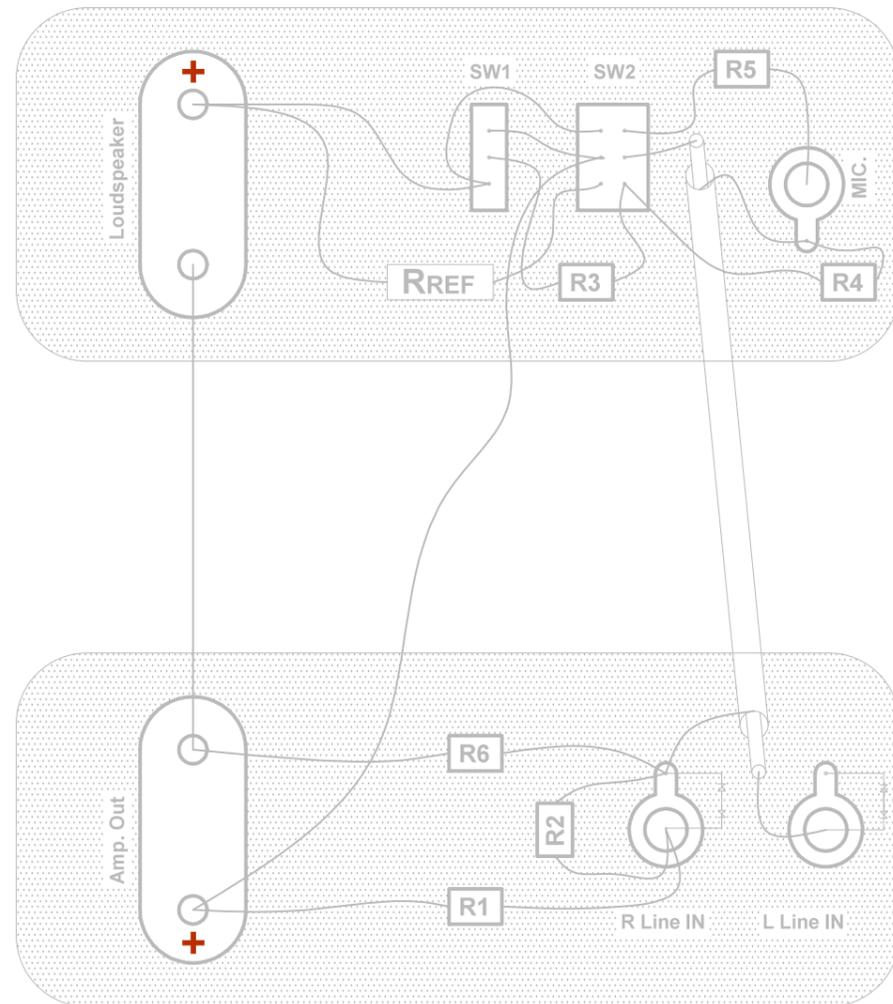


Trabajo
Fin de
Máster



Diseño e Implementación de Técnicas
de Uso de Equipos Electroacústicos



ugr

Universidad
de Granada



Máster en Ingeniería Acústica

Diseño e Implementación de Técnicas de Uso de Equipos Electroacústicos

Carreras Martínez Carlos J.

Curso 2014 / 2015

Tutor: Andrés María Roldán Arana

Máster
en
Ingeniería
Acústica

2014/2015





ÍNDICE

1. Introducción	Pág.1.
2. Fases del Proyecto	Pág.1 y 2.
3. Contenido y Estructura Capitular	Pág.2 y 3.
4. Análisis del Cableado y Conexionado	Pág.4 y 5.
5. Calibrado y Respuesta en Frecuencia de la Tarjeta de Sonido	Pág.6.
5.1. Información Previa	Pág.6.
5.2. Instrumentación y Material a Usar	Pág.6,7 y 8.
5.3. Guión	Pág.8.
5.3.1. Pasos Previos	Pág.8,9 y 10.
5.3.2. Calibrado de la Tarjeta de Sonido	Pág.11 - 18.
5.3.3. Respuesta en Frecuencia de la Tarjeta de Sonido	Pág.19 - 22.
5.3.4. Comparativa	Pág.23 - 25.
5.4. Conclusiones	Pág.26.
6. Calibrado Canales de Entrada y Salida y Nivel del Micrófono	Pág.27.
6.1. Información Previa	Pág.27 - 29.
6.2. Instrumentación y Material a Usar	Pág.29.
6.3. Guión	Pág.29.
6.3.1. Pasos Previos	Pág.29 - 31.
6.3.2. Calibrado de los Canales de Salida	Pág.31 - 33.
6.3.3. Calibrado de los Canales de Entrada	Pág.34 - 36.
6.3.4. Calibrado del Nivel del Micrófono	Pág.37 - 42.



6.4. Conclusiones	Pág.43.
7. Medición de la Impedancia de Altavoces	Pág.44.
7.1. Información Previa	Pág.44 y 45.
7.2. Instrumentación y Material a Usar	Pág.45 y 46.
7.3. Guión	Pág.46.
7.3.1. Configuración Básica de LIMP	Pág.46 - 50.
7.3.2. Caja de Medición ARTA	Pág.51.
7.3.3. Esquema de Conexión	Pág.52.
7.3.4. Estimación de los Parámetros Thiele-Small y Medición de la Impedancia	Pág.53 - 60.
7.4. Conclusiones	Pág.61.
8. Diseño de Cajas Acústicas	Pág.62.
8.1. Información Previa	Pág.62.
8.2. Tipos de Caja	Pág.62 y 63.
8.3. Materiales para las Cajas Acústicas	Pág.63 y 64.
8.4. Materiales Absorbentes	Pág.64 y 65.
8.5. Cálculo de Cajas Acústicas	Pág.65 - 69.
8.6. Aplicación	Pág.69.
8.7. Diseño de las Cajas Acústicas	Pág.70.
8.8. Conclusiones	Pág.71.
9. Video Manejo Mesa Mezclas	Pág 72.
10. Conclusiones	Pág.73 y 74.
11. Bibliografía y Webgrafia	Pág.75.
12. Presupuesto	Pág.76.



ugr

Universidad
de **Granada**

MÁSTER OFICIAL EN INGENIERÍA ACÚSTICA

***“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE USO DE EQUIPOS
ELECTROACÚSTICOS”***

REALIZADO POR:

Carreras Martínez, Carlos J.

DIRIGIDO POR:

Roldán Aranda, Andrés María

D. Andrés María Roldán Aranda, Profesor del Departamento de Electrónica y Tecnología de los Computadores y del Máster Oficial de Ingeniería Acústica de la Universidad de Granada, como director del Trabajo Fin de Máster de D.Carlos J. Carreras Martínez.

