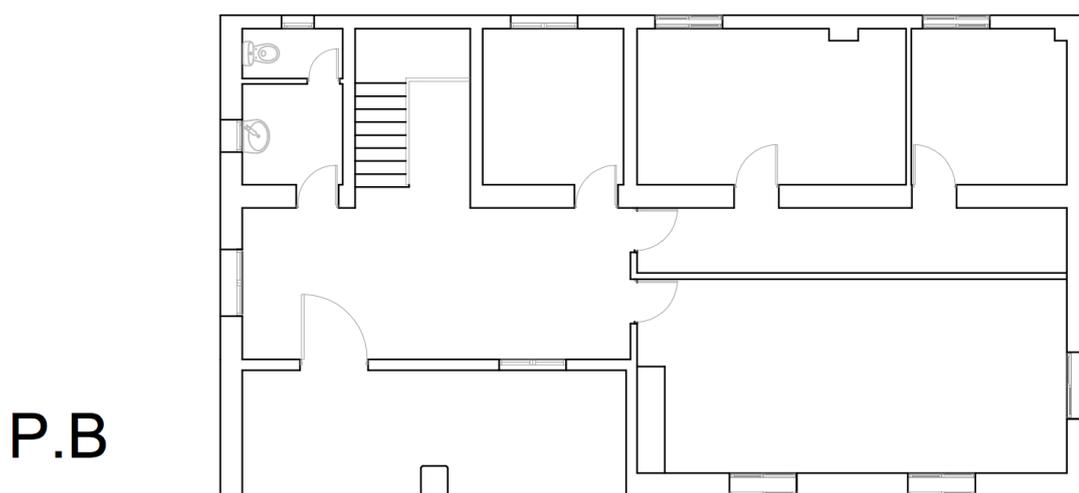


Figura 125. Planta baja nueva distribución.

P.1

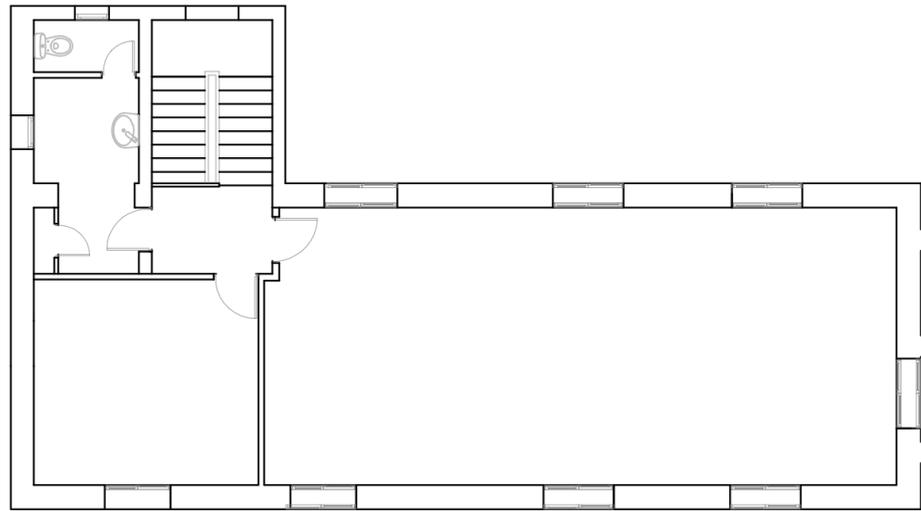


Figura 126. Planta Primera nueva distribución.

Los despachos y los baños habría que cambiarlos completamente pero como queremos ajustar el presupuesto lo máximo posible, sólo propondremos mejoras acústicas.

8.2 Fichas de verificación de cumplimiento del CTE

Seguidamente comprobaremos con el programa de “Herramienta oficial de cálculo del DB HR del CTE” que tras aplicar en el mismo las modificaciones propuestas anteriormente, cumple con el CTE.



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 4 aristas comunes.

Proyecto	Acondicionamiento acústico sociedad musical SAB	
Autor	Marina Andrés Anglés	
Fecha		
Referencia	Partición entre aula mediana y pequeña PB	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	90
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo F1	LM 200 mm						
Techo F2	U_BC 350 mm						
Pared F3	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared F4	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
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	6.24		89	36	-	16	
Suelo F1	36	6	500	60	70	-	-
Techo F2	36	6	360	55	75	7	9
Pared F3	15	2.5	82	35		-	-
Pared F4	15	2.5	82	35		-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	75
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo f1	LM 200 mm						
Techo f2	U_BC 350 mm						
Pared f3	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared f4	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
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	6.24		89	36	-	16	
Suelo f1	30	6	500	60	70	-	-
Techo f2	30	6	360	55	75	7	9
Pared f3	12.5	2.5	82	35		-	-
Pared f4	12.5	2.5	82	35		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
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 4 aristas comunes.

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)	-1.7	8.9	8.9
Separador - Techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	-0.8	7.8	7.8
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	6.2	5.7	5.7
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	6.2	5.7	5.7

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nTw} (dB)	60	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	51	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nTw} (dB)	60	65	CUMPLE



Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 4 aristas comunes.

