



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



**Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de
Telecomunicación**

**UNIDAD DIDACTICA SOBRE EL SISTEMA DE MEDIDA NetdB
APLICADO A
PRÁCTICAS DE ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA.**

- Proyecto Fin de Carrera -

Autor: Ana Sotorríos Rubio

Tutor: Javier Sánchez Jiménez

Madrid, Septiembre 2013

Datos del proyecto

Tema: Acústica arquitectónica.

Título: Unidad didáctica sobre el sistema de medida NetdB aplicado a prácticas de acústica arquitectónica.

Autor: Ana Sotorríos Rubio

Titulación: Imagen y Sonido

Tutor: Javier Sánchez Jiménez

Departamento: DIAC

Tribunal

Presidente: Pedro Cobos Arribas

Vocal: Javier Sánchez Jiménez

Vocal Secretario: Antonio Minguez Olivares

Fecha de Lectura: 27 de septiembre de 2013

Agradecimientos

Quiero agradecer este proyecto a todas las personas que han estado a mi lado, tanto a la gente que ha estado siempre ahí, como a los que he conocido durante estos años.

A mis padres, que les debo todo en la vida, por su apoyo incondicional, por guiarme y a la vez dejarme ser quien soy. Nunca os agradeceré lo suficiente todo lo que habéis hecho y seguís haciendo por mí.

A mis hermanos, por moldearme, por el apoyo, por las risas, por las lágrimas, porque sin vosotros tampoco sería quien soy.

Pili, gracias por ser siempre mi mayor apoyo, eres mucho más que una hermana.

A mis chicas: Estelu, Bea C. Bea B, Diana; gracias por estar siempre ahí, por los momentos absurdos y avergonzantes, porque son los mejores y lo sabéis. Sois pocas, y por eso sé que sois de verdad.

Patry, no me he olvidado de ti, mi roca, gracias por todo. Gracias por hacerme sentir siempre en casa, por ser siempre quien necesito, por entenderme sin tener que pronunciar una palabra, por estar al otro lado sin importar la hora del día. Porque sé que siempre estarás para mí, y espero que sepas que yo siempre estaré para ti.

A la gente de Madrid: Aitor, Elvira, Juan, Jana... ¡sois tantos! Gracias a cada persona con la que haya pasado un solo segundo de estos años, jamás olvidaré ninguno de ellos. Gracias por soportar mis agobios, mis ochos de la mañana sin café, mis ataques de risa sin venir a cuento. Se acaba una etapa, una etapa dura, pero igualmente maravillosa, porque el tópico es real, ya apenas queda nada de los momentos malos, y todo de los buenos.

A la gente del CEET por algunas de las semanas más divertidas de mi vida. Fran, gracias por hacer de todos los septiembres algo que esperar con ilusión.

Lidia, gracias por ser mi compañera en este proyecto, me hubiese vuelto loca sola. Gracias por todo el trabajo y por siempre tener una historia que contar cuando hacía falta evadirse.

A Javier Sánchez, tutor de este proyecto, por estar ahí y resolver cualquier duda que nos surgiese. Y en general a todos los profesores que han hecho posible que llegue el día en el que presente mi proyecto fin de carrera.

A los maestros del laboratorio de acústica, por su paciencia con nosotras, por hacer todo posible, por su plena disposición a ayudar y su amabilidad.

A ti, Edgar, porque no imagino estos años sin ti, por no dejarme nunca caer y estar ahí para recordarme que *todo va a salir bien*. Gracias por creer cuando yo no encuentro fuerzas para hacerlo. Gracias por entenderme, por hacerme siempre reír y por no perder nunca la paciencia. Sin ti no lo hubiese conseguido.

Ana

Resumen.

El objetivo principal perseguido en este proyecto es el estudio del sistema NetdB mediante la medida de diferentes parámetros de acústica arquitectónica.

El proyecto se estructura en cinco partes bien diferenciadas que se comentarán a continuación.

La primera parte, **fundamentos teóricos**, se centrará en explicar los distintos parámetros medidos y su relación con la acústica, tanto de forma teórica como práctica. Todo ello se hará mediante la definición de los conceptos teóricos básicos y el desarrollo matemático estrictamente necesario. Además se ofrecerán una serie de definiciones que ayudarán al seguimiento del proyecto en su totalidad.

En la segunda parte se muestran los **equipos de medida** utilizados en las distintas prácticas, sus características más importantes y algunas de las relaciones entre estos y las prácticas a realizar.

El sistema **NetdB**, al ser el objeto principal de estudio de este proyecto, tiene un apartado propio donde se explican sus características, las conexiones del equipo y la forma de configurarlo con el software dBati.

En la parte destinada a las **medidas** se realizarán dos prácticas basadas en la medida de dos parámetros acústicos de acuerdo a normativa nacional o internacional: se medirá el tiempo de reverberación según la norma UNE-EN ISO 3382-2:2008 y el aislamiento acústico entre locales según la norma UNE-EN ISO 140-4:1999. El resultado de cada una de las prácticas es independiente y sobre estas se planteará un posible guion de prácticas sobre el que puedan trabajar futuros estudiantes de la Escuela. Tras ello se expone un ejemplo de guión para las prácticas realizadas.

A partir de la recapitulación de todos los datos alcanzados en cada medida se obtendrán una serie de **conclusiones** sobre el comportamiento del sonido en las salas de estudio mediante los parámetros medidos en ellas. Se realizará también una reflexión sobre si el sistema utilizado en este proyecto es adecuado de cara a obtener unas medidas normalizadas y se sugerirán una serie de ampliaciones aplicables a este proyecto que pueden complementar el estudio sobre este sistema.

Finalmente se dedicará un anexo al software **OneNote**, en relación a su utilización con fines académicos.

Abstract.

The main objective pursued by this project is the study of the **NetdB** system by the measurement of different parameters of architectural acoustics.

The project has a structure of five parts, which will be explained in the next paragraphs.

In the first part, labeled as **theory fundamentals**, will be focused on explaining the different parameters measured and relationship with the acoustics, in theoretical and practical way. All of this will be done by the definition of basic theoretical concepts and the needed mathematical development. Also, there will be offered a series of definitions that will be helpful while following the course of this project.

In the second part there will be shown the **measure equipments** used in the different practices, their main characteristics, and some of the connections between this equipment and the practices that will be made.

The **NetdB** system, being the main goal of the study of this project, has an own section where the characteristics, connections with the equipment and configuration within the dBbati software, will be explained.

In the part focused on the **measurements**, two practices will be made. These will be based on the measurement of two parameters that follow either national or international regulations. There will be measured the reverberation time following UNE-EN ISO 3382-2:2008 regulations, and the sound isolation following UNE-EN ISO 140-4:1999 regulations. The results of each of the practices is independent, and based on this practices there will be planned a schedule of practices that could be made by future students of the school. After that there is an example script for the practices.

From the summing-up of all the data reached through every measurement, there will be obtained a series of **conclusions** about the behavior of the sound in study rooms through the parameters measured in these places. Also, there will be a thought about whether this system used is fit or not for obtaining standardized measurements. Also the will be suggested some extensions to this project, that could complement this study.

Finally, there will be an attachment about **OneNote** and the use of it with academic purposes.

Índice

Resumen.....	i
Abstract.....	ii
1. Introducción.....	2
2. Fundamentos teóricos.....	5
2.1. Tiempo de reverberación.....	5
2.2. Aislamiento acústico.....	6
3. Equipos de medida.....	9
3.1. Listado de equipos de medida.....	9
3.2. Descripción de los equipos.....	9
3.2.1. MICRÓFONOS DE MEDIDA.....	9
3.2.2. AMPLIFICADOR DE POTENCIA.....	11
3.2.3. FUENTES SONORAS.....	11
3.2.4. ANALIZADOR MULTICANAL NetdB.....	12
3.2.5. SOFTWARE dBbati32, dBConfig32 y dBGene.....	12
3.2.6. CALIBRADOR.....	13
3.2.7. MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES.....	13
4. Analizador multicanal NetdB y software dBbati32.....	15
4.1. Características más importantes de NetdB.....	15
4.2. Conexión de NetdB.....	16
4.2.1. CONEXIÓN MEDIANTE ETHERNET.....	16
4.2.2. CONEXIÓN MEDIANTE WIFI.....	20
4.3. Configuración de NetdB en dBbati32.....	24
5. Medida del tiempo de reverberación según norma.....	31
5.1. Objetivo.....	31
5.2. Procedimiento de medida.....	31
5.2.1. EQUIPOS UTILIZADOS.....	31
5.2.2. CONEXIÓN ENTRE EQUIPOS.....	31
5.2.3. ENSAYO SEGÚN NORMA.....	32
5.3. Desarrollo de la medida.....	34
6. Medida del aislamiento acústico según norma.....	48
6.1. Objetivo.....	48

6.2. Procedimiento de medida.....	48
6.2.1. EQUIPOS UTILIZADOS.....	48
6.2.2. CONEXIÓN ENTRE EQUIPOS.....	48
6.2.3. ENSAYO SEGÚN NORMA.....	49
6.3. Desarrollo de la medida.....	51
7. Guiones de prácticas.....	66
7.1. Enunciado práctica Tiempo de Reverberación.....	66
7.2. Enunciado práctica Aislamiento Acústico.....	70
8. Resultados.....	76
8.1. Medida del tiempo de reverberación.....	76
8.2. Medida del aislamiento acústico.....	79
9. Conclusiones.....	92
Referencias.....	94
Bibliografía.....	95
ANEXOS.....	I
Especificaciones técnicas.....	III
I. Especificaciones técnicas.....	IV
II. Software OneNote.....	XVIII

Introducción

1. Introducción

La Acústica Arquitectónica es una rama de la acústica encargada del estudio del sonido en recintos, ya sean cerrados o al aire libre. Este estudio se puede realizar bien de cara a aislar distintos espacios entre sí (*Aislamiento acústico*) o bien para adecuar el sonido en el interior de un local para la actividad a la que está destinado (*Acondicionamiento acústico*).

Ya en el s.I a.C, Marco Vitrubio Polio, ingeniero militar de Julio César realizó estudios sobre la acústica de los teatros romanos [1]. En estos escritos se describen varios diseños para mejorar la acústica de algunos teatros romanos utilizando, por ejemplo, vasijas de bronce afinadas a modo de resonadores de bajos o agudos.

También en las iglesias cristianas se utilizaban una especie de marquesinas llamadas tornavoz, para que no se perdiese el sonido de la voz del predicador.

La acústica arquitectónica como ciencia moderna empezó a desarrollarse a finales del siglo XIX gracias a los estudios de W. C. Sabine [2], quien, en 1895 se encargó del acondicionamiento del Museo de Arte Fogg, el cual, al comprobar que el problema de inteligibilidad en su interior se debía a una reverberación excesiva, cubrió de fieltro a modo de absorbente acústico. Aunque no fue la solución ideal, la sala pudo ser utilizada.

Después de esto se llamó a Sabine para asesorar la construcción del nuevo Boston Symphony Hall. En el desarrollo de este proyecto, Sabine estableció la fórmula del tiempo de reverberación que se utiliza aún hoy en día.

Este proyecto se centrará en dos de los estudios más importantes en la acústica arquitectónica: el tiempo de reverberación y el aislamiento entre recintos mediante la realización de unas medidas según normas internacionales.

Este será un proyecto con un objetivo didáctico, ya que el objetivo principal es explicar el funcionamiento y la configuración del sistema NetdB para el software dBbati. Por tanto, no se prestará tanta atención a los resultados de las medidas, si no al procedimiento mediante el cual son realizadas. Con este proyecto, futuros estudiantes de acústica, podrán apoyarse para encontrar ayuda al realizar sus prácticas de laboratorio.

Se realizará también un estudio del software Onenote, como prueba para una posible implementación como herramienta de apoyo académico.

El proyecto se divide en cinco partes diferenciadas que consisten en:

Se empezará con una definición de la teoría detrás de los fenómenos acústicos que se van a estudiar, mediante la descripción de los parámetros a medir y la exposición de las fórmulas a utilizar en los cálculos de resultados.

En la segunda parte se muestran una definición de los equipos de medida utilizados en las distintas prácticas.

La tercera parte consiste en un estudio del sistema NetdB, al ser el objeto principal de estudio de este proyecto, explicando sus características y configuración.

En la parte destinada a las medidas se realizarán dos prácticas basadas en la medida de dos parámetros acústicos: se medirá el tiempo de reverberación según la norma UNE-EN ISO 3382-2:2008 y el aislamiento acústico entre locales según la norma UNE-EN ISO 140-4:1999. En este apartado también se puede encontrar un ejemplo de guiones para estas prácticas.

Por último se recogerán todos los datos de las prácticas y se expondrán en el apartado de resultados, con una pequeña reflexión sobre los mismos.

En los anexos de esta memoria se pueden ver dos posibles guiones para las prácticas realizadas, así como el estudio y reflexiones sobre el software OneNote.

Fundamentos teóricos

2. Fundamentos teóricos

Antes de explicar el proceso por el cuál se ha realizado este proyecto, conviene explicar los fundamentos teóricos detrás del mismo, así como todas las fórmulas a utilizar para los cálculos.

2.1. Tiempo de reverberación.

Uno de los parámetros fundamentales que describen las características acústicas de una sala, es el tiempo de reverberación. Es el parámetro esencial para determinar la aptitud de un recinto para un determinado uso.

La reverberación es la permanencia de un sonido dentro de un recinto una vez que la fuente original ha dejado de emitirlo. El sonido permanece dentro del recinto por las distintas reflexiones que sufre en él debido a las paredes u objetos en su interior. El tiempo que estas reflexiones tardan en desvanecerse dependerá del volumen del recinto y de sus características de absorción.

El tiempo de reverberación se define como el tiempo, expresado en segundos, que se requiere para que el nivel de presión sonora disminuya 60dB, sobre una curva de caída de la presión sonora.

La fórmula fundamental del tiempo de reverberación es la expuesta por W.C. Sabine a principios del s. XIX. Es una fórmula ideal para medir el tiempo de reverberación en un campo muy difuso y en condiciones de absorción bajas. En ella se expresa la relación entre el volumen del recinto, V , la absorción total existente en el mismo, A , y el tiempo de reverberación, T .

$$T = \frac{0,161V}{A} \text{ [s]} \quad (1)$$

Para condiciones de menor dispersión o mayor absorción existen otras formulaciones como las de Eyring- Norris, Millington –Sette...Siendo la más moderna la de Arau-Puchades que considera una distribución asimétrica de la absorción en una sala. [3]

El tiempo de reverberación varía en gran modo debido a la frecuencia, por lo que, hay que medir éste en bandas de frecuencia para tener unos resultados ajustados a la realidad.

En esta práctica se utilizará el **método de la respuesta impulsiva integrada**. Este es un método para obtener curvas de decrecimiento mediante la integración inversa del tiempo de respuestas impulsivas al cuadrado.

La **respuesta impulsiva** se define como la evolución temporal de la presión acústica observada en un punto de un recinto como resultado de la emisión de un impulso de Dirac en otro punto del recinto.¹

¹ En la práctica, es imposible crear y emitir funciones delta de Dirac verdaderas, sino únicamente sonidos cortos transitorios (por ejemplo, en nuestro caso, se realizará

2.2. Aislamiento acústico

Cuando en un recinto generamos un sonido, éste se propaga hasta chocar con las diferentes superficies del recinto. La energía acústica de la señal emitida se puede descomponer en: energía que se disipa en el medio de transmisión, en nuestro caso el aire, energía que es reflejada nuevamente a la sala por las superficies que delimitan el recinto, energía que se disipa en las propias superficies que conforman el recinto (paredes, techo y suelo) donde se generó la señal acústica, que en adelante denominaremos recinto emisor.

La relación entre la potencia acústica existente en el recinto emisor y la que logra traspasar al recinto receptor se denomina **aislamiento acústico a ruido aéreo**.

Hay otros tipos de propagación del sonido (estructural, por impacto, etc.) que serán relevantes a la hora del estudio del aislamiento en una medida real, pero en nuestra práctica solamente atenderemos a la propagación aérea.

Los niveles de presión sonora medidos, dependen de las características acústicas de las salas, por lo que la simple diferencia de los niveles de presión sonora no es suficiente para determinar el aislamiento real proporcionado por la superficie de separación. Por este motivo, se definen una serie de índices que permiten calcular el aislamiento acústico de manera más precisa.

DEFINICIONES

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 correspondientes a la radiación directa de la fuente o el campo próximo de las paredes, el techo. Se expresa en decibelios.

Si medimos los niveles de presión sonora L_j correspondientes en cada punto, el nivel medio de presión sonora L se obtiene a partir de la expresión:

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_j}{10}} \right) [dB] \quad (2)$$

Diferencia de niveles D: es la diferencia, en decibelios, del promedio espacio-temporal de los niveles de presión sonora entre los recintos emisor (L_1) y receptor (L_2), producidos por una o varias fuentes de ruido situadas en el recinto emisor.

$$D = L_1 - L_2 [dB] \quad (3)$$

mediante la explosión de globos) que pueden ofrecer aproximaciones suficientes para realizar las mediciones.

Diferencia de niveles normalizada, D_n : es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un área de absorción de referencia en el recinto receptor.

$$D_n = D - 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right) [dB] \quad (4)$$

Donde,

D es la diferencia de niveles, en decibelios;

A es el área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, en metros cuadrados;

A_0 es el área de absorción de referencia, en metros cuadrados (para recintos en viviendas o recintos de tamaño comparable, $A_0 = 10 \text{ m}^2$).

Diferencia de nivel estandarizada, D_{nt} : es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el recinto receptor.

$$D_{nt} = D + 10 \log \left(\frac{T_R}{T_0} \right) [dB] \quad (5)$$

Donde,

D es la diferencia de niveles, en decibelios;

T es el tiempo de reverberación en el recinto receptor, en segundos.

T_0 es el tiempo de reverberación de referencia; para viviendas, $T_0 = 0,5 \text{ s}$.

Índice de reducción sonora aparente R' : es diez veces es logaritmo decimal del cociente entre la potencia acústica incidente sobre la pared de ensayo (W_1 .) y la potencia acústica total transmitida al recinto receptor, incluyéndose en este apartado la potencia sonora transmitida a través del elemento separador (W_2 .) y la potencia sonora transmitida a través de elementos laterales o de otros componentes (W_3).

$$R' = 10 \log \left(\frac{W_1}{W_2 + W_3} \right) [dB] \quad (6)$$

Si los campos sonoros en ambos recintos son lo suficientemente difusos, podemos evaluar el índice de reducción sonora aparente con la siguiente expresión:

$$R' = D + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) [dB] \quad (7)$$

Donde

D es la diferencia de niveles;

S es el área del elemento separador, en m^2 .

A es el área de absorción acústica equivalente, a partir de la formula de Sabine (Ecuación 1) en m^3 , en el recinto receptor.

El índice de reducción sonora aparente es independiente de la dirección de medida entre los dos recintos, si los campos acústicos son difusos en ambos recintos. [4]

3. Equipos de medida

En este capítulo se describirán los equipos que se han utilizado en las distintas fases de este proyecto. Es muy importante conocer las características técnicas y la forma en que trabajan estos equipos de cara a cumplir la normativa internacional, tener unas mediciones precisas y fiables y así ofrecer un ensayo acústico lo más ajustado a la realidad posible.

En este apartado no se profundizará en la configuración de los equipos o su interconexión, esto se explicará bien en el proceso de medida correspondiente o en la sección específica de NetdB, al ser objeto principal de estudio en este proyecto.

Las especificaciones técnicas de cada equipo se podrán consultar en su correspondiente anexo.

3.1. Listado de equipos de medida

Los equipos utilizados en las diferentes etapas de este proyecto son los siguientes:

- Micrófonos de campo libre de 1/4" AVM, modelo MI 17.
- Amplificador de potencia Inter-M, modelo M-700.
- Fuente sonora dodecaédrica AVM, modelo DO12.
- Fuente sonora auto-amplificada MSP5 de YAMAHA.
- Analizador multicanal NetdB de 01dB
- Software dBati32
- Calibrador de nivel de presión sonora de 01dB, Modelo Cal01 (UNE 20942)
- Medidor de condiciones ambientales VelociCalc Plus, TSI.

3.2. Descripción de los equipos

3.2.1. MICRÓFONOS DE MEDIDA

Los micrófonos son transductores electroacústicos que transforman la presión sonora en energía eléctrica cuando ésta golpea la capsula del mismo. Lo ideal en un micrófono de medida será que proporcione una respuesta en frecuencia plana, es decir, que mantenga una sensibilidad constante en todo el rango de frecuencias.

Lo principal al elegir el micrófono con el que se realizarán las mediciones es la naturaleza del campo sonoro que vamos a medir. De acuerdo a esto podemos clasificar los micrófonos en tres tipos; de **Campo Libre**, de **Presión** o de **Incidencia Aleatoria**.

Micrófonos de Campo Libre: presentan una respuesta en frecuencia plana cuando se colocan apuntando hacia la fuente sonora, compensando la perturbación que se produce en el campo sonoro al introducir el propio micrófono u otro objeto extraño.

Micrófonos de presión: responde uniformemente a la presión que le llega, sin compensar el efecto de perturbación que produce. No se suelen usar para medir, si no como micrófonos de referencia para calibración de otros equipos.

Micrófonos de Incidencia Aleatoria: presenta una respuesta en frecuencia uniforme en situaciones donde el sonido llega simultáneamente de todos los ángulos de incidencia posibles (campos reverberantes)

Se puede hacer una clasificación de los micrófonos diferente atendiendo a otras características como puede ser; su **principio de funcionamiento** (dinámicos o de condensador), su **patrón polar** (omnidireccionales, bidireccionales, cardioides, supercardioides, hipercardioides), por su **respuesta en frecuencia**, etc.

Los micrófonos de medida suelen ser de tipo condensador, que combinan una excelente respuesta en frecuencia con una gran estabilidad y fiabilidad. Se necesita de un preamplificador para adaptar su elevada impedancia de salida a la impedancia habitual de entrada de los equipos de audio. La alimentación, normalmente, se la suministran los equipos de medida.

En este proyecto se utilizan micrófonos de campo libre. Concretamente los modelos MI17 de $\frac{1}{4}$ de pulgada de la marca AVM.



Figura 1. Micrófonos de la serie MI de la marca AVM

3.2.2. AMPLIFICADOR DE POTENCIA

Un amplificador de potencia, como su propio nombre indica, se utiliza para amplificar la señal que se produce y que va a llegar a la fuente sonora. El nivel de la señal de entrada se amplifica mediante corrientes de polarización en el transistor de salida. Estos equipos son muy sencillos respecto a su utilización; suelen constar de un botón de encendido/apagado y de un controlador de nivel para cada canal de salida.

Para la fuente utilizada en este proyecto (dodecaédrica) se ha utilizado el amplificador de potencia M700 de la marca Inter-M que consta de dos canales, aunque se ha utilizado solamente uno de ellos.



Figura 2. Amplificador de potencia de la marca Inter M, modelo M700

3.2.3. FUENTES SONORAS

Una fuente sonora es un transductor electroacústico utilizado para la reproducción de sonido.

En este caso usamos la fuente dodecaédrica modelo DO12 de la marca AVM, diseñada para la emisión de ruido rosa y blanco.

Esta fuente, integrada por doce altavoces intenta simular una esfera pulsante, produciendo que la fuente sea omnidireccional, es decir, que emita el mismo sonido en todas direcciones.

También se ha utilizado la fuente auto amplificada MSP5 de YAMAHA. Es una fuente de campo próximo diseñada para la monitorización en estudio. Consiste en una caja con un altavoz de graves y otro de agudos.



Figura 3. (a) Fuente dodecaédrica modelo DO12 de AMV. (b) Fuente auto-amplificada MSP5 de YAMAHA

3.2.4. ANALIZADOR MULTICANAL NetdB

NetdB [5] es un sistema de adquisición de hasta 12 canales (aunque se pueden añadir canales encadenando equipos) de la marca 01dB Metravid dedicado al análisis vibroacústico (registro de señal, análisis de frecuencia, potencia acústica, análisis modal, calidad sonora y proyecciones acústicas).

Las características, configuración y funcionamiento de este equipo serán expuestas más ampliamente en un capítulo aparte.



Figura 4. Analizador multicanal NetdB de la marca 01dB.

3.2.5. SOFTWARE dBbati32, dBConfig32 y dBGene

Estos dos primeros programas se utilizan conjuntamente para el análisis de la señal procedente de NetdB.

dBConfig32 es el programa donde se recoge la información necesaria sobre los equipos involucrados en la medida que se va a realizar tales como la plataforma hardware (NetdB, Symphonie, etc.), micrófonos, traductores tacométricos y calibradores. Sólo es necesario meter la información de aquellos que utilizemos.

En dBbati32 se realizará posteriormente el control y análisis de la medida. En él se pueden medir parámetros como el tiempo de reverberación, el ruido de fondo, el aislamiento, etc. El programa también permite realizar análisis como la integración de Schroeder o la determinación de índices tales como el DnTw...etc.

dBGene es un software con el cual se puede reproducir desde nuestro PC diferentes señales como ruido blanco, ruido rosa, tonos puros o sonidos almacenados como archivos wav. Lo utilizaremos para llevar estas señales del PC a nuestra fuente, pasando por el amplificador.

Estos programas serán explicados más en profundidad en el siguiente capítulo.

3.2.6. CALIBRADOR

Lo más importante a la hora de hacer cualquier medición acústica es tener el sistema de medida perfectamente calibrado.

Para ello en este proyecto se ha utilizado el calibrador de presión sonora Cal01 de la marca 01dB. Este calibrador es un elemento de gran precisión que cumple con la normal UNE 20942². El calibrador proporciona a su salida un tono puro de 1KHz, con un nivel estable de 94dB, con una desviación máxima de 0,3dB y está perfectamente aislado de factores como temperatura y humedad.



Figura 5. Calibrador de nivel de presión sonora de la marca 01dB, modelo Cal01

3.2.7. MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES

Como el sonido es una onda que se desplaza por el medio, normalmente el aire, es muy importante que se cumplan unos márgenes de condiciones ambientales como temperatura, humedad o presión atmosférica para que las mediciones y cálculos sean reales y fiables. De no ser así se deberían ajustar las mediciones teniendo en cuenta estos factores.

Para comprobar estos niveles se utiliza un medidor de condiciones ambientales. En nuestro caso el sistema VelociCalc Plus de la marca TSI. Este modelo consta de una sonda con múltiples sensores para las distintas mediciones y tiene una capacidad para registrar hasta 1394 muestras con fecha y hora, grabando simultáneamente todos los parámetros y posibilitando la visualización en la pantalla, la impresión o la transferencia a una hoja de cálculo. Muestra el valor promedio, máximo, mínimo y el número de muestras registradas hasta el momento.



Figura 6. Medidor de condiciones ambientales VelociCalc Plus de la marca TSI.

² UNE 20942: CALIBRADORES SONOROS de 1994. Actual norma UNE-EN 60942:2001

Analizador multicanal NetdB

4. Analizador multicanal NetdB y software dBati32.

Como ya se adelantó, NetdB es un sistema de adquisición, usado en las mediciones para el análisis de la señal recogida por los micrófonos. Este sistema está basado en la tecnología Ethernet que permite la sincronización entre el ordenador y varios analizadores NetdB, lo que ampliaría el número de canales del sistema hasta un tope de 2048 canales de entrada. [6]

Debido a que el presupuesto con el que se cuenta para este proyecto es limitado, la licencia de nuestro equipo solo nos permite utilizar 4 canales.

El proceso de sincronización de datos permite registrar en tiempo real sin ninguna pérdida cuando varios sistemas NetdB están encadenados.

El sistema NetdB podría contar con un generador de señal (Ruido blanco y señales descargadas desde el ordenador), activado con una licencia adicional, con la que no se ha contado en este proyecto.

4.1. Características más importantes de NetdB.

Aquí se detallarán las características más importantes y relevantes para nuestro proyecto. Para más información del sistema, se puede consultar el anexo correspondiente.

- 4, 8 o 12 canales (dependiendo de la licencia) a 24bits y hasta 51.2 kHz de frecuencia de muestreo.
- Conectores BNC de entrada.
- Dos conectores BNC de salida para el generador, una salida Jack para cascos y una salida SPDIF para audio digital.
- 60GB de memoria interna.
- Función de grabador en modo independiente, con control remoto Pocket PC (grabación y almacenamiento de datos).
- Función grabador/analizador en tiempo real, cuando está conectado con un ordenador mediante algún software de la marca 01dB.(Existe la posibilidad de conectarlo a otros software como MATLAB o LabView)
- Batería interna con hasta 2 horas de capacidad.
- Conexión por cable Ethernet, USB o WiFi.

4.2. Conexión de NetdB.

NetdB permite la conexión mediante un cable de Ethernet o mediante WiFi.

4.2.1. CONEXIÓN MEDIANTE ETHERNET

Para conectar el sistema NetdB a nuestro PC mediante el cable de Ethernet, conectaremos un extremo de este al puerto de red del equipo etiquetado como *Previous* y el otro extremo al puerto de red de nuestro ordenador.



Figura 7. Detalle de los puertos de red del equipo.

En el puerto existe un LED verde que nos indica si la conexión entre el equipo y el PC es posible.



Figura 8. LED indicador de conexión correcta.

El puerto etiquetado como *Next* será utilizado para la conexión con otro equipo NetdB en el caso de tener un sistema encadenado.

Conexión de red.

Para que el equipo se “vea” con el PC es necesaria una configuración de red en el PC. NetdB viene asignado de fábrica con una IP, por lo que se debe asignar a nuestra tarjeta de red una del mismo rango para establecer la conexión. La manera más sencilla de hacerlo es modificando las propiedades de una red que ya exista (la habitual de internet TCP/IP por ejemplo), esta conexión quedará deshabilitada mientras NetdB esté funcionando, por lo que, para usar internet en ese ordenador mientras deberemos tener otra tarjeta de red o conexión mediante WiFi.

En el ordenador se selecciona la opción de *Conexiones de Red* y seguidamente el protocolo TCP/IP. Pulsando el botón de *Propiedades* se podrá modificar la red existente.

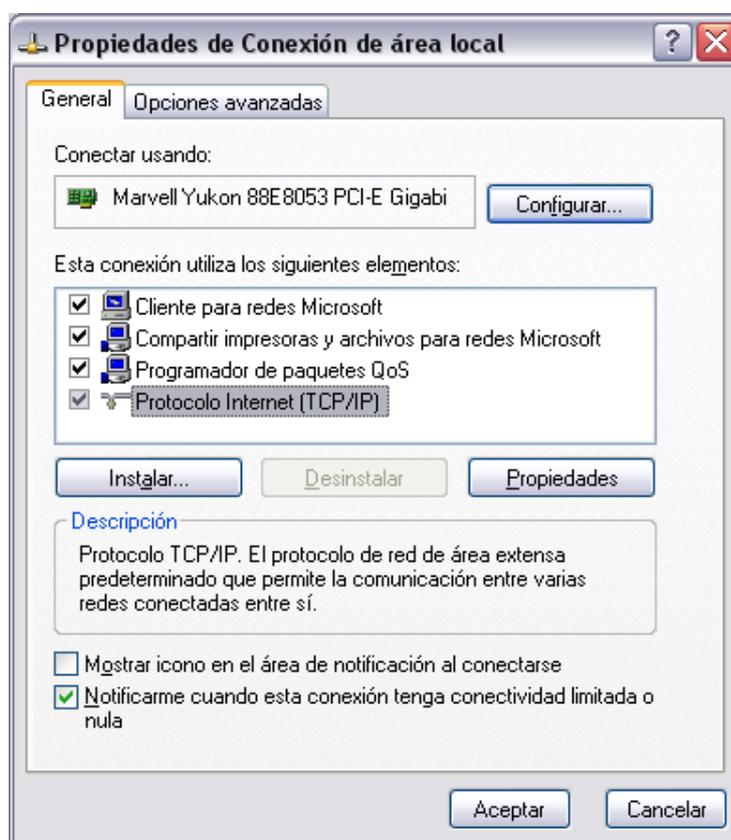


Figura 9. Propiedades de las conexiones de red.

NetdB trae establecida de fábrica la IP 192.168.1.2 para la conexión por Ethernet. Por lo que, para estar dentro de su red y poder conectarnos a él desde nuestro PC deberemos ponernos una IP cuyos campos sean 192.168.1.X, siendo X un número entre el 1 y el 254, pero nunca el 2, pues es el que corresponde al equipo. La máscara que usaremos será la que viene por defecto: 255.255.255.0. El campo de la puerta de enlace no es necesario rellenarlo.