Informa, que el presente trabajo titulado:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE USO DE EQUIPOS ELECTROACÚSTICOS”

Ha sido realizado y redactado por el mencionado alumno bajo nuestra dirección, y con esta fecha autorizo a su presentación.

Granada, a 9 de Septiembre de 2015.

Fdo: Andrés María Roldán Aranda.

Los abajo firmantes autorizan a que la presente copia de Trabajo Fin de Máster se ubique en la biblioteca del Centro y/o departamento para ser libremente consultada por las personas que lo deseen.

Granada, a 9 de Septiembre de 2015.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos J. Carreras Martínez', written over a horizontal line.

Fdo: Carreras Martínez, Carlos J.

Fdo: Roldán Arana, Andrés María

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE USO DE EQUIPOS ELECTROACÚSTICOS”

Carreras Martínez, Carlos J.

PALABRAS CLAVE:

Tarjeta de sonido, amplificador, conectores, panel frontal, panel trasero, controlador, programa, imagen, respuesta en frecuencia, micrófono, canales de entrada, canales de salida, voltímetro, calibrador, saturación, impedancia, caja de medición, caja acústica, esquema de conexión, altavoz, caja cerrada.

RESUMEN:

El presente trabajo fin de máster es el diseño e implementación de técnicas de uso de equipos electroacústicos.

Como ya sabemos muchos de nosotros llegamos a cursar el Máster en Ingeniería Acústica, procediendo de diferentes titulaciones, de las cuales en muchas nunca se han desarrollado estos conocimientos o no tienen nada que ver con nuestra titulación o formación.

Por ello la finalidad de este Trabajo Fin de Máster es la realización de una serie de prácticas previas a la asignatura de Sistemas Electroacústicos.

Con el objeto de proceder a la realización de dichas prácticas por parte de los alumnos de nueva incorporación, a través de los manuales de prácticas que en este Trabajo Fin de Máster se desarrollan; además del manejo de los equipos que podemos encontrarnos en un Rack y la realización de diferentes conexiones y conectores, para poder trabajar con los mismos.

Los manuales de prácticas están repartidas en cuatro prácticas, que comienzan con el calibrado de una tarjeta de sonido, pasando por el calibrado de los canales de la mismas y llevándonos finalmente a nuestro objetivo final la medición de la impedancia de los altavoces y una serie de cálculos para diseñar las cajas acústica para dichos altavoces.

“DESIGN AND IMPLEMENTATION OF TECHNICAL EQUIPMENT FOR ELECTROACOUSTIC USE”

Carreras Martínez, Carlos J.

KEYWORDS:

Soundcard, amplifier, connectors, front panel, rear panel, driver, software, image, frequency response, microphone, input channels, output channels, voltmeter, gauge, clipping, impedance, measuring box, speaker box, connection scheme, speaker, closed box, bass reflex.

ABSTRACT:

The present of this final work Master Degree is the design and implementation of technical equipment for electroacoustic use.

As we know many of us come to study the Master in Acoustic Engineering , coming from different degrees , many of which have never developed these skills or have nothing to do with our qualifications or training.

Therefore the target of this final work Master Degree is performing a previous number of practices for the systems electroacoustic subject.

In order to proceed to do this practices by new incorporation students, through the practices manuales that i have developed in this final work Master Degree; besides the handling of equipment that can be found on a rack and making different connections and connectors in order to work with them.

Manuals practices are divided into four practices, starting with the soundcard calibration, continue with the channels calibration of same and finally leading us to our final objective impedance measurement of the speakers and design boxes for those speakers.

Dedicado a:

***Mis padres, Elena y Jorge. Sin ellos, llegar hasta aquí
no hubiera sido posible.***

Agradecimientos:

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis padres Elena y Jorge, y a mi hermano Jorge; por su apoyo constante y la confianza depositada, por haber estado siempre a mi lado y por todo el esfuerzo que han dedicado a formarme.

Por otro lado quiero dedicarle unas palabras a mis amigos, que han hecho que este camino sea más ameno; a mis compañeros del máster que han hecho de este año un año inolvidable y donde verdaderamente hemos sido una clase; y en especial a dos que me acogieron en su casa con los brazos abiertos.

También agradecer a David Pérez Vallejo su amabilidad y comprensión durante la realización de las pruebas acústicas; ya que sin él este camino se hubiera tornado bastante difícil.

Finalmente no podía olvidarme de mi tutor Andrés María Roldán Aranda; gracias por sus constante dedicación, atención, supervisión y su incansable afán de exigir y exprimirme cada vez más. Por su trato cercano y amable, y por todo el conocimiento transmitido.

Todos son igualmente partícipes de este trabajo.



1 Introducción.

Llegado el momento de cursar la asignatura de Trabajo Fin de Máster correspondiente a la titulación de Máster en Ingeniería Acústica, se pretende realizar un trabajo que este dentro de todos los ámbitos presentados en la Normativa de Realización de Trabajos Fin de Máster de la Universidad de Granada, y en el que se desarrolle una solución real a un problema que se ha encontrado en las clases del máster y se puede encontrar en el ejercicio de la profesión.

Esta solución consistirá en diseño e implementación de técnicas de uso de equipos electroacústicos. Dichos equipos se encuentran en el laboratorio de física de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación donde dispondremos de un conjunto de equipos eléctricos y mecánicos para poder desarrollar el Trabajo Fin de Máster.

2 Fases del Proyecto.

A continuación expondré las fases constitutivas del transcurso del trabajo, describiendo su contenido de manera generalizada.

FASE I - ESPECIFICACIONES Y BUSQUEDA DE INFORMACION:

Se nos pone en conocimiento a través del tutor de los diferentes aspectos y funciones a desarrollar en nuestro trabajo fin de máster

Tras saber en que consistirá nuestro trabajo fin de máster, llevamos acabo una búsqueda exhaustiva de información de los diferentes equipos electroacústicos que vamos a manejar. Además de un autoaprendizaje del programa que usaremos para llevar acabo el trabajo fin de máster.

FASE II - PLANIFICACIÓN:

Planificamos y esquematizamos todos los procesos y pasos a seguir; este paso lo considero fundamental para tener claras las ideas y trabajar de manera constantes y sin agobios.

FASE III - IMPLEMENTACION:

Realizamos cada una de las tareas propuestas por el tutor para definir nuestro trabajo fin de máster. Y se fabrican todos los componentes necesarios para llevar acabo todas las conexiones y esquemas de conexión necesarios para trabajar en las diferentes prácticas y con los distintos equipos electroacústicos.