Proyecto	Acondicionamiento acústico sociedad musical SAB	
Autor	Marina Andrés Anglés	
Fecha		
Referencia	Forjado entre plantaprimer	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	62.5
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BC 350 mm						
Pared F1	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared F2	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared F3	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared F4	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	54.21		360	55	75	-	-
Pared F1	12.5	5	82	35	70	-	-
Pared F2	12.5	5	82	35	75	-	-
Pared F3	12.5	5	82	35		-	-
Pared F4	12.5	5	82	35		-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Recinto de actividad o instalaciones						
Tipo de recinto como receptor						Volumen	62.5
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BC 350 mm						
Pared f1	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared f2	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared f3	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Pared f4	LP 240 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores medios)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	54.21		360	55	75	7	9
Pared f1	12.5	5	82	35	70	-	-
Pared f2	12.5	5	82	35	75	-	-
Pared f3	12.5	5	82	35		-	-
Pared f4	12.5	5	82	35		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
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 superpuestos con 4 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Fr}	K_{Fd}	K_{Df}
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	22	11.1	11.1
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	22	11.1	11.1
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	17.1	8.1	8.1
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	17.1	8.1	8.1

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	56	-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	65	-	

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	56	55	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	-	-	-



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 3 aristas comunes.

Proyecto	Acondicionamiento acústico sociedad musical SAB	
Autor	Marina Andrés Anglés	
Fecha		
Referencia	Partición entre sala grande y aula mediana PB	

Características técnicas del recinto 1

Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Habitable	Volumen	50				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + BHAL-P 80 + AT + BHAL-P 80 + Enl 15						
Suelo F1	LM 200 mm						
Techo F2	U_BC 350 mm						
Pared F3	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	12.096		225	47	-	10	
Suelo F1	25	5	500	60	70	-	-
Techo F2	25	5	360	55	75	7	9
Pared F3	12.5	2.5	89	36		-	-
Pared F4	12.5	2.5	89	36		-	-

Características técnicas del recinto 2

Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	60				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + BHAL-P 80 + AT + BHAL-P 80 + Enl 15						
Suelo f1	LM 200 mm						
Techo f2	U_BC 350 mm						
Pared f3	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + BHAL-P 80 + AT + BHAL-P 80 + Enl 15						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	12.096		225	47	-	10	
Suelo f1	24	5	500	60	70	-	-
Techo f2	24	5	360	55	75	7	9
Pared f3	10	2.5	89	36		-	-
Pared f4	2.5	2.5	225	47		10	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta

Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
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 3 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
Separador - Suelo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 2)	1.5	6.4	6.4
Separador - Techo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 1)	3.1	5.9	5.9
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	16.5	9.6	9.6
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	6.6	6.6	0.9

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	57	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	59	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	56	45	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	60	-	

Como podemos ver en las fichas aportadas, con las modificaciones anteriormente explicadas, las aulas y sala cumplen con el aislamiento acústico ruido aéreo, con los parámetros que exige la CTE.

9 Valoración económica

Con el programa “Presto”, se han realizado las valoraciones económicas aproximadas de cada una de las mejoras propuestas anteriormente.

9.1 Presupuesto por capítulos

En este apartado, aparecen desglosadas los diferentes capítulos a realizar en la propuesta de mejora.

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Acondicionamiento Acústico Sociedad Musical

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 Derribo y desmante									
01.1	u Derribo chimenea Demoler la chimenea existente situada en planta baja y planta primera en el local de ensayo.						2,00	80,00	160,00
01.2	m2 Desmante techo Desmontar las placas de techo desmontables y dejarlo preparado para la colocación de nuevo techo acústicamente abosvente.						116,16	6,20	720,19
01.3	u Desmontar ventanas Desfalcocar ventanas existentes por deterioro de las mismas y dejar el hueco preparado para la colocación de unas nuevas.						8,00	25,00	200,00
TOTAL CAPÍTULO 01 Derribo y desmante.....									1.080,19

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Acondicionamiento Acústico Sociedad Musical

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 Ventanas									
02.1	PA Ventanas Suministro y colocación de ventana de PVC dos hojas deslizantes de espesor 74 mm, dimensiones 1200x1200 mm, compuesta de marco, hojas y junquillos con acabado natural en color blanco, con premarco para las salas acústicas y ventana de PVC una hoja practicable-oscilobatiente, dimensiones 600x800 mm, compuesta de marco, hoja y junquillos con acabado natural en color blanco, con premarco para baños y zonas comunes. Los trabajos consistiran en: COlocar una doble ventana blanca corredera de cristal. Estas irán dispuestas por la parte exterior del alfeizar para conseguir así doble ventana y respetar la existente. Cantidades: 16 ventanas de 1.20x1.20 m colocadas de obra 4 ventanas de 0,60x0,90 m colocadasde obra Colocación incluida						1,00	5.088,72	5.088,72
TOTAL CAPÍTULO 02 Ventanas.....									5.088,72

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Acondicionamiento Acústico Sociedad Musical

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 Techo									
03.1	ud Falso techo acústico Panel acústico autoportante de lana mineral, de 1200x300x40 mm, color blanco, suspendido del techo mediante varilla Nos haran falta 324 placas para cubrir toda la superficie necesaria. EL precio incluye mano de obra de colocación y medios auxiliares						324,00	16,21	5.252,04
TOTAL CAPÍTULO 03 Techo.....									5.252,04

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Acondicionamiento Acústico Sociedad Musical

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 Trasdoso paredes									
04.1	m2 Paneles yeso laminado Suministro y colocación de trasdosado autoportante libre sobre partición interior, realizado con placa de yeso laminado - 12,5 Standard + Aluminio (BV) , anclada a los forjados mediante estructura formada por canales y montantes; 60,5 mm de espesor total, separación entre montantes 600 mm.						160,00	22,65	3.624,00
TOTAL CAPÍTULO 04 Trasdoso paredes.....									3.624,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Acondicionamiento Acústico Sociedad Musical

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 05 Puertas de paso									
05.1	ud Puerta paso interior Suministro y colocacion de puerta acústica interior de una hoja practicable, formada por dos chapas de acero, de 800x2000 mm de luz y altura de paso y 50 mm de espesor, lacadas en color a elegir, con refuerzos interiores longitudinales, entre los que se coloca un complejo aislante multicapa, absorbente acústico, con aislamiento a ruido aéreo de 30 dBA.						3,00	938,50	2.815,50
TOTAL CAPÍTULO 05 Puertas de paso.....									2.815,50
TOTAL.....									17.860,45