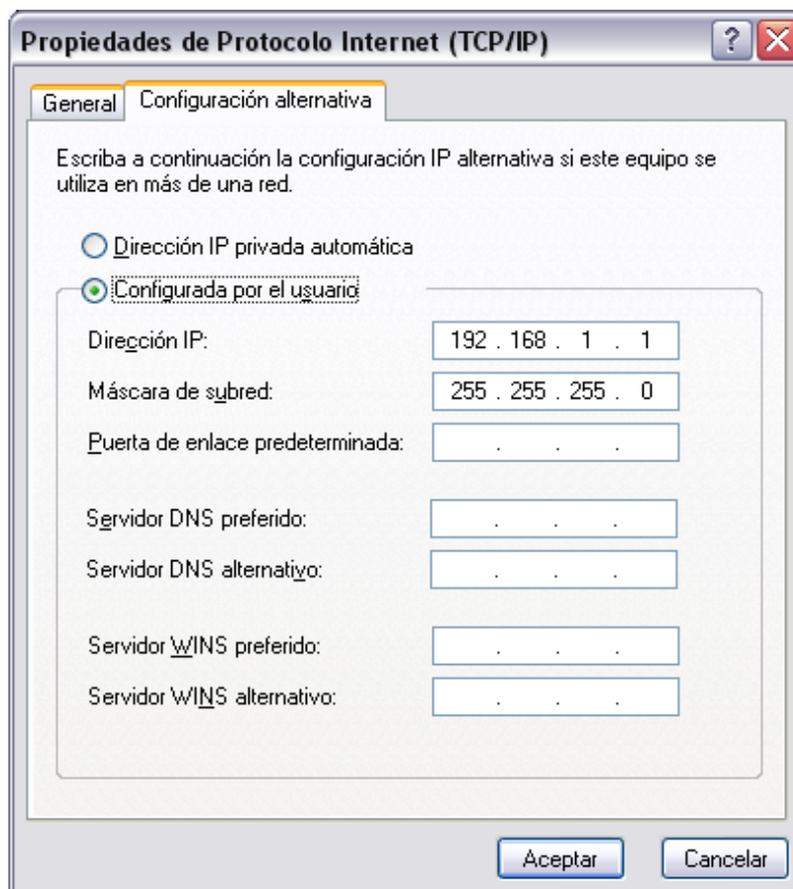


Figura 10. Modificación de la dirección IP.

Análisis de la red.

Podemos comprobar la configuración de nuestra red mediante la ventana de MSDOS lanzando el comando:

```
>ipconfig
```

Para asegurarnos de que la conexión ha quedado establecida entre NetdB y el PC podremos lanzar un *ping*³ desde la misma ventana con el comando:

```
>ping 192.168.1.2
```

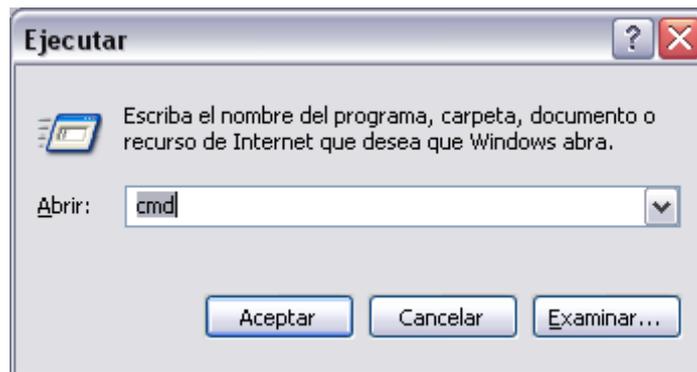
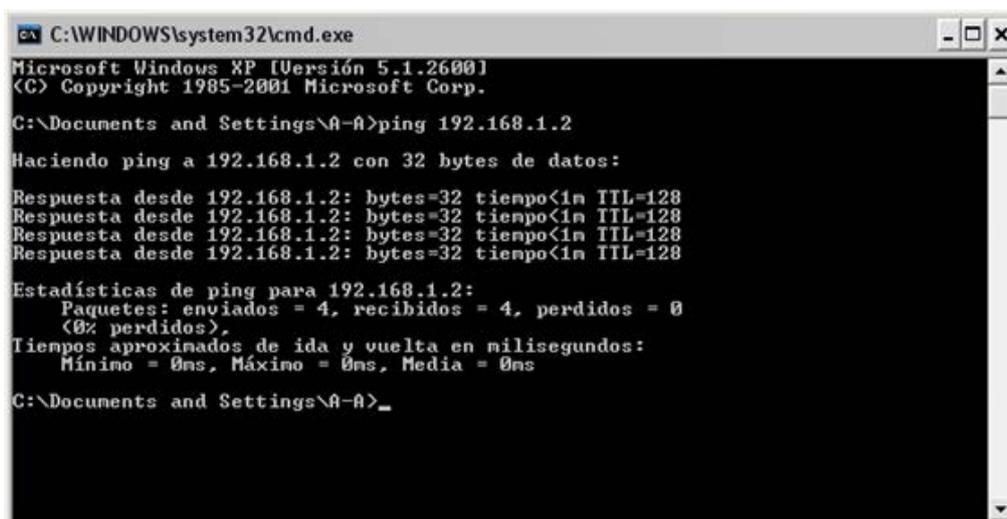


Figura 11. Apertura de la ventana de MSDOS.



Figura 12. Comprobación de la correcta configuración de red.

³ Acrónimo de Packet Internet Grope, traducido como Buscador de paquetes en red. Es una utilidad de diagnóstico en redes de computadoras que comprueba el estado de la comunicación de varios equipos remotos de una red TCP/IP por medio del envío de paquetes de solicitud y de respuesta. [7]