FASE IV - TEST Y DISEÑO:

Una vez se ha concluido el proceso de fabricación e implementación, solo queda validar el funcionamiento global del conjunto, resolviendo defectos y anomalías y aportando mejoras puntuales.

Tras haber realizado los test y validar que son correctos los ensayos que hemos ejecutado procedemos al diseño de las prácticas y cajas acústicas.

FASE V - RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

Finalmente una vez tenemos todo el conjunto de resultados bien testado y el diseño es correcto procedemos a comparativas de los diferentes sistemas y realizando distintas pruebas para determinar unas conclusiones.

3 Contenido y Estructura Capítular.

Una vez se ha introducido el tema principal de este trabajo, consideramos el diagrama de flujo de las fases de trabajo que hemos llevado a cabo, figura 2.1.

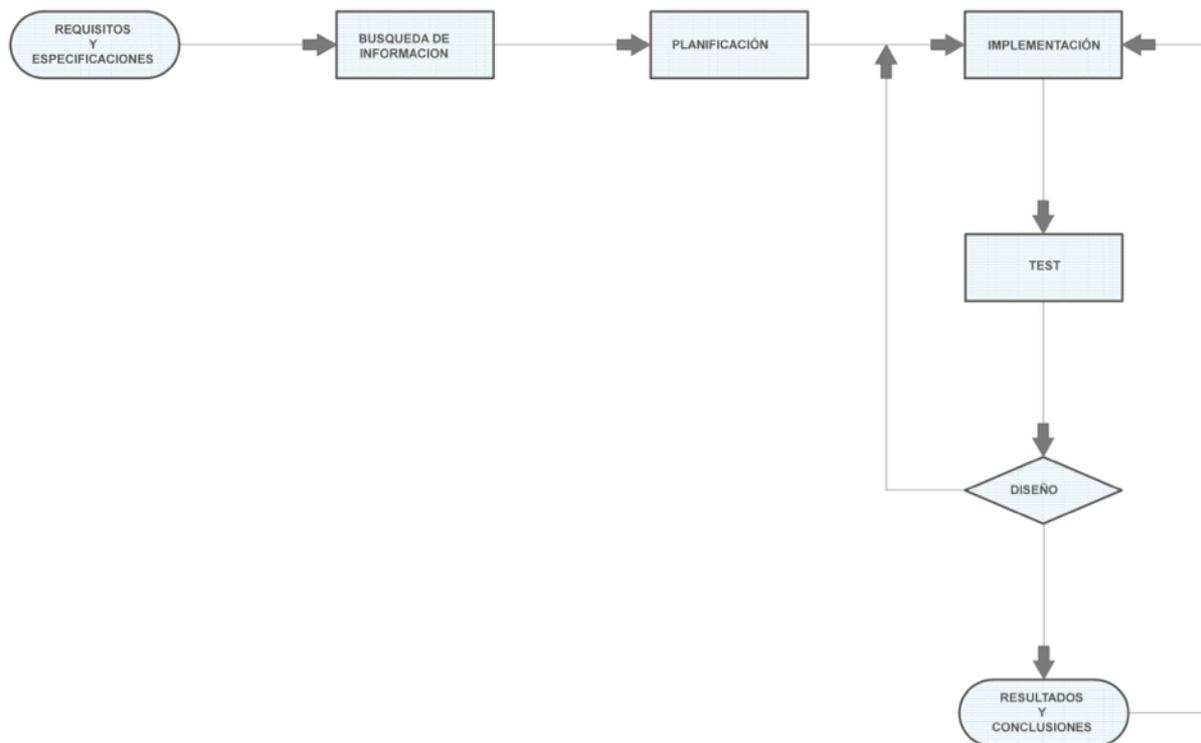


FIGURA 2.1. Flujo de Fase de Trabajo.



Basándonos en dicho diagrama, se numerarán los diferentes capítulos de esta memoria.

Cada capítulo y más que capítulo, práctica esta estructurado de la misma manera.

1. Información Previa.

Donde se desarrollan los conocimientos previos y básicos antes de realizar cada práctica.

2. Instrumentación y Material a Usar.

Principales equipos electroacústicos y materiales que se van a usar.

3. Guión.

Explicación de los pasos a seguir para el desarrollo de cada práctica.

4. Conclusiones.

Conclusiones obtenidas tras haber llevado acabo cada práctica y comparativa de los resultados obtenidos.

Por otro lado en los títulos de las propias prácticas viene bien explícito sobre lo que va a tratar y desarrollar en la misma.

- **PRÁCTICA I** : En esta práctica se llevará acabo el calibrado de la tarjeta de sonido que disponemos en el laboratorio.
- **PRÁCTICA II** : Se realiza el calibrado de los canales de salida y entrada de dicha tarjeta de sonido, ademas de un calibrado del nivel de un micrófono de condensador.
- **PRÁCTICA III** : En dicha práctica mediremos la impedancia de los altavoces de los que disponemos con distintos métodos y con el programa ARTA.
- **PRÁCTICA IV** : Finalmente se lleva acabo un manual de diseño de cajas acústicas con los resultados obtenidos en la práctica anterior.
- **PRÁCTICA V** : Video tutorial de manejo de mesa de mezclas y pequeños ensayos.



4 Análisis del Cableado y Conexionado.

Aunque ya viene especificado en cada práctica los diferentes conexiones y cableado que tenemos que usar en cada una y como deben instalarse en cada sistema electroacústico, en este apartado se llevará un análisis de los diferentes conexiones usadas.

JACK 6,3 MM - JACK 6,3 MM.



MINI JACK - MINI JACK.



JACK 6,3 MM - PINZAS DE COCODRILO.



XLR MACHO - XLR HEMBRA.





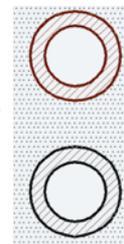
JACK 6,3 MM - XLR MACHO



JACK 6,3 MM - RCA



JACK 6,3 MM - BORNES.



XLR MACHO - BORNES



Como podemos observar se realiza de manera esquemática y sencilla para la fácil comprensión del alumnado.

Todo este cableado y conexiones ya se encuentra realizado por mi, por lo que el alumno que lleve a cabo las prácticas que se presentan en mi trabajo fin de máster solo tendrá que realizar las conexiones pertinentes con los diferentes equipos electroacústicos que se usan en cada una.

Dichos esquemas de conexión también vienen explicados de manera sencilla y esquemática en cada práctica.



PRÁCTICA I : CALIBRADO Y RESPUESTA EN FRECUENCIA DE LA TARJETA DE SONIDO.