9.2 Resumen de presupuesto

En este apartado, añadimos un resumen con todos los capítulos anteriores y el coste total de la propuesta. Recordamos que los baños y el despacho no se han incluido en el mismo, debido a deber economizar al máximo las mejoras y al tratarse de un presupuesto de acondicionamiento acústico.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Acondicionamiento Acústico Sociedad Musical

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	Derribo y desmonte.....	1.080,19	6,05
02	Ventanas.....	5.088,72	28,49
03	Techo.....	5.252,04	29,41
04	Trasdosado paredes.....	3.624,00	20,29
05	Puertas de paso.....	2.815,50	15,76
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		17.860,45	
	13,00% Gastos generales.....	2.321,86	
	6,00% Beneficio industrial.....	1.071,63	
	SUMA DE G.G. y B.I.	3.393,49	
	16,00% I.V.A.....	3.400,63	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		24.654,57	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		24.654,57	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de VEINTICUATRO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS

10 Conclusión TFG

La temática de este proyecto, el acondicionamiento acústico de recintos, ha cobrado mucha importancia actualmente. Tiempos atrás los constructores y arquitectos diseñaban sus hogares mediante cerramientos de gran espesor, para lograr así un aislamiento tanto térmico como acústico. Sin duda, en nuestras épocas, el concepto de espesor ha cambiado, ya que se intenta conseguir la misma finalidad pero con materiales más eficaces y que ocupen un reducido espesor para evitar pérdidas de superficie.

Como ya se ha dicho, es importante el aislamiento y acondicionamiento acústico en la edificación, ya que actualmente viene sumido en un marco normativo realmente amplio donde se plasman las directrices para realizar elementos constructivos que satisfagan las necesidades de habitabilidad que el ruido cotidiano nos impide.

En nuestro caso se ha intentado resolver el problema principal de este edificio, ya que el mismo cuando se cedió a la Sociedad Musical no se adaptó correctamente al fin al que nuevamente era destinado. El problema de este edificio es que como no fue construido para el uso que actualmente lo acontece, sufre problemas de elevado tiempo de reverberación y otros defectos acústicos importantes como el aislamiento.

Esta área ha sido muy interesante, ya que se han visto muchos aspectos de la acústica que no conocía ya que anteriormente no me había formado en este campo. Ha sido muy útil en cuanto a aprendizaje de uso de los instrumentos necesarios para la medición de parámetros acústicos, así como la norma UNE que rige la forma de utilizarlos. Me ha gustado realizar mis propias mediciones, ya que posteriormente mi trabajo se ha dedicado a trabajar sobre ellas.

Es necesario destacar la importancia de haber utilizado el software dedicado a la simulación acústica. Con este programa podemos saber cómo responde la sala sobre los materiales y revestimientos que hemos colocado sin todavía realizarla y aunque he tenido algunos problemas para utilizarlo me ha parecido muy útil.

Las soluciones planteadas se ha intentado que fueran lo más económicas posibles además de que fueran estéticas, pero pienso, que llevar a cabo una solución de las planteadas u otras diferentes a las mismas en estos momentos es muy difícil, debido a los tiempos en que nos encontramos.

Para mí sería de gran satisfacción que el proyecto elaborado pudiera servir en un futuro para poder mejorar el aislamiento del edificio de la Sociedad Musical, ya sea llevando a cabo una de las propuestas de mejora planteadas o partir del estudio realizado para plantear otra solución.

También cabe decir, que después de elaborar el presente trabajo de fin de grado he llegado a la conclusión de la importancia de la acústica y el aislamiento en el diseño de espacios arquitectónicos, desde una simple cafetería hasta una compleja sala de música

Este proyecto me ha motivado mucho, ya que como he explicado al comienzo de éste, he elegido este edificio porque tengo familiares usuarios del mismo y soy conocedora de los problemas acústicos que sufren los músicos tanto en ensayos como durante las clases.

Por último, he de decir que con la realización de esta área he comprobado que dentro de este campo también existe una salida profesional, la cual no contemplaba hasta ahora.

11 Bibliografía

La bibliografía consultada ha sido esta:

- ✓ Libro: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Ediciones UPC. Antoni Carrión I.
- ✓ Apuntes del área de Intensificación de Acústica Arquitectónica curso 2013/2014.
- ✓ Código Técnico de la Edificación. Documento básico HR: Protección frente al ruido.
- ✓ UNE-EN ISO 140-5 1999 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas.
- ✓ UNE-EN ISO 717-1 1997 “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo”.
- ✓ UNE-EN ISO 140-4 1999 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo entre locales”.

Páginas web:

- Google Maps.
www.google.es/maps
- Página catastro.
www.catastro.meh.es
- Casa Comercial Rockfon.
www.rockfon.es
- Página oficial del Código Técnico de la Edificación.
<http://www.codigotecnico.org/web/>
- Instituto Valenciano de la Edificación.
www.five.es
- Casa Comercial Padilla fire doors.
www.ppadilla.es
- Ayuntamiento de San Antonio de Benageber.
<http://www.sanantoniodebenageber.com>
- Generador de precios Cype.
<http://www.generadordeprecios.info>
- Casa Comercial Pladur uralita.
<https://www.pladur.com/es-es/Paginas/default.aspx>