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\A-A>ping 192.168.1.2

Haciendo ping a 192.168.1.2 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Documents and Settings\A-A>_
```

Figura 13. Comprobación de la conexión entre PC y NetdB mediante ping.

4.2.2. CONEXIÓN MEDIANTE WIFI

NetdB no trae incorporado un adaptador de WiFi, por lo que deberemos conectar uno externo, como, por ejemplo, el modelo WG111 de la marca NETGEAR, a uno de los puertos USB del equipo. Esta conexión se deberá realizar con el **equipo apagado**, y encenderlo normalmente tras ella.



Figura 14. Adaptador WiFi de la marca NETGEAR conectado al equipo NetdB.

La configuración de red en el PC se realizará de la misma forma que en el caso del cable Ethernet, pero con una IP del rango 192.168.200.X, siendo X un número entre el 1 y el 254, salvo el 3, por ser 192.168.200.3 la dirección IP establecida para el WiFi de NetdB y cambiando la red inalámbrica, no la conexión local como hicimos en el anterior caso.

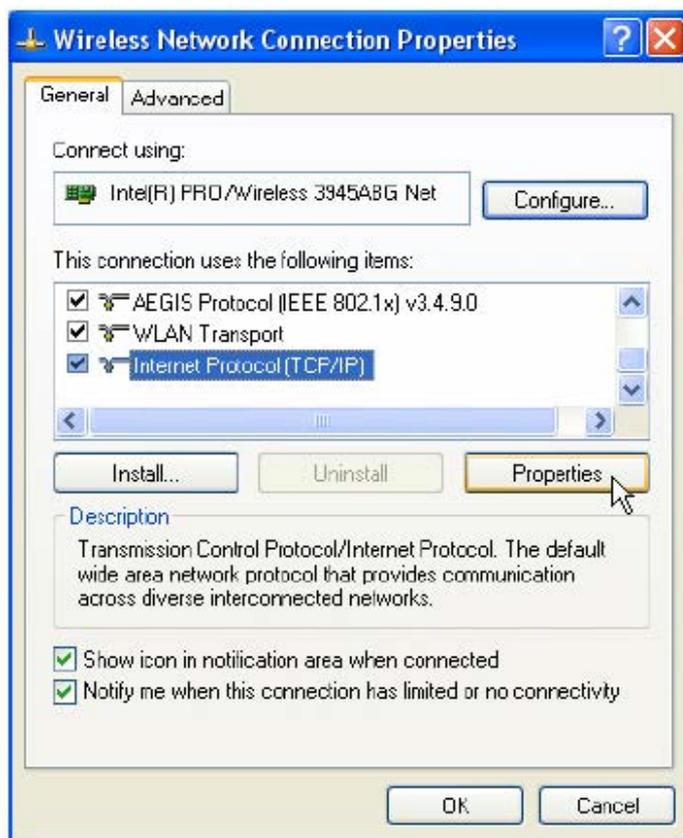


Figura 15. Configuración de la dirección IP inalámbrica.

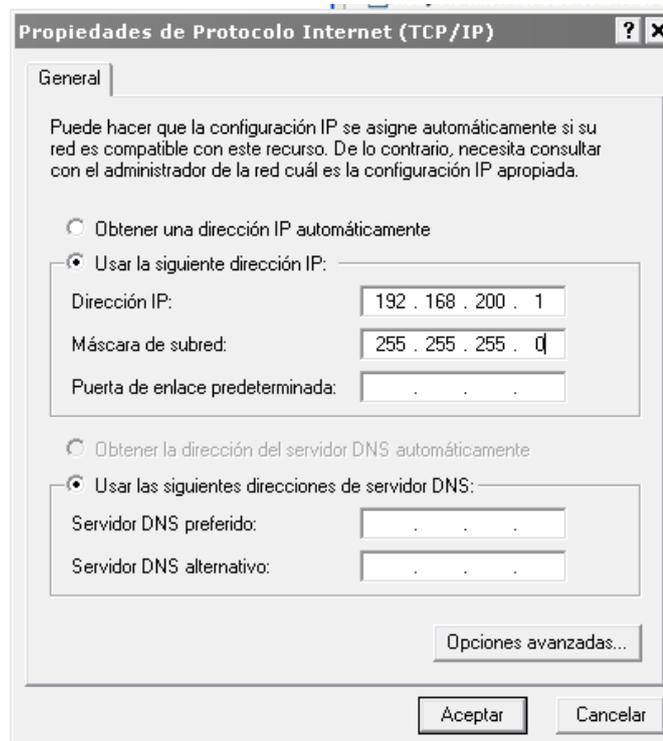


Figura 16. Propiedades de red inalámbrica.

Para finalizar se abre el agente de WiFi y se actualiza la lista de redes, seleccionando a red NetdB (el nombre de la red será el número de serie del sistema).

Se deberá comprobar la conexión entre el PC y NetdB de la misma forma que con la conexión Ethernet, lanzando un ping, esta vez a la dirección 192.168.200.3.

Ajustes de la dirección IP

La mayoría de los programas como dBFA o dBbati, necesitan una dirección correcta para reconocer el sistema NetdB y trabajar con él. Esa dirección debe estar en el registro de Windows.

Para abrir el editor de registro, hay que escribir *regedit* en la opción “Ejecutar...” de Windows.

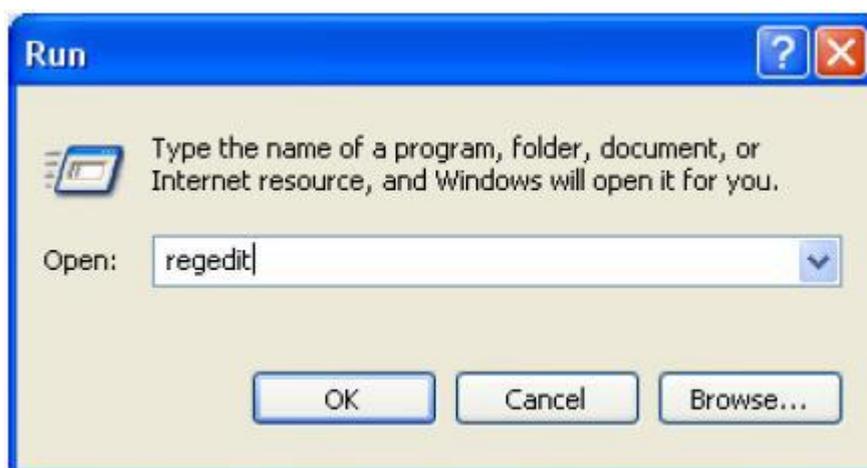


Figura 17. Apertura del registro de Windows.

Luego se crea el nuevo documento “NetdB” en el directorio HKEY_LOCAL_MACHINE/SOFTWARE/01dBMETRAVIB, si es que este no existe aun. Con el botón derecho se selecciona “Nuevo-Cadena de Valores” y se le da el nombre de IP.

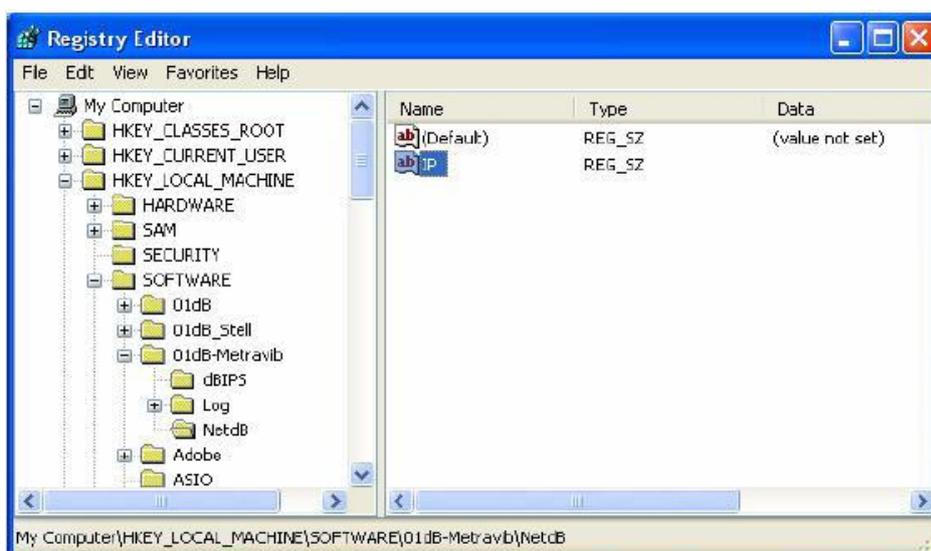


Figura 18. Editor de registro.

Se edita la cadena de valores pulsando botón derecho sobre ella e introduciendo “192.168.200.3” para conexión WiFi, y “192.168.1.2” para conexión con cable Ethernet.

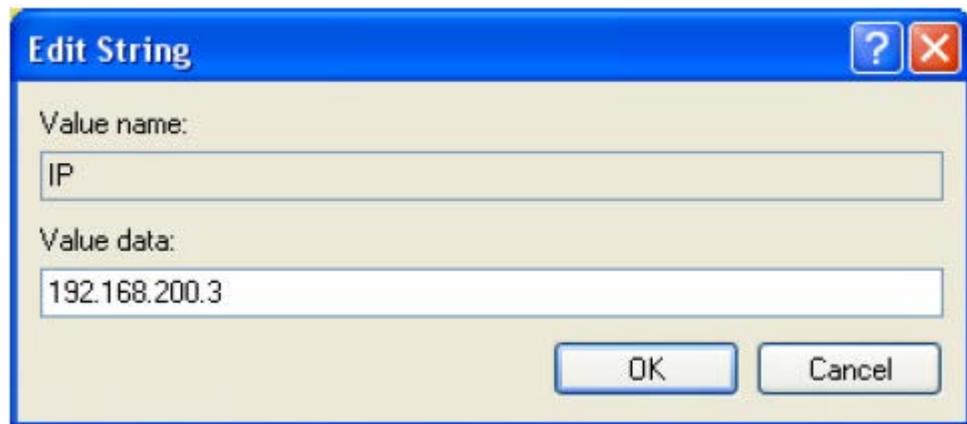


Figura 19. Editor de cadena.

4.3. Configuración de NetdB en dBati32.

Para el correcto análisis de la señal procedente de NetdB se necesita un programa adecuado. El programa elegido para este proyecto es dBati32, de 01dB Metravib.

A continuación se presenta la configuración inicial en dBati32 para el procesado de la señal de NetdB.

Configuración en dBConfig.

Antes de abrir dBati32 deberemos registrar en la base de datos los equipos que van a ser utilizados (micrófonos, calibradores, plataforma, etc.) en un programa específico para ello. Ese programa es el dBConfig32.



Figura 20. Pantalla inicial de dBConfig32.

En él, navegaremos por las distintas opciones, introduciendo los datos de cada equipo.

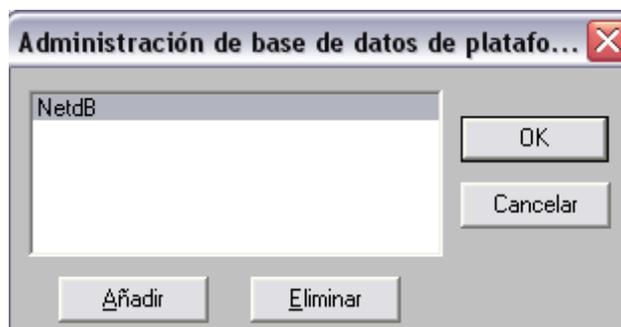


Figura 21. Introducción de la plataforma hardware en el programa.

En el apartado **Transductores** podremos administrar tanto micrófonos, como acelerómetros u otros transductores.



Figura 22. Pantalla inicial de administración de transductores.

Para añadir un transductor se pulsa el botón correspondiente y se indica el tipo del mismo, su modelo, número de serie y sensibilidad.

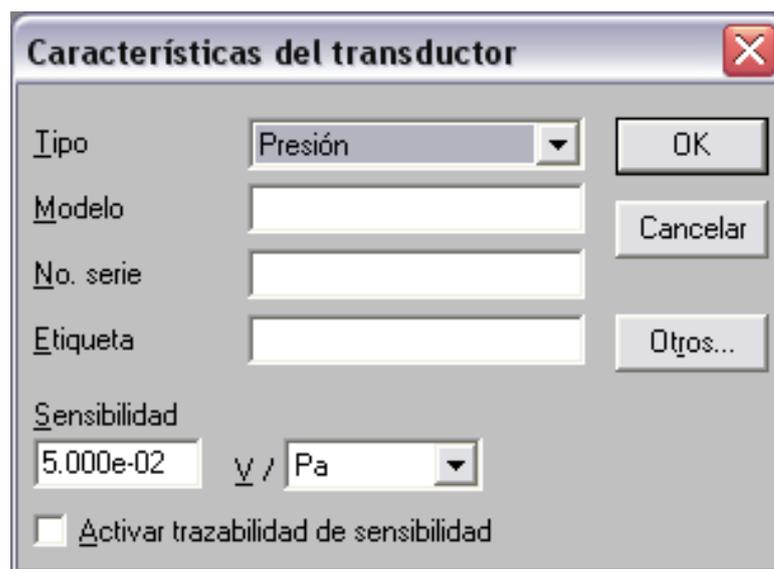


Figura 23. Pantalla para añadir un transductor.

Para modificar uno ya existente hay que marcarlo y pulsar el botón de **Modificar**. La pantalla será la misma que para añadirlo, y cambiaremos el dato preciso.



Figura 24. Pantalla de modificación de un transductor.

Cuando se añade un micrófono es importante activar la opción ICP, de esta forma NetdB entrega a cada micrófono 4mA/24V con los que alimentar al preamplificador.

Para ello, dentro de cada micrófono, pulsaremos el botón **Otros** y activaremos la casilla **ICP**.

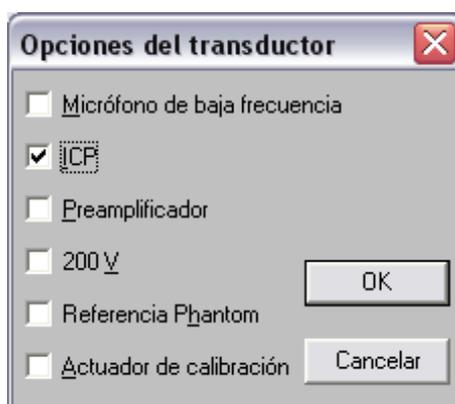


Figura 25. Activación de la opción ICP

Se seguirá el mismo proceso para la configuración de los calibradores.

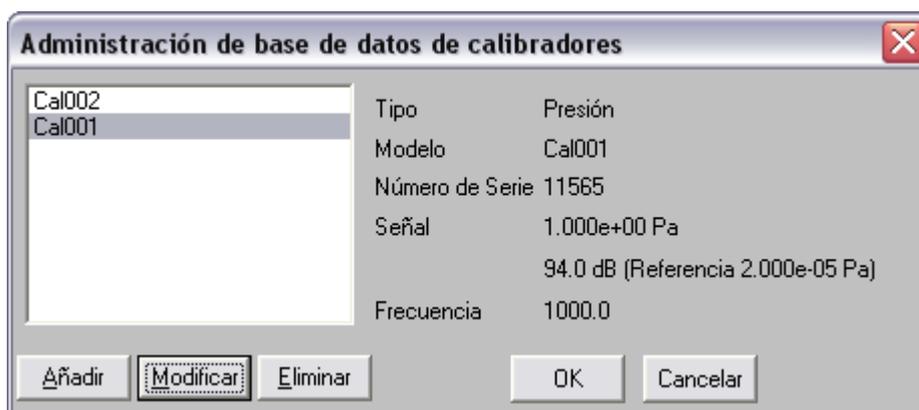


Figura 26. Pantalla inicial de administración de calibradores.



Figura 28. Pantalla para añadir un nuevo calibrador.



Figura 27. Calibrador con todos sus datos completados.

Configuración en dBBati.

Una vez completada la configuración en dBConfig, estos datos son exportados directamente a dBBati y podremos empezar a trabajar con nuestros equipos. Sin embargo, no todos los equipos que se han registrado en dBConfig pueden ser los que se utilizarán, por lo que dBBati tiene la opción de activar sólo aquellos que van a ser utilizados.

Para ello, se abrirá la pantalla de **Configuración de Hardware** en el menú **Adquisición**. En ella se podrá elegir la plataforma sobre la que trabajaremos (NetdB en nuestro caso, pero podría ser otra como, por ejemplo, Symphonie). La otra opción de esta pantalla que se utilizará en este proyecto será la de activar/desactivar los canales necesarios, asignarles un transductor y a éste un calibrador.



Figura 29. Configuración de hardware en dBBati.

Tras esto se deberá hacer una calibración para cada canal que se utilice. Para ello iremos a la pantalla de **Calibración**, también en el menú de **Adquisición**.



Figura 30. Menús de dBati y apertura de la opción Calibración.

Una vez dentro de la ventana, se elegirá el micrófono y se presionará el botón **Ejecutar**.



Figura 31. Ventana Calibración.

Una vez que el nivel sea constante y en un valor cercano a los 94dB, validaremos la medida.

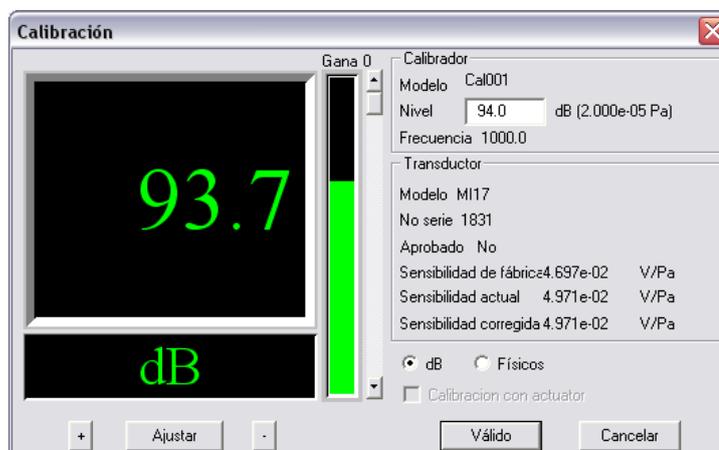


Figura 32. Calibración de un micrófono en dBati.

A partir de aquí, la configuración dependerá de la medida que se quiera realizar.

5. Medida del tiempo de reverberación según norma.

5.1. Objetivo.

En esta medida se pretende obtener el valor del tiempo de reverberación en cámara reverberante según la norma UNE-EN ISO 3382-2:2008.⁴

De todas las opciones de excitación del recinto que esta norma permite, se ha elegido el método de la respuesta impulsiva integrada, se producirá la excitación explotando globos.

5.2. Procedimiento de medida.

En este apartado se describirán todos los pasos para la realización de esta práctica.

5.2.1. EQUIPOS UTILIZADOS.

- PC.
- Sistema NetdB.
- Software dBati.
- Micrófonos de 1/4" modelo MI17 de la marca AVM.
- Calibrador Cal01 de 01dB.
- Cámara reverberante.
- Globos.
- Medidor de condiciones ambientales VelociCalc, TSI

5.2.2. CONEXIÓN ENTRE EQUIPOS.

La medida se realizará con el sistema NetdB que se encuentra conectado a un ordenador de sobremesa mediante el puerto de red.

En el canal de entrada de NetdB se conectarán los micrófonos, ubicados dentro de la cámara reverberante. Como fuente sonora actuarán los globos al explotarse. Para explotarlos, un técnico se colocará dentro de la cámara, debidamente protegido con unos cascos aislantes.

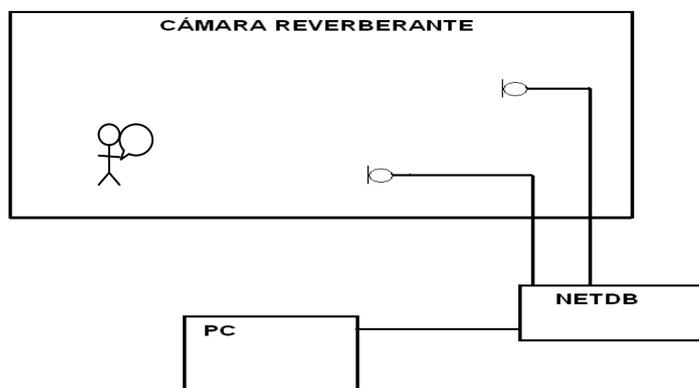


Figura 33. Diagrama de bloques para la medida del Tiempo de reverberación.

⁴ UNE-EN ISO 3382-2:2008: Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios

Medida del tiempo de reverberación

5.2.3. ENSAYO SEGÚN NORMA.

La medida del tiempo de reverberación en cámara reverberante se realiza de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 3382-2:2008, versión oficial en castellano de la Norma Europea EN ISO 3382-2:2008, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 3382-2:2008.

Esta parte de la Norma ISO 3382 especifica los métodos de medición del tiempo de reverberación en recintos ordinarios. Describe el procedimiento de medición, el equipo necesario, el número de posiciones de medición requerido y el método para evaluar los datos y presentar el informe de ensayo.[8]

Seguidamente se detallarán tales condiciones a cumplir para obtener unos resultados apropiados.

Rango de frecuencias.

Las frecuencias en las que hay que realizar las medidas son en bandas de tercio de octava con las frecuencias centrales, en hercios, que especifica la norma ISO 266:

100	125	160	200	250	315	400	500	630
800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000

Equipos de medida.

- Fuente sonora lo mas omnidireccional posible.
- Micrófonos omnidireccionales conectados a un equipo de análisis que permita calcular las respuestas impulsivas.
- El micrófono debería ser lo más pequeño posible y tener preferiblemente un diámetro de diafragma máximo de 14 mm.
- Equipo de registro con promediado exponencial o lineal. El tiempo de promediado de un dispositivo promediador exponencial, debe ser inferior, pero lo más cercano a $T/30$. De forma similar, el tiempo de promediado de un dispositivo promediador lineal debe ser inferior a $T/12$. Aquí, T es el tiempo de reverberación que se está midiendo.

Condiciones dentro de la cámara.

Esta norma no impone ninguna regla específica a la cámara, solamente que, si la medida es de nivel **Precisión**, se debe medir y tener en cuenta la temperatura y humedad relativa dentro de la cámara.

Esta norma también impone un número máximo de dos personas dentro de la cámara al realizar una medida.

Medida del tiempo de reverberación

Posiciones de medición.

Existen tres niveles de precisión para la medición del tiempo de reverberación: Control, Ingeniería y Precisión. Esta medida se realizará en el nivel de Precisión, por ser el más exacto, pero también podría haberse utilizado el método de Ingeniería, algo menos preciso, pero adecuado para la verificación del comportamiento de los edificios con respecto a las especificaciones del tiempo de reverberación o de la absorción del recinto. Solamente se detallan las exigencias de este nivel.

- Combinaciones micrófono-fuente: 12
- Número mínimo de posiciones de micrófono: 3
- Número mínimo de posiciones de fuente: 2
- Separación entre posiciones de micrófono: 2m
- Separación mínima entre micrófonos y superficies reflectantes: 1m
- Separación mínima entre micrófonos y fuente:

$$d_m = 2 \sqrt{\frac{V}{c \cdot T}} \quad (8)$$

donde: V=Volumen del recinto en m^3 ($206m^3$)

c=Velocidad del sonido en el aire (343m/s)

T=Estimación del tiempo de reverberación (3s)

Condiciones de temperatura y humedad relativa.

La importancia de la contribución de la absorción del aire es baja si el tiempo de reverberación es inferior a 1,5 s a 2 kHz e inferior a 0,8 s a 4 kHz. En este caso, no es necesario medir la temperatura y la humedad relativa.

Excitación del recinto.

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 en la banda de frecuencia correspondiente.

Evaluación de las curvas de nivel

Para determinar T_{20} , el rango evaluado para las curvas de decrecimiento se extiende de 5 dB a 25 dB por debajo del nivel de régimen estacionario. Para el método de la respuesta impulsiva integrada, el nivel de régimen estacionario es el nivel total de la respuesta impulsiva integrada.

5.3. Desarrollo de la medida.

Primeramente, se comprobará que se cumplen los requisitos de medida marcados por la Norma UNE-EN ISO 3382-2:2008.

Si partimos de la base de que nuestra cámara reverberante está bien diseñada, en su interior se producirá un campo sonoro lo suficientemente semejante a un campo sonoro difuso, por lo que podremos dar esta parte como aceptable para la normalización. Si el campo sonoro es difuso, se asumirá una incidencia aleatoria del sonido en las superficies y que el nivel de presión acústica es el mismo independientemente del punto de medida.

Los micrófonos utilizados son de $\frac{1}{4}$ de pulgada, es decir, 6'35mm, por lo que entran dentro de la norma que imponía un tamaño máximo de 14mm de diámetro. Los micrófonos van conectados al sistema NetdB, que cumple todas las especificaciones, con un promediado lineal en el que podremos elegir el tiempo de integración necesario en el programa dBati.

Produciremos la señal impulsiva con unos globos de gran tamaño, los cuales se comprueba que emiten un sonido con un nivel muy por encima del mínimo exigido por la norma. Estos globos serán explotados por una persona dentro de la cámara, lo que es aceptable dentro de la norma.

Las posiciones de micrófonos y fuente serán elegidas según la norma, con un total de 12 posiciones, 3 de fuente y 4 de micrófono.

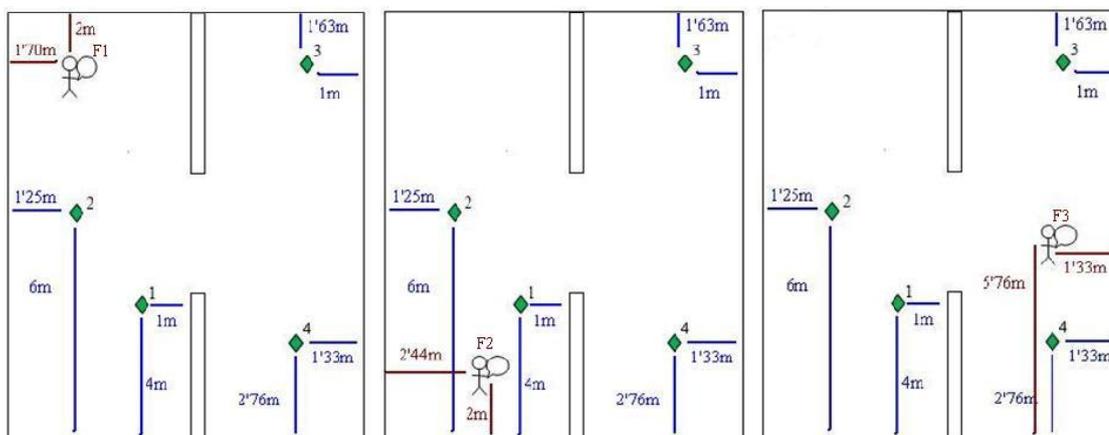


Figura 34. Posiciones de micrófonos y fuente sonora elegidas para la práctica.

Tras tener las posiciones de micrófonos y fuente elegidas, encenderemos el ordenador y procederemos a la configuración del hardware en el programa dBConfig, tal y como se explico en el correspondiente capítulo de esta memoria.

Una vez terminada, se abre al programa dBati y se accede a *Configuración de hardware* en la pestaña *Adquisition*. Debido a las limitaciones de nuestro laboratorio, solamente se tendrán activos dos micrófonos, y éstos se cambiarán de posición tras la medida, pues tendremos cuatro posiciones.

Medida del tiempo de reverberación

Una vez se tengan registrados y activados los dos micrófonos, se pasará a su *Calibración*, en la misma pestaña de *Adquisición*. Para ello, introduciremos el micrófono en el calibrador encendido y se posará el conjunto en el suelo para que no afecte ningún movimiento a la calibración.



Figura 35. Calibración del micrófono de medida.

Se pasará entonces a la configuración de la medida en dBati. Se configura una sesión de medida nueva, accediendo a la pestaña *Adquisición*, opción *Nuevo*.

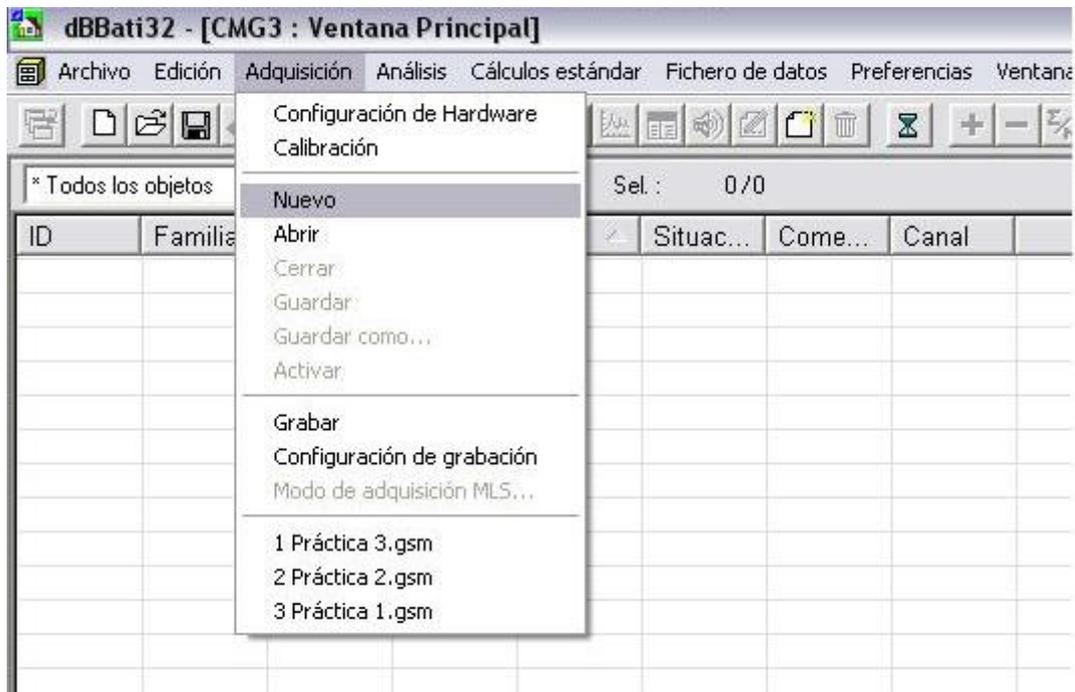


Figura 36. Configuración de una nueva medida.

Medida del tiempo de reverberación

Aparecerá la pantalla de configuración vacía, donde, pulsando en *Configurar* se elegirán las medidas a realizar. En esta práctica se elegirán *Background Noise* (Ruido de fondo) y *Reverberation Time* (Tiempo de reverberación).



Figura 37. Pantalla inicial de configuración de la medida.



Figura 38. Elección del tipo de medidas a realizar.

Una vez se hayan seleccionado el tipo de medidas, aparecerán la pantalla inicial los botones específicos para las mismas, pero antes de realizar las medidas se deberán configurar los parámetros específicos de cada una. Para ello se pulsará el botón *Parámetros*.



Figura 39. Controlador de medida.

Para el Tiempo de reverberación configuraremos:

En la pestaña *Adquisición*:

- Canales activos. (Dos en este caso, los nº 1 y 2)
- Frecuencias. (Según la norma, 1/3 de octava de 100 a 5kHz)
- Pasos temporales. ($T/12$ para un promediado lineal)⁵
- Tipo de señal. (Impulsiva)
- Duración de la señal.⁶

⁵ La primera vez que se mida será un poco "a ojo", pues no se puede saber seguro cual será el Tiempo de reverberación para hacer el cálculo. Si se pone un tiempo de integración no adecuado, se repetirá la medida con los datos correctos para unas caídas adecuadas. Si el tiempo de integración fuese demasiado grande, las caídas no tendrían una buena correlación.

⁶ Se han elegido 15s de duración de la medida, que, aunque puede parecer excesivo, resulta necesario ya que se tiene que señalar a la persona dentro de la cámara que puede proceder a explotar el globo.

Medida del tiempo de reverberación

En la pestaña *Calculo de TR*:

- Comienzo del cálculo de la caída.
- Rango dinámico de la caída. (20dB según normal para T₂₀)

En la pestaña *Opciones*:

- Activar el almacenamiento de las caídas.

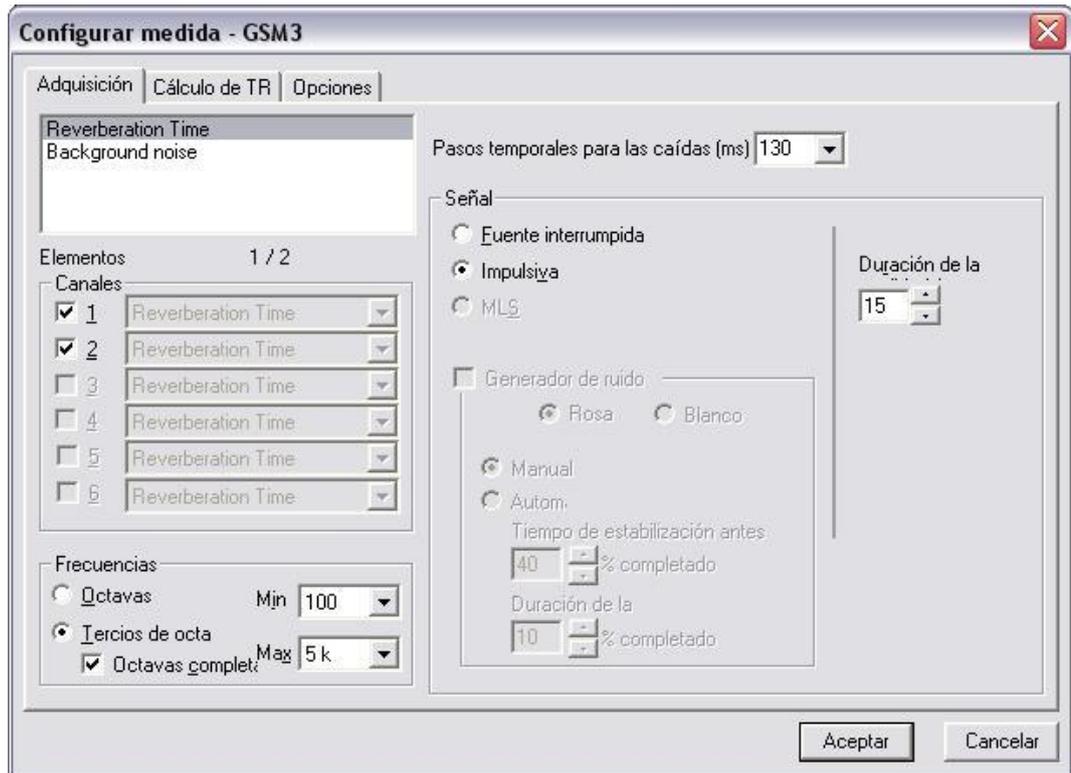


Figura 40. Pestaña Adquisición de la configuración de la medida de Tiempo de reverberación.

Medida del tiempo de reverberación

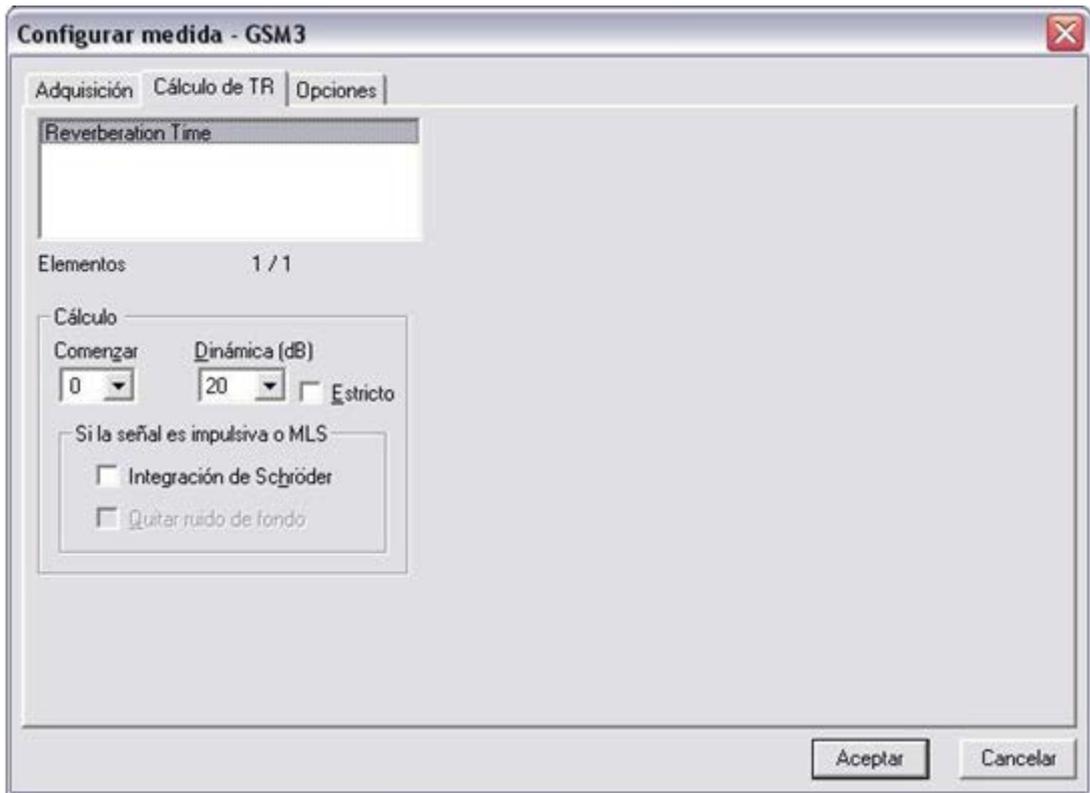


Figura 41. Pestaña Cálculo de TR de la configuración de la medida de Tiempo de reverberación.



Figura 42. Pestaña Opciones de la configuración de la medida de Tiempo de reverberación.

Medida del tiempo de reverberación

Para la medida del Ruido de fondo solamente se configurará en la pestaña de *Adquisición* las frecuencias, canales activos y la duración de la señal. No se marcará ninguna casilla en la pestaña *Opciones*.

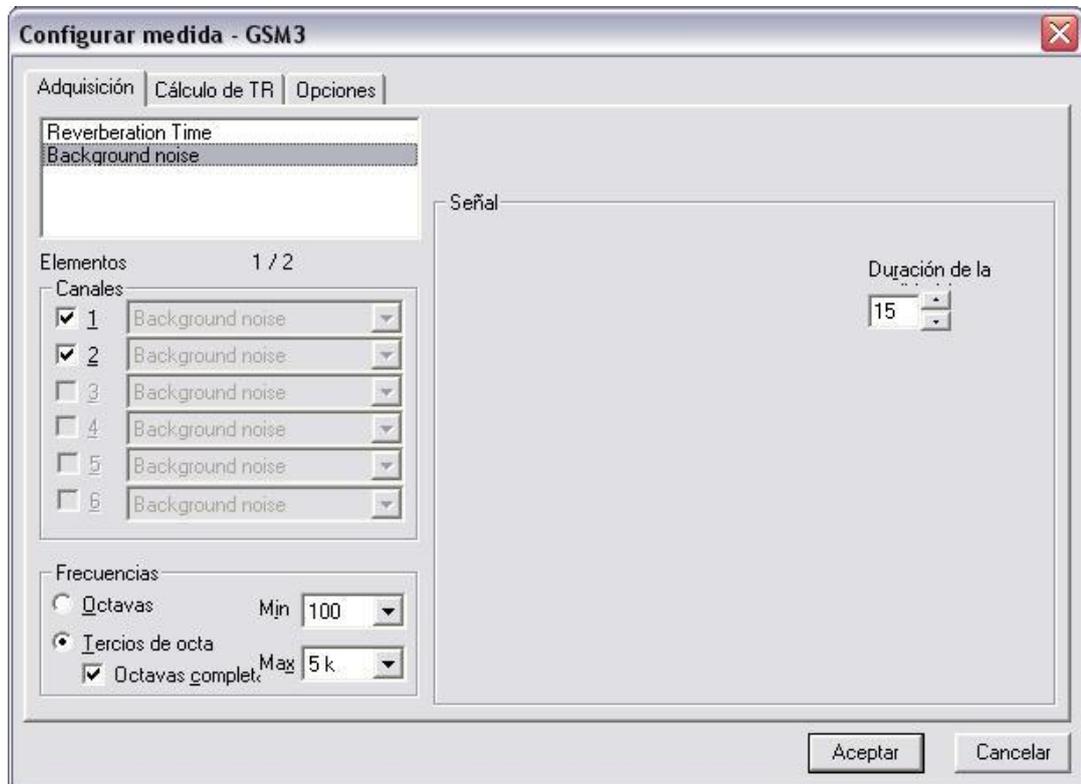


Figura 43. Pestaña Adquisición de la configuración de la medida de Ruido de Fondo.

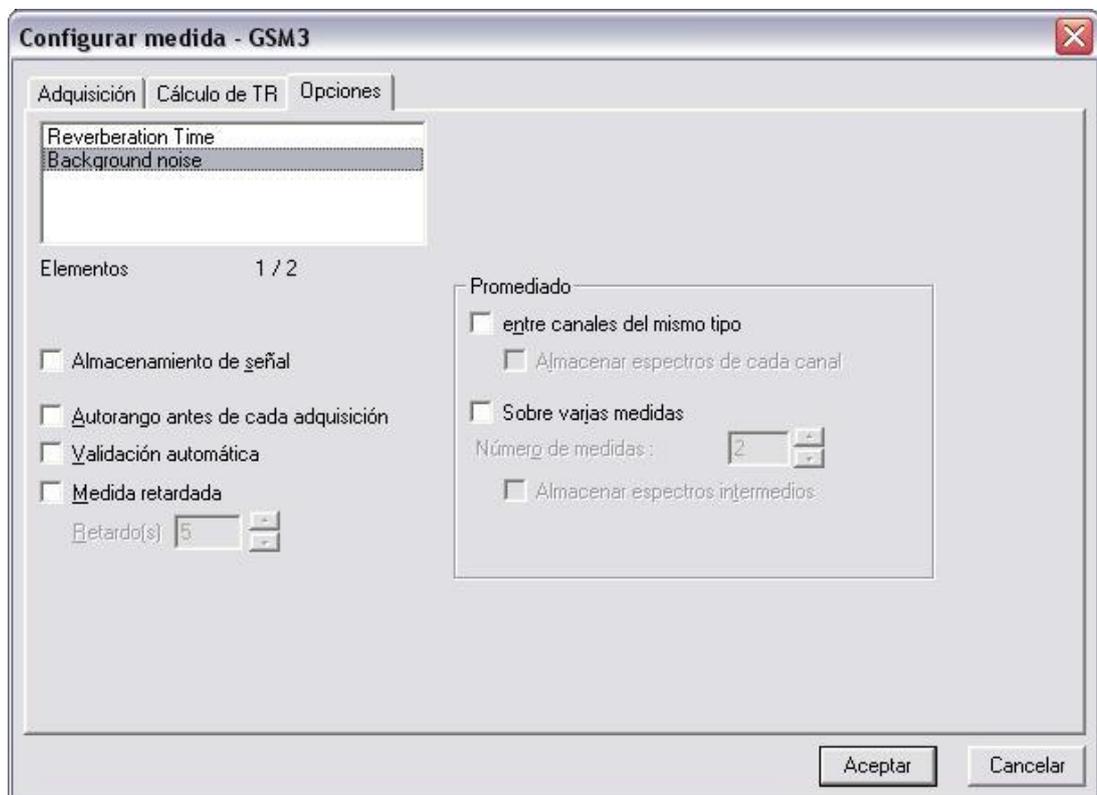


Figura 44. Pestaña Opciones de la configuración de la medida de Ruido de Fondo.

Medida del tiempo de reverberación

Una vez esté todo configurado, y se hayan comprobado la temperatura y la humedad relativa dentro de la sala, se procederá a medir. Se medirá el Tiempo de reverberación e inmediatamente después se medirá el Ruido de Fondo en cada posición.

Se tendrán preparados un número pequeño de globos para poder realizar las medidas en un mismo punto lo más rápido posible. Teniendo en cuenta que contamos solo con dos micrófonos dentro de la sala y se requieren cuatro posiciones, habrá un pequeño lapso de tiempo para cambiar la ubicación de estos.



Figura 45. Globos preparados para la medición de Tiempo de reverberación.

Para preparar la medida a nivel de software se pulsará sobre el botón *Reverberation Time* de nuestro menú de medida. Nos aparecerá la pantalla de medida del Tiempo de reverberación en el que podremos, empezar una medida, detenerla, validarla, descartarla, etc.



Figura 46. Elección de la medida Tiempo de reverberación.

Un técnico se coloca dentro de la cámara, con cascos protectores, para explotar el globo en el lugar indicado como fuente sonora, cuando el técnico que esta fuera le de la señal.

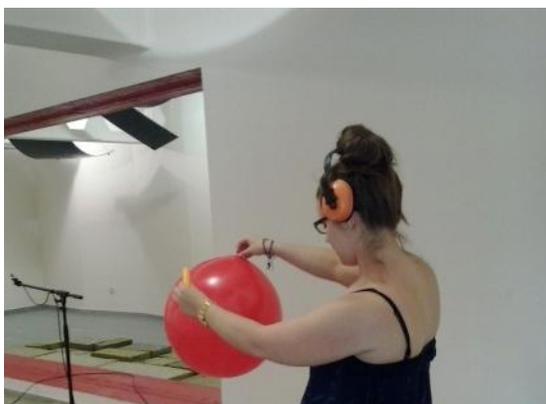


Figura 47. Técnico explotando el globo a modo de fuente sonora impulsiva.

Medida del tiempo de reverberación

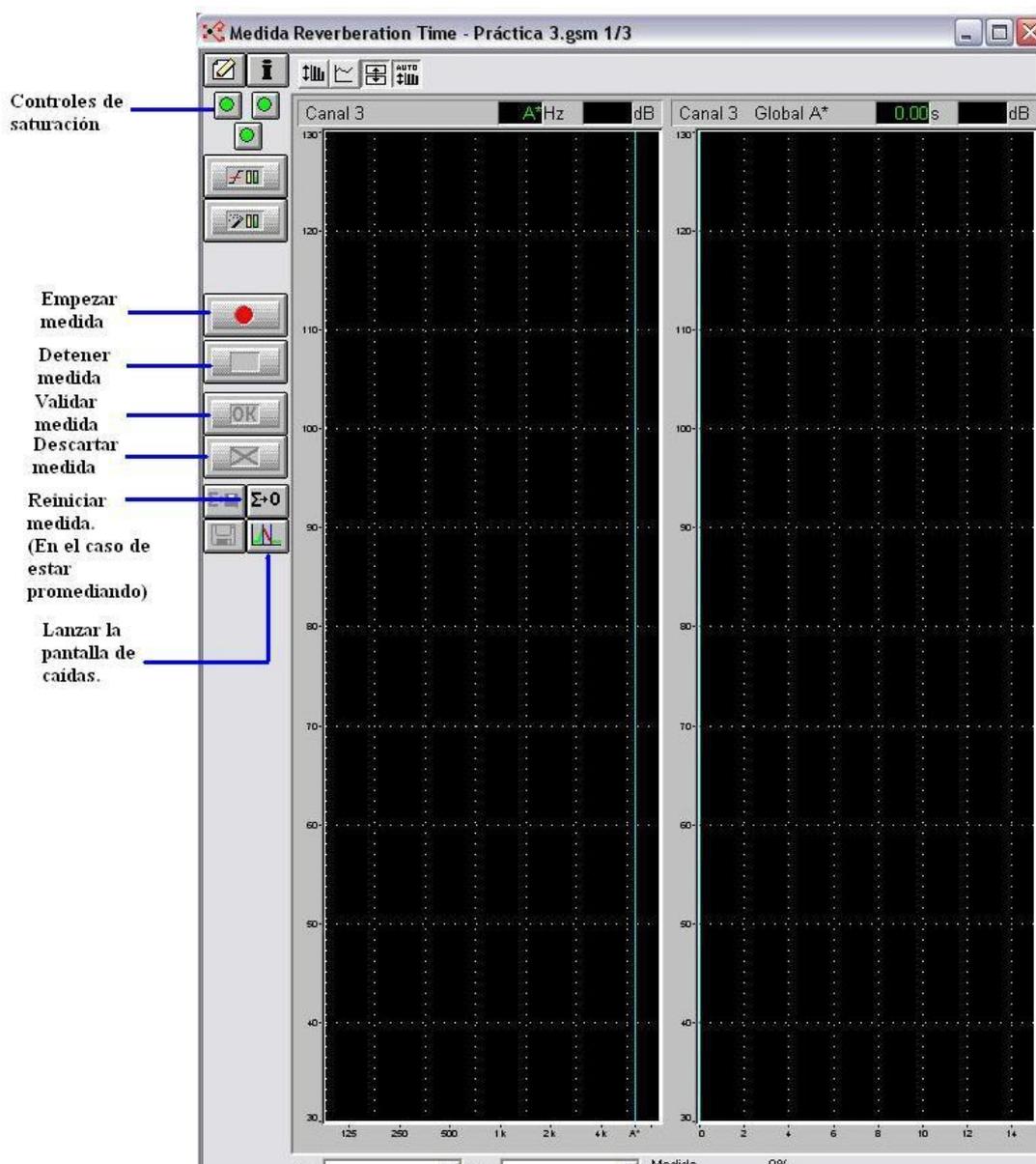


Figura 48. Principales controles del panel de medida de Tiempo de reverberación.