1 Información Previa.

Una tarjeta de sonido es una tarjeta de expansión para computadoras que permite la salida de audio controlada por un programa informático que se llama controlador o conocido más comúnmente por driver.

Algunos equipos (como computadoras personales) tienen la tarjeta ya integrada a la placa base, mientras que otros requieren tarjetas de expansión. También hay equipos que por su uso (como por ejemplo servidores) no requieren de dicha función.

BITS DE RESOLUCIÓN.

Se refiere al número de bits que tiene que capturar el audio en un instante de tiempo. La forma más fácil de visualizar esto es como una serie de niveles, que puede ser la energía de audio en rodajas en un momento dado en el tiempo. Con el audio de 16 bit, hay 65.536 niveles posibles, que dicho número resulta de elevar el número dos a dieciséis. Cuanto mayores son los bits de resolución mayores serán los niveles de muestras. En el momento en que llegamos a 24 bits, tendremos 16.777.216 niveles.

FRECUENCIA DE MUESTREO.

Es el número de veces que el sonido se mide por segundo. Así que en el estándar la frecuencia de muestreo es de 44,1 kHz o 44.100 muestras cada segundo. Por lo tanto para 96 kHz se tomarán 96.000 muestras por cada segundo.

2 Instrumentación y Material a Usar.

Para llevar acabo la siguiente práctica deberemos utilizar la tarjeta de sonido (SC), la cual citaré sus características mas relevantes y se indicarán tanto su panel frontal y posterior como se muestran en las imágenes 2.1 y 2.2; además de una serie de cableado y conexiones necesarias.

TARJETA DE SONIDO. BEHRINGER, FCA 610.

- **Características e información técnica:**

Consta de un interfaz de audio Audiophile con 24 bits de resolución y una frecuencia de muestreo de 96 KHz para cualquier entorno de grabación. Además de dos preamplificadores de micrófono, filtro paso alto, 6 entradas y 10 salidas (analógicas y digitales combinadas), monitorización directa, 2 salida de auriculares y compatible con Windows y Mac.

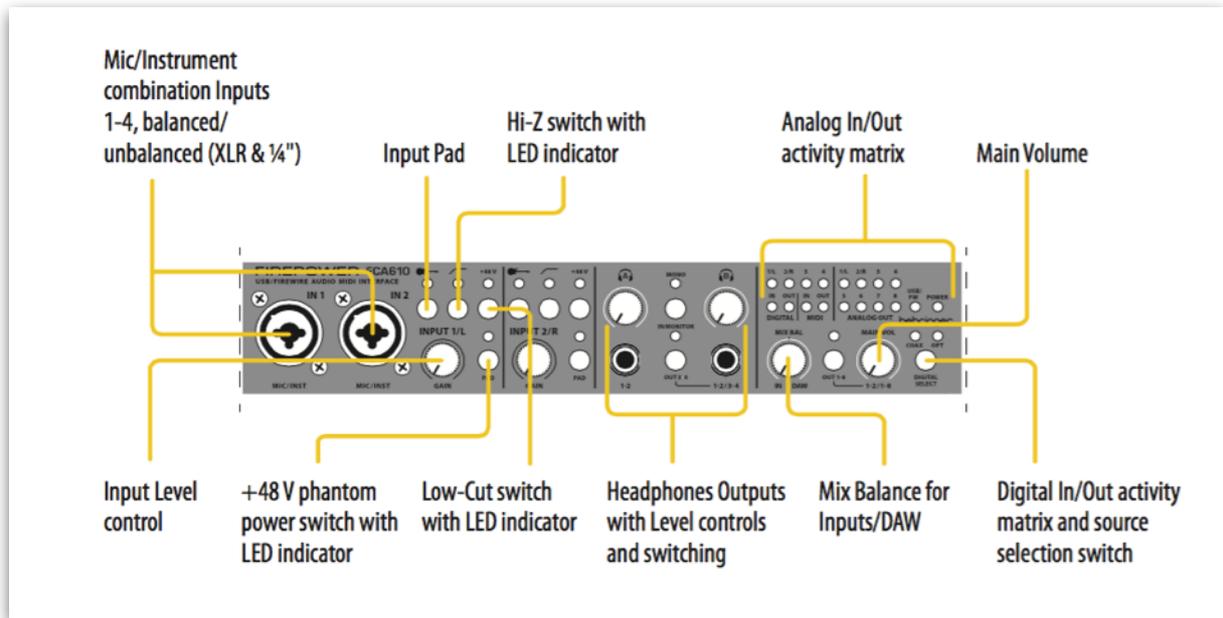


IMAGEN 2.1. FCA 610 Front Panel.

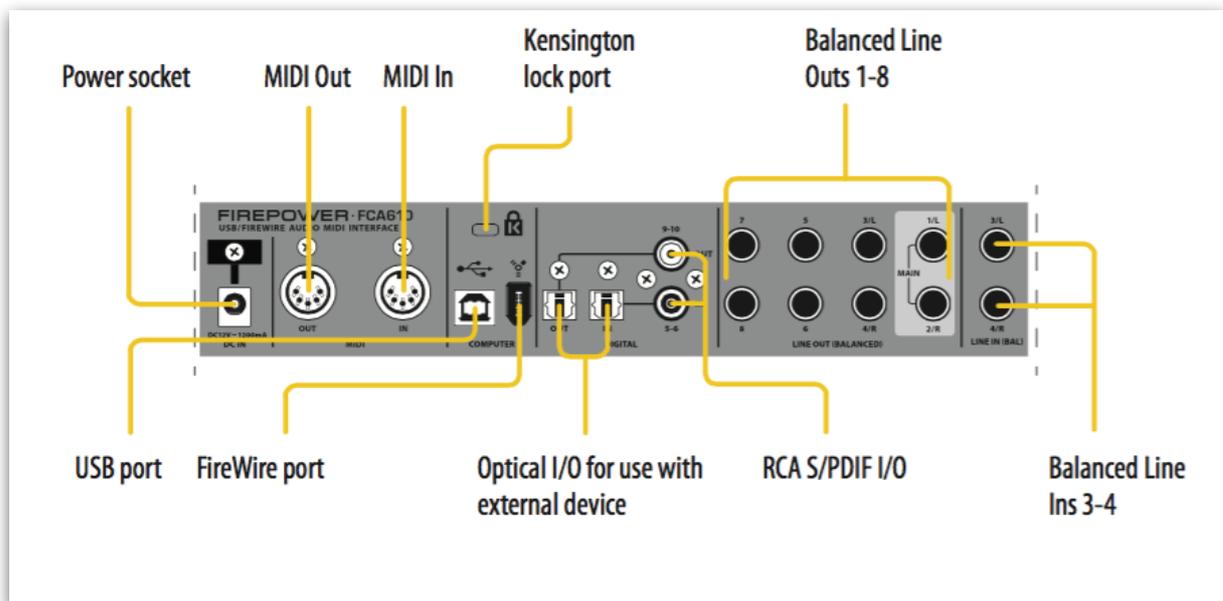


IMAGEN 2.2. FCA 610 Rear Panel.