12 Anexos

Anexo I

MEDIDAS DE L1, L2, B2, Y Tr RUIDO DE FONDO PARA CURVAS NC

Nivel ruido de fondo sala de ensayo de la Banda

Frecuencia(hz)	Ruido fondo en la sala (dB)			B2s (dB)
	B1	B2	B3	medio
100	26,5	29,2	30,3	28,94
125	20,7	27,3	20,3	24,05
160	19,9	24,8	21,9	22,67
200	22,6	29,2	25,2	26,52
250	18,8	22,3	21,6	21,14
315	25,8	16,9	18,9	22,28
400	26,4	19,2	17,4	22,82
500	21,8	18,9	17,4	19,76
630	19,6	16,0	21,5	19,58
800	18,4	18,3	20,0	18,97
1000	21,1	21,6	15,7	20,15
1250	17,0	18,8	12,1	16,76
1600	16,7	16,9	10,0	15,47
2000	18,1	16,7	10,0	16,07
2500	18,0	20,1	10,0	17,67
3150	12,8	22,4	16,1	18,91
4000	22,1	23,2	16,9	21,46
5000	12,3	18,5	15,7	16,20
B2equivalente=	34,15	35,87	33,89	34,73

Nivel de ruido de fondo medido en la calle

Frecuencia(hz)	Ruido fondo en la calle			B2c (dB)
	B21c	B22c	BR1	medio
100	65,2	63,3	62,1	63,72
125	63,7	75,1	64,3	70,96
160	49,7	68,1	57,4	63,74
200	57,4	58,7	47,5	56,52
250	47,5	45,7	55,1	51,43
315	47,9	46,0	43,3	46,12
400	54,2	47,5	46,1	50,79
500	55,7	49,7	41,0	52,02
630	51,1	49,3	39,7	48,72
800	50,7	51,8	41,4	49,74
1000	50,7	49,9	42,2	48,88
1250	54,5	47,8	40,8	50,72
1600	53,6	45,8	40,1	49,66
2000	52,3	44,3	43,8	48,67
2500	51,3	45,5	36,6	47,66
3150	46,7	44,2	42,9	44,89
4000	38,0	40,3	45,3	42,30
5000	40,4	33,4	49,9	45,68
B2equivalente=	69,19	76,28	67,45	

Nivel de ruido de fondo en aula grande planta baja

Frecuencia(hz)	Ruido fondo en sala grande pb		B2G (dB)
	B21	B22	medio
100	29,2	22,4	27,01
125	17,6	26,9	24,37
160	18,1	25,2	22,96
200	16,9	32,0	29,12
250	20,2	22,8	21,69
315	18,2	17,0	17,64
400	17,6	13,8	16,10
500	17,5	11,9	15,55
630	18,8	12,9	16,78
800	17,3	13,5	15,80
1000	14,1	16,0	15,15
1250	11,0	13,1	12,18
1600	12,8	17,9	16,06
2000	15,0	22,4	20,12
2500	11,5	22,0	19,36
3150	10,2	19,0	16,53
4000	10,5	14,2	12,73
5000	10,3	16,0	14,02
B2equivalente=	31,91	35,44	34,03

Nivel de ruido de fondo en aula mediana planta baja

Frecuencia(hz)	Ruido fondo aula mediana pb		B2am (dB)
	Bs1	Bs2	medio
100	21,7	23,5	22,69
125	21,6	24,3	23,16
160	17,0	22,5	20,57
200	19,3	21,7	20,66
250	15,1	19,0	17,47
315	13,1	18,3	16,44
400	15,1	18,7	17,26
500	10,7	19,2	16,76
630	10,6	17,3	15,13
800	9,6	17,7	15,32
1000	11,3	15,9	14,18
1250	13,5	12,4	12,98
1600	7,0	12,4	10,49
2000	7,4	17,7	15,08
2500	6,8	24,0	21,07
3150	8,5	34,0	31,00
4000	8,5	25,8	22,87
5000	9,3	24,2	21,33
B2equivalente=	27,92	36,79	34,31

Nivel de ruido de fondo en aula pequeña planta baja

Frecuencia(hz)	Ruido fondo aula pequeña pb	
	Bs1	
100	24,1	
125	27,0	
160	19,2	
200	22,7	
250	19,4	
315	16,2	
400	13,1	
500	10,7	
630	9,5	
800	9,1	
1000	10,3	
1250	19,6	
1600	9,3	
2000	10,2	
2500	9,2	
3150	15,7	
4000	11,1	
5000	15,6	
B2equivalente=	31,53	

Medición L1. Niveles interiores con la fuente en marcha, en sala ensayo de la banda.

Frecuencia(hz)	L1(sala)			L1s (dB)
	L13	L14	L15	medio
100	94,4	86,2	87,9	91,01
125	98,9	90,4	91,5	95,35
160	100,4	92,3	94,8	97,18
200	100,4	96,2	95,8	98,00
250	100,7	95,9	98,4	98,76
315	95,8	97,1	95,0	96,05
400	96,6	94,6	95,9	95,78
500	97,4	95,0	96,4	96,38
630	97,1	93,5	95,7	95,68
800	97,5	94,8	95,5	96,09
1000	94,0	89,6	93,2	92,64
1250	92,2	87,7	89,6	90,23
1600	92,1	86,9	88,1	89,63
2000	88,9	88,4	88,2	88,51
2500	86,0	84,3	83,9	84,83
3150	82,3	80,4	79,4	80,87
4000	77,5	75,4	75,8	76,33
5000	73,8	71,5	70,7	72,21

Medición L1. Niveles interiores con la fuente en marcha, en sala grande planta baja.