Se inicia la medida presionando el botón correspondiente y se indica al técnico que puede proceder a explotar el globo. Se esperan los 15s que se han configurado para la medida y automáticamente el programa nos lanzará las imágenes de las caídas registradas para su validación.

Al tener dos canales trabajando en paralelo el programa nos dará a elegir qué caídas queremos ver, pudiendo después pasar a ver las del otro canal, cerrando éstas pulsando el botón de caídas en la pantalla de medida. Se debe tener muy en cuenta que una vez validada la medida, se validan los dos canales, no se puede hacer de forma independiente.

Medida del tiempo de reverberación



Figura 49. Elección del canal del cual se verán las caídas.

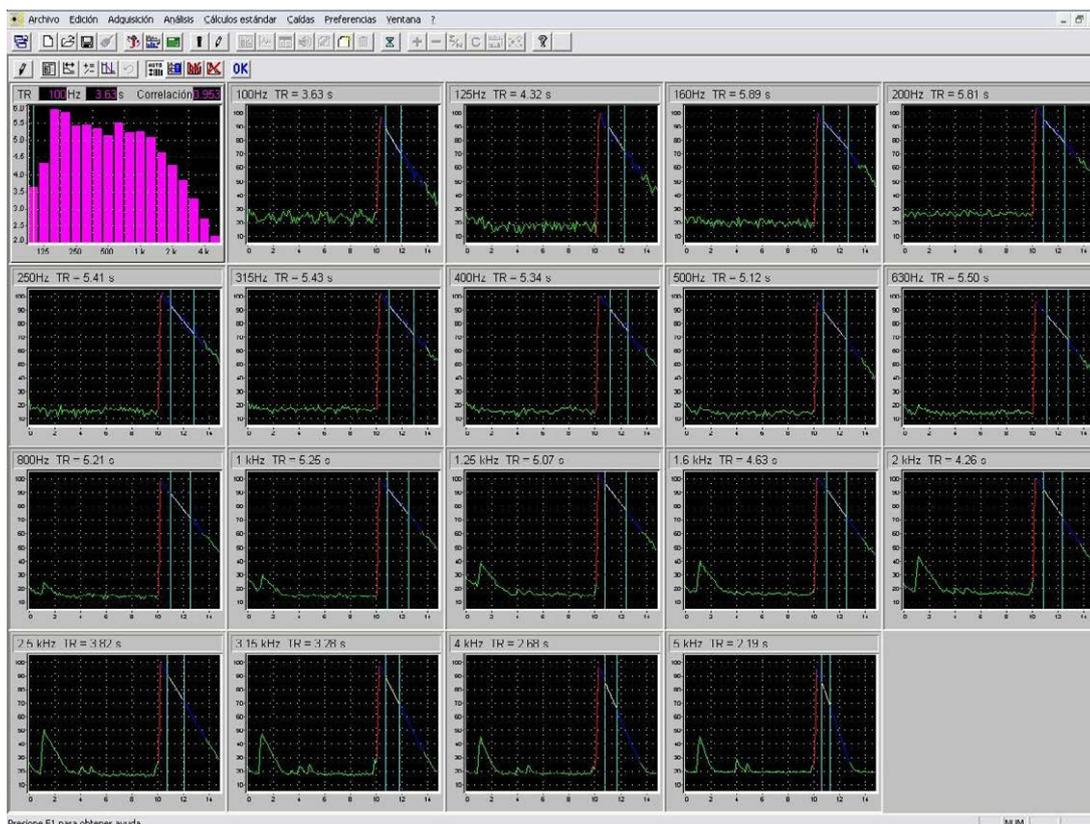


Figura 50. Caídas correspondientes a la medida del Tiempo de reverberación.

El elemento esencial a tener en cuenta para la validación de una medida será el factor de correlación de cada caída en cada frecuencia. Las curvas de caída registradas presentan fluctuaciones de gran amplitud, sobre todo en las bandas estrechas de baja frecuencia, en consecuencia resulta muy difícil asociar con exactitud la curva real de caída a una línea recta imaginaria de la misma pendiente. Para mejorar la representatividad de la recta a la caída real, debemos elegir adecuadamente la constante de integración del detector de nivel de presión sonora, eligiendo siempre un valor inferior a $T/12$, siendo T el tiempo de reverberación de la sala en esa banda. El sistema de medida dBbati ayuda en ese propósito, indicando el grado de correlación entre la recta asimilada y la caída real en cada banda. Todos deben estar por encima de 0.85, de no ser así, se deberá repetir la medida.

Medida del tiempo de reverberación

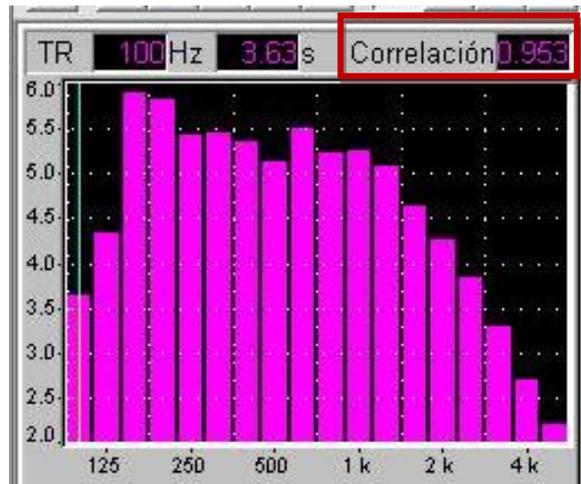


Figura 51. Indicación de la correlación en una caída de nivel sonoro.

Si se pulsa con el ratón encima de cada banda de frecuencia, en el primer cuadrado de la pantalla de caídas (Figura 51) indicará el grado de correlación de esa caída, así como el tiempo de reverberación de ésta y la frecuencia en la que nos encontramos.

Una vez realizada la medida de Tiempo de reverberación en las dos primeras posiciones, se realizará la medida de Ruido de Fondo para comprobar que la medida cumple con las especificaciones de la norma.

Para ello se lanza la medida, presionando el botón correspondiente en el menú de medida, lo que muestra la pantalla de medida de Ruido de Fondo.



Figura 52. Elección de la medida Ruido de Fondo.

Medida del tiempo de reverberación

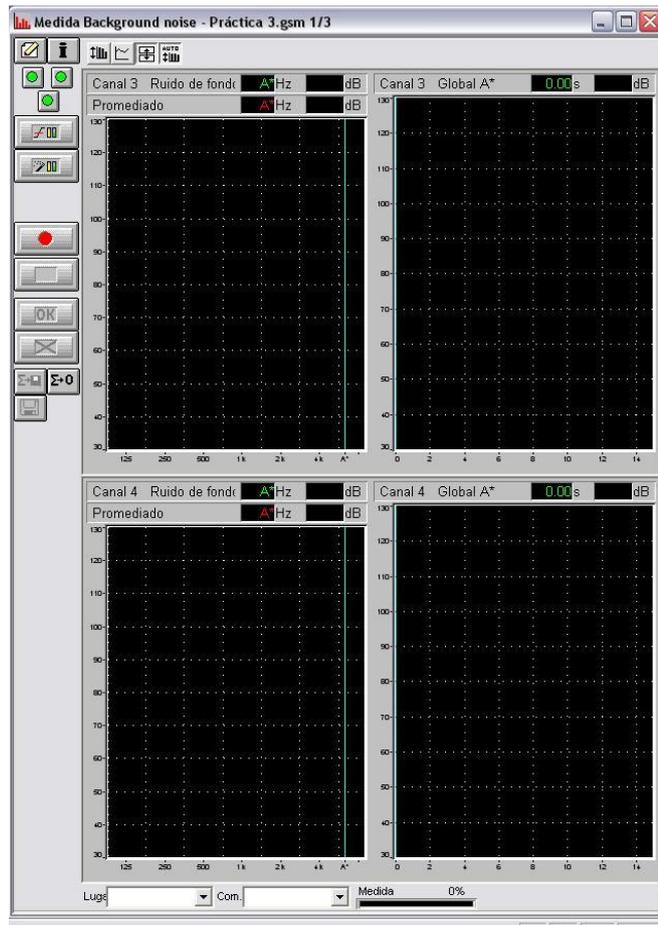


Figura 53. Pantalla de medida del Ruido de Fondo correspondiente a dos canales trabajando en paralelo.

Igualmente, se esperarán los 15 segundos de la medida, y una vez salga el resultado, se validará.

De la misma forma se realizará la medida para las dos siguientes posiciones de micrófono. Después se moverá la fuente y se realizarán el resto de medidas hasta llegar a las 12 medidas totales que indica la norma.

Medida del tiempo de reverberación

ID	Familia	Tipo	Resol.	Fecha	Situac.	Comentarios	Canal
1	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:06:44		Tiempo de reverberación A1M1	1
2	RT	Room	1/3	19/07/13 11:06:44		Cáidas A1M1	1
4	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:06:44		Tiempo de reverberación A1M2	2
5	RT	Room	1/3	19/07/13 11:06:44		Cáidas A1M2	2
18	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:16:24		Ruido de fondo A1M1	1
19	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:16:24		Ruido de fondo A1M2	2
21	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:18:35		Tiempo de reverberación A1M3	1
22	RT	Room	1/3	19/07/13 11:18:35		Cáidas A1M3	1
24	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:18:35		Tiempo de reverberación A1M4	2
25	RT	Room	1/3	19/07/13 11:18:35		Cáidas A1M4	2
26	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:20:10		Ruido de fondo A1M3	1
27	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:20:10		Ruido de fondo A1M4	2
29	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:23:09		Tiempo de reverberación A2M1	1
30	RT	Room	1/3	19/07/13 11:23:09		Cáidas A2M1	1
32	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:23:09		Tiempo de reverberación A2M2	2
33	RT	Room	1/3	19/07/13 11:23:09		Cáidas A2M2	2
34	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:23:56		Ruido de fondo A2M1	1
35	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:23:56		Ruido de fondo A2M2	2
37	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:25:16		Tiempo de reverberación A2M3	1
38	RT	Room	1/3	19/07/13 11:25:16		Cáidas A2M3	1
40	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:25:16		Tiempo de reverberación A2M4	2
41	RT	Room	1/3	19/07/13 11:25:16		Cáidas A2M4	2
42	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:25:54		Ruido de fondo A2M3	1
43	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:25:54		Ruido de fondo A2M4	2
45	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:28:34		Tiempo de reverberación A3M1	1
46	RT	Room	1/3	19/07/13 11:28:34		Cáidas A3M1	1
48	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:28:34		Tiempo de reverberación A3M2	2
49	RT	Room	1/3	19/07/13 11:28:34		Cáidas A3M2	2
50	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:29:20		Ruido de fondo A3M1	1
51	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:29:20		Ruido de fondo A3M2	2
53	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:30:36		Tiempo de reverberación A3M3	1
54	RT	Room	1/3	19/07/13 11:30:36		Cáidas A3M3	1
56	Cáida	Impuls...	1/3	19/07/13 11:30:36		Tiempo de reverberación A3M4	2
57	RT	Room	1/3	19/07/13 11:30:36		Cáidas A3M4	2
58	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:31:15		Ruido de fondo A3M3	1
59	Autoe...	Ruido ...	1/3	19/07/13 11:31:15		Ruido de fondo A3M4	2

Figura 54. Listado de todas las medidas realizadas para la práctica de Tiempo de reverberación.

Tras esto se recogerán todos los datos en una hoja de Excel para su procesado.

dBati permite exportar los datos recogidos a cualquier hoja de cálculo copiándolos y pegando, en nuestro caso, en Excel.

Para ello se seleccionarán las medidas que se quieran copiar (presionando en nuestro teclado CTRL podremos copiar más de una medida) pulsando con el ratón sobre las medidas al botón derecho aparecerá un menú en el que elegiremos la opción *Listado*.

ID	Familia	Tipo	Resolución del	Fecha	Situación	Comentarios	Canal
10	Autoespectro		1/1	06/03/13 18:02:00		Adquisición de espectro estándar	1
11	Autoespectro	Ruido emitido	1/1	06/03/13 18:02:45		Adquisición de emisión	1
12	Autoespectro	Shuñu recibido	1/1	06/03/13 18:03:16		Adquisición de ruido aéreo recibido	1
13	Autoespectro	Información de sesión	1/1	06/03/13 18:03:58		Adquisición de ruido de impacto recibido	1
14	Autoespectro	Comentarios de sesión	1/1	06/03/13 18:04:38		Adquisición de ruido de fondo	1
15	Autoespectro	Petición actual...	1/1	06/03/13 18:05:22		Adquisición de emisión simultánea	1
16	Autoespectro	Edición de peticiones...	1/1	06/03/13 18:05:22		Adquisición de recepción simultánea	2
18	Cáida		1/1	06/03/13 18:10:47			1
19	RT	Columnas...	1/1	06/03/13 18:10:47			1
21	Cáida	Optimizar columnas	1/1	06/03/13 18:11:50			1
22	RT	Optimizar ventana	1/1	06/03/13 18:11:50			1

Figura 55. Paso primero para copiar nuestros datos a Excel.

Medida del tiempo de reverberación

Esto nos sacará un listado de todas las medidas seleccionadas. Estando en esa pantalla, si se accede al menú *Edición/Copiar* se presentará una pantalla para la elección del formato en que queremos copiar nuestros datos: Imagen o Valores. Se elegirá la opción valores y ya podremos llevar nuestros datos a Excel.

Hz	dB
125	55,1
250	84,7
500	92,5
1 k	90,8
2 k	75,3
4 k	66,1

Figura 56. Pantalla de listado de valores de las medidas seleccionadas.

ID	Familia	Tipo	Resolución del eje X	Fecha	Situación	Comentarios	Canal	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 k	1.25 k	1.6 k	2 k	2.5 k	3.15 k
2	RT	Room	01-mar	19/07/2013 11:06	Caidas A1M1	1	5	4,63	5,19	4,59	5,64	5,2	5,41	5,33	4,7	4,94	5,47	5,27	5,23	4,63	4,25	3,82	3,3
5	RT	Room	01-mar	19/07/2013 11:06	Caidas A1M2	2	22	3,63	4,32	5,89	5,81	5,41	5,43	5,34	5,12	5,5	5,21	5,25	5,07	4,63	4,26	3,82	3,28
25	RT	Room	01-mar	19/07/2013 11:18	Caidas A1M4	1	25	5,21	3,71	4,99	6,46	5,68	5,59	5,77	5,02	4,95	4,69	5,05	5,43	4,63	4,37	3,95	3,19
30	RT	Room	01-mar	19/07/2013 11:18	Caidas A2M1	2	30	3,51	5,09	5,44	5,23	4,96	4,83	4,68	4,66	4,65	5,27	4,99	5,26	4,8	4,49	3,94	3,15
33	RT	Room	01-mar	19/07/2013 11:23	Caidas A2M2	1	33	3,94	4,66	6	5,51	5,68	5,9	5,44	4,93	5,32	5,42	5,22	4,95	4,65	4,21	3,82	3,33
33	RT	Room	01-mar	19/07/2013 11:23	Caidas A2M2	2	33	4,15	6,22	5,04	5,45	5,2	5,17	5,39	4,89	5,36	5,32	5,51	5,02	4,67	4,25	3,93	3,3

Figura 57. Ejemplo de datos en Excel exportados de dBati.

Medida del aislamiento acústico a ruido aéreo

6. Medida del aislamiento acústico según norma.

6.1. Objetivo.

En esta medida se pretende obtener el valor del aislamiento acústico entre dos salas según la norma UNE-EN ISO 140-4:1999.⁷

Se hallará el aislamiento acústico que existe entre la cámara reverberante de la Escuela de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones de la UPM y el laboratorio de acústica arquitectónica adyacente.

6.2. Procedimiento de medida.

En este apartado se describirán todos los pasos para la realización de esta práctica.

6.2.1. EQUIPOS UTILIZADOS.

- PC.
- Sistema NetdB.
- Software dBati.
- Micrófonos de 1/4" modelo MI17 de la marca AVM.
- Calibrador Cal01 de 01dB.
- Cámara reverberante.
- Fuente dodecaédrica modelo DO12 de AVM
- Fuente auto amplificada MSP5 de YAMAHA
- Medidor de condiciones ambientales VelociCalc, TSI

6.2.2. CONEXIÓN ENTRE EQUIPOS.

La medida se realizará con el sistema NetdB que se encuentra conectado a un ordenador de sobremesa mediante el puerto de red.

En el canal de entrada de NetdB se conectarán los micrófonos, ubicados dos dentro de la cámara reverberante, que funcionará como sala emisora y dos en la sala receptora. Habrá dos fuentes sonoras, una dentro de la sala emisora (Fuente dodecaédrica), para medir emisión y recepción, y otra en la sala receptora, para la medida de tiempo de reverberación. (Fuente auto amplificada)

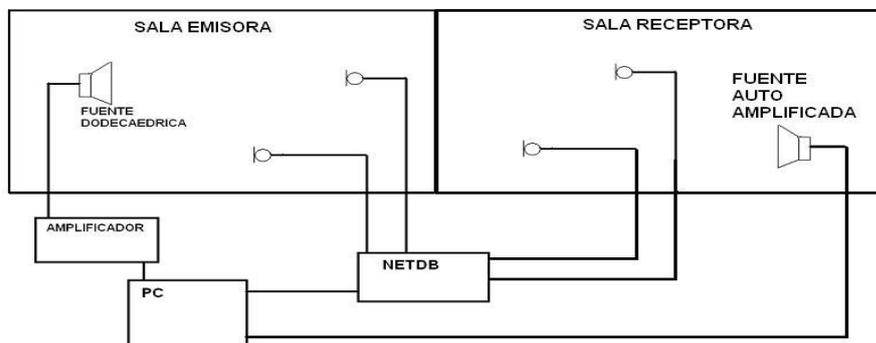


Figura 58. Diagrama de bloques para la medida del aislamiento acústico.

⁷ UNE-EN ISO 140-4:1999: Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición "in situ" del aislamiento a ruido aéreo entre locales.

6.2.3. ENSAYO SEGÚN NORMA.

La medida del aislamiento acústico se realiza de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 140-4:1999, versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 140-4 de agosto 1998, que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional ISO 140-4:1998. Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 74-040/4 de diciembre 1984.

Esta parte de la Norma ISO 140 especifica los métodos aplicables *in situ* para medir las propiedades de aislamiento acústico al ruido aéreo de las paredes interiores, de los techos y de las puertas entre dos recintos en condiciones de campo sonoro difuso, y para determinar la protección aportada a los ocupantes del edificio. Describe el procedimiento de medición, el equipo necesario, el número de posiciones de medición requerido y el método para evaluar los datos y presentar el informe de ensayo. [9]

Seguidamente se detallarán tales condiciones a cumplir para obtener unos resultados apropiados.

Rango de frecuencias.

Las frecuencias en las que hay que realizar las medidas son en bandas de tercio de octava con las frecuencias centrales, en hercios, que especifica la norma ISO 266:

100	125	160	200	250	315	400	500	630
800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000

Generación del campo sonoro.

- El sonido generado en el recinto emisor debe ser estacionario y debe tener un espectro continuo.
- Se medirá en 1/3 de octava, preferentemente.
- Se recomienda ruido blanco.
- El emisor no debe tener diferencias de nivel mayores de 6 dB entre bandas de tercio de octava adyacentes.
- La potencia sonora debería ser lo suficientemente alta como para que el nivel de presión sonora en el recinto receptor sea 10 dB más alto que el nivel de ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia. Si esto no se cumple, se deben aplicar las correcciones por ruido de fondo.
- La radiación de la fuente o fuentes debe ser uniforme y omnidireccional.
- Cuando se utilice una sola fuente, debería utilizarse en, al menos, dos posiciones.
- Si los recintos tienen diferentes volúmenes, el de mayor tamaño debería elegirse como recinto emisor.

Condiciones dentro de la cámara.

Si los recintos son idénticos y están vacíos, deberán tener al menos 3 o 4 difusores de 1m³ en su interior.

Posiciones de medición.

Debe situarse la fuente sonora de tal forma que se cree un campo sonoro tan difuso como sea posible y a una distancia tal del elemento constructivo separador y de los elementos laterales que puedan influenciar la transmisión, de manera que la radiación directa sobre ellos no sea dominante

- El número **mínimo** de medidas empleando posiciones fijas de micrófono es diez.
- Número mínimo de posiciones de micrófono: 5, distribuidas uniformemente a lo largo de todo el espacio útil en cada recinto.
- Número mínimo de posiciones de fuente: 2
- 0,7 m entre posiciones de micrófono.
- 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y los bordes del recinto o difusores.
- 1,0 m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.
- 1,4 m entre posiciones de fuente.
- 0,5 m entre cualquier posición de fuente y los bordes del recinto.
- Las diferentes posiciones del altavoz no deben situarse en un mismo plano paralelo a las paredes del recinto, es decir, la línea que une las posiciones de los altavoces no debe ser paralela a ninguna pared lateral del recinto, incluyendo techo y suelo.

Tiempo de promediado.

Para cada posición individual de micrófono, el tiempo de promediado debe ser, al menos, 6 s en cada banda de frecuencia con frecuencias centrales menores que 400 Hz. Para bandas de frecuencias centrales mayores se permite disminuir el tiempo a no menos de 4 s.

Evaluación de las curvas de nivel para la medida del tiempo de reverberación.

Según la Norma ISO 354, la evaluación del tiempo de reverberación a partir de la curva de caída, empezará alrededor de 0,1 s después de que la fuente sonora haya sido desconectada, o a partir de un nivel de presión sonora algunos decibelios por debajo del que había al principio de la caída. El rango utilizado no deberá ser menor que 20 dB, y no debe ser tan grande que la caída observada no se pueda aproximar a una línea recta. El extremo inferior de este rango debe estar, al menos, 10 dB sobre el nivel de fondo.

El número mínimo de mediciones requerido para cada banda de frecuencias es de seis caídas. Se deberá utilizar, al menos, una posición de altavoz y tres posiciones de micrófono con dos lecturas en cada caso.

Corrección por ruido de fondo

Se miden los niveles de ruido de fondo para asegurar que las observaciones en el recinto receptor no estén afectadas por sonidos ajenos tales como ruidos del exterior del recinto de medida, ruido eléctrico en el sistema de captación, o diafonías eléctricas entre el sistema de emisión y recepción.

El nivel de ruido de fondo debe ser, al menos, 6 dB (y preferiblemente más de 10 dB) menor que el nivel combinado de señal y ruido de fondo. Si la diferencia de niveles es

menor que 10 dB pero mayor que 6 dB, se calculan las correcciones de acuerdo con la ecuación:

$$L = 10 \log \left(10^{\frac{L_{sb}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}} \right) \text{ dB} \quad (9)$$

Donde

L es el nivel de la señal corregido, en decibelios;

L_{sb} es el nivel combinado de señal y ruido de fondo, en decibelios;

L_b es el nivel de ruido de fondo, en decibelios.

Si la diferencia de niveles es menor o igual a 6 dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, utilice la corrección 1,3 dB correspondiente a una diferencia de 6 dB. En este caso, en el informe se indicará claramente que los D_n , D_{nT} o R' dados son un límite de la medición.

6.3. Desarrollo de la medida.

Inicialmente, se comprobará que se cumplen los requisitos de medida marcados por la Norma UNE-EN ISO 140-4:1999.

Si partimos de la base de que nuestra cámara reverberante está bien diseñada, en su interior se producirá un campo sonoro lo suficientemente semejante a un campo sonoro difuso, por lo que podremos dar esta parte como aceptable para la normalización. Si el campo sonoro es difuso, se asumirá una incidencia aleatoria del sonido en las superficies y que el nivel de presión acústica es el mismo independientemente del punto de medida.

Emitiremos desde nuestra fuente omnidireccional ruido blanco interrumpido para las medidas de emisión y recepción, tal como especifica la norma. Para la medida de tiempo de reverberación emitiremos ruido rosa.

Tras cada medida se comprobará el ruido de fondo para asegurar una caída de al menos 10dB y que la potencia emitida está al menos 10dB por encima del ruido de fondo. En caso contrario, se aplicara la corrección por ruido de fondo.

La duración de la medida es de 15 segundos, por lo que cumple con la norma para todo el rango de frecuencias.

Los recintos no son idénticos ni están vacíos, por lo que no es imprescindible la presencia de difusores, aunque en el recinto emisor los hay y el recinto receptor hay mobiliario. Como recinto emisor se utilizará la cámara reverberante, de 206m³, por ser de mayor tamaño que la sala que va a ser utilizada como receptora, de 112'5m³.

Medida del aislamiento acústico

Las posiciones de micrófonos y fuente serán elegidas según la norma, con un total de 10 posiciones en cada sala, 2 de fuente y 5 de micrófono.

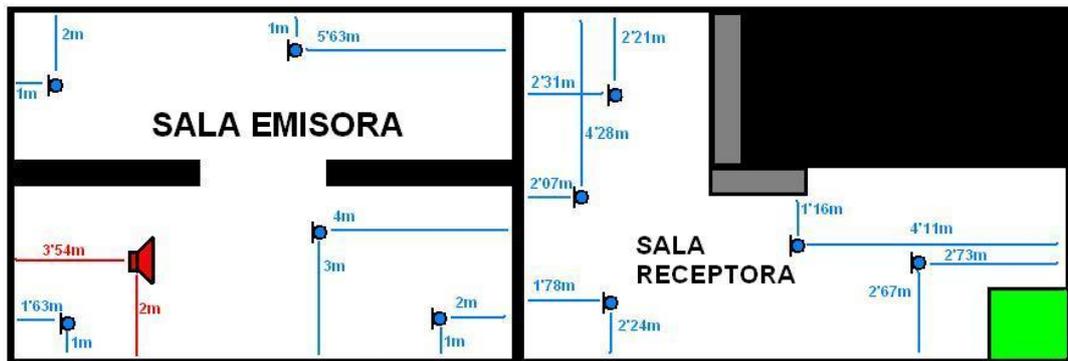