CABLEADO Y CONEXIONADO.

Si nos fijamos en el panel posterior de la tarjeta de sonido el cual podemos observar en la imagen 2.2 veremos sus diferentes entradas y salidas; por ello para realizar esta prueba deberemos llevar acabo una conexión balanceada de Jack Macho de 6,3 mm a Jack Macho de 6,3 mm, conectando *LEFT IN - LEFT OUT* y *RIGHT IN - RIGHT OUT*.

3 Guión.

A continuación desarrollaré y explicaré los pasos a seguir para realizar el calibrado de la tarjeta de sonido o SC (*Sound Card*), de manera escueta y sencilla para la fácil comprensión.

3.1 Pasos Previos.

Antes de empezar con el calibrado de la tarjeta de sonido y de los programas que nos permiten realizarle la prueba a la misma; deberemos disponer de los controladores o drivers de la tarjeta de sonido.

Por lo tanto tras saber que usaremos una SC FCA 610 USB del fabricante Behringer ; vamos a la página de internet del fabricante en nuestro caso Behringer y pinchamos en el segundo enlace. <http://www.behringer.com/EN/Products/FCA610.aspx> (Véase imagen 3.1.1.)

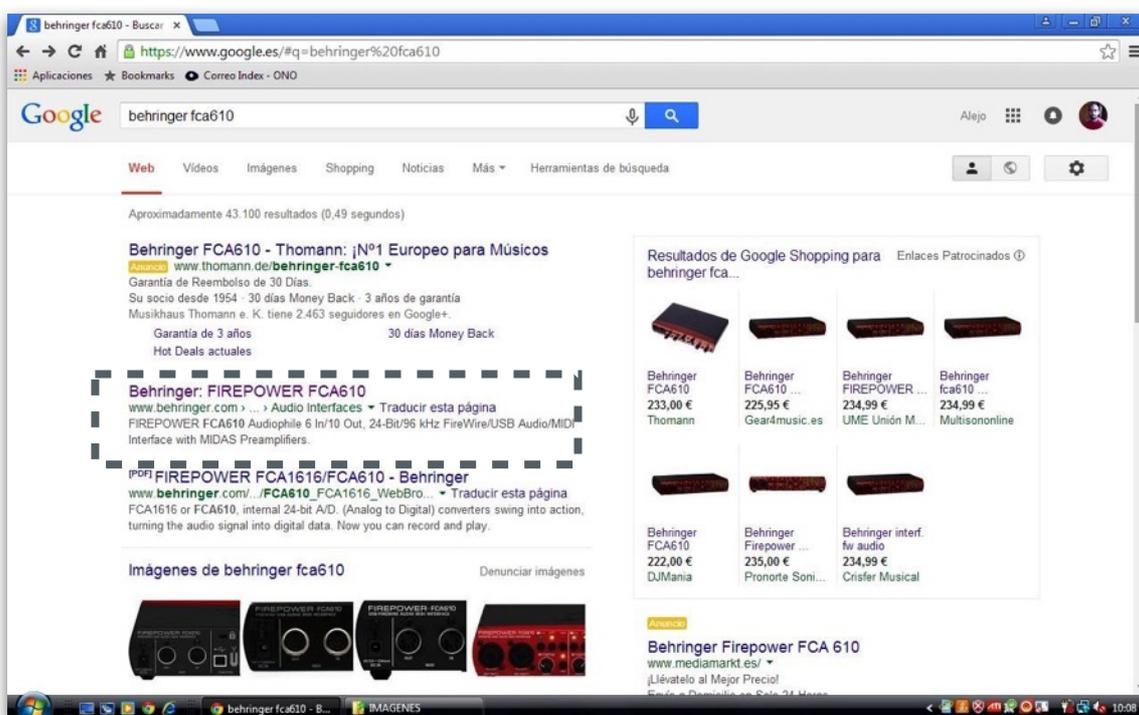


IMAGEN 3.1.1. Página internet para descarga de drivers.



Pinchando en el enlace citado, se nos abrirá la página y nos aparecerán tres desplegables como se muestran en la imagen 3.1.2.



IMAGEN 3.1.2. Desplegable descarga de drivers.

Pues bien ahora clicamos en la pestaña de *DOWNLOADS* y en la parte final de la página encontraremos los drivers de descarga para poder usar el la tarjeta de sonido con nuestro ordenador. De todos los drivers que aparecen para descargase seleccionaremos el FCA610 USB Driver 6.13.0. www.behringerdownload.de/FCA/Behringer_FCA610_USB_Drv_V6_13_0.zip (Véase imagen 3.1.3).

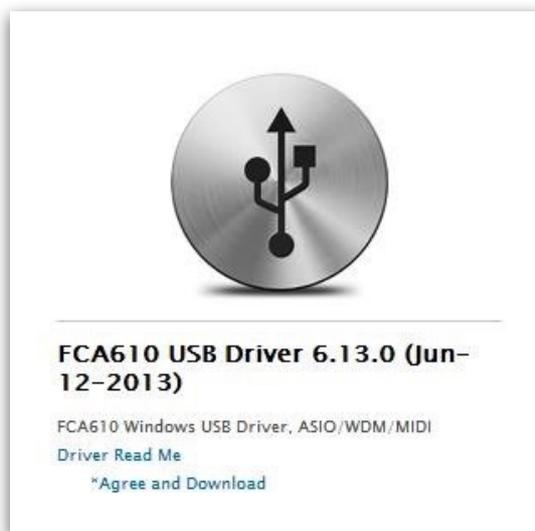


IMAGEN 3.1.3. Driver de descarga.

Una vez que hemos pinchado se llevará acabo la descarga del controlador o driver con la extensión Behringer_FCA610_USB_Drv_V6_13_0.zip, tal y como se muestra en la imagen 3.1.4. Accedemos a nuestras carpeta de descargas, clicamos en el zip y lo abrimos y en la carpeta, le damos a los dos archivos de extensión .exe; que se llaman Behringer FCA610 USB Control Panel.exe y setup.exe.