Frecuencia(hz)	L1(sala)		L1spb (dB)
	LS11	LS12	medio
100	92,9	92,3	92,61
125	89,8	95,2	93,29
160	97,0	93,7	95,66
200	98,4	99,2	98,82
250	99,5	98,7	99,12
315	96,8	100,8	99,25
400	93,6	96,9	95,56
500	96,8	98,5	97,73
630	95,2	95,3	95,25
800	96,7	98,4	97,63
1000	94,3	95,0	94,66
1250	91,1	90,2	90,67
1600	91,9	91,8	91,85
2000	91,7	91,5	91,60
2500	86,0	86,1	86,05
3150	82,2	81,9	82,05
4000	79,1	77,7	78,46
5000	71,9	71,7	71,80

Medición L1. Niveles interiores con la fuente en marcha, en aula mediana planta baja.

Frecuencia(hz)	L1(aula mediana)		L1am(dB)
	L1A1	L1A2	medio
100	94,7	89,9	92,93
125	102,8	100,0	101,62
160	103,5	99,1	101,83
200	107,5	103,6	105,97
250	106,8	101,5	104,91
315	105,5	102,3	104,19
400	103,1	103,2	103,15
500	99,4	102,7	101,36
630	100,3	99,4	99,87
800	102,3	103,9	103,17
1000	100,7	97,6	99,42
1250	96,5	97,7	97,14
1600	94,9	98,0	96,72
2000	94,8	97,1	96,10
2500	89,1	90,9	90,09
3150	84,7	86,8	85,88
4000	81,6	83,4	82,59
5000	77,8	74,9	76,59

Medición L2. Niveles exteriores con la fuente en marcha, en la calle.

Frecuencia(hz)	L2 (calle)			L2c (dB)
	L21(ventana)	L22(puerta)	L23(fachada)	medio
100	60,1	57,9	65,1	62,11
125	63,3	58,4	59,3	60,89
160	64,7	59,8	64,0	63,30
200	63,6	61,1	61,8	62,30
250	58,7	59,0	59,1	58,94
315	55,5	57,1	53,9	55,69
400	54,1	53,1	54,3	53,86
500	56,9	56,1	55,1	56,10
630	53,2	52,6	51,1	52,39
800	54,9	52,4	52,8	53,51
1000	51,0	49,3	47,6	49,52
1250	47,5	44,7	47,6	46,79
1600	46,0	43,5	48,1	46,26
2000	43,3	48,5	45,5	46,29
2500	41,9	42,3	45,1	43,35
3150	38,2	35,9	44,8	41,32
4000	36,3	36,5	46,9	42,84
5000	39,3	35,7	50,0	45,73

Medición L2. Niveles exteriores con la fuente en marcha, sala grande planta baja.

Frecuencia(hz)	L2 (sala pb)		L2spb (dB)
	L21	L22	medio
100	53,7	51,7	52,81
125	57,6	55,7	56,75
160	60,3	60,5	60,40
200	61,5	62,1	61,81
250	59,4	61,4	60,51
315	58,5	58,3	58,40
400	54,5	54,9	54,70
500	53,2	53,2	53,20
630	52,9	52,2	52,56
800	53,3	51,3	52,41
1000	49,6	51,2	50,47
1250	45,5	45,3	45,40
1600	45,3	47,3	46,41
2000	48,1	50,1	49,21
2500	44,4	45,5	44,98
3150	41,4	42,6	42,04
4000	36,2	35,6	35,91
5000	30,0	30,0	30,00

Medición L2. Niveles exteriores con la fuente en marcha, en aula mediana planta baja.

Frecuencia(hz)	L2 (aula mediana pb)		L2am (dB)
	L2s1	L2s2	medio
100	64,3	68,4	66,82
125	67,8	71,5	70,03
160	70,0	72,0	71,11
200	78,1	77,4	77,76
250	72,4	73,3	72,87
315	70,7	73,1	72,06
400	66,7	74,8	72,42
500	67,1	70,6	69,19
630	67,4	70,1	68,96
800	67,5	71,9	70,23
1000	65,7	69,9	68,29
1250	65,3	67,8	66,73
1600	65,3	67,4	66,48
2000	64,3	68,4	66,82
2500	63,0	64,5	63,81
3150	57,7	60,1	59,06
4000	52,2	53,5	52,90
5000	46,5	45,9	46,21

Medición L2. Niveles exteriores con la fuente en marcha, en aula pequeña planta baja.

Frecuencia(hz)	L2 (aula pequeña pb)		L2ap (dB)
	L2p1	L2p2	medio
100	77,6	75,1	76,53
125	87,4	88,8	88,16
160	79,4	81,8	80,76
200	79,4	78,6	79,02
250	77,7	75,0	76,56
315	72,0	71,6	71,80
400	67,5	68,5	68,03
500	65,7	67,0	66,40
630	66,0	66,6	66,31
800	67,0	69,5	68,43
1000	69,3	65,9	67,92
1250	60,4	59,3	59,88
1600	63,9	61,6	62,90
2000	65,4	65,5	65,45
2500	61,4	60,9	61,16
3150	54,2	53,5	53,86
4000	48,1	48,2	48,15
5000	40,5	40,1	40,30

Medición L2. Niveles exteriores con la fuente en marcha, en la calle.