Figura 59. Posiciones de micrófonos y Fuente 1 para la medición Emisión/Recepción

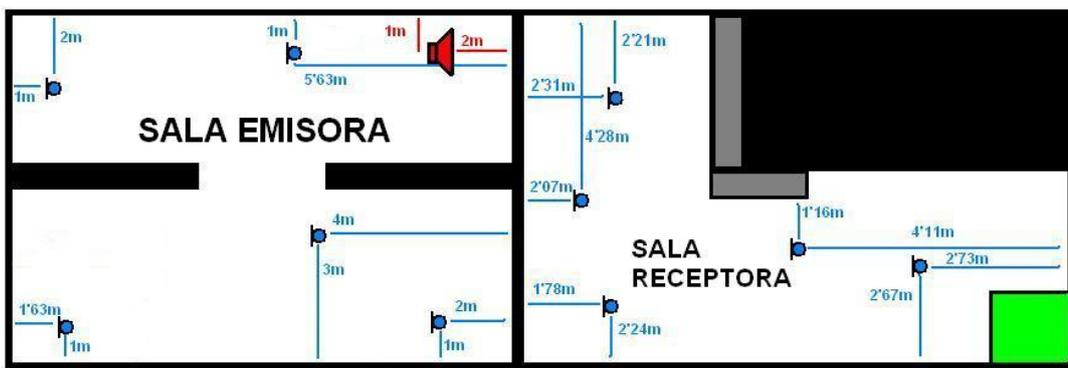


Figura 60. Posiciones de micrófonos y Fuente 2 para la medición Emisión/Recepción

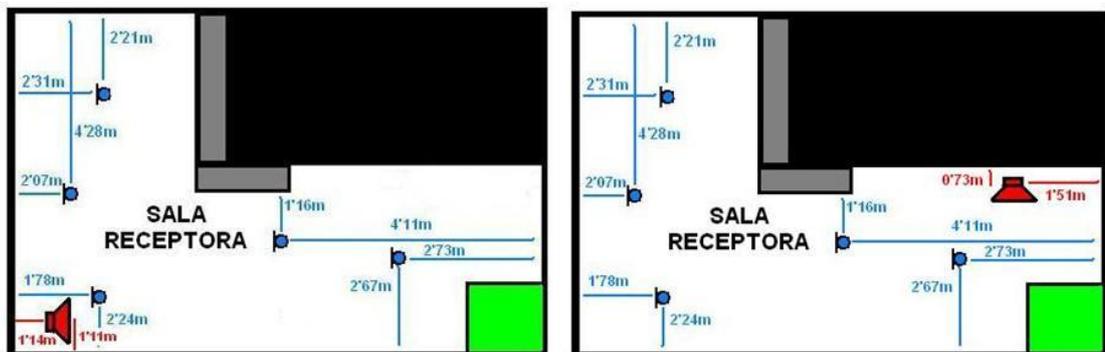


Figura 61. Posiciones de micrófonos y fuentes para la medida del Tiempo de reverberación en la sala receptora. (a) Fuente 1. (b) Fuente 2

Tras tener las posiciones de micrófonos y fuente elegidas, con el PC encendido se procede al registro del hardware con el software dBConfig, tal y como se explica en el correspondiente capítulo.

Una vez terminada, se abre al programa dBAti y se accede a *Configuración de hardware* en la pestaña *Adquisición*. Para esta práctica tendremos los cuatro canales⁸ de

⁸ Por el tipo de licencia adquirida, solo se dispone de un máximo de cuatro canales activos en nuestro NetdB.

Medida del aislamiento acústico

NetdB activados. Al tener dos micrófonos en cada sala es muy importante no olvidar a qué canal corresponden. Por ejemplo, en esta ocasión los canales 1 y 2 corresponden a los micrófonos dentro de la Sala Emisora y los canales 3 y 4 a los de la Sala Receptora.



Figura 62. Conexión de canales de entrada de NetdB.

Una vez se tengan registrados y activados los dos micrófonos, se pasará a la *Calibración* para ajustar los canales, en la misma pestaña de *Adquisición*. Para ello, introduciremos el micrófono en el calibrador encendido y se posará el conjunto en el suelo para que no afecte ningún movimiento a la calibración.

Se pasará entonces a la configuración de la medida en dBati. Se configura una sesión de medida nueva, accediendo a la pestaña *Adquisición*, opción *Nuevo*.

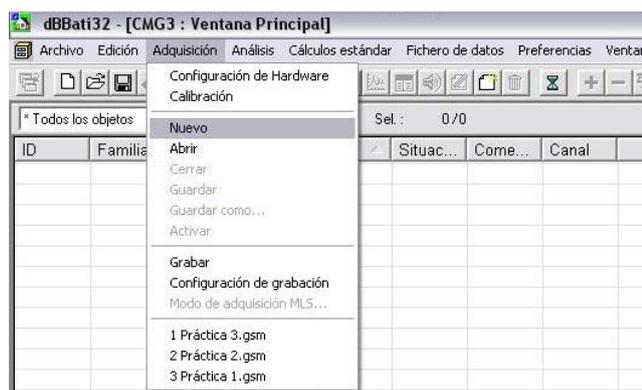


Figura 63. Configuración de una nueva medida.

Se pulsará en *Configurar* en el controlador de media para elegir las medidas a realizar. En esta práctica se elegirán *Background Noise* (Ruido de fondo) y *Reverberation Time* (Tiempo de reverberación) y *Emi/Rec simultaneously* (Medida de emisión y recepción simultánea).



Figura 64. Elección del tipo de medidas a realizar.

Medida del aislamiento acústico

Una vez se hayan seleccionado el tipo de medidas, aparecerán en la pantalla inicial los botones específicos para las mismas, pero antes de realizar las medidas se deberán configurar los parámetros específicos de cada una. Para ello se pulsará el botón *Parámetros*.



Figura 65. Controlador de medida.

Para la medida de Emisión/Recepción configuraremos:

En la pestaña *Adquisición*:

- Canales activos. (Cuatro en este caso, 2 micrófonos en cada sala.)
- Frecuencias. (Según la norma, 1/3 de octava de 100 a 5kHz)⁹
- Duración de la señal. (15s)⁹

En la pestaña *Opciones*:

- Activar el promediado sobre varias señales, en este caso, tres.
- Activar promediado entre señales del mismo tipo.

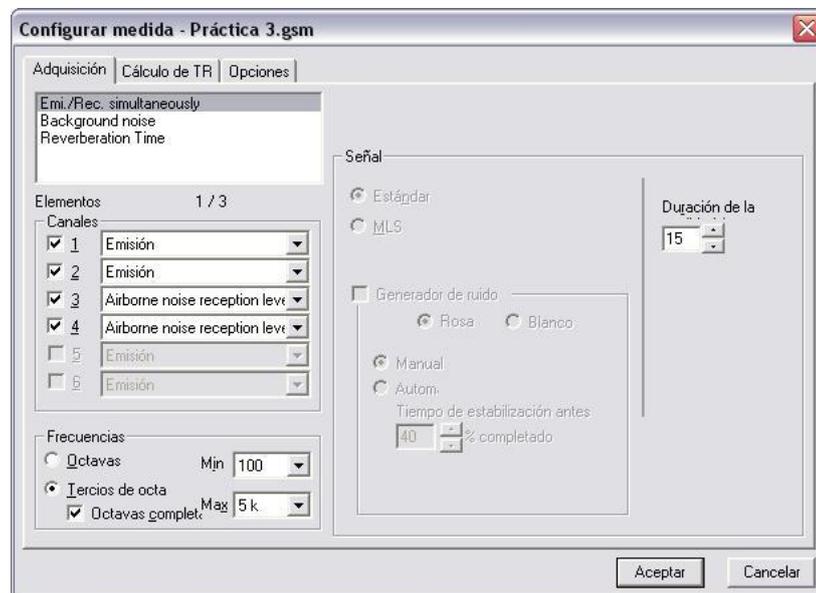


Figura 66. Pestaña Adquisición de la configuración de la medida de Emisión/Recepción.

⁹ Se debe tener una duración de la medida suficiente para que el sonido dentro de la sala llegue a un nivel estacionario estable antes de interrumpir el ruido.

Medida del aislamiento acústico



Figura 67. Pestaña Adquisición de la configuración de la medida de Emisión/Recepción.

Para medir el Ruido de fondo configuraremos:

En la pestaña *Adquisición*:

- Canales activos. (2 en este caso, los nº 3 y 4)¹⁰
- Frecuencias. (Según la norma, 1/3 de octava de 100 a 5kHz)
- Duración de la señal. (15s)

En la pestaña *Opciones*:

- Activar el promediado sobre varias señales, en este caso, tres.

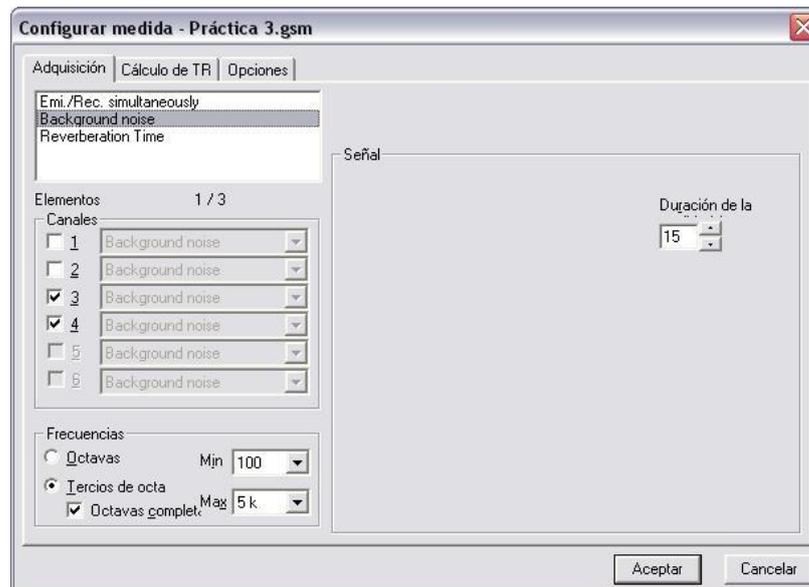


Figura 68. Pestaña Adquisición de la configuración de la medida de Ruido de Fondo.

¹⁰ Solo se mide el ruido de fondo en la sala receptora.

Medida del aislamiento acústico

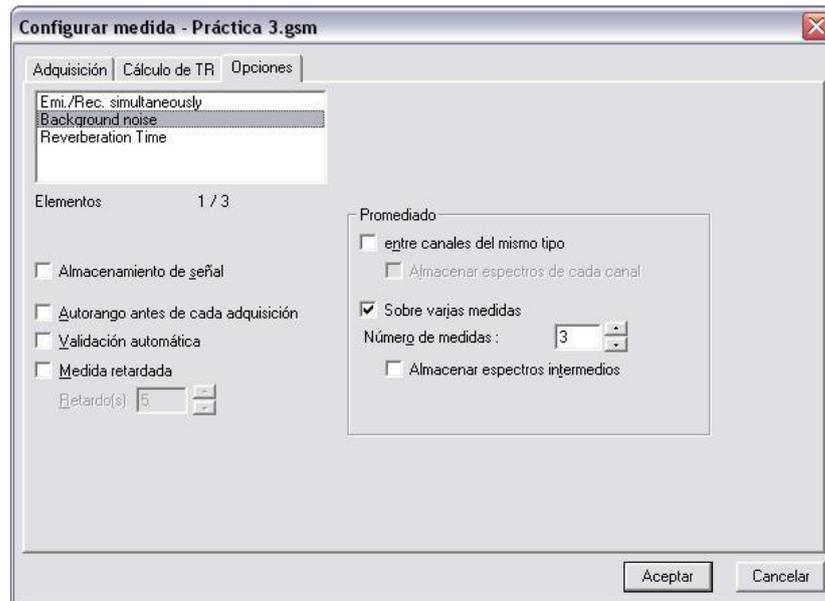


Figura 69. Pestaña Opciones de la configuración de la medida de Ruido de Fondo.

Para la medida de Tiempo de reverberación configuraremos:

En la pestaña *Adquisición*:

- Canales activos. (En este caso, solo tendremos activado el nº3)¹¹
- Frecuencias. (Según la norma, 1/3 de octava de 100 a 5kHz)
- Pasos temporales. (T/12 para un promediado lineal)¹²
- Tipo de señal. (Fuente Impulsiva)
- Duración de la señal.

En la pestaña *Calculo de TR*:

- Comienzo del cálculo de la caída. (-5dB según la norma.)
- Rango dinámico de la caída. (20dB según normal para T₂₀)

En la pestaña *Opciones*:

- Activar el almacenamiento de las caídas.
- Activar el promediado sobre varias señales, en este caso, tres.
- Activar el almacenamiento de espectros intermedios.

¹¹ Solo tendremos un canal, en la sala receptora, para medir el Tiempo de reverberación.

¹² La primera vez que se mida será un poco “a ojo”, pues no se puede saber seguro cual será el Tiempo de reverberación para hacer el cálculo. Si se pone un tiempo de integración y no es el apropiado, se repetirá la medida con los datos correctos para unas caídas adecuadas. Si el tiempo de integración fuese demasiado grande, las caídas no tendrían una buena correlación.

Medida del aislamiento acústico

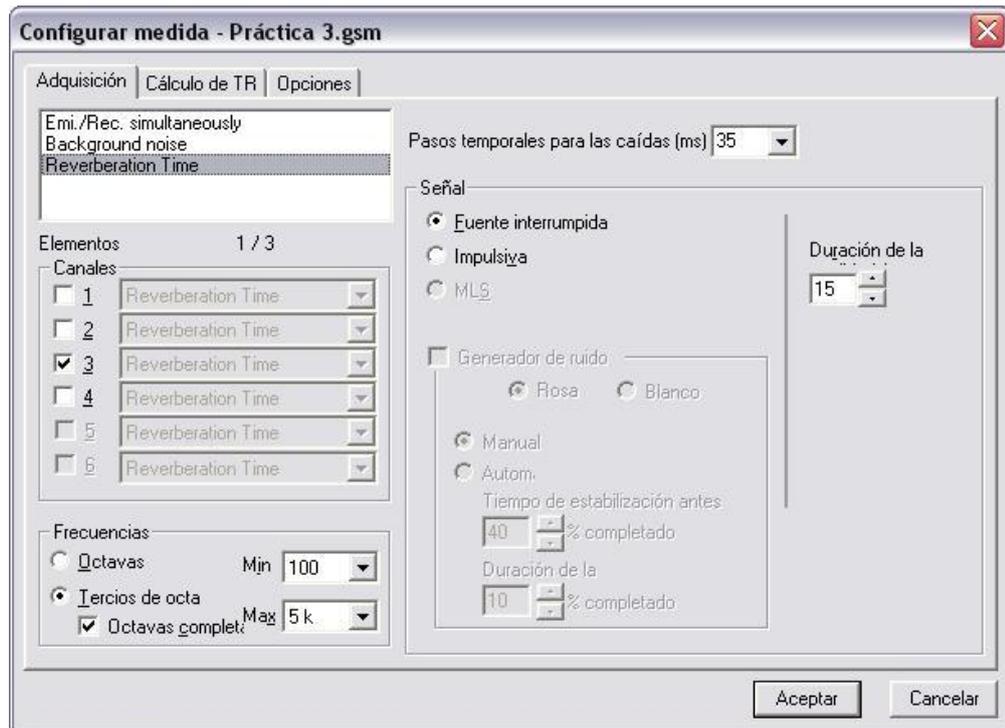


Figura 70. Pestaña Adquisición de la configuración de la medida de Tiempo de reverberación.

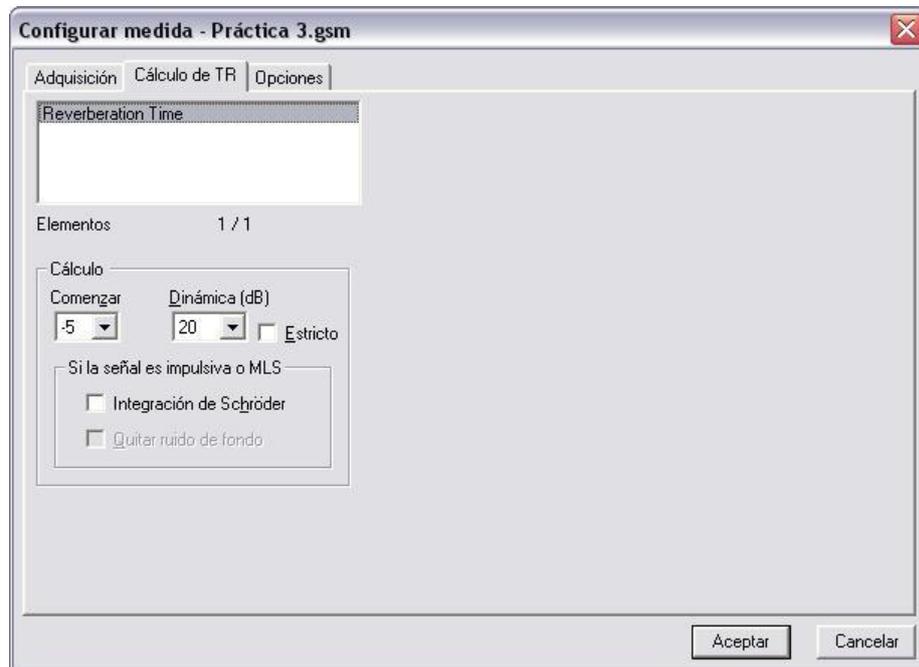


Figura 71. Pestaña Cálculo de TR de la configuración de la medida de Tiempo de reverberación.

Medida del aislamiento acústico



Figura 72. Pestaña Opciones de la configuración de la medida de Tiempo de reverberación.

Una vez esté todo configurado, y se hayan comprobado la temperatura y humedad relativa dentro de la sala, se procederá a medir. Se medirá el nivel sonoro en Emisión y Recepción e inmediatamente después se medirá el Ruido de Fondo en cada posición. Tras ello se medirá el Tiempo de reverberación en la Sala Receptora y con todo los datos sacados se podrán hacer los cálculos de aislamiento acústico.

Medida del aislamiento acústico

Colocaremos tanto en la sala emisora como en la receptora los micrófonos en las dos primeras posiciones y el altavoz en su primera posición. Teniendo en cuenta que contamos solo con dos micrófonos dentro de cada sala y se requieren cinco posiciones, habrá un pequeño lapso de tiempo para cambiar la ubicación de estos, no siendo significativo para la normalización de las medidas.

Para medir el nivel sonoro en la sala emisora y en la receptora usaremos ruido blanco. Aunque NetdB tiene la opción de emitir desde el propio sistema, esta opción requiere de una licencia, que no se tiene. La solución encontrada para emitir ruido interrumpido en la sala es emitirlo desde el PC con el software dBGene de 01dB y transmitirlo a la fuente pasando por el amplificador de potencia.

Configuraremos dBGene con los siguientes parámetros:

- Ganancia 0dB. (Configuraremos la ganancia en el amplificador de potencia)
- Duración limitada a 10 segundos.
- Salida por la tarjeta de audio del PC.

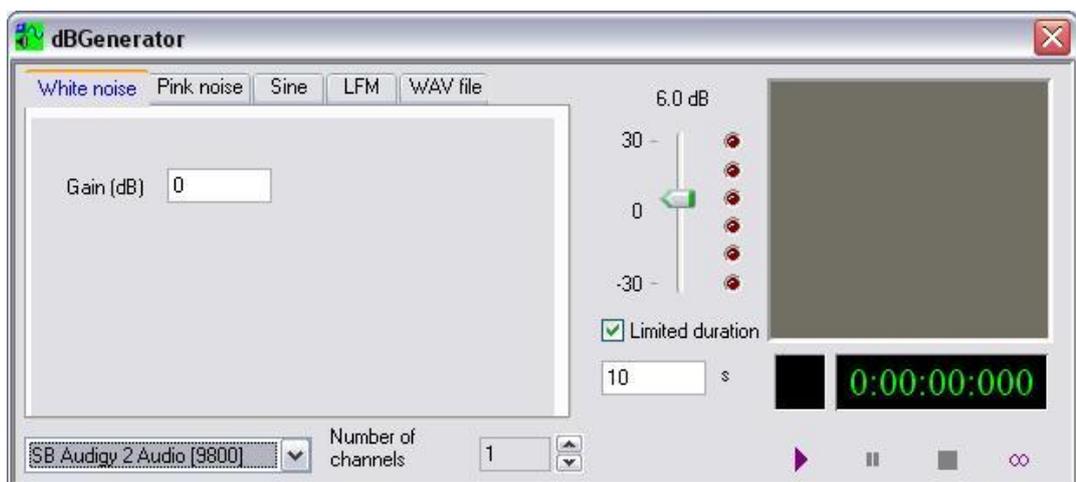


Figura 73. Software dBGene emitiendo Ruido Blanco.

Pulsando en el botón de *Emi/Rec* en el controlador de medida nos saldrá la pantalla correspondiente. Lanzaremos el ruido blanco pulsando *Play* en dBGene y a continuación lanzaremos la medida presionando el botón de *Start* (círculo rojo) en la pantalla de medida de Emisión/Recepción.

Una vez terminada la medida la validaremos si procede. Hemos configurado un promediado de tres medidas, por lo que deberemos repetir este proceso ese número de veces.

Medida del aislamiento acústico

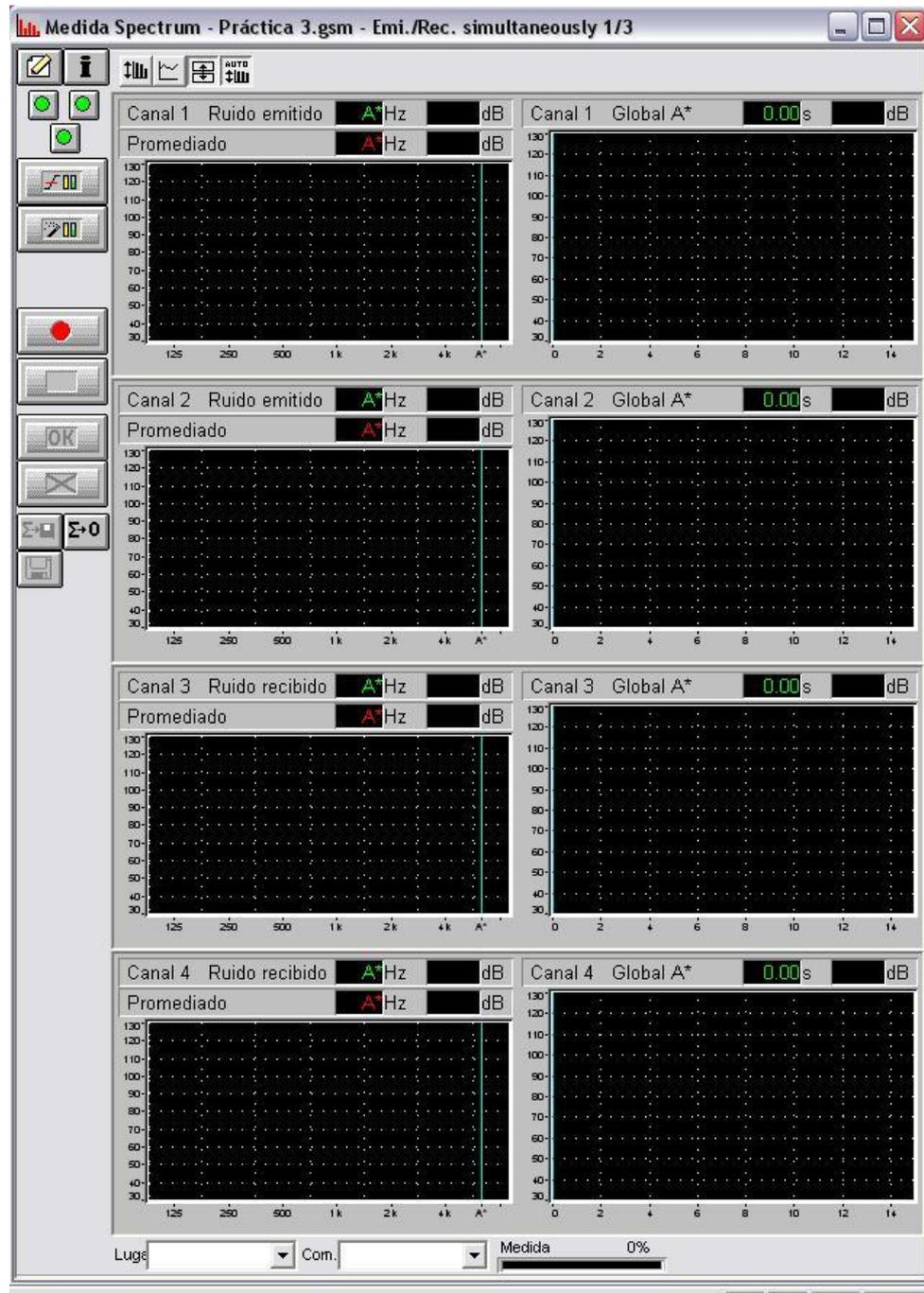


Figura 74. Pantalla de medida del nivel sonoro en Emisión/Recepción. (4 canales)

Una vez hayamos realizado una medida, en las siguientes nos aparecerá en la ventana de promediado una guía mostrándonos los valores de la anterior medida y la medida en curso, para que podamos fijarnos en ella.

Medida del aislamiento acústico

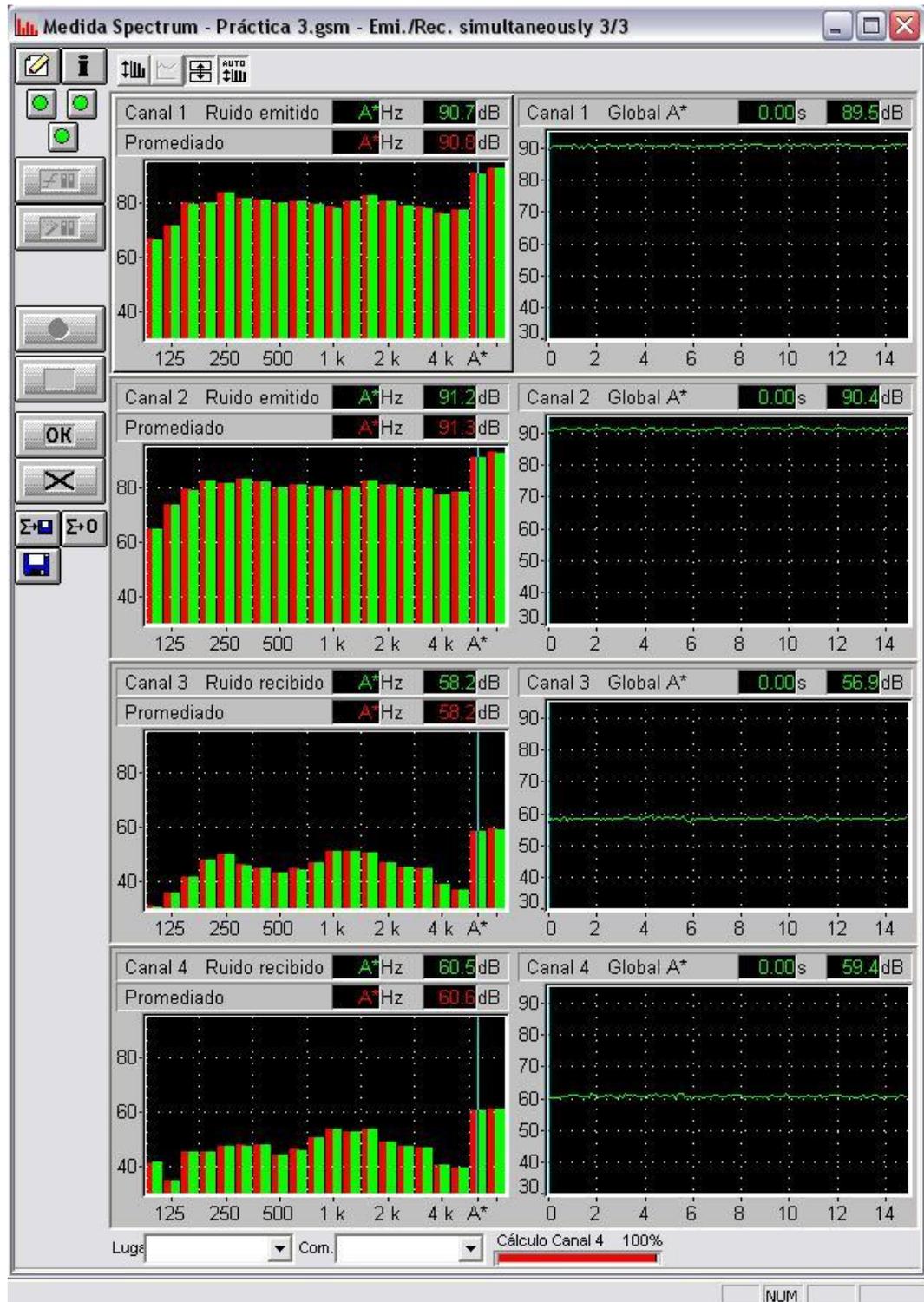


Figura 75. Pantalla de medida de nivel sonoro en Emisión y Recepción.

Inmediatamente después de medir el nivel sonoro, mediremos el Ruido de Fondo en recepción. Para ello lanzaremos la pantalla correspondiente y pulsaremos el botón para empezar la medida, lo validaremos y repetiremos otras dos veces para el promediado, de la misma forma que se hizo con la medida de nivel sonoro.

Medida del aislamiento acústico

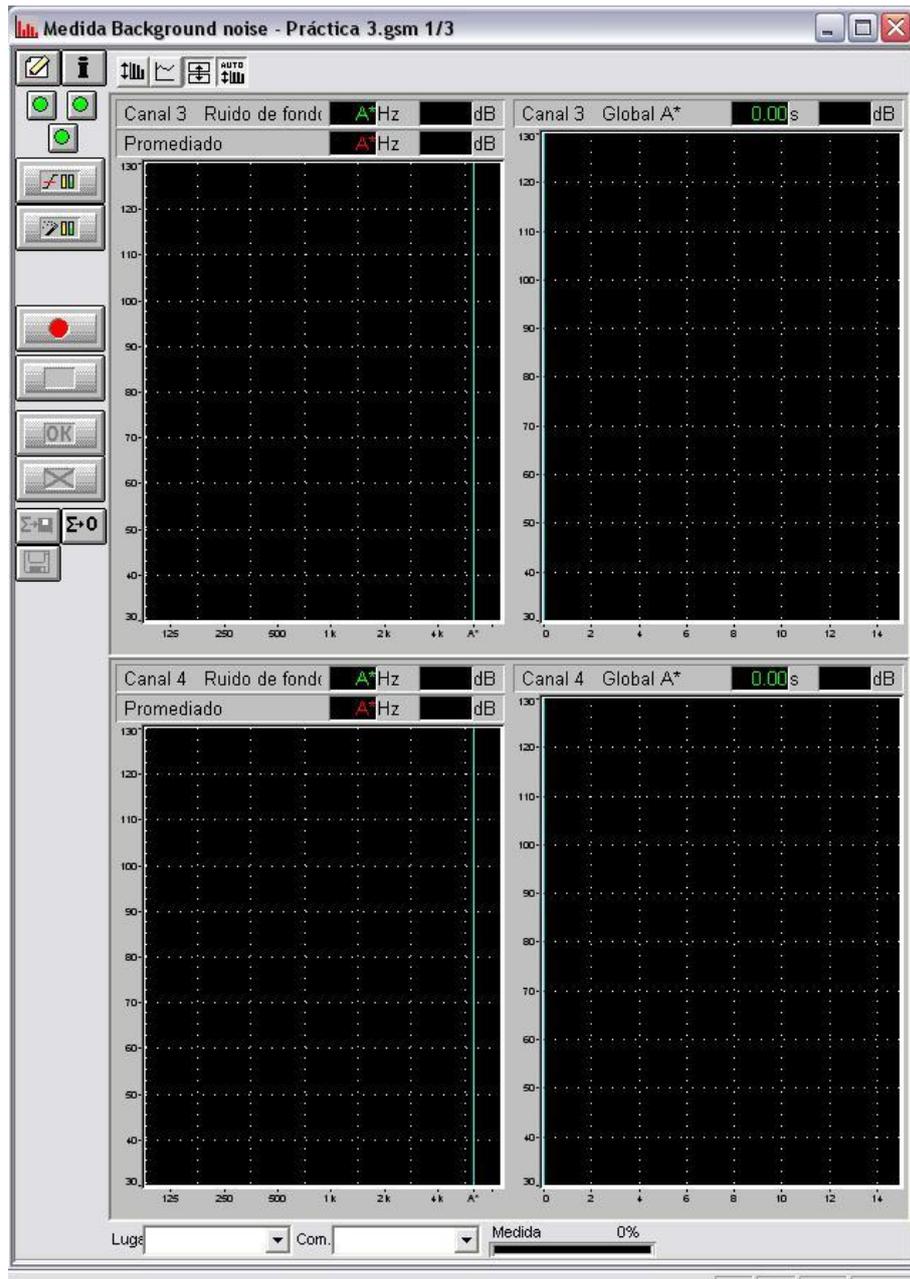


Figura 76. Pantalla de medida del Ruido de Fondo. (2 canales)

Tras esto se cambiarán los micrófonos de posición hasta cubrir las 5 posiciones en cada sala (2 cambios en total) y repetirlo con la segunda posición de la fuente en la sala emisora.

Seleccionando en la lista de medidas una de Emisión, otra de Recepción y una de Ruido de Fondo, se puede sacar una grafica para compararlas. Para ello con las tres seleccionadas (pulsando CTRL en el teclado) pulsar el botón derecho del ratón y seleccionar la opción *Dibujo*.

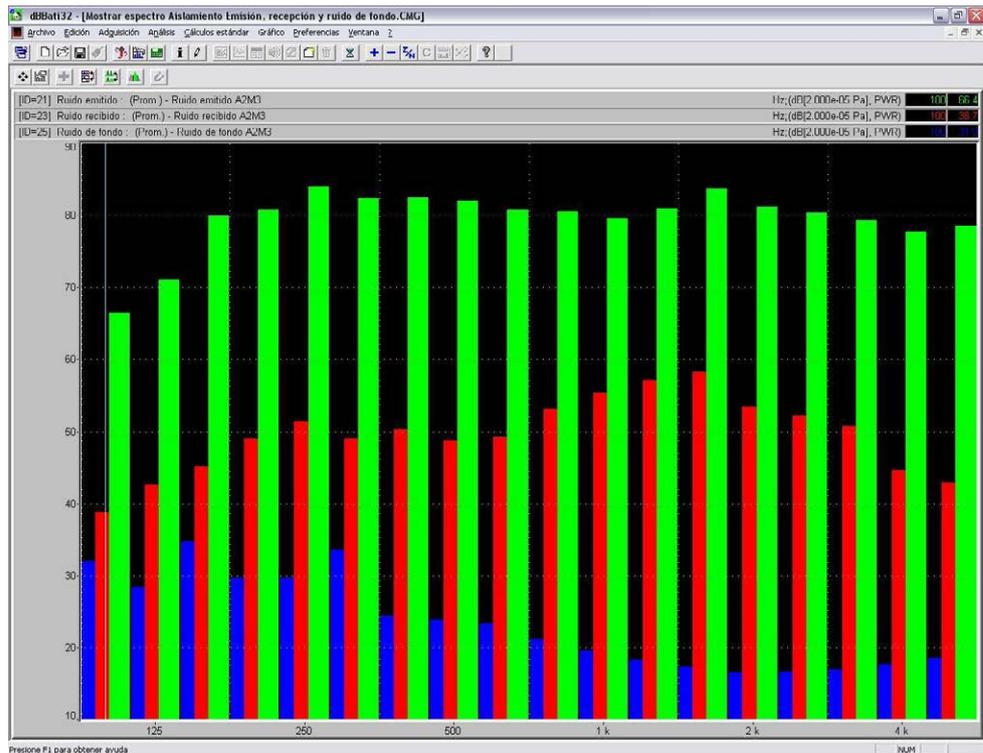


Figura 77. Ejemplo de comparación de niveles sonoros en Emisión, Recepción y Ruido de fondo en Recepción.

Para acabar las medidas precisadas para sacar los datos necesarios para los cálculos de aislamiento acústico es necesario medir el Tiempo de reverberación de la sala receptora, donde colocaremos la fuente sonora auto amplificadora de YAMAHA y el micrófono de medida. Sólo se hará una medida cada vez, por lo que se colocará la fuente y el micrófono en su primera posición respectiva.

Al medir Tiempo de reverberación utilizaremos Ruido Rosa, producido con el software dBGene, el sonido saldrá por la tarjeta de sonido del PC, a la cual irá conectada directamente a la fuente sonora mediante la salida de jack.

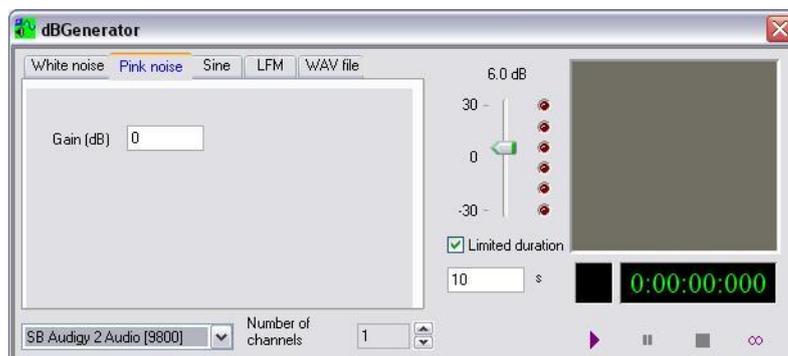


Figura 78. Generación de Ruido Rosa con el software dBGene.

En el controlador de medida pulsaremos el botón de *Reverberation Time*.

Medida del aislamiento acústico



Figura 79. Controlador de medida con la opción Tiempo de reverberación marcada.

Cuando todo esté preparado, pulsar el Play en dBGene y el comienzo de medida en la ventana de Tiempo de reverberación de dBbati. Cuando acabe la medida, si es correcta, y la correlación de las caídas es, en todas las frecuencias, mayor de 0,85, proceder a validar la medida. Repetiremos la medida otras dos veces, para el promediado, antes de cambiar el micrófono de posición.

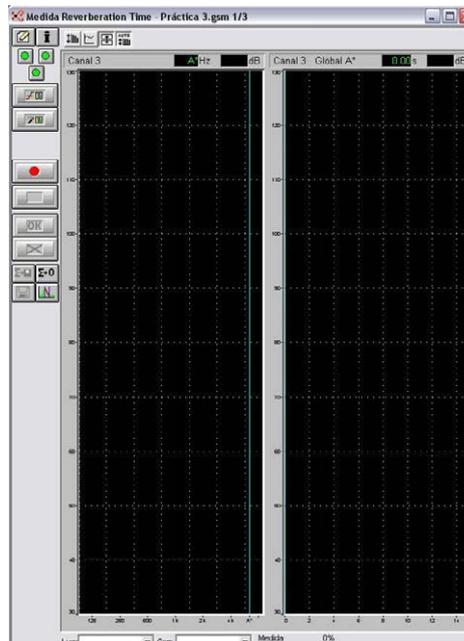


Figura 80. Pantalla de medida del Tiempo de reverberación.

Repetiremos la medida en las otras cuatro posiciones de micrófono y de nuevo con la fuente en la segunda posición.

Tras esto se recogerán todos los datos en un Excel para su procesado.

Para ello se seleccionarán las medidas que se quieran copiar, pulsando con el botón derecho del ratón sobre las medidas aparecerá un menú en el que elegiremos la opción *Listado*.

Esto nos sacará un listado de todas las medidas seleccionadas. Estando en esa pantalla, si se accede al menú *Edición/Copiar* se presentara una pantalla para la elección del formato en que queremos copiar nuestros datos: Imagen o Valores. Se elegirá la opción valores y ya podremos llevar nuestros datos a Excel

Guiones de prácticas.

7. Guiones de prácticas

En este apartado se propondrán unos guiones para la realización de las prácticas expuestas en este proyecto. Estos guiones son una modificación de los originales propuestos por Juan Sancho Gil y Javier Sánchez Jiménez en el libro *Prácticas de Acústica Arquitectónica* de 2003.

7.1. Enunciado práctica Tiempo de reverberación.

CRECIMIENTO Y DECRECIMIENTO DE LA ENERGÍA SONORA EN UN RECINTO. TIEMPO DE REVERBERACIÓN.

OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

Con esta práctica, los alumnos deben aprender a medir el tiempo de reverberación de una sala aplicando un método normalizado. Para realizar las medidas se empleará el sistema de medida NetdB de 01dB y el software dBati, de la misma casa.

Se prestará especial atención sobre cómo elegir correctamente la constante de integración empleada para obtener una adecuada curva de caída de nivel de presión sonora.

Como objetivo final se obtendrá una tabla, en tercios de octava, representativa del tiempo de reverberación de la sala estudiada.

EQUIPAMIENTO A EMPLEAR

- Sistema de medida NetdB, de 01dB.
- Micrófono de medida MI17 de AVM.
- Globos.
- PC
- Cámara reverberante de la escuela.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

La sala empleada para medir el tiempo de reverberación será la cámara reverberante de la Escuela. Como fuente sonora se utilizará la explosión de globos.

Para realizar estas medidas, colocaremos a la persona encargada de explotar los globos, con unos cascos protectores, relativamente cerca de alguno de los rincones del recinto, a más de un metro de cualquiera de las paredes. El micrófono lo situaremos en puntos suficientemente alejados de la fuente y de las paredes de la sala, también a un metro mínimo. Una vez colocados los instrumentos adecuadamente en el interior de la sala, colocaremos la señal procedente del micrófono al canal 1 del sistema de medida NetdB, de acuerdo al esquema de bloques de la figura 1.

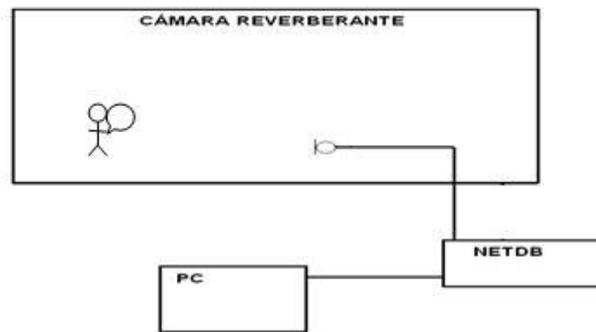


Figura 1. Esquema de bloques para obtener las caídas del nivel de presión sonora u el tiempo de reverberación excitando la sala con una respuesta impulsiva.

Una vez realizadas todas las conexiones procedemos a configurar el sistema de medida. En primer lugar comprobaremos mediante el programa dBConfig que las características de los transductores conectados se corresponden a las incluidas en la base de datos del sistema de medidas, después ejecutaremos el programa dBBati que nos proporcionará los algoritmos necesarios para registrar las caídas y medir el tiempo de reverberación. Con el programa abierto, lo primero que haremos es activar el canal 1 de medida y asignar los transductores correspondientes y a continuación procederemos a calibrar el micrófono y a verificar el correcto funcionamiento del sistema. Hecho esto crearemos un controlador de gestión de medidas, seleccionando como medida a realizar “Tiempo de reverberación”. Posteriormente especificaremos los parámetros específicos para realizar la medida: Señal de excitación, duración total prevista, constante del tiempo de integración, etc. Finalmente se ejecutará el proceso de medida, indicando a la persona en el interior de la sala que puede explotar el globo y se procederá a registrar las caídas del nivel de presión sonora, obteniendo así las caídas y el tiempo de reverberación en bandas de **octava** desde 125Hz hasta 8kHz. Haremos la medida en un punto de la sala. Un hecho a tener en cuenta antes de proceder a registrar las caídas es asegurarnos de que el nivel de emisión de la fuente garantiza, al menos, un margen dinámico útil de 30dB de caída.

Una vez realizado esto, procederemos a caracterizar la cámara reverberante por su tiempo de reverberación medido en **tercios de octava** en el margen de frecuencias desde 100Hz hasta 5000Hz. En este caso haremos las medidas en seis puntos (2 de fuente y tres de micrófono), obteniendo una sola caída en cada punto, por tratarse de una fuente impulsiva.

Para caracterizar un recinto por su tiempo de reverberación deberemos hacer la medida en varios puntos. El número de puntos de medida depende del volumen, la forma y las características de absorción del recinto.

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Durante el desarrollo de la práctica debemos obtener:

1. Registro de la evolución temporal del nivel de presión sonora y tiempo de reverberación, en las bandas de **octava** desde 125Hz hasta 8kHz, situando el micrófono en un solo punto de la sala. Repetir el proceso utilizando una constante de tiempo: a) de 40ms; b) 60ms; c) 80ms.
Para cada una de las caídas registradas visualizar el grado de correlación entre la recta imaginaria trazada por el programa y la caída real. Hágase especial hincapié en las bandas de baja frecuencia. Comprobar cómo generalmente, aumenta el grado de correlación al aumentar la constante de integración.
2. Con la constante de tiempo de 60ms, obténgase la evolución temporal del nivel de presión sonora y el tiempo de reverberación en el mismo punto, en **tercios de octava** desde 100Hz hasta 5000Hz. Vuélvase a comprobar el grado de correlación de la recta imaginaria con la caída real. Cambiar, si fuera necesario, el valor de la constante de tiempo hasta conseguir el grado de correlación superior al 90% en todas las bandas. NOTA: La constante de tiempo del integrador nunca debe exceder el valor $T/12$.
3. Con la constante de tiempo debidamente especificada en el apartado anterior, obtener el tiempo de reverberación en tercios de octava en el punto 1. Los valores obtenidos deben guardarse en una hoja de cálculo de Excel.
4. Repítase el proceso de medida en cinco puntos de la sala, combinando dos posiciones de fuente y tres de micrófono, separadas entre sí más de un metro.
5. Comparar los valores del tiempo de reverberación obtenidos por el método de la respuesta impulsiva medidos en octavas, con los datos medidos en tercios de octava en todas las bandas.

PRESENTACION DE LOS DATOS

Los resultados de medidas se presentaran en las pertinentes tablas de valores y se representaran gráficamente en escala logarítmica de frecuencias. Deberán calcularse el valor medio y la desviación típica sobre datos medidos de carácter homogéneo.

TIEMPO DE REVERBERACIÓN CON DIFERENTES CONSTANTES DE TIEMPO

Frecuencia(Hz)	40ms	60ms	80ms
125			
250			
500			
1000			
2000			
4000			
8000			

TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE LA SALA

Frecuencia (Hz)	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
100					
125					
160					
200					
250					
315					
400					
500					
630					
800					
1000					
1250					
1600					
2000					
2500					
3150					
4000					
5000					