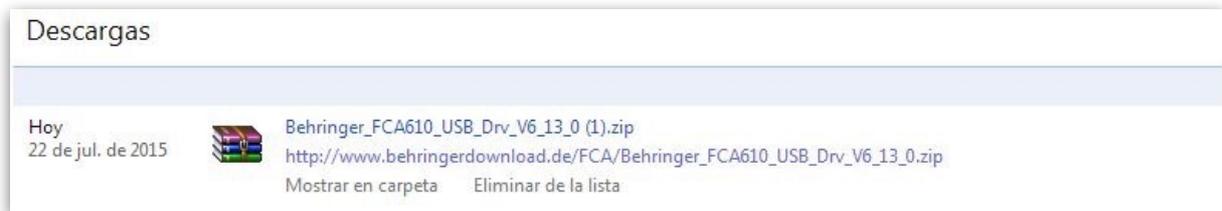
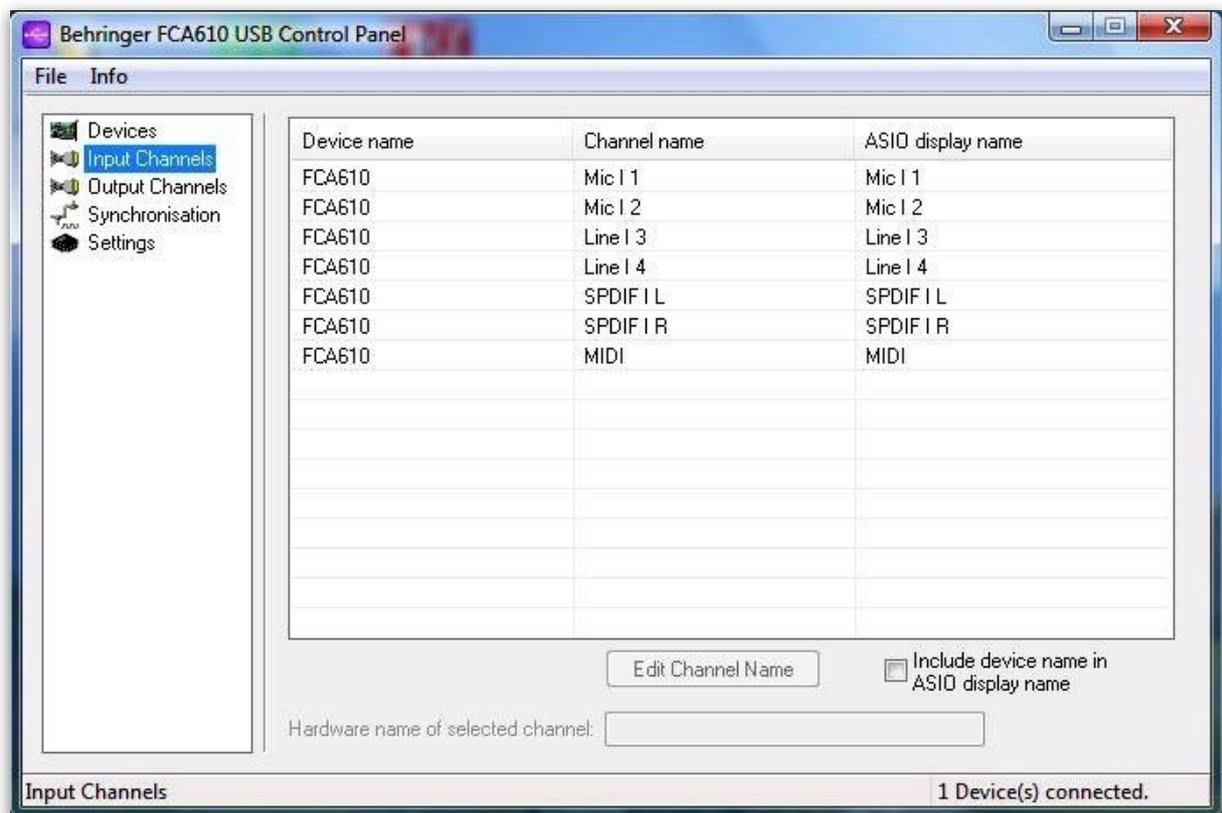


IMAGEN 3.1.4. Archivo Zip de descarga.

Ejecutamos ambos archivos, y al ejecutarlos nos saldrá una ventana



correspondiente a la imagen 3.1.5.

IMAGEN 3.1.5. FCA610 USB Control Panel.

En dicha imagen podemos observar los diferentes canales de entrada y salida disponibles de la tarjeta de sonido; al igual que su configuración.



3.2 Calibrado de la Tarjeta de Sonido.

Para llevar acabo el calibrado de la SC (*Sound Card*), existen diferentes tipos de programas pero usaremos el software ARTA, debido a su sencillez y fácil manejo al igual que por disponer de la caja que se necesita y que te se enseña a fabricar el mismo para los diferentes ensayos. <http://www.artalabs.hr/download.htm> ,



IMAGEN 3.2.1. Pantalla de inicio ARTA.

A continuación de haber abierto el programa nos vamos a la barra de herramientas superior y pulsamos el modo SPA (*Spektrum - Analyzer Mode*). (Véase imagen 3.2.2).



IMAGEN 3.2.2. Barra de herramientas modo SPA.

Para ejecutar el calibrado de la tarjeta de sonido es preciso que realicemos el siguiente esquema de conexionado con el cableado y material que se muestra a en la imagen 3.2.3.