Frecuencia(hz)	L2 (en la calle)			L2c1(dB)
	L2C1(macizo)	L2C2(ventana)	L2C3(fachada)	medio
100	69,3	75,9	65,1	72,27
125	68,1	73,6	62,6	70,17
160	68,9	75,9	60,1	72,01
200	68,5	73,5	71,2	71,53
250	65,3	69,2	69,1	68,20
315	61,6	71,2	67,7	68,35
400	55,4	60,0	48,8	56,76
500	54,0	54,9	50,3	53,47
630	54,6	60,3	50,9	56,94
800	54,4	53,6	49,0	52,89
1000	53,4	52,9	46,7	51,86
1250	46,9	48,6	46,8	47,51
1600	44,3	46,7	43,1	44,96
2000	42,7	43,3	42,6	42,88
2500	41,6	41,3	46,3	43,72
3150	47,1	37,3	38,5	43,27
4000	42,3	37,5	44,0	42,02
5000	38,5	45,4	40,5	42,47

Medición Tr en sala grande planta baja

Frecuencia(hz)	Medición de TR				TR medio
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	
100	0,314	0,411	0,551	0,330	0,402
125	0,334	0,740	1,214	0,077	0,591
160	0,527	0,584	0,650	0,528	0,572
200	0,762	0,845	0,712	0,637	0,739
250	0,982	1,069	0,730	0,748	0,882
315	1,081	0,741	0,902	0,993	0,929
400	0,975	0,640	0,742	0,762	0,780
500	0,815	0,686	0,738	0,703	0,736
630	0,873	0,814	0,876	0,760	0,831
800	1,066	1,075	0,892	1,042	1,019
1000	1,115	1,117	1,197	1,136	1,141
1250	1,155	1,165	1,149	1,279	1,187
1600	1,256	1,240	1,224	1,285	1,251
2000	1,320	1,241	1,202	1,429	1,298
2500	1,179	1,179	1,220	1,210	1,197
3150	1,044	1,105	1,027	1,059	1,059
4000	0,985	0,975	0,975	1,001	0,984
5000	0,986	0,885	0,886	0,900	0,914
Tr Mid	0,97	0,90	0,97	0,92	0,94

Medición Tr en sala grande planta baja

Frecuencia (Hz)	Medición de TR															TR medio
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10	Punto 11	Punto 12	Punto 13	Punto 14	Punto 15	
100	1,096	0,717	0,644	0,930	1,079	0,952	1,181	0,988	0,579	0,647	0,795	1,048	1,401	0,746	0,860	0,911
125	0,671	0,677	0,669	0,739	0,682	0,591	0,637	0,605	0,634	0,645	0,595	0,659	0,627	0,775	0,545	0,650
160	1,179	1,048	0,825	1,150	0,715	0,786	0,719	0,809	0,839	1,441	0,770	0,742	0,825	0,783	1,193	0,922
200	0,821	0,947	0,844	0,830	0,872	0,708	0,886	0,927	0,633	0,829	0,824	0,759	0,939	0,760	0,921	0,840
250	0,715	0,719	0,823	0,895	0,867	0,941	0,847	0,701	0,968	0,867	0,968	0,687	0,809	1,058	0,656	0,841
315	1,063	0,940	0,856	0,845	0,894	0,754	0,872	0,928	1,048	1,077	0,839	0,879	1,034	1,011	1,006	0,936
400	0,885	1,020	0,994	0,957	0,890	0,946	0,940	0,826	0,912	1,015	0,949	0,962	0,962	1,043	1,036	0,961
500	0,971	1,035	1,044	0,753	1,024	1,002	0,903	0,879	0,854	0,974	1,021	0,886	1,029	0,981	1,011	0,958
630	0,994	0,839	0,736	0,923	0,966	1,068	0,773	0,879	0,946	0,746	0,971	0,865	0,857	0,802	1,046	0,894
800	0,907	0,836	0,826	0,893	0,788	0,876	0,991	0,872	0,867	0,842	0,915	0,846	0,844	0,790	0,722	0,854
1000	0,884	0,830	0,840	0,893	0,852	0,869	0,821	0,935	0,865	0,776	0,945	0,845	0,870	0,831	0,749	0,854
1250	0,892	0,839	0,835	0,920	0,785	0,907	0,861	0,880	0,827	0,896	0,868	0,915	0,841	0,852	0,939	0,870
1600	0,949	1,010	0,979	0,913	0,890	1,034	0,945	0,884	0,939	0,998	0,933	1,020	0,986	0,795	0,934	0,947
2000	0,993	0,880	0,951	1,009	0,923	0,948	0,912	0,897	0,989	0,936	1,070	0,985	0,985	0,916	0,958	0,957
2500	0,909	0,969	0,975	0,923	0,921	0,921	0,956	0,871	0,911	0,909	0,974	0,976	0,985	0,927	0,910	0,936
3150	0,943	0,849	0,788	0,906	0,882	0,908	0,906	0,899	0,850	0,842	0,912	0,819	0,952	0,895	0,986	0,889
4000	0,915	0,872	0,790	0,824	0,822	0,827	0,837	0,868	0,856	0,826	0,873	0,762	0,801	0,907	0,830	0,841
5000	0,860	0,828	0,797	0,826	0,781	0,780	0,874	0,896	0,813	0,697	0,798	0,884	0,840	0,838	0,816	0,822
Tr Mid	0,93	0,93	0,94	0,82	0,94	0,94	0,86	0,91	0,86	0,88	0,98	0,87	0,95	0,91	0,88	0,91

Medición Tr en aula mediana planta baja

Frecuencia(hz)	Medición de TR		TR medio
	Punto 1	Punto 2	
100	0,240	0,280	0,260
125	0,355	0,301	0,328
160	0,560	0,556	0,558
200	0,598	0,362	0,480
250	0,662	0,673	0,668
315	0,771	0,722	0,747
400	0,737	0,675	0,706
500	0,594	0,635	0,615
630	0,741	0,789	0,765
800	0,882	0,727	0,805
1000	0,967	0,782	0,875
1250	1,000	0,867	0,934
1600	1,021	0,925	0,973
2000	0,926	0,705	0,816
2500	0,919	0,814	0,867
3150	0,899	0,802	0,851
4000	0,818	0,688	0,753
5000	0,788	0,616	0,702
Tr Mid	0,78	0,71	0,74

Medición Tr en aula pequeña

Frecuencia(hz)	Medición TR
	Punto 1
100	0,279
125	0,457
160	0,374
200	0,595
250	0,653
315	0,782
400	0,637
500	0,557
630	0,580
800	0,645
1000	0,705
1250	0,756
1600	0,772
2000	0,744
2500	0,658
3150	0,647
4000	0,670
5000	0,598
Tr Mid	0,63

Anexo II

Fichas técnicas de puerta tipo

Puertas Acústicas

DESCRIPCIÓN

PUERTAS ACÚSTICAS DE ALTA GAMA:

Tomando como base las Puertas de Mano (Classic) junto con aislamientos internos acústicos especiales y una serie de juntas perimetrales acústicas, se consiguen las **Puertas Acústicas de alta gama**.