7.2. Enunciado práctica Aislamiento Acústico.

ESTUDIO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE LOCALES

OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

Con esta práctica, los alumnos deben aprender a medir “in situ” el aislamiento a ruido aéreo entre locales según la norma española UNE-EN ISO 140-4:1999

Los resultados obtenidos pueden utilizarse para comparar el aislamiento acústico entre recintos y para comparar los aislamientos acústicos reales medidos con los valores requeridos por la normativa aplicable a los diferentes tipos de construcción en función de sus usos.

El método utilizado nos permitirá conocer los valores del aislamiento acústico al ruido aéreo en función de la frecuencia.

EQUIPAMIENTO A EMPLEAR

Para la realización de las medidas utilizaremos el equipamiento que a continuación se detalla:

- Sistema de medida NetdB, de 01dB.
- 2 micrófonos de medida MI17 de AVM.
- Fuente sonora dodecaédrica DO12 de AVM.
- Amplificador de potencia.
- Fuente sonora auto amplificada de YAMAHA.
- PC.
- Cámara reverberante de la escuela.

DIAGRAMA DE BLOQUES

En la figura 1 puede observarse el diagrama de bloques utilizado para la realización de la practica. La medida del aislamiento acústico se realizará con la fuente omnidireccional dentro de la sala emisora. Para la medida del tiempo de reverberación del recinto receptor, se utilizará la fuente auto amplificada en este recinto.

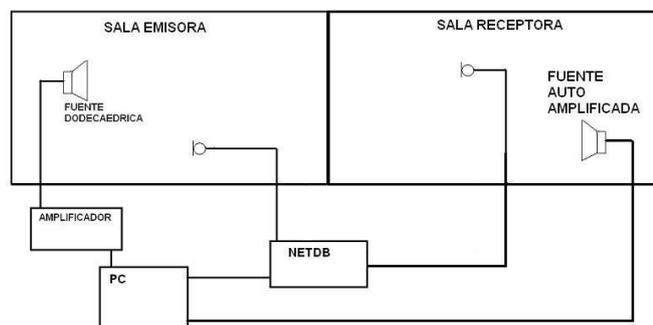


Figura 1. Diagrama de bloques para la medida del aislamiento al ruido aéreo.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Antes de comenzar las medidas se debe calibrar el sistema de medida para estar seguros de que los valores obtenidos se corresponden con la realidad.

Las medidas in situ de aislamiento acústico al ruido aéreo deben realizarse en bandas de tercio de octava y en un margen de frecuencias que ha incluir, al menos, las frecuencias centrales comprendidas entre los 100 y los 3150 Hz.

Si la generación del campo sonoro en el recinto emisor se utiliza un ruido de banda ancha, se recomienda la utilización de ruido blanco. El espectro sonoro en el recinto emisor no debe tener diferencias de nivel mayores de 6dB entre bandas de tercio de octava adyacentes.

Para la medida del aislamiento acústico se deben hacer las siguientes medidas:

- Medida del nivel de presión sonora en el recinto emisor.
- Medida del nivel de presión sonora en el recinto receptor.
- Medida del ruido de fondo en el recinto receptor.
- Medida del tiempo de reverberación en el recinto receptor.

Corrección por ruido de fondo.

El nivel de presión sonora del ruido de fondo en el recinto receptor ha de ser, al menos, 6dB (y preferiblemente 10dB) menor que el nivel combinado de señal y ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia. Si la diferencia de niveles es menor que 10dB pero mayor que 6dB, se calculan las correcciones de acuerdo a la ecuación:

$$L = 10 \log \left(10^{\frac{L_{sb}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}} \right) dB \quad (1)$$

Donde:

L es el nivel de la señal corregido, en decibelios;

L_{sb} es el nivel combinado de señal y ruido de fondo, en decibelios;

L_b es el nivel de ruido de fondo, en decibelios.

Si la diferencia de niveles es inferior o igual a 6dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, se utiliza la corrección 1'3dB correspondiente a una diferencia de 6dB. En este caso se reflejará en el informe que los valores de D_n , D_{nT} o R' dados son límites de la medición.

Posiciones de micrófono.

En esta práctica vamos a utilizar la opción de un solo micrófono y una única fuente en cada sala, por lo que los requisitos que se mencionaran a continuación son los correspondientes a esta manera de proceder.

Las posiciones de micrófono estarán separadas, al menos, 0'7m entre sí. Existirá una separación de, por lo menos, 0'5m entre las posiciones del micrófono y las paredes y más de 1m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.

Se utilizaran un mínimo de cinco posiciones del micrófono en cada recinto.

Se realizara un mínimo de 10 medidas (por ejemplo, una medida en cada posición del micrófono para cada posición de fuente sonora) en cada uno de los recintos.

Para bandas de frecuencia con frecuencias centrales inferiores a 400Hz, el tiempo de promediado será de, al menos, 6 segundos, pudiéndose reducir este tiempo de promediado a 4 segundos para bandas de frecuencia superiores. Por motivos prácticos aplicaremos un tiempo de promediado superior a 6 segundos para todo el margen de frecuencias.

El margen de bandas de frecuencia a las que se realiza el estudio se extiende desde los 100Hz hasta los 5000Hz.

Posiciones de la fuente sonora.

Si solo se utiliza una fuente sonora, ésta debería situarse al menos en dos posiciones.

Si los recintos tienen diferentes volúmenes, siempre que no se acuerde lo contrario, para la evaluación de la diferencia de nivel estandarizada, el de mayor volumen debería utilizarse como recinto emisor.

Si se utilizan diferentes posiciones de la fuente sonora, la distancia entre ellas no ha de ser inferior a 0'7m. Si solamente se utilizan dos posiciones, la distancia entre estas ha de ser de, al menos, 1'4m.

La distancia entre los bordes del recinto y el centro de la fuente sonora no debe ser menor que 0'5m.

Las diferentes posiciones de la fuente sonora no deben situarse en un mismo plano paralelo a las paredes del recinto.

Cuando las medidas se realicen en recintos pequeños, a menudo es una ventaja emplear posiciones de altavoz en las esquinas del recinto emisor, aunque se desvíe de los requisitos que se acaban de mencionar. Se tendrá especial cuidado con las posibles transmisiones indirectas.

Medida del tiempo de reverberación.

El tiempo de reverberación se medirá según la norma UNE EN 20354 y se determinará utilizando la fórmula de Sabine. Para esta medida se utilizará ruido rosa.

La evaluación del tiempo de reverberación a partir de la curva de caída, empezará alrededor de 0,1 s después de que la fuente sonora haya dejado de emitir o a partir de que el nivel de presión sonora caiga algunos decibelios respecto del nivel del estado estacionario, usualmente, 5 dB por debajo de este. El rango utilizado no deberá ser menor que 20 dB, y no debe ser tan grande que la caída observada no se pueda aproximar a una línea recta. El extremo inferior de este rango debe estar, al menos, 10 dB sobre el nivel del ruido de fondo.

El número mínimo de mediciones requerido para cada banda de frecuencia es de seis caídas. Se deberá utilizar, al menos, una posición de altavoz y tres posiciones de micrófono con dos lecturas en cada caso.

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

De la definición de los distintos índices de valoración del aislamiento acústico, se desprende la necesidad de efectuar las siguientes medidas:

1. Niveles de presión sonora medio (promedio espacio-temporal), a las diferentes bandas de frecuencia, en los recintos emisor y receptor, con una fuente sonora radiando en el recinto emisor.
2. Nivel de presión sonora medio del ruido de fondo, en función de la frecuencia, del recinto receptor, con el fin de evaluar si es necesario aplicar la corrección por ruido de fondo en alguna de las bandas de frecuencia a los niveles de presión sonora obtenidos en el punto anterior.
3. Tiempo de reverberación del recinto receptor a las diferentes bandas de frecuencia.
4. Superficie del elemento separador que es común a los dos locales y volumen del recinto receptor.
5. Se calculará el índice de reducción sonora aparente, R' , y se representarán gráficamente los valores obtenidos en función de la frecuencia.

PRESENTACION DE LOS DATOS

Se deben dar los valores de la diferencia de nivel normalizada, la diferencia de nivel estandarizada o el índice de reducción sonora aparente, para todas las frecuencias de medida, con una cifra decimal, en formas tabular y grafica. Las graficas en el informe de ensayo deberán mostrar el valor en decibelios dibujado en función de la frecuencia, esta última en escala logarítmica, además a cada banda de tercio de octava se le asignara un tamaño de 5mm y cada intervalo de 10dB tendrá un tamaño de 20mm.

El informe de medida debe contener:

- Una referencia a esta parte de la Norma UNE EN ISO 140-4:1999;
- Nombre del laboratorio que ha llevado a cabo la medición.
- Fecha del ensayo.
- Volumen de ambos recintos.
- El área S empleada para la evaluación de R'.
- Una breve descripción de los detalles del procedimiento y del equipo.
- Cuando el nivel de presión sonora en alguna banda no es medible a causa del ruido de fondo, se debe indicar que resultados de D_n , D_{nT} o R' que deben ser tomados como límite de las medidas.

Medida del aislamiento acústico a ruido aéreo

Frec. [Hz]	L emisión [dB]	L recepción [dB]	TR [s]	D [dB]	D_n [dB]	D_{nt} [dB]	A [m ²]	R' [dB]
100								
125								
160								
200								
250								
315								
400								
500								
630								
800								
1000								
1250								
1600								
2000								
2500								
3150								
4000								
5000								

Resultados

8. Resultados.

En este capítulo se detallarán los resultados obtenidos en las medidas realizadas.

8.1. Medida del tiempo de reverberación.

En esta práctica los cálculos a realizar serán:

- Comprobación de que la Relación Señal/Ruido es, al menos, de 35dB.
- Tiempo de reverberación ponderado en cada posición y para cada banda de frecuencia.

El programa promedia las tres medidas realizadas en una misma posición, por lo que con lo que se trabajará es con una lista de datos por bandas de frecuencia en cada posición.

Se comprueba que, tal como indica la norma, todas las medidas tienen al menos una relación Señal/Ruido de 35dB, es decir, la resta del nivel de presión acústica de pico con el ruido de fondo es mayor o igual a esa cifra. Esto se ha comprobado en cada medida, aquí se mostrará solamente con el promedio de todas las posiciones.

Tabla 1. Comprobación de la relación Señal/Ruido.

Frecuencia [Hz]	Valor Presión Sonora [dB]	Ruido de fondo [dB]	Diferencia [dB]
100	89,6	27,8	61,7
125	92,7	22,4	70,3
160	96,4	23,1	73,3
200	87,8	25,1	62,7
250	98,6	17,7	80,8
315	96,6	19,1	77,5
400	95,1	16,1	79,0
500	94,3	15,2	79,0
630	96,4	15,2	81,1
800	97,9	14,9	83,0
1000	99,2	14,9	84,3
1250	99,1	15,3	83,8
1600	98,2	15,7	82,5
2000	97,5	16,4	81,1
2500	96,8	16,5	80,2
3150	94,3	17,1	77,1
4000	93,5	17,7	75,8
5000	91,4	18,9	72,5

En todas las bandas de frecuencia, el valor del nivel sonoro es muy superior al nivel de ruido de fondo, supera ampliamente el límite mínimo impuesto en la norma.

En la siguiente grafica se puede ver una de las caídas con las que se ha medido el tiempo de reverberación. En ella vemos el valor de pico de la presión sonora, el nivel de ruido de fondo y la caída con la que hemos medido T20.

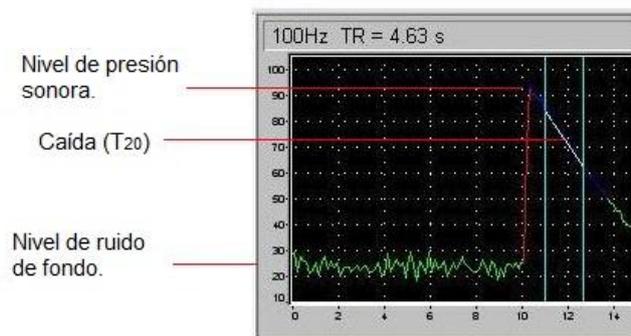


Figura 81. Ejemplo de caída para la medida del Tiempo de Reverberación.

A continuación se presentan los resultados de la medida de Tiempo de Reverberación por bandas de frecuencia. Como ya se ha explicado, se ha medido el tiempo de reverberación en cuatro posiciones de micrófono por cada posición de fuente, promediando éstas, se presentan los resultados por cada posición de fuente.

Tabla 2. Valores del Tiempo de Reverberación.

Frecuencia [Hz]	TR en Posición 1 de Fuente [s]	TR en Posición 2 de Fuente [s]	TR en Posición 3 de Fuente [s]	Mediana de TR	Desviación típica.
100	4,25	4,30	4,79	4,44	0,30
125	4,58	4,97	4,78	4,78	0,20
160	5,23	5,54	4,64	5,14	0,46
200	5,79	5,38	5,53	5,56	0,20
250	5,31	5,60	5,42	5,44	0,15
315	5,32	5,67	5,45	5,48	0,18
400	5,28	5,29	5,27	5,28	0,01
500	4,88	5,00	4,93	4,93	0,06
630	5,01	5,26	5,09	5,12	0,13
800	5,16	5,37	5,22	5,25	0,11
1000	5,14	5,27	5,29	5,23	0,08
1250	5,25	5,04	5,11	5,13	0,11
1600	4,67	4,66	4,78	4,70	0,06
2000	4,34	4,24	4,23	4,27	0,06
2500	3,88	3,83	3,80	3,84	0,04
3150	3,23	3,27	3,32	3,28	0,05
4000	2,67	2,75	2,71	2,71	0,04
5000	2,14	2,21	2,17	2,17	0,03

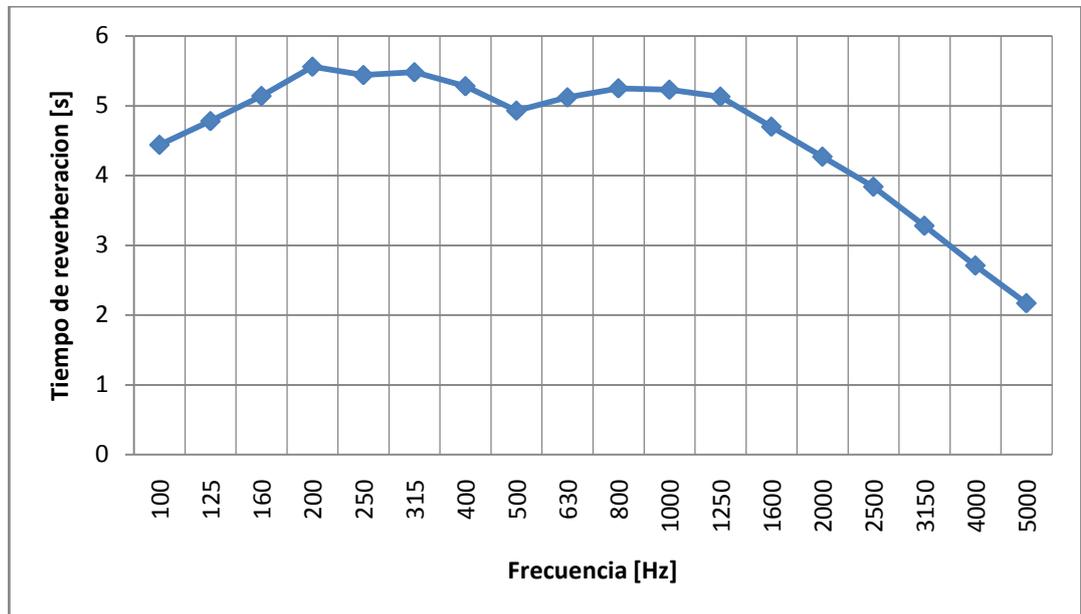


Figura 82. Grafico de valores del tiempo de reverberación.

8.2. Medida del aislamiento acústico.

En esta práctica los cálculos a realizar serán:

- Volúmenes de ambos recintos.
- Correcciones por ruido de fondo.
- Tiempo de reverberación en la sala receptora.
- Diferencias de nivel en Emisión y Recepción, D.
- Área de absorción sonora equivalente, A.
- Diferencia de niveles normalizada (D_N) y estandarizada (D_{NT}) entre los recintos
- Área del elemento separador, S
- Índice de reducción sonora aparente, R'

Volumen de los recintos.

Para decidir cuál de los recintos actúa como emisor y cual como receptor, la norma nos dice que el mayor, siempre será el receptor.

Tabla 3. Volúmenes de las salas.

Sala	Volumen [m ³]
Cámara reverberante	206
Aula laboratorio acústica.	112

Se elegirá la cámara reverberante como Sala Emisora por ser la de mayor tamaño.

Área del elemento separador.

El elemento separador entre ambas salas tiene unas medidas de 7'7m x 2'9m, por lo que su área es de:

$$S=22'3\text{m}^2$$

Correcciones por ruido de fondo.

Es necesario realizar una corrección por ruido de fondo en el nivel de presión sonora recibido si este no es de, al menos, 10dB más que el ruido de fondo en esa misma sala.

La corrección depende de la relación Señal-Ruido. Si esta es menor de 6dB, aplicaremos una corrección de 1'3dB. Si la diferencia está entre 10 y 6db, se aplica la Ecuación 9.

En la tabla 4 podemos ver un ejemplo real de corrección por ruido de fondo. En la banda de frecuencia de 100Hz se ha aplicado la corrección de 1'3dB, correspondiente a una diferencia de niveles menos de 6dB. En la banda de 250hZ se ha aplicado la formula, ya que se tiene una diferencia de nivel entre 6 y 10dB.

Tabla 4. Ejemplo de corrección por ruido de fondo.

Frecuencia [Hz]	Ruido recibido (L_{sb}) [dB]	Ruido de fondo (L_b) [dB]	Diferencia $L_{sb}-L_b$	L corregido [dB]
100	40,8	39,4	1,4	39,5
125	36,0	26,1	9,9	35,5
160	45,2	31,5	13,7	45,2
200	44,9	27,5	17,4	44,9
250	47,0	28,7	18,3	47,0
315	49,3	29,9	19,4	49,3
400	48,0	23,2	24,8	48,0
500	47,0	23,2	23,8	47,0
630	46,2	21,8	24,4	46,2
800	52,0	20,8	31,2	52,0
1000	54,5	19,8	34,7	54,5
1250	55,1	19,5	35,6	55,1
1600	55,0	19,4	35,6	55,0
2000	51,1	19,1	32,0	51,1
2500	49,0	19,3	29,7	49,0
3150	47,8	19,7	28,1	47,8
4000	41,6	20,0	21,6	41,6
5000	40,6	20,6	20,0	40,6

Una vez hechas todas las correcciones, los niveles en la sala receptora quedan de la siguiente forma. Se ha marcado en negrita las frecuencias que han sufrido corrección.

Tabla 5. Niveles de presión sonora en recepción corregidos.

Frec [Hz]	L rec A1M1 [dB]	L rec A1M2 [dB]	L rec A1M3 [dB]	L rec A1M4 [dB]	L rec A1M5 [dB]	L rec A2M1 [dB]	L rec A2M2 [dB]	L rec A2M3 [dB]	L rec A2M4 [dB]	L rec A2M5 [dB]
100	34,4	41,9	35,9	34,2	43,5	32,1	39,5	37,6	35,5	41,5
125	39,1	38,3	40,0	42,7	39,2	36,3	35,5	42,5	43,9	40,1
160	45,1	46,4	45,4	42,9	45,3	42,5	45,2	45,1	43,7	44,1
200	50,5	47,4	50,2	49,5	49,5	48,3	44,9	49,0	48,1	47,0
250	52,1	50,9	52,9	50,3	52,5	50,8	47,0	51,4	53,8	53,2
315	49,8	52,3	50,8	52,2	53,7	45,9	49,3	49,0	51,8	52,7
400	48,2	51,7	50,2	51,4	49,8	46,0	48,0	50,2	50,7	49,7
500	47,8	50,8	50,3	48,2	49,6	45,1	47,0	48,6	48,7	49,0
630	49,0	50,3	49,3	51,3	50,8	45,5	46,2	49,2	50,1	49,0
800	51,5	53,5	53,0	53,3	54,0	49,4	52,0	53,0	53,1	53,1
1000	54,2	55,3	55,9	56,0	57,7	53,0	54,5	55,3	55,5	55,4
1250	55,9	56,9	57,3	57,8	57,8	53,8	55,1	57,0	57,1	57,6
1600	56,1	57,2	57,6	57,6	58,3	54,4	55,0	58,2	57,7	57,8
2000	53,1	54,0	54,2	53,6	54,2	49,5	51,1	53,4	53,5	53,1
2500	51,1	52,3	52,0	51,7	52,4	48,4	49,0	52,1	52,4	51,8
3150	50,0	50,3	51,2	50,9	50,7	47,5	47,8	50,6	50,4	50,4
4000	43,9	44,0	45,3	44,4	45,0	41,4	41,6	44,5	43,8	44,5
5000	42,7	44,2	43,9	44,2	44,7	39,3	40,6	42,9	43,2	43,1

Se observa que todos los niveles en la primera banda de frecuencia (100Hz) han tenido que ser corregidos, y algunos de otras bajas frecuencias. Esto se debe a que el ruido de fondo es más intenso en baja frecuencia, y el nivel recibido desde la otra sala es de menor nivel a estas frecuencias. En el resto de bandas la diferencia es muy superior, llegando, en algunos casos a 40dB de diferencia.

Tabla 6. Media y desviación típica de las medidas de nivel de presión recibido.

Frecuencia (Hz)	Lrec Medio [dB]	Desviación Típica
100	38,9	3,82
125	39,9	2,55
160	44,6	1,22
200	48,4	1,69
250	51,5	1,95
315	50,8	2,30
400	49,6	1,74
500	48,5	1,65
630	49,1	1,87
800	52,6	1,33
1000	55,3	1,24
1250	56,6	1,31
1600	57,0	1,37
2000	53,0	1,51
2500	51,3	1,44
3150	50,0	1,27
4000	43,8	1,32
5000	42,9	1,70

Niveles de presión sonora en emisión y recepción.

En la tabla 6 se presentan los niveles medios de presión sonora, promediados mediante la Ecuación 2, en emisión y recepción por bandas de tercio de octava. Los valores del nivel de presión en recepción ya han sido corregidos.

Tabla 7. Valores de los niveles de presión sonora en las salas.

Frecuencia [Hz]	L emisión [dB]	L recepción [dB]
100	68,7	37,6
125	72,9	39,7
160	79,2	44,5
200	82,8	48,4
250	83,0	51,4
315	82,8	50,7
400	82,7	49,5
500	81,8	48,5
630	81,3	49,0
800	80,8	52,5
1000	79,8	55,2
1250	81,2	56,6
1600	83,3	57,0
2000	81,5	52,9
2500	80,3	51,3
3150	79,4	49,9
4000	77,7	43,8
5000	78,9	42,8

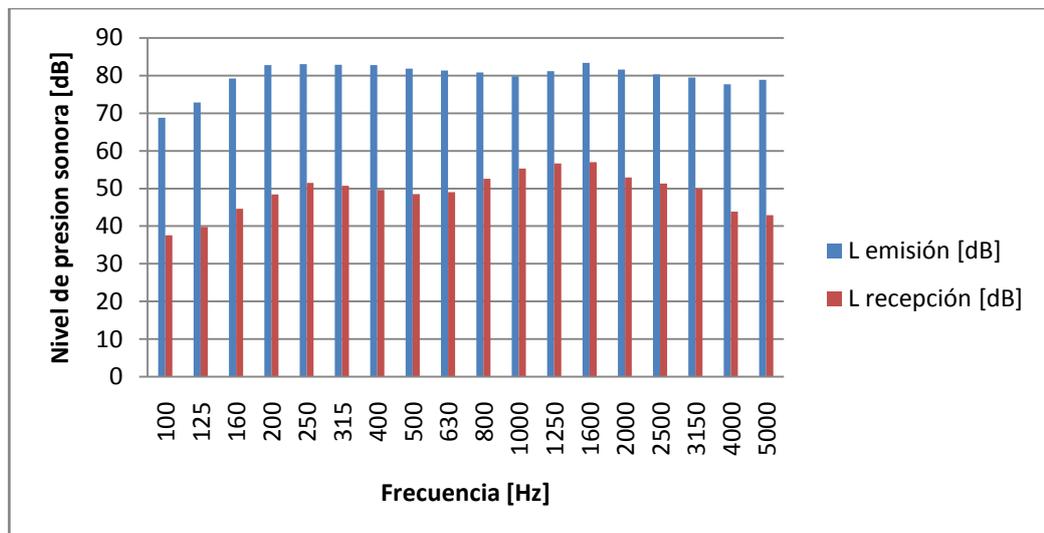


Figura 83. Valores de los niveles de presión sonora en emisión y en recepción.

Diferencias de nivel en los recintos.

Con las correcciones ya aplicadas procedemos a medir la diferencia de nivel entre los recintos.

Esto se hará restando el nivel de presión sonora recogido en la sala emisora al nivel en la sala receptora, después de las oportunas correcciones.

Tabla 8. Valor de la diferencia de nivel entre recinto.

Frecuencia [Hz]	L emisión [dB]	L recepción [dB]	D [dB]
100	68,7	37,6	31,1
125	72,9	39,7	33,1
160	79,2	44,5	34,6
200	82,8	48,4	34,3
250	83,0	51,4	31,5
315	82,8	50,7	32,1
400	82,7	49,5	33,1
500	81,8	48,5	33,3