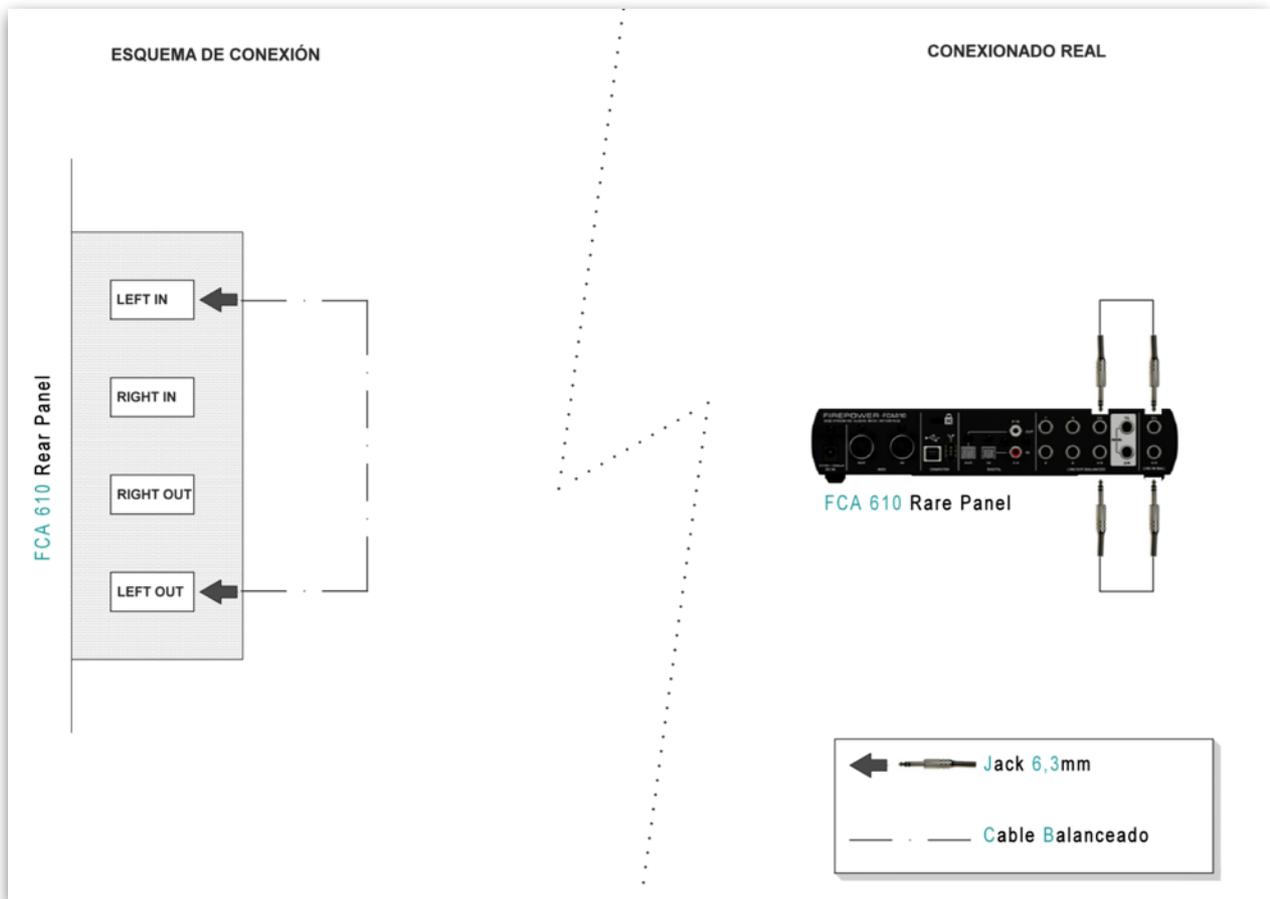


IMAGEN 3.2.3. Diagrama de conexionado SC

Tras haber llevado acabo el esquema de conexionado debemos ejecutar o configurar los dispositivos de entrada/salida de reproducción y grabación de nuestro ordenador.



Para ello pinchamos con el botón derecho en el icono del altavoz de nuestro ordenador y seleccionamos Dispositivos de Reproducción.(Véase imagen 3.2.4.)

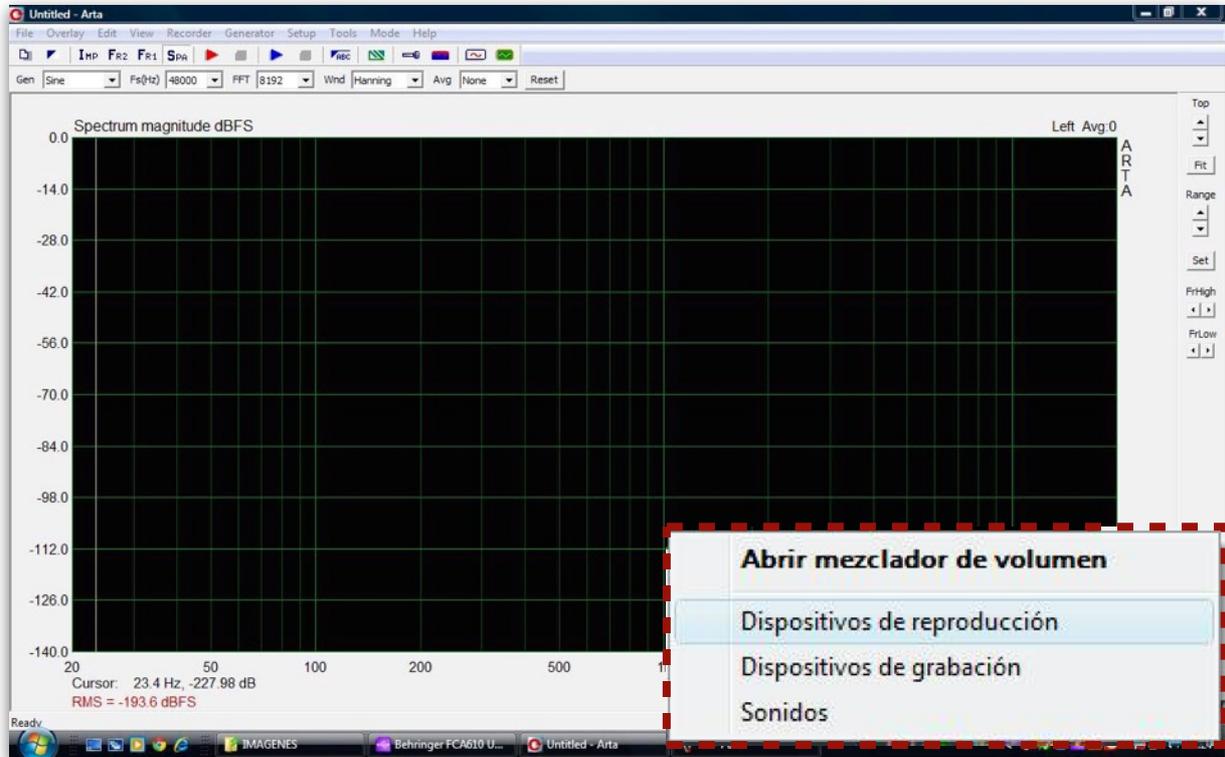


IMAGEN 3.2.4. Configuración de dispositivos de audio.



Posteriormente visualizamos la parte trasera de nuestra sound card y vemos en que puertos hemos conectado las *IN* y *OUT*, es decir, en el número de entrada y salida.