PUERTAS ACÚSTICAS CORTAFUEGOS EI:

Las **Puertas Acústicas Cortafuegos EI**, toman como base las Puertas de Mano (Classic) Cortafuegos, junto a una serie de juntas perimetrales acústicas dotándolas de mayores niveles de resistencia acústica.

PUERTAS ACUSTICAS DE ALTA GAMA, 1 y 2 HOJAS

Tipos de puerta y certificados acústicos	KIT ACÚSTICO	Rw , REDUCCIÓN ACÚSTICA
Puertas Acústicas de 1 hoja (sin mirilla)	KA8	47 dB
Puertas Acústicas de 1 hoja (con mirilla 300x400)	KA8	47 dB
Puertas Acústicas de 2 hojas (sin mirilla)	KA9	47 dB
Puertas Acústicas de 2 hojas (con mirilla 300x400)	KA9	48 dB



Descripción:

- Marco MC3 conformado en acero de alta resistencia de 1,2mm. con alojamiento para junta de humos fríos, provisto de garras de anclaje y agujeros para fijación mediante tornillos.
- Hoja de 63mm. (EI2-120) ó de 53mm. (EI2-60) de espesor realizada en acero galvanizado de 0,7mm. tipo skinpass, rellena de lana de roca de densidad 180 Kg/m³(EI2-120) ó densidad 150 Kg/m³(EI2-60).
- Cerradura homologada marcado CE. *Para 2 hojas: la hoja pasiva incluye contracerradura CR4/5 con función antipánico, varillas interiores y palanca de accionamiento manual.*
- Bisagra homologada marcado CE.
- Manilla antienganche norma DIN, en poliamida ignífuga de color negro con alma de acero y cilindro llave patent.
- Kit Acústico KA10 de serie.
- Separadores, para su instalación.
- Chapa identificativa.
- Instrucciones de montaje y mantenimiento.
- Peso de la puerta: 31Kg/m² (EI2-120) ó de 25 Kg/m² (EI2-60).
- Opcionalmente puede incluir mirillas.

PUERTAS ACUSTICAS CORTAFUEGOS EI

Tipos de puerta y certificados acústicos	KIT ACÚSTICO	Rw , REDUCCIÓN ACÚSTICA
Puertas EI2-60 de 1 hoja (sin mirilla)	KA10	32 dB
Puertas EI2-60 de 2 hojas (sin mirilla)	KA10	29 dB
Puertas EI2-120 de 1 hoja (sin mirilla)	KA10	36 dB
Puertas EI2-120 de 1 hoja (mirilla de 300x400)	KA10	35 dB
Puertas EI2-120 de 2 hojas (sin mirilla)	KA10	35 dB
Puertas EI2-120 de 2 hojas (mirilla de 300x400 en Primaria)	KA10	33 dB

Ficha técnica de paneles Rockfon



Sonar®

Descripción: Panel acústico de lana de roca (20 mm) provisto en la cara visible de una capa de pintura blanca (acabado piel de naranja), que garantiza un aspecto duradero perfecto y un contravelo en la cara trasera. Los cantos están pintados.

Montaje: Sobre perfiles conforme a la norma NFP 68203-1 y 2, ref. DTU 58.1, edición 2008

Canto	Dimensiones (mm.)	Sistema de instalación
B 	600 x 600 x 20	Fijación adhesiva
G 	600 x 600 x 20	Gancho G
M 	600 x 600 x 20	RockLink 24
X 	600 x 600 x 22	RockLink 24
	1200 x 600 x 22	RockLink 24

AISLAMIENTO ACUSTICO

El rendimiento del aislamiento acústico lateral de Sonar ha sido medido en laboratorio y ofrece un $D_{n,f,w}$ (C;Ctr) de 27 (-1;-4) dB. El aislamiento acústico se ha medido según la norma ISO 10848-2. El aislamiento acústico global de un edificio depende de múltiples elementos de construcción, tales como muros y techos, así como de la calidad de las uniones.

ABSORCION ACUSTICA

La absorción acústica se ha medido conforme con la norma ISO 354. Los diversos datos relacionados con la absorción acústica (α_p , α_w y clase de absorción) se han calculado en relación con la norma ISO 11654.