630	81,3	49,0	32,2
800	80,8	52,5	28,2
1000	79,8	55,2	24,5
1250	81,2	56,6	24,5
1600	83,3	57,0	26,3
2000	81,5	52,9	28,6
2500	80,3	51,3	29,0
3150	79,4	49,9	29,4
4000	77,7	43,8	33,8
5000	78,9	42,8	36,0

Tiempo de reverberación en la sala receptora.

Se realiza un promedio entre todas las posiciones en las que se ha medido el tiempo de reverberación.

Tabla 9. Valores del Tiempo de reverberación en la sala receptora.

Frecuencia [Hz]	Tiempo de reverberación (s)	Desviación típica
100	0,52	0,09
125	0,53	0,18
160	0,61	0,07
200	0,51	0,11
250	0,55	0,08
315	0,49	0,08
400	0,52	0,11
500	0,50	0,04
630	0,44	0,07
800	0,42	0,04
1000	0,45	0,04
1250	0,48	0,03
1600	0,48	0,04
2000	0,50	0,05
2500	0,50	0,03
3150	0,48	0,02
4000	0,48	0,02
5000	0,48	0,02

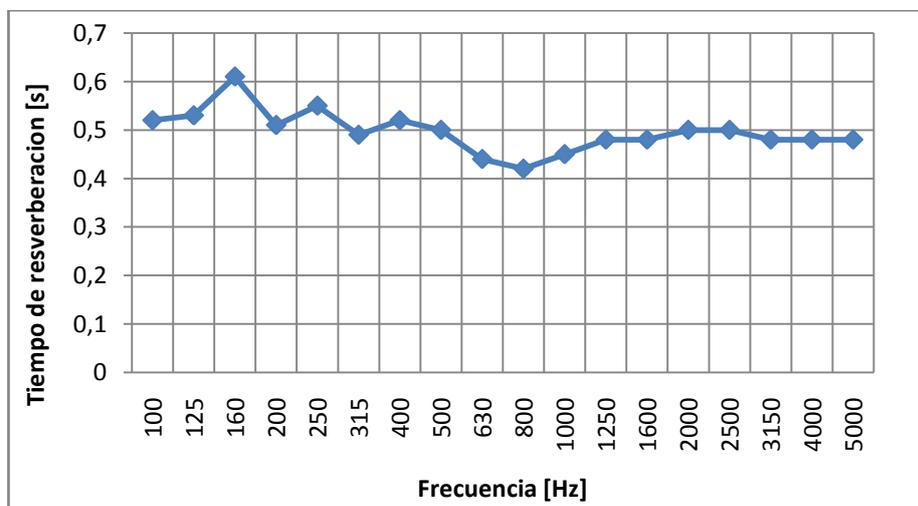


Figura 84. Valores del tiempo de reverberación en recepción.

Área de absorción sonora equivalente.

Se calcula el área de absorción equivalente, A, para cada banda de frecuencia, de acuerdo a la formula de Sabine,

$$A = \frac{0.161V}{T} [\text{m}^2] \quad (10)$$

Tabla 10. Valores del Área de Absorción Sonora Equivalente.

Frecuencia [Hz]	TR [s]	Área de absorción equivalente [m ²]
100	0,52	34,7
125	0,53	33,8
160	0,61	29,7
200	0,51	35,0
250	0,55	32,8
315	0,49	36,9
400	0,52	34,8
500	0,50	36,3
630	0,44	41,0
800	0,42	42,8
1000	0,45	40,3
1250	0,48	37,4
1600	0,48	37,3
2000	0,50	35,9
2500	0,50	36,3
3150	0,48	37,3
4000	0,48	37,2
5000	0,48	37,8

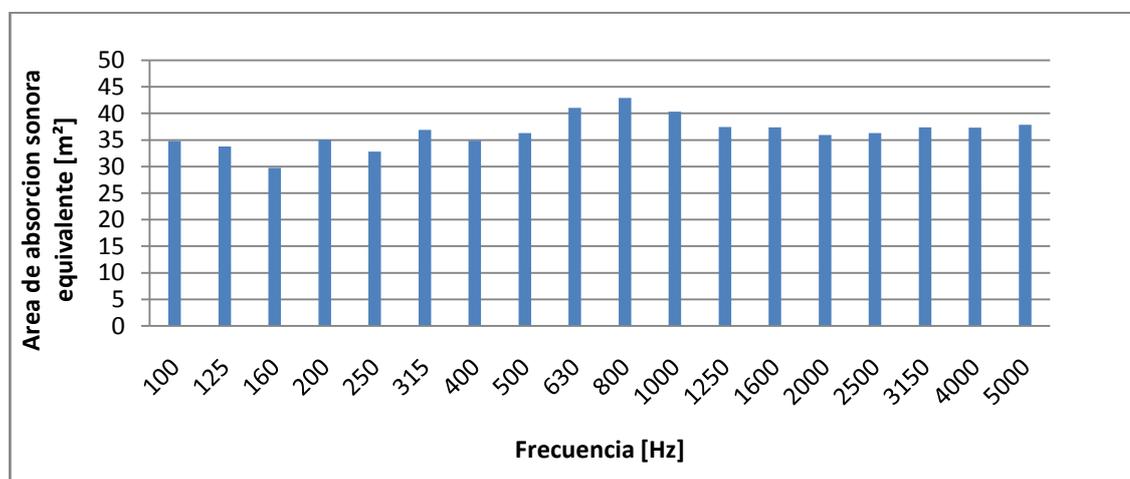


Figura 85. Valores del área de absorción sonora equivalente en función de la frecuencia.

Diferencia de nivel normalizada.

La diferencia de nivel normalizada, D_n , se calcula mediante la Ecuación 4, y con ella tendremos los resultados expresados en la Tabla 10.

Tabla 11. Valores de la Diferencia de Niveles Normalizada.

Frecuencia [Hz]	D [dB]	A [m ²]	D_n [dB]
100	31,1	34,7	25,7
125	33,1	33,8	27,8
160	34,6	29,7	29,9
200	34,3	35,0	28,9
250	31,5	32,8	26,4
315	32,1	36,9	26,4
400	33,1	34,8	27,7
500	33,3	36,3	27,7
630	32,2	41,0	26,1
800	28,2	42,8	21,9
1000	24,5	40,3	18,5
1250	24,5	37,4	18,8
1600	26,3	37,3	20,6
2000	28,6	35,9	23,0
2500	29,0	36,3	23,4
3150	29,4	37,3	23,7
4000	33,8	37,2	28,1
5000	36,0	37,8	30,2

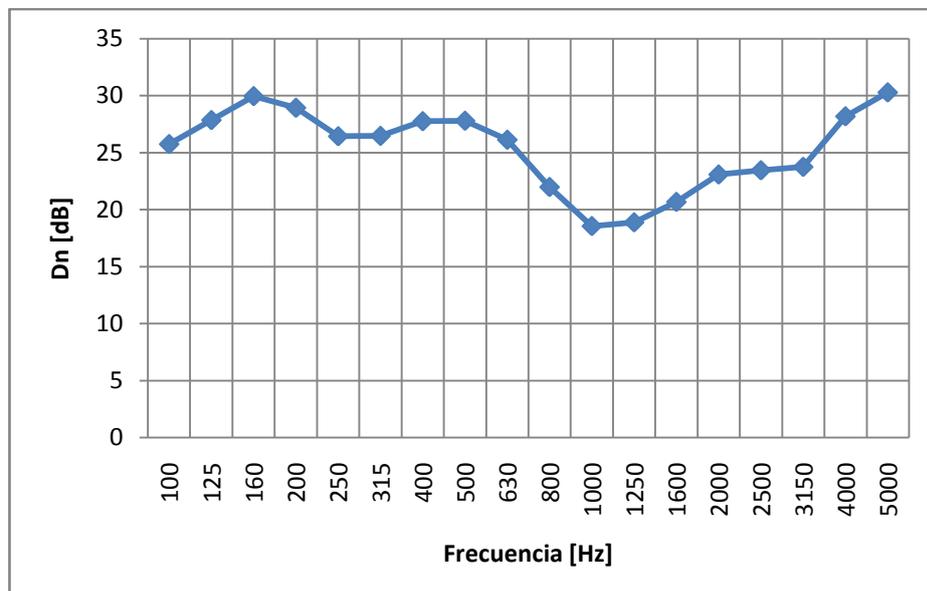


Figura 86. Gráfico de la diferencia de nivel normalizada en función de la frecuencia.

Diferencia de nivel estandarizada.

La tabla 11 recoge los resultados del cálculo de la diferencia de nivel estandarizada, D_{nt} , mediante la Ecuación 5.

Tabla 12. Valores de la Diferencia de Niveles Estandarizada.

Frecuencia [Hz]	D [dB]	Tiempo de Reverberación (s)	D_{nt} [dB]
100	31,1	0,52	31,3
125	33,1	0,53	33,4
160	34,6	0,61	35,5
200	34,3	0,51	34,4
250	31,5	0,55	31,9
315	32,1	0,49	32,0
400	33,1	0,52	33,3
500	33,3	0,50	33,3
630	32,2	0,44	31,6
800	28,2	0,42	27,5
1000	24,5	0,45	24,0
1250	24,5	0,48	24,4
1600	26,3	0,48	26,2
2000	28,6	0,50	28,6
2500	29,0	0,50	29,0
3150	29,4	0,48	29,3
4000	33,8	0,48	33,7
5000	36,0	0,48	35,8

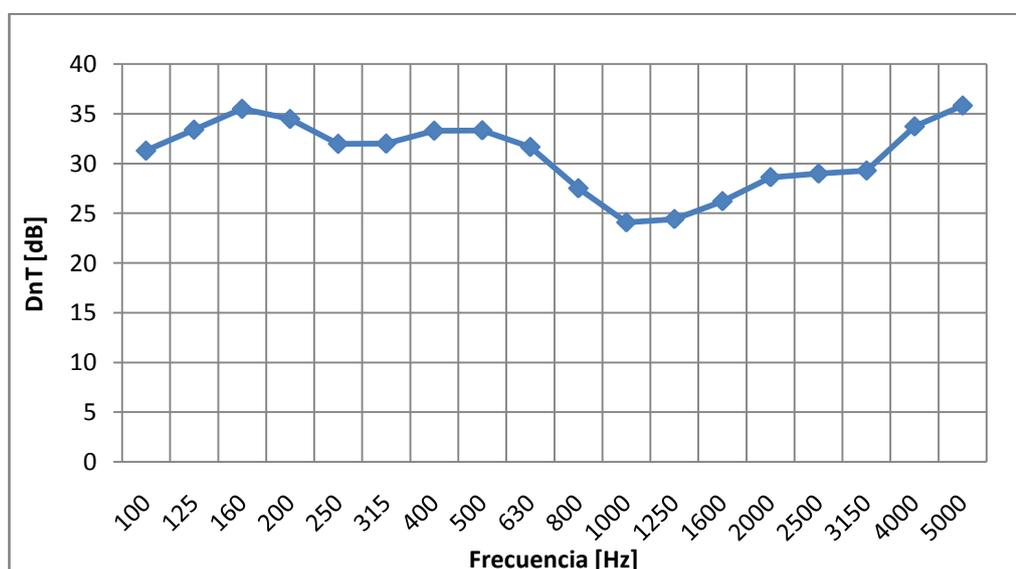


Figura 87. Grafico de la diferencia de nivel estandarizada en función de la frecuencia.

Índice de reducción sonora aparente.

El índice de reducción sonora, R' se calculan con la Ecuación 7. Dado que tenemos un campo difuso en ambos recintos, hemos podido hacer el cálculo mediante el área de absorción sonora, A , y el área del elemento separador, S .

Tabla 13. Valores del Índice de Reducción Sonora Aparente.

Frecuencia [Hz]	D [dB]	A (m ²)	R' [dB]
100	31,1	34,4	29,2
125	33,1	33,8	31,3
160	34,6	29,7	33,4
200	34,3	35,0	32,4
250	31,5	32,8	29,9
315	32,1	36,9	29,9
400	33,1	34,8	31,2
500	33,3	36,3	31,2
630	32,2	41,0	29,6
800	28,2	42,8	25,4
1000	24,5	40,3	22,0
1250	24,5	37,4	22,3
1600	26,3	37,3	24,1
2000	28,6	35,9	26,5
2500	29,0	36,3	26,9
3150	29,4	37,3	27,2
4000	33,8	37,2	31,6
5000	36,0	37,8	33,7

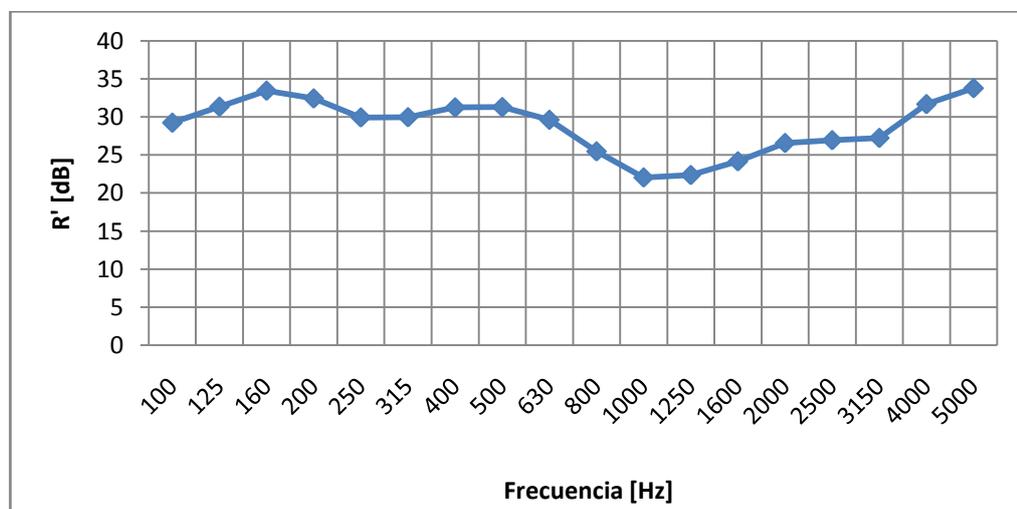


Figura 88. Valores del índice de reducción sonora aparente en función de la frecuencia.

Resumen de las medidas de aislamiento acústico.

En la tabla 13 se puede ver un resumen de los valores medios de los parámetros estudiados para la medida del aislamiento acústico.

Se han marcado todos los parámetros que son un límite de la medición por tener una corrección por ruido de fondo dada por una diferencia de nivel menor de 6dB, tal y como se indica en la norma.

Tabla 14. Valores de los parámetros medidos de aislamiento acústico.

Frec. [Hz]	L emisión [dB]	L recepción [dB]	TR [s]	D [dB]	Dn [dB]	Dnt [dB]	A [m²]	R' [dB]
100	68,7	37,6	0,52	31,1	25,7	31,3	34,7	29,2
125	72,9	39,7	0,53	33,1	27,8	33,4	33,8	31,3
160	79,2	44,5	0,61	34,6	29,9	35,5	29,7	33,4
200	82,8	48,4	0,51	34,3	28,9	34,4	35,0	32,4
250	83,0	51,4	0,55	31,5	26,4	31,9	32,8	29,9
315	82,8	50,7	0,49	32,1	26,4	32,0	36,9	29,9
400	82,7	49,5	0,52	33,1	27,7	33,3	34,8	31,2
500	81,8	48,5	0,50	33,3	27,7	33,3	36,3	31,2
630	81,3	49,0	0,44	32,2	26,1	31,6	41,0	29,6
800	80,8	52,5	0,42	28,2	21,9	27,5	42,8	25,4
1000	79,8	55,2	0,45	24,5	18,5	24,0	40,3	22,0
1250	81,2	56,6	0,48	24,5	18,8	24,4	37,4	22,3
1600	83,3	57,0	0,48	26,3	20,6	26,2	37,3	24,4
2000	81,5	52,9	0,50	28,6	23,0	28,6	35,9	26,5
2500	80,3	51,3	0,50	29,0	23,4	29,0	36,3	26,9
3150	79,4	49,9	0,48	29,4	23,7	29,3	37,3	27,2
4000	77,7	43,8	0,48	33,8	28,1	33,7	37,2	31,6
5000	78,9	42,8	0,48	36,0	30,2	35,8	37,8	33,7

Conclusiones

9. Conclusiones.

Tras todas las pruebas realizadas, el sistema formado por el hardware NetdB y el software dBBati ha resultado tener un funcionamiento sencillo, bastante intuitivo y, en general, cómodo para un ambiente de trabajo como un laboratorio de acústica a nivel universitario. También para el trabajo a nivel profesional resulta recomendable, pudiendo realizar un gran número de medidas de manera sencilla y ajustada a la normativa en rigor.

Como es normal, se han encontrado una serie de problemas a la hora, sobre todo, de comenzar a trabajar con el sistema. Hay cosas que se han obviado en el manual de usuario, como, por ejemplo, la activación de la ICP para el correcto funcionamiento de los micrófonos.

Por otro lado, dado el presupuesto con el que contamos en el laboratorio, no se han podido comprar todas las licencias necesarias para el sistema NetdB, por lo que no se tenían activos todos los canales, y no se ha podido usar la opción de emitir el sonido desde el equipo, lo que hubiese sido más cómodo que la opción de emitir desde el PC, teniendo que utilizar dos software distintos, con el retraso que eso conlleva, cuando, lanzándolo desde el mismo programa se lanzaría emisión y medida en un mismo *click*. En un ambiente de laboratorio es un problema menor, pero en una medición “in situ” real, ocasionaría más de un contratiempo.

Si en el futuro se comprasen las licencias necesarias, este sería un sistema ideal para la realización de las prácticas de acústica arquitectónica, pero, desgraciadamente, por el momento no es recomendable cambiar el actual Symphonie por NetdB.

En cuanto al trabajo basado en normativa, ha resultado a veces difícil entender qué se proponía en la norma, llevando a errores que se han solucionado repitiendo medidas. Para este tipo de trabajo basado en norma, cuando se quiera realizar en el laboratorio, es esencial que un profesor sirva de guía a los alumnos, pues surgen muchas dudas al realizar las prácticas. En los guiones propuestos se han reflejado de forma sencilla las pautas más importantes a seguir para cumplir las normas.

Como líneas futuras de trabajo, se pueden probar muchas funciones de dBBati que han quedado sin analizar, bien por falta de tiempo o bien por ser de un nivel que supera al que en este proyecto se está tratando.

Referencias y Bibliografía

Referencias.

- [1] WIKIPEDIA, *Acústica Arquitectónica* [En línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%B3stica_arquitect%C3%B3nica [Consulta: agosto 2013]
- [2] Javier Laviana Francisco, *Acústica Arquitectónica* [En línea]. Disponible en: http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_08_09/io6/public_html/ [Consulta: agosto 2013]
- [3] Dr. Higini Arau, *Acústica Recintos*, [En línea]. Disponible en: http://www.arauacustica.com/files/publicaciones_relacionados/pdf_esp_253.pdf [Consulta: agosto 2013]
- [4] GIL GONZALEZ, Constantino; SANCHO GIL, Juan; SANCHEZ JIMENEZ, Javier. *Prácticas de acústica arquitectónica*. 1ª edición. Madrid: Dpto de publicaciones de la EUITT-UPM, 2009. ISBN: 978-8495227-33-1
- [5] *User Manual for NetdB Acquisition Unit*, 01dB-Metravib, Paris. Marzo 2008. Disponible en: http://www.acoustic1.co.uk/equipment/nvh/docs/DOC%201096%20gb_NetdB-L-NUT-007-A_UserManual_NetdB.pdf [Consulta: agosto 2013]
- [6] Alava ingenieros, *Analizador multicanal 01dB NetdB*[En línea]. Disponible en: <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/acustica-y-vibraciones/analizadores-de-acustica-y-vibraciones/analizadores-para-acustica-ambiental-y-arquitectonica/analizador-multicanal-01db-netdb/> [Consulta: agosto 2013]
- [7] WIKIPEDIA, *Ping* [En línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ping> [Consulta: agosto 2013]
- [8] AENOR, Tiempo de reverberación en recintos ordinarios. UNE EN ISO 3382-2:2008. Madrid, 2008.
- [9] AENOR, Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte4: Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo entre locales. UNE EN ISO 140-4:1999. Madrid, 1999.

Bibliografía.

- Apuntes de la asignatura Acústica Arquitectónica. EUITT UPM, 2008.
- Norma UNE EN ISO 3382-2:2008, Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.
- Norma UNE EN ISO 140:1999, Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción
- Proyecto Fin de Carrera de Araceli Arroyo Alba: Análisis del acoplamiento campo-estructura.
- Manual de usuario de NetdB
- Manual de usuario de dBBati

A NEXOS

Especificaciones técnicas

I. Especificaciones técnicas.

1. MICRÓFONOS DE CAMPO LIBRE DE ¼" AVM, MODELO MI 17.



PRODUCT INFORMATION

¼"-Electret Condenser Microphones MI17, MI18, MI19 for industrial measurements



Features	Frequency Range:	20 Hz to 20 kHz
	Dynamic Range:	30 to 130 dB (SPL)
	Frequency Response complies with DIN-IEC 651, Class 1 (Free-field)	
	Reasonable Price	
	Constant Current Supply (ICP®)	

Description:

The ¼"-condenser microphones MI17 to MI19 are free-field types with integrated electronics. They can be delivered with narrow tolerances ($\pm 5\%$) and with sensitivities between 10 and 100 mV/Pa.

For MI17 and MI18 special versions – e.g. for high sound pressure levels – are available. Power supply can be achieved by either a constant current source (standard) or an optional voltage source (5-30 V). Coaxial cables are used for connection. The microphones are generally equipped with BNC-sockets. Other connectors (TNC, SMB, LEMO, μ dot) are available as an option.

A special Version is the microphone MI19. It can be connected to standard microphone front ends with Lemo-connectors (Ser. 1B, 7pol).





Technical Data

Common properties:	Frequency response	30 Hz...4 kHz $\pm 0,5$ dB 4 kHz...20 kHz $\pm 1,5$ dB
	Temperature Range:	-10° ... 50°C

Individual properties for standard types:

Type	MI17	MI18	MI19	
Sensitivity	50 $\pm 5\%$	50 $\pm 5\%$	50 $\pm 5\%$	mV/Pa
Inherent noise (lin: 20Hz-20kHz)	≈ 30	≈ 30	≈ 30	dB (re 20 μ Pa)
	(A-weighted) ≈ 26	≈ 26	≈ 26	dB (re 20 μ Pa)
Maximum sound pressure level	≈ 130	≈ 130	≈ 130	dB (re 20 μ Pa)
Constant current supply	2-8	2-20	± 14 V/28-150V	
Source resistance	50	50	50	Ω
Dimensions – Total length:	93	84	103	mm
Body diameter:	8	7	7	mm
Connector socket:	BNC	BNC	Lemo 1B	
Weight:	23	10	24	Grams

Lengths and weights are different with other types of connectors.

Special types are available upon request.



2. AMPLIFICADOR DE POTENCIA INTER-M, MODELO M-700.

interM	Dual-Channel	M-500/700/1000/
	Power Amplifier	1500/2000

Features

- M-500: 500W@8Ω Bridged Mono
- M-700: 700W@8Ω Bridged Mono
- M-1000: 1000W@8Ω Bridged Mono
- M-1500: 1500W@8Ω Bridged Mono
- M-2000: 2000W@8Ω Bridged Mono
- Frequency Response
10Hz - 35kHz, ±0.5dB
- Dual Variable-Speed Cooling Fans
- Soft-Start Protection System
- Balanced 20kΩ@0.775V Inputs
- <0.1% Total Harmonic Distortion
- Protection Circuitry
- Signal, Protection, Clip Indicators
- Rack Mount



Description

The M-500/700/1000/1500/2000 are dual-channel concert-grade amplifiers. Their low profile size and clean, linear sound make them ideal for permanent installation in professional PA systems or for road use in live performances. Inputs are XLR/ TRS "Combo" connectors, outputs are via rugged five-way binding posts or Speakon® connectors. Multiple amplifiers can be bridged together via XLR connectors on each input. All units have soft-start protection circuitry and feature signal protection and clip indicators on the front panel. For added versatility, they may be operated in stereo, dual mono or bridged mono mode. Dual variable-speed fans provide low-noise ventilation. The M-series amplifiers are powered by 100-120VAC or 220-240VAC 50/60Hz (depending on country requirements) and are packaged in 3.5" (2RU) or 5.25" (3RU) high rack-mount enclosures.

Technical Specifications

ELECTRICAL	M-500	M-700	M-1000	M-1500	M-2000
Max Output Power (RMS)	500W	700W	1000W	1500W	2000W
Frequency Response	10Hz - 35kHz +/-0.5dB				
THD	< 0.1%				
Signal-to-Noise Ratio	>100dB				
Inputs	0.775V/20kΩ; 1/4" TRS and XLR 1/4" Combo Connectors				
Outputs	5-Way Binding Posts or Speakon®				
GENERAL					
Power Source	100-120VAC or 220-240VAC 50/60Hz				
Power Consumption	420W	520W	770W	950W	1300W
Weight	27lbs. 12kg	34lbs. 15kg	38lbs. 17kg	44lbs. 20kg	50.7lbs. 23kg
Dimensions (W x H x D)	19" x 3.5" x 14.5" 482mm x 88mm x 369mm			19" x 5.25" x 14.5" 482mm x 132mm x 369mm	

M-500/700/1000/1500/2000 Architects and Engineers Specifications

The power amplifier shall be a dual-channel amplifier capable of RMS output power of 500W(M-500), 700W(M-700), 1000W(M-1000), 1500W(M-1500), 2000W(M-2000) @ 8Ω bridged mono per channel.

Inputs shall be combo-type XLR/TRS ¼" connectors and outputs shall be via rugged five-way binding posts and Speakon® connectors.

The unit shall have a soft-start protection system to protect speakers against excessive power surges upon power on or power off.

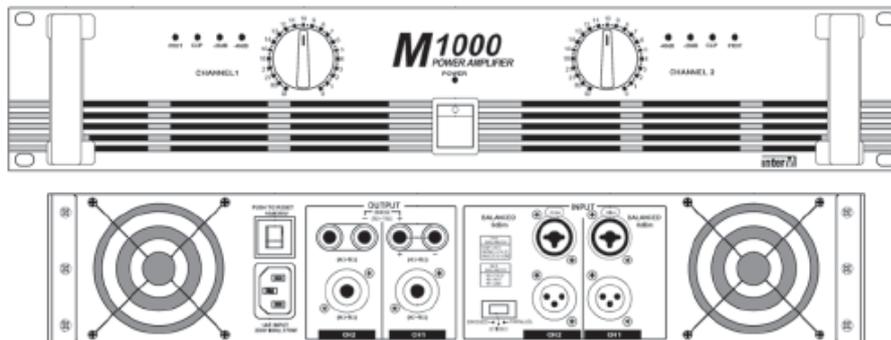
The unit shall meet the following performance criteria:

Frequency response shall be from 10Hz to 35kHz ± 0.5dB; total harmonic distortion shall be less than 0.1%; and input sensitivity and impedance shall be 0dB@20kΩ.

The M-500/700/1000 amplifier shall measure 19"(482mm) wide x 3.5"(88mm) high x 14.5"(368 mm) deep and shall be powered by 100-120VAC or 220-240VAC 50/60Hz (depending on country requirements). The M-1500/2000 amplifier shall measure 19"(482mm) wide x 5.25"(132mm) high x 14.5"(368mm) deep and shall be powered by 100-120VAC or 220-240VAC 50/60Hz (depending on country requirements).

The power amplifier shall be an Inter-M model M-500/700/1000/1500/2000.

M-500/700/1000/1500/2000 Front and Rear Views



Inter-M Americas, Inc. • 1 E. Beacon Light Lane • Chester, PA 19013
 Tel: 610-874-8870 • Fax: 610-874-8880 • E-mail: info@inter-m.net
 Website: www.inter-m.net

Inter-M Corp. (Korea) • 653-5 Banghak-Dong • Dobong-Ku • Seoul • Korea
 Tel: 82-2-2289-8140~8 • Fax: 82-2-2289-8149 • E-mail: export@inter-m.com
 Website: www.inter-m.com

Speakon® is a registered trademark of Neutrik AG

© 2004 Inter-M Specifications subject to change without notice. M50003045M

3. FUENTE SONORA DODECAÉDRICA AVM, MODELO DO12.

Fuente de Ruido Omnidireccional DO-12



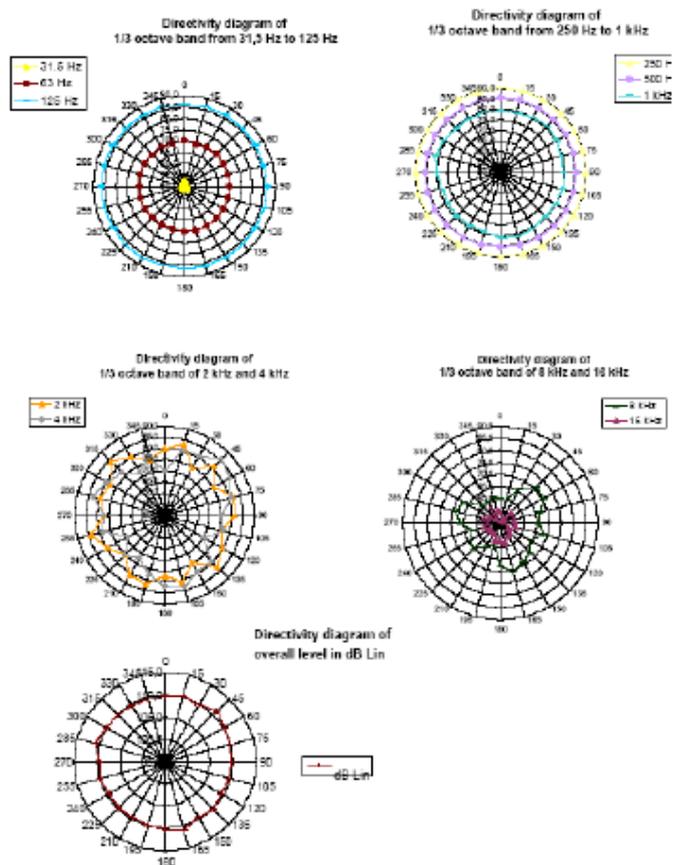
I. ESPECIFICACIONES DE LA FUENTE DO12

Características generales:

- Diseñada para emisión de ruido rosa y blanco
- Potencia máxima de entrada: 600 W.
- Impedancia : 10 Ohmios
- Potencia sonora emitida : 120 dB con emisión de la señal en bandas de octava (80Hz - 6,3kHz)
- Campo sonoro difuso esférico conforme a la norma UNE-EN-ISO 140
- Altavoz dodecaedrico (12 altavoces)
- Diámetro : 450 mm
- Peso: 18 kg. (sin trípode), 8 kg. peso del trípode



2. DIAGRAMAS DE DIRECTIVIDAD PARA DIFERENTES BANDAS DE FRECUENCIA



4. FUENTE SONORA AUTO-AMPLIFICADA MSP5 DE YAMAHA.

Especificaciones

Especificaciones generales

Tipo	Altavoz con doble amplificador de dos vía, reflector de graves
Frecuencia de cruce	2,5 kHz
Gama de frecuencias	50 Hz-40 kHz
Nivel máximo de salida	101 dB (1 m en eje)
Dimensiones (An x Al x Prf)	169 x 279 x 222 mm
Peso	7,5 kg

Unidades altavoces

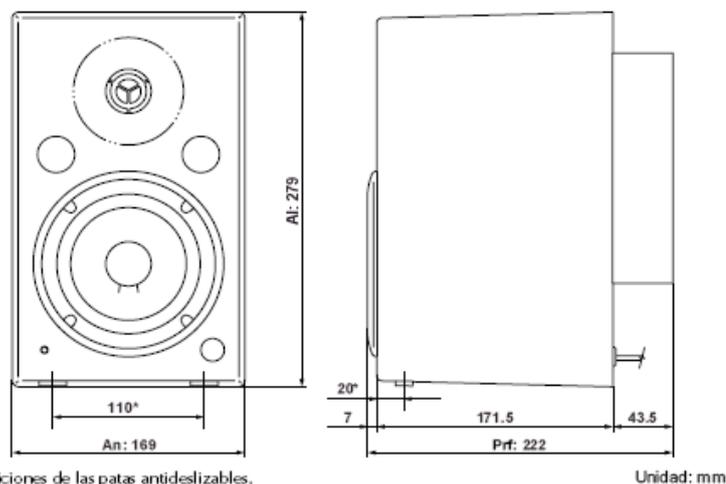
Unidades altavoces	Baja frecuencia: cono de 12 cm (4 , magnéticamente apantallada) Alta frecuencia: cúpula de titanio de 2,5 cm (6 , magnéticamente apantallada)
Caja acústica	Tipo: Reflectora de graves Volumen: 6,3 l

Unidades amplificadoras

Potencia máxima de salida	Baja frecuencia: 40 W a 400 Hz, distorsión armónica total= 0,02%, RL= 4 Alta frecuencia: 27 W a 10 kHz, distorsión armónica total= 0,02%, RL= 6
Sensibilidad/impedancia de entrada	LINE 1: +4 dB/10 k (toma XLR equilibrada) LINE 2: -10 dB/10 k (toma telefónica desequilibrada)
Relación señal-ruido	100 dB (Ponderación A)
Controles	Selectores TRIM LOW: 4 posiciones (+1,5 dB, 0 dB, -1 dB, -3 dB a 60 Hz) HIGH: 3 posiciones (+1,5 dB, 0 dB, -1,5 dB a 15 kHz) Interruptor POWER: ON/OFF Control VOL
Indicador de alimentación	LED verde
Alimentación	EE.UU. y Canadá: AC120 V, 60 Hz Europa: AC230 V, 50 Hz Otros: AC240 V, 50 Hz
Consumo	60 W
Accesorios	Patas antideslizables x 2

Las especificaciones y el aspecto están sujetos a cambio sin previo aviso.

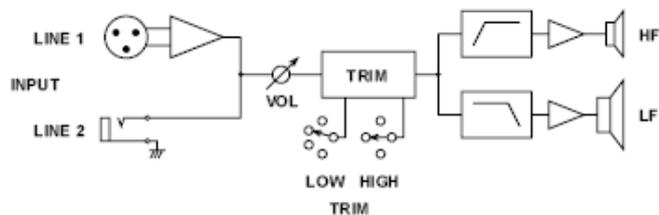
Dimensiones



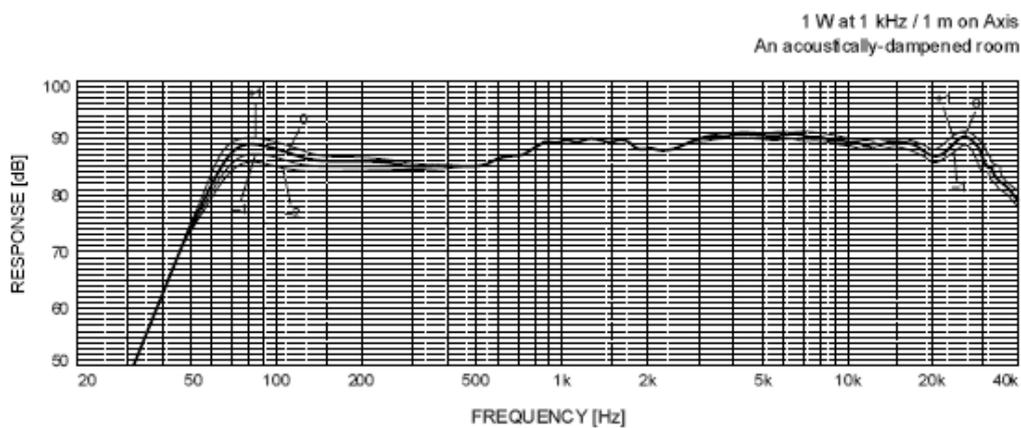
* Posiciones de las patas antideslizables.

Unidad: mm

Block Diagram/Schéma/Blockschaltbild/Diagrama en bloques



Performance graph/Graphique de performance/ Frequenzgrafik/Gráfico de operación



6. ANALIZADOR MULTICANAL NETDB DE 01DB

NetdB User Manual

DOC 1096

17. SPECIFICATIONS**Input channels**

Channel count	12 BNC connectors with high rigidity frame
Impedance	1 M Ω
Coupling	DC / AC (0.3Hz) / AC (20 Hz) / IEPE ((ICP®, ISOTRON®, DELTATRON®...)) 24V-4mA independently selectable on each channel
Voltage Ranges	-20dB: -15V/+15V (10V RMS). 0dB: \pm 1.5 (1V RMS). + 20dB: \pm 150mV (100mV RMS).
Max. allowable voltage	Min -20V, Max +20V
Frequency response	within \pm 0.5 dB
Anti-aliasing low-pass filter	Digital Low Pass Filter : according to sampling frequency; slope > 140dB/Octave Oscillation in pass-band: < 0.15dB
Resolution	24 bits linear per channel – 128 times over-sampling Σ/Δ ADC
Sampling Frequency	12.8 kHz, 25.6 kHz or 51.2 kHz. The frequency is identical on all the channels. If several units are synchronized the frequency is identical for all the channels.
SNR	97 dBA (1V) – 107 dBA with the 200V optional card
DC component	< 0.1% Full scale
Noise floor	< 0.0025% Lin Full scale
Cross talk	- 80 dB or less
THD	0.001% or less
Cross channel phase difference	< 0.05° from 5 Hz to 1250Hz (in the same input conditions – AC (0,3 Hz) coupling – 1V range) < 0.4° from 20 Hz to 1250 Hz (in the same input conditions – AC (20 Hz) coupling – 1V range)
Linearity	\pm 0.1% or less
Drift	\pm 0.1% or less (15 min-2 h after switch ON)

Acquisition triggering

Mode	- Free run. - External Trigger - Synchronized with other NetdB
External Trigger	- BNC TTL Logical (1.8V triggering level) - positive or negative slope.

Output channels

Number of channels	2 BNC outputs / 1 Jack 6.35 for Stereo Headphones / 1 RCA SPDIF output
Level	Up to 20V peak.

Processing power

Processor speed	600MHz
Operating system	Windows XP Embedded
Memory	128 MB
Storage	85 GB (12 hours of continuous measurement @ 12 channels 51.2KHz/24bit)

Connectivity

PC link (type/speed)	Ethernet 100MBits connector RJ45 (Rear panel)
Extension link	Ethernet 100MBits connector RJ45 (Rear panel)
PDA Link (type/seed)	WiFi 802.11g 54Mbits for remote control (optional) could be connected to an ADSL router allowing Remote acquisition through Internet
Internet link	
Digital PC connection	4 x USB 2.0 sockets (Rear panel)

Power Supply

Connector	Neutrik XLR
Input Voltage	from 12V to 14V
Power supply	100/240VAC – 50/60Hz
Total power	20W
Max input voltage	15V
Max power current	3,5A – Max. 5A
Battery Life	Internal NiMH* 4000mAH (no memory effect) – 1h45 (full sampling frequency on 12 channels)
Time for charging	Approx. 2h30min

Fan

On/Off	Controlled by software
Operating temperature	No temperature influence

Dimensions

H x W x D	85 mm x 250 mm x 263 mm
Weight	4,5 Kg
Mechanical Interface	4 holes M4 (200mm x 60mm) on left and right side, for integration

Environmental

Operating temperature/humidity	0°C to 60°C / 90% without condensation
Storage temperature/humidity	-10°C to 70°C / 90% without condensation
Operating air pressure	800hPa to 1050hPa
Operating position	Horizontal and vertical
Vibration resistance	10 ms-2 (9-200Hz), 3 mm (2-9Hz) operating
Shock resistance	250 ms-2 (2ms) operating
Vibration class	EN60721-3-4 class 4M5
Noise emission	LW(A) 49dB(A) with fan running, (measured with ISO7779) LW(A) 33dB(A) fan off, software selectable (measured with ISO7779)
EMI	EN55011, EN55014, EN61000-4.2, EN61000-4.3, EN61000-4.4, EN61000-4.5, EN61000-4.6, EN61000-4.11
Safety	UL3101-1 / CSA C22.2 No.1010.1 / EN 61010-1 A1+A2

* NiMH battery is without effect memory. Therefore, it can be charged at any time without risk of damage and decrease of longevity. Charge is automatically cut if the temperature becomes too high.

7. CALIBRADOR DE NIVEL DE PRESIÓN SONORA DE 01DB, *MODELO CAL01* (UNE 20942)

- Acoustic calibrators Class 1 (Cal01) / Class 2 (Cal02) according to IEC 942 (1988)
- PTB approval
- Metrological characteristics *

Reference	Cal01	Cal02
Level	94 ± 0.3 dB	94 dB ± 0.5 dB
Amplification	+20dB / -20dB	-
Stability (better than)	± 0.1 dB	± 0.2 dB
Frequency	1 kHz ± 2 %	1 kHz ± 4 %
Stability (better than)	± 0.5 %	± 1 %
THD less than	3 %	3 %

*for reference conditions (20°C, 1013hPa and 65% RH)

- Calibration certificate provided
- Stabilisation time indicated by red LED
- Emission duration greater than 1 min after stabilisation
- Power supply by a 9V alkaline battery (IEC type 6LR61) for 25-hour continuous operation at 20°C
- Diameter : 43 mm / Height : 90 mm
- Weight : 180 g with battery
- Delivered with a user manual, a 9V alkaline battery, a leather cover (Cal01) and an ½ inch microphone adapter
- Optional adapters for 1/4 and 1/8 inch microphones

8. MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES VELOCICALC PLUS, TSI.

VELOCICALC® Plus

Multi-Parameter Ventilation Meters

Models 8384, 8385, 8386

TSI's VELOCICALC® Plus Meters simultaneously measure and data log several ventilation parameters using a single probe with multiple sensors. Based on the model, these hand-held instruments measure velocity, temperature, differential pressure and humidity. All versions calculate volumetric flowrate. The Model 8386 also performs dew point, wet bulb temperature and heat flow calculations.

Data Logging Capabilities

- Data logging ability allows user to log 1394 samples with a time and date stamp
- Simultaneously records all parameters available in each model
- Single point and continuous data logging modes to fit your application
- Data can be reviewed on-screen, printed or downloaded to a computer spreadsheet program
- TSI downloading software permits easy transfer of data to a computer
- Statistics function displays average, maximum and minimum values, and the number of recorded samples

Features and Benefits

- Wide velocity range of 0 to 50 m/s
- Flowrate feature makes simple calculations of volumetric flowrate when the user inputs the duct shape and size, K factor or horn size
- Velocity measurements are made from the thermal sensor or a Pitot tube
- Automatic conversion between actual and standard velocity readings
- Direct calculation of dew point and wet bulb temperature - no psychrometric chart needed (Model 8386 only)
- Heat flow function calculates heat transferred after a heating or cooling element (Model 8386 only)
- Stable digital display when measuring fluctuating flows
- Back-lit display is easy to read in poor lighting conditions
- 101.6 cm telescoping probe with etched length marks to make duct traverse measurements easier
- Optional articulating probe available
- Optional portable printer provides hard copy documentation of your measurements



Model 8386



VELOVICALC PLUS Specifications—Models 8384(A), 8385(A) and 8386(A)**

Velocity From Thermal Sensor (all models):
 Range¹: 0 to 50 m/s (0 to 9,999 ft/min)
 Accuracy^{1&2}: ±3.0% of reading or ± .015 m/s (±3 ft/min), whichever is greater
 Resolution: 0.01 m/s (1 ft/min)

Velocity From a Pitot Tube (Models 8385(A) and 8386(A)):
 Range³: 1.27 to 78.7 m/s (250 to 15,500 ft/min)
 Accuracy⁴: ±1.5% at 10.16 m/s (2,000 ft/min)
 Resolution: 0.01 m/s (1 ft/min)

Volumetric Flowrate (all models):
 Range: Actual range is a function of maximum velocity, pressure, duct size, and K factor

Duct Size (all models):
 Range: 1 to 635 cm in increments of 0.1 cm (1 to 250 in. in increments of 0.1 in.)

Static/Differential Pressure (Models 8385(A) and 8386(A)):
 Range⁵: -9.3 to +28.0 mmHg, or -1245 to +3735 Pa (-5 to +15 in. H₂O)
 Accuracy⁶: ±1% of reading, ±1 Pa or ±0.01 mmHg (±0.005 in. H₂O)
 ±0.03%/°C (±0.02%/°F)
 Resolution: 1 Pa, 0.01 mmHg (0.001 in. H₂O)

Instrument Temperature Range:
 Operating (Probe-8384 (A) and 8385 (A)): -17.8 to 93.3°C (0 to 200°F)
 Operating (Probe-8386 (A)): -10 to 60°C (14 to 140°F)
 Operating (Electronics): 5 to 45°C (40 to 113°F)
 Storage: -20 to 60°C (-4 to 140°F)
 Resolution: 0.1°C (0.1°F)
 Accuracy⁷: ±0.3°C (±0.5°F)

Relative Humidity (Model 8386(A) only):
 Range: 0 to 95% rh
 Accuracy⁸: ±3% rh
 Resolution: 0.1% rh

Wet Bulb Temperature (Model 8386(A)):
 Range: 5 to 60°C (40 to 140°F)
 Resolution: 0.1°C (0.1°F)

Dewpoint (Model 8386(A) only):
 Range: -15 to 49°C (5 to 120°F)
 Resolution: 0.1°C (0.1°F)

Heat Flow (Model 8386(A) only):
 Range: Function of Flow Rate, Temperature, Humidity and Barometric Pressure
Measurements Available: Sensible Heat Flow, Latent Heat Flow, Total Heat Flow and Sensible Heat Factor
Units Measured: BTU/h, kW

Logging Capability (all models):
 Range: Up to 1394 samples and 275 test id's (one sample can contain up to all eleven measurement types)
Intervals: 2 sec, 5 sec, 10 sec, 15 sec, 20 sec, 30 sec, 60 sec, 2 min, 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 60 min

Time Constant (all models):
 Intervals: 1 sec, 2 sec, 5 sec, 10 sec, 15 sec, 20 sec

External Meter Dimensions (all models):
 Size Measurements: 10.7 cm × 18.3 cm × 3.8 cm (4.2 in. × 7.2 in. × 1.5 in.)

Meter Probe Dimensions (all models):
 Probe Length: 101.6 cm (40 in.)
 Probe Diameter of Tip: 7.01 mm (0.276 in.)
 Probe Diameter of Base: 10.03 mm (0.395 in.)

Articulating Probe Dimensions (Models 8384A, 8385A, 8386A):
 Articulating Section Length: 16.26 cm (6.4 in.)
 Diameter of Articulating Knuckles: 9.44 mm (0.372 in.)

Meter Weight Dimensions (all models):
 Weight (with batteries): 0.54 kg (1.2 lbs)

Power (all models):
 Requirements: Four AA-size batteries (included) or AC adapter (optional)

** Where 83XX(A) is listed, the specifications apply to both the 83XX (straight probe) and 83XX A (articulating probe) models.

- 1 Temperature compensated over an air temperature range of 5 to 65°C (40 to 150°F)
- 2 The accuracy statement of ±3.0% of reading or ±0.015 m/s (±3 ft/min), whichever is greater, begins at 30 ft/min through 9,999 ft/min.
- 3 Pressure velocity measurements are not recommended below 1,000 ft/min and are best suited to velocities over 2,000 ft/min. Range can vary depending on barometric pressure.
- 4 Accuracy is a function of converting pressure to velocity. Conversion accuracy improves when actual pressure values increase.
- 5 Overpressure range = 520 mmHg, 69 kPa (175 in. H₂O)
- 6 Accuracy with instrument case at 25°C (77°F), add uncertainty of 0.03%/°C (0.02 %/°F) for change in instrument temperature.
- 7 Accuracy with instrument case at 25°C (77°F), add uncertainty of 0.03%/°C (0.05%/°F) for change in instrument temperature.
- 8 Accuracy with probe at 25°C (77°F). Add uncertainty of 0.2%RH/°C (0.1%RH/°F) for change in probe temperature. Includes 1% hysteresis.

Specifications are subject to change without notice.



**TSI Incorporated
 Environmental Measurements and Controls Division**

500 Cardigan Road
 Shoreview, MN 55126 USA
 Telephone: 800 777 8356
 651 490 2711
 Fax: 651 490 2974
 E-mail: emco@tsi.com
 Website: www.tsi.com

Europe:
 TSI AB:
 Telephone: 46 18 527000
 TSI GmbH:
 Telephone: 49 241 523020

	8384	8385	8386
Velocity	•	•	•
Volumetric Flowrate	•	•	•
Temperature	•	•	•
Differential Pressure		•	•
Thermal/Pitot		•	•
Humidity			•
Dew Point			•
Wet Bulb Temperature			•
Heat Flow Calculations			•
Data Logging/Downloading	•	•	•
Statistics/Review Data	•	•	•
Density Correction Factor	•	•	•
Variable Time Constant	•	•	•
Printer Output	•	•	•
NIST* Calibration Certificate	•	•	•

All models are available with either a straight or articulating probe.

OneNote

II. Software OneNote.

En este apartado se estudiara el sistema OneNote y una posible implantación del mismo como apoyo académico a la hora de crear y compartir archivos entre la clase o con el profesor.

OneNote es un software creado por Microsoft a modo de organizador de blocs de notas. Aquí se detallan algunas de las características más interesantes de cara a un uso académico del mismo.

OneNote soporta una cantidad de archivos en sus blocs: dibujos, diagramas, fotografías, elementos multimedia, audio, vídeo, e imágenes escaneadas para consulta, importación desde otros programas o exportación a ellos. Incluso nos ofrece la posibilidad de importar directamente desde internet, cuando se usa Internet Explorer.

Ofrece además el intercambio de notas a través del uso compartido de archivos entre PCs o mediante el sistema en nube de Windows, Skydrive. Esta característica es una de las más interesantes, pues permite compartir archivos y textos de manera rápida y sencilla. El problema es que la importación desde el *OneNote Web App*, la aplicación en nube y el OneNote de escritorio suele dar bastantes problemas, como, por ejemplo, desconfiguración de textos.

OneNote tiene un sistema de blocs, los cuales divide en secciones y estas en páginas. En la vista de pantalla, los blocs están colocados a la izquierda, las secciones arriba y las paginas a la derecha.

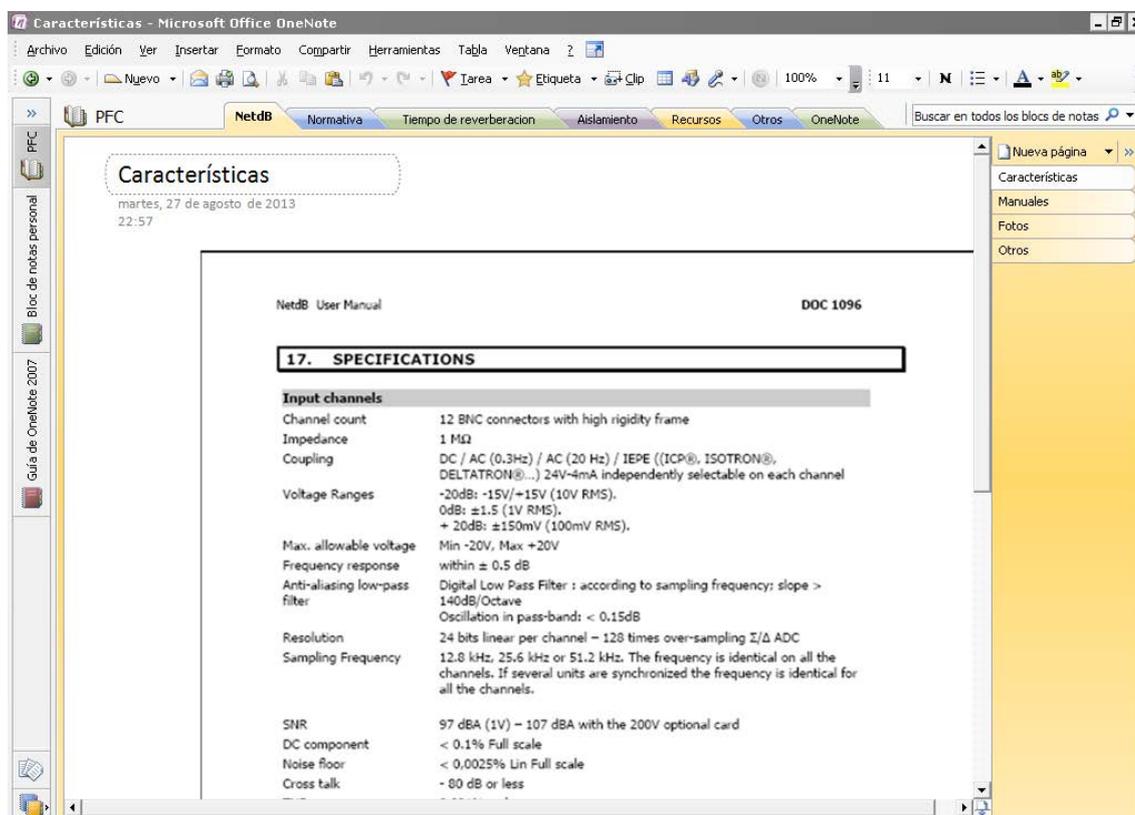


Figura 1. Página principal de OneNote

Se pueden crear blocs, secciones dentro del bloc en el que estemos o grupos de secciones presionando el botón derecho del ratón encima de la columna de la derecha del programa o desde la barra de herramientas en *Archivo/Nuevo*.

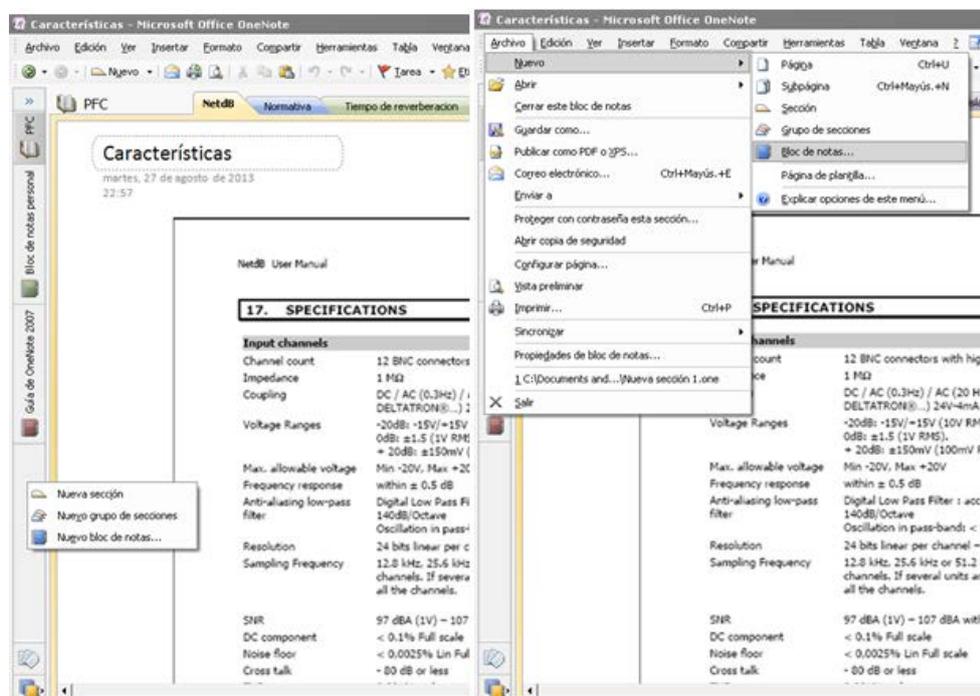


Figura 2. Formas de crear nuevas secciones en OneNote.

Para cambiar los nombres de los blocs y secciones se presiona el botón derecho del ratón sobre el nombre y se accede a la opción *Cambiar Nombre*.

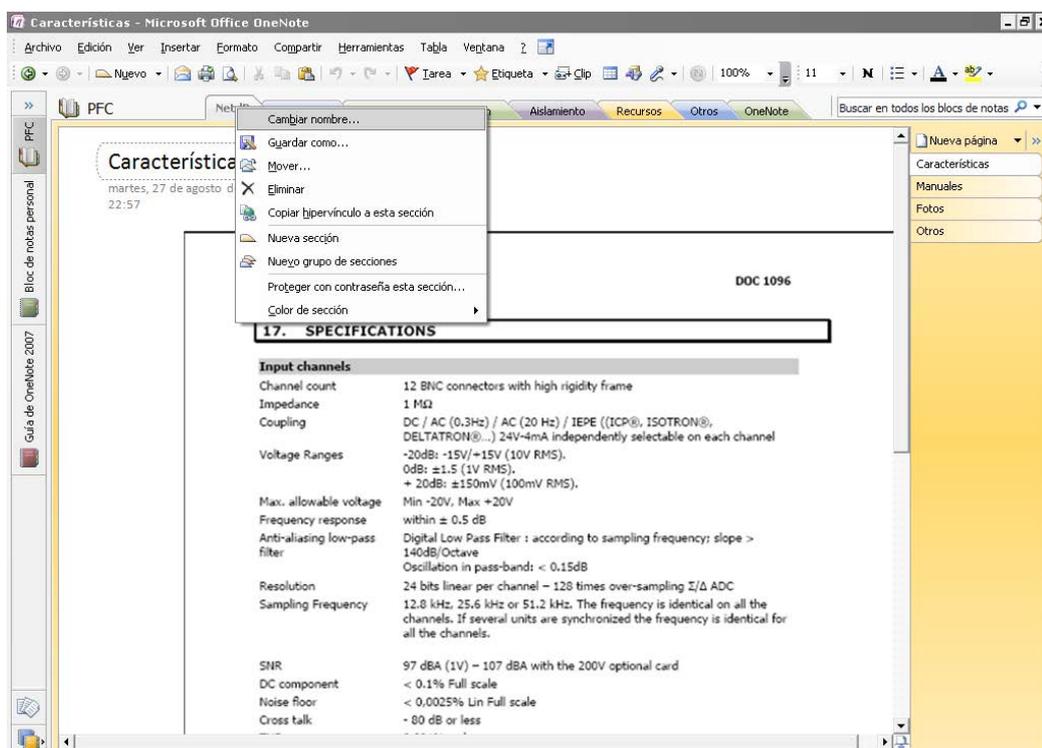


Figura 3. Cambiar nombre a una sección.

Como se ha dicho, se pueden introducir gran cantidad de tipos de archivos a una hoja de OneNote. Para introducir texto solo tendremos que posicionarnos en la hoja en la que queramos escribir e introducir el texto. Se puede escribir en cualquier parte de la hoja, OneNote creará un cuadro de texto directamente cuando se empieza a teclear.

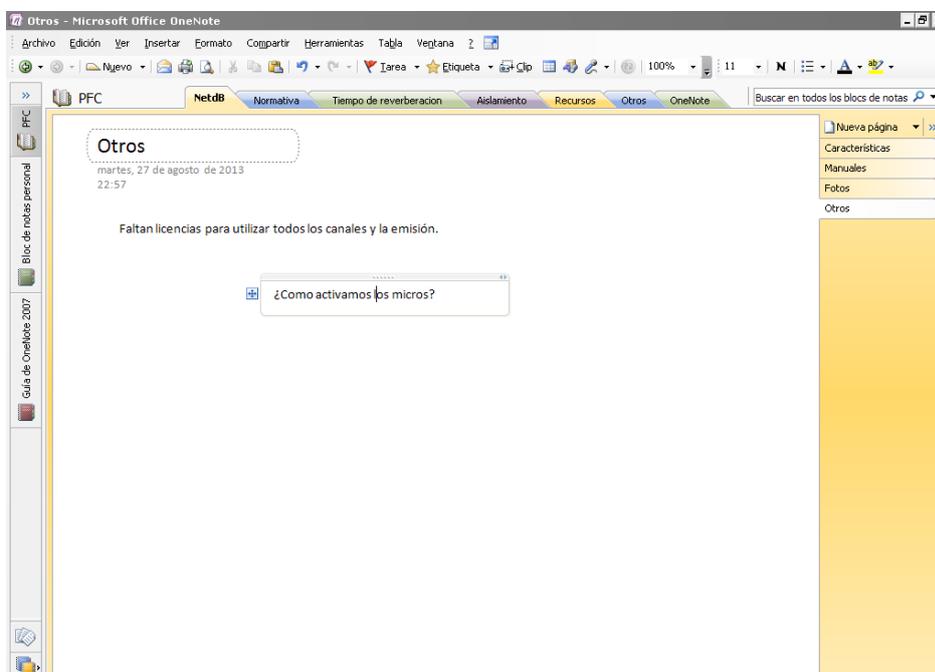


Figura 4. Introducción de texto en OneNote.

Es posible pegar directamente un *pantallazo* en una hoja de OneNote así como imágenes grabadas en nuestro PC. Para ello, simplemente, se haya presionado la tecla *Imp Pant* para el *pantallazo* o copiado una imagen, solamente hay que pegar en la pagina donde se quiera incluir la imagen. Se puede modificar el tamaño una vez en la hoja y moverla.

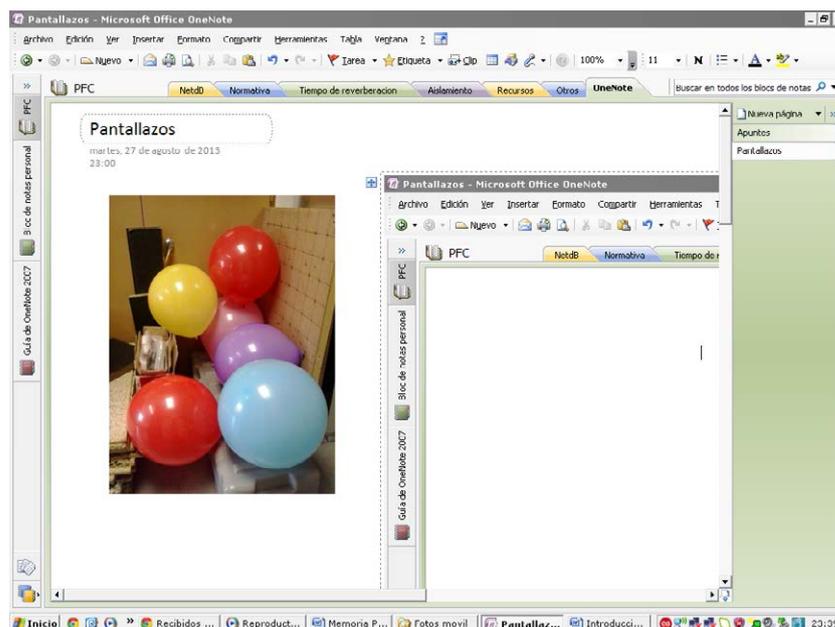


Figura 5. Introducción de imágenes en OneNote.

Para incluir otro tipo de archivos ir al menú *Insertar/Archivos*. Saldrá una ventana para navegar hasta el archivo, o archivos, que se quieran insertar.

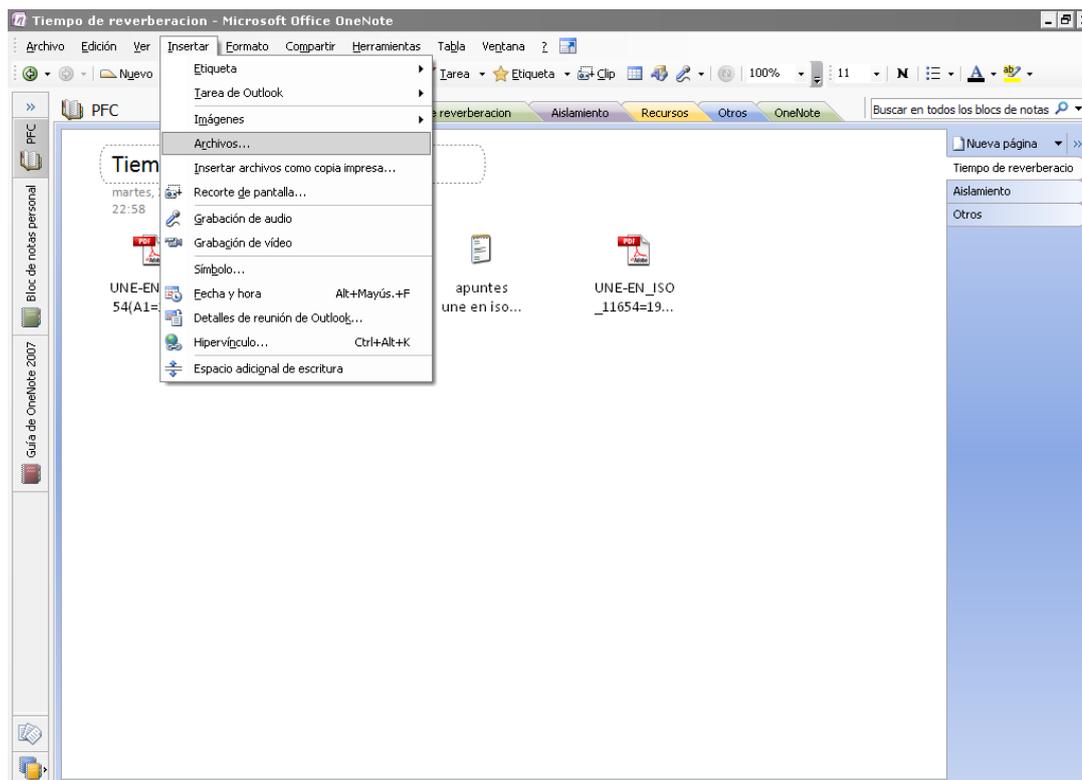


Figura 6. Insertar archivos en OneNote.

La característica más interesante en nuestro caso será la de compartir blocs de notas con otros usuarios, de cara a que un profesor pueda colgar allí apuntes, dejar trabajos o recursos para el estudio.

Para crear un bloc compartido se accede al menú *Compartir/Crear bloc de notas compartido*. Nos saldrá una ventana en la que pondremos un nombre al bloc y elegiremos su color. También podremos elegir una de las plantillas.

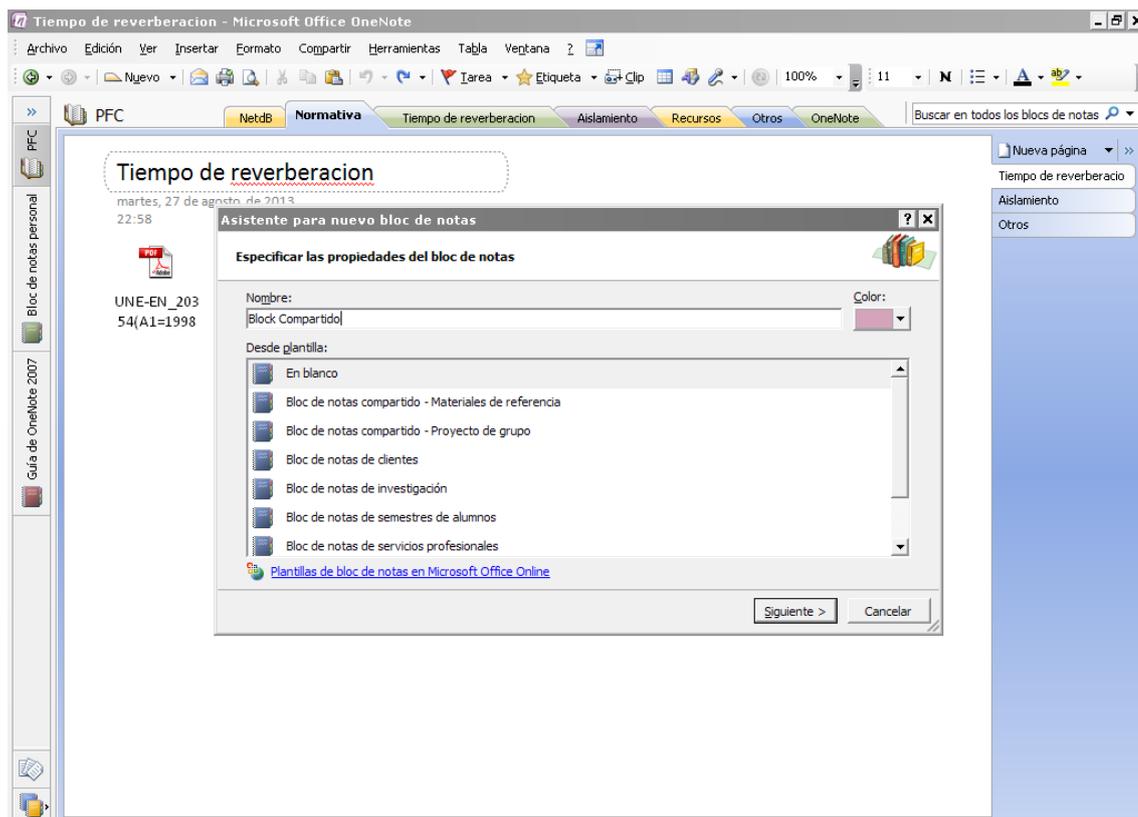


Figura 7. Creación de un bloc de notas compartido.(I)

En la siguiente pantalla se elegirá con quién compartir el bloc. En este caso, lo compartiremos con varias personas, pero también se puede utilizar para ver el bloc en varios ordenadores.

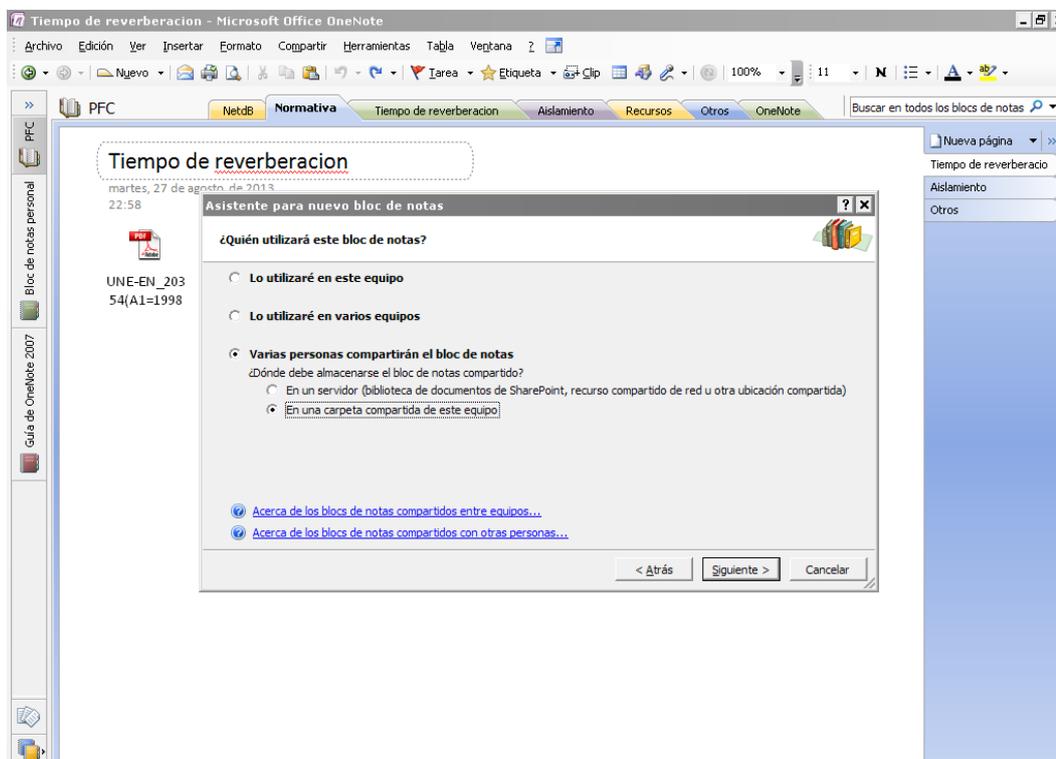


Figura 8. Creación de un bloc de notas compartido (II)

Elegiremos la carpeta a compartir y daremos a *Crear*.

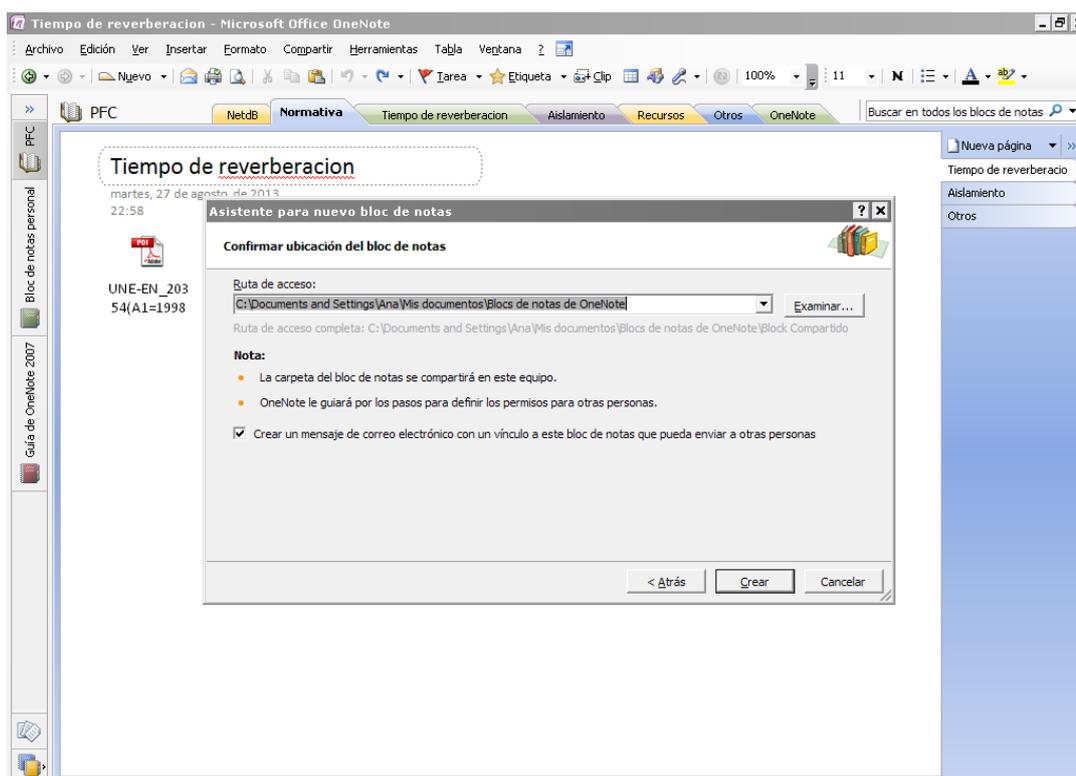


Figura 9. Creación de un bloc de notas compartido (III)

Nos creará una plantilla de email con la dirección de la carpeta compartida para enviar a las personas que queramos que puedan ver nuestro bloc.

La versión web es más simple, pero, sobre todo como forma rápida de almacenar información y compartirla, es muy útil.

En la herramienta web podremos tanto crear un nuevo archivo OneNote como importar el existente en nuestro PC. Para crearlo iremos en SkyDrive a la carpeta de archivos donde queramos almacenarlo y pulsaremos *Crear/ Bloc de notas de OneNote*. Para importar nuestro block desde el PC pulsaremos *Cargar* y en la ventana, navegaremos hasta nuestro archivo.

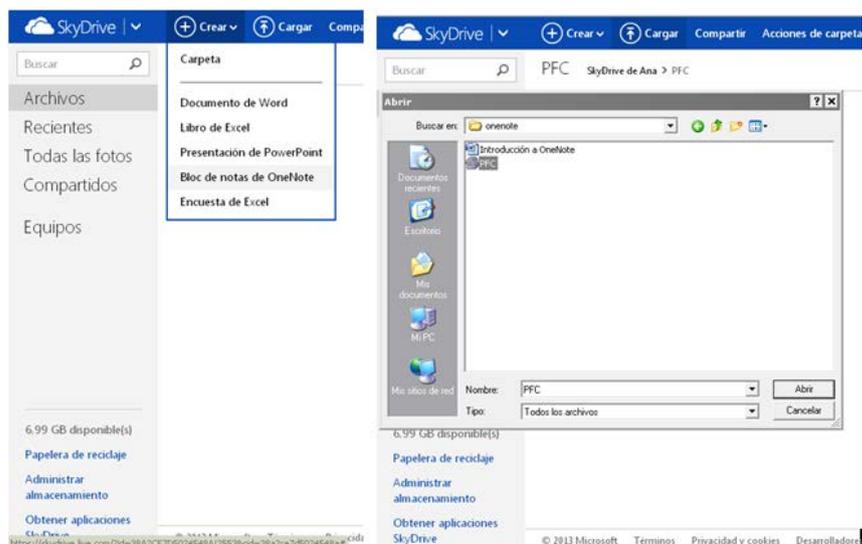


Figura 10. Crear e importar blocs de OneNote en SkyDrive.

Una vez subido nuestro bloc a la nube podremos trabajar en línea sobre él e, incluso, volver a importarlo a la versión de escritorio de OneNote.

Para compartir un bloc desde la nube, pulsaremos sobre él con el botón derecho del ratón y seleccionaremos la opción *Compartir*. Incluiremos las direcciones de las personas con las que queramos compartirlo e enviaremos el mail.

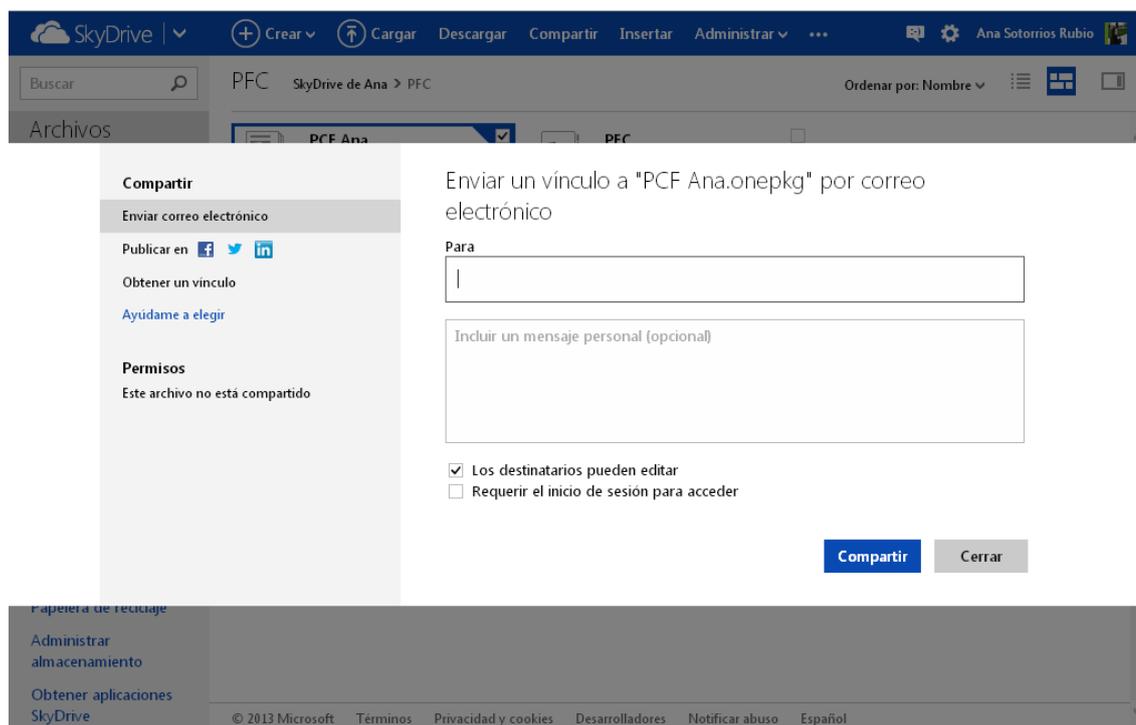


Figura 11. Compartir un bloc de notas.

Conclusiones sobre OneNote.

OneNote es una herramienta muy buena y completa, pero tiene grandes fallos aún y resulta difícil de manejar al principio por la cantidad de opciones que presenta. No parece aún apta para un entorno escolar, ya que los fallos y deficiencias que presenta el programa hacen que, llegado un punto, se abandone el programa en pos de un sistema más sencillo. En el mercado actual existen otras herramientas que, combinadas, ofrecen un mejor rendimiento que OneNote, aun cuando este reúne todas esas herramientas en una.

La gran ventaja de OneNote es la capacidad de organización y la compatibilidad con otros archivos. Es muy interesante el poder trabajar en paralelo mediante los blocs compartidos y el poder tener estos tanto en el PC como en la nube.

Uno de los grandes inconvenientes es el que los desarrolladores de Microsoft están centrando todos los esfuerzos en optimizar el programa para sus propias plataformas y las más novedosas (Windows Phone o Windows 8) y han olvidado mejorar el programa para plataformas más antiguas, como Office10, o de la competencia.¹³

En un futuro, cuando la herramienta esté terminada y totalmente comprobada, podrá ser un gran apoyo para la educación, hasta entonces, será más recomendable seguir con otros sistemas.

¹³ Durante la realización de este proyecto se pudo comprobar el funcionamiento de la aplicación de OneNote para Android. Esta no presentaba ninguna característica que merezca la pena incluir en este anexo.