1

Sistemas PLADUR®

Tabiques

tabiques

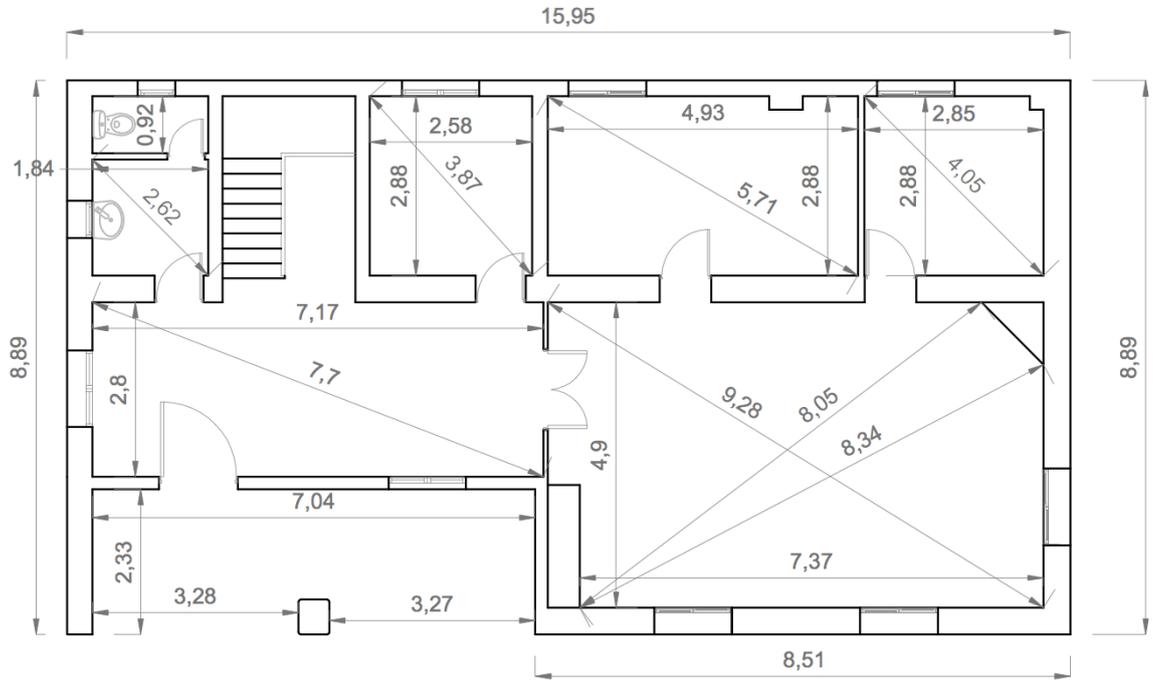
GRUPO DE SISTEMA	Sistema	Placas	Masa superficial (Kg/m²)	Altura máxima (m)				Aislamiento acústico R _a / R _w (C, Ctr) (dB) Ref. Ensayo	Resistencia al fuego EI (minutos)	
				□		□□			N Ref. Ensayo	FOC Ref. Ensayo
				600	400	600	400			
<p>Tabiques sencillos</p>	72 (46) LM	2 x 13	25	2,60	2,80	2,95	3,30	39,5 / 40 (-2,-8) AC3-D1-78.7	SÓLO REFORMA	SÓLO REFORMA
	76 (46) LM	2 x 15	28	2,60	2,80	2,95	3,30	43,5 / 46 (-3,-8) AC3-D7-92.7	EI-45 ⁽⁴⁾ 5042791	EI-60 ⁽⁴⁾ 32305357
	84 (46) LM	2 x 19	33	2,80	3,10	3,35	3,70	40,5 / 40 (-1,-4) AC3-D10-97.VIII	EI-60 ⁽⁴⁾ 5042797	
	96 (70) LM	2 x 13	26	3,20	3,55	3,80	4,20	42 / 44 (-3,-11) 10.05 / 100.105	SÓLO REFORMA	SÓLO REFORMA
	100 (70) LM	2 x 15	29	3,20	3,55	3,80	4,20	46,9 / 48 (-1,-5) AC3-D5-92-II	EI-45 ⁽⁴⁾ 5042791	EI-60 ⁽⁴⁾ 32305357
	108 (70) LM	2 x 19	34	3,60	3,95	4,25	4,70	46 / 47 (-2,-5) CTA-276-05AER	EI-60 ⁽⁴⁾ 5042797	
	120 (90) LM	2 x 15	31	3,90	4,30	4,60	5,10	48 / 50 (-3,-9) 10.05 / 100.108	EI-45 ⁽⁴⁾ 5042791	EI-60 ⁽⁴⁾ 32305357
	128 (90) LM	2 x 19	36	4,35	4,80	5,15	5,70	49 / 51 (-3,-7) 10.05 / 100.109	EI-60 ⁽⁴⁾ 5042797	

GRUPO DE SISTEMA	Sistema	Placas	Masa superficial (Kg/m²)	Distancia entre arriostramientos (m)		Aislamiento acústico (dB)					Resistencia al fuego EI (minutos) ^(T) FOC Ref. Ensayo	
				□		Muro base. Masa superficial (Kg/m²)	Incremento trasdosado		Muro base + trasdosado			
				400	600		ΔR _A	ΔR _{A tr}	R _A	R _{A tr}		
<p>Trasdosado autoportante M-46</p>	61 (46) LM	1 x 15	16	2,3	2,1	100	17	15	55	51	EI-20 ⁽⁴⁾ 32313130	
						200	13	11	59	54		
	REF. Nº 10.05 / 200.139											
	65 (46) LM	1 x 19	16	16	2,5	2,25	100	17	15	55	51	EI-20 ⁽⁴⁾ 32313130
							200	14	12	60	55	
	REF. Nº 10.05 / 200.140											
	72 (46) LM	2 x 13	23	23	2,75	2,5	100	19	17	57	53	EI-45 ⁽⁴⁾ 32313129
							200	16	14	62	57	
	REF. Nº 10.05 / 200.147											
	76 (46) LM	2 x 15	27	27	2,75	2,5	100	19	18	57	54	EI-60 ⁽⁴⁾ 32313128
							200	17	15	63	58	
	REF. Nº 10.05 / 200.148											
91 (46) LM	3 x 15	38	38	3,1	2,8	100	21	20	59	56	EI-90 ⁽⁴⁾ 32313127	
						200	18	17	64	60		
REF. Nº 10.05 / 200.157												

Anexo III

Plantas del edificio acotadas.

P.B



P.1