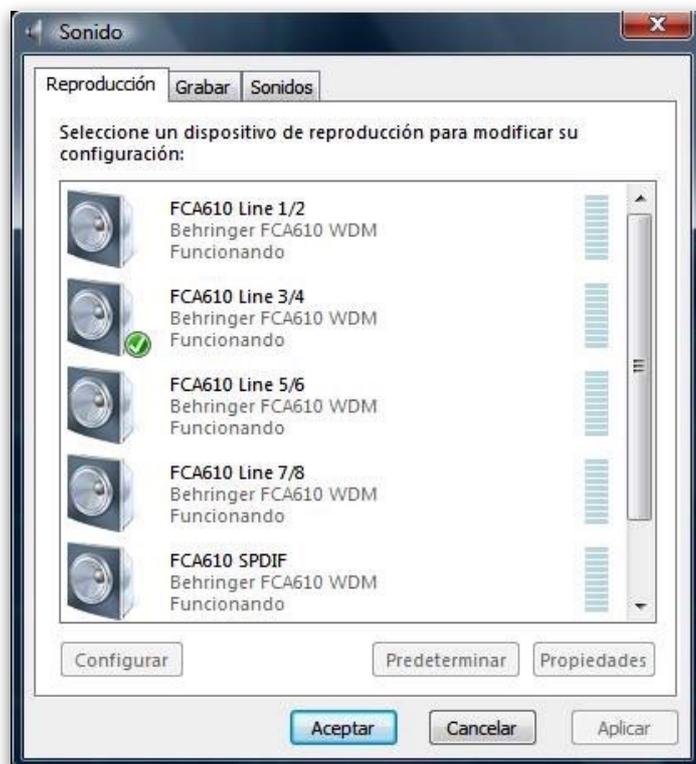


IMAGEN 3.2.5. Panel de control de audios.

Finalmente cuando se han seleccionado los puertos de entrada y salida, en mi caso 3/4, pinchamos en el botón de predeterminado. Para los dispositivos de grabación ejecutaremos los mismos pasos.

Tras haber llevado acabo esta serie de pasos previos y configuración de dispositivos, volvemos al software ARTA y abrimos el *Signal Generator Setup* icono que se muestra en la imagen 3.2.6, que se encuentra en la barra de herramientas con el siguiente símbolo.



IMAGEN 3.2.6. Símbolo *Signal Generator Setup*.



Una vez se ha pulsado dicho símbolo nos emergerá una pantalla como la imagen 3.2.7.

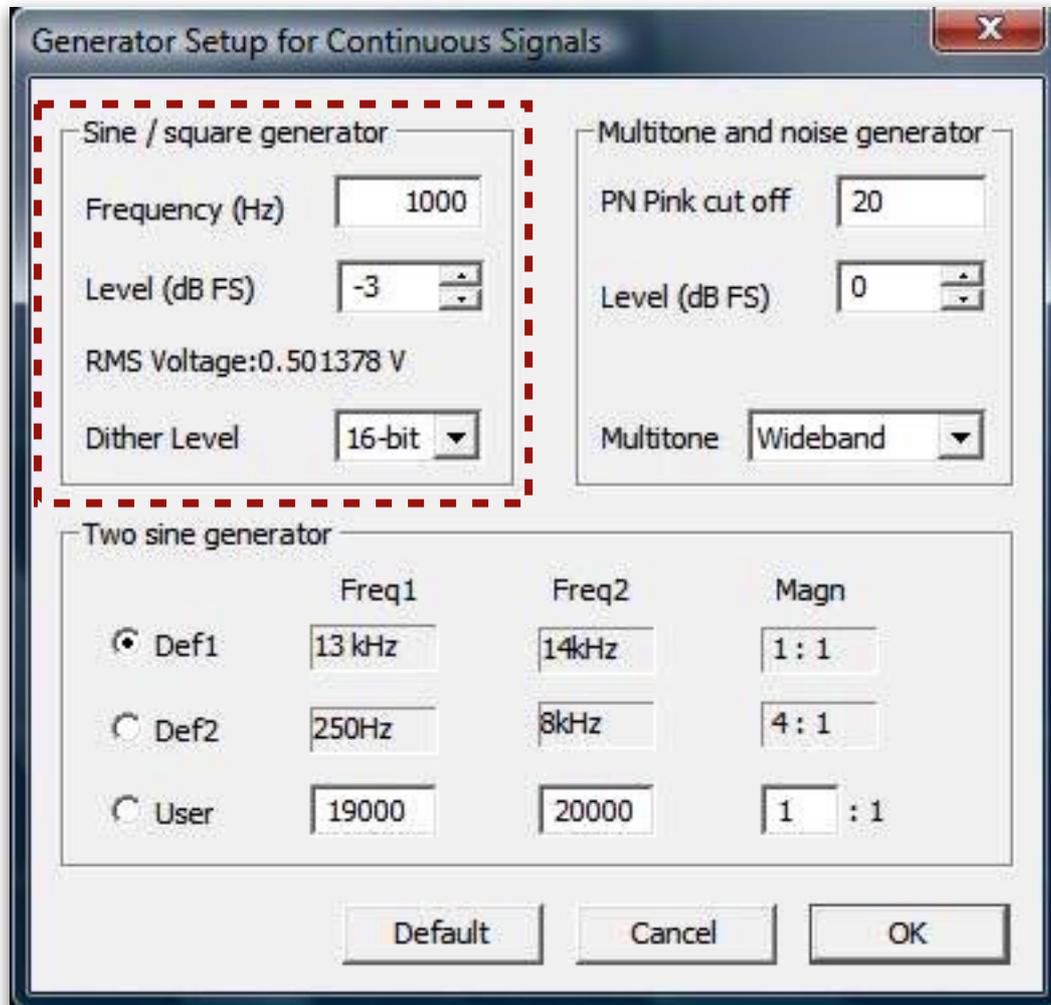


IMAGEN 3.2.7. *Generator Setup for Continuous Signals.*



En principio solo nos centraremos y comprobaremos los parámetros que se encuentran remarcados; que en este caso los dejaremos tal y como se muestra en la imagen y pulsaremos OK al finalizar la configuración.

A continuación iremos a la parte inferior de la barra de herramientas y miramos que los valores son los siguientes, si no lo son los cambiaremos por los que se citan:

Gen: Sine Fs(Hz): 48000 FFT: 16384 Wnd: Kaiser Avg: None.

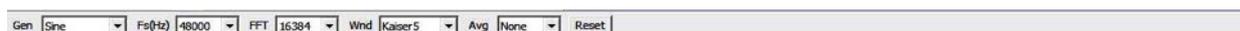


IMAGEN 3.2.8. Valores de la señal generada.

También podremos cambiar dichos valores, pulsando en la barra de interfaz, pulsando en *Setup* que se desplegara y pinchamos en *Measurement*, donde nos saldrá una ventana como se muestra en la imagen 3.2.9.

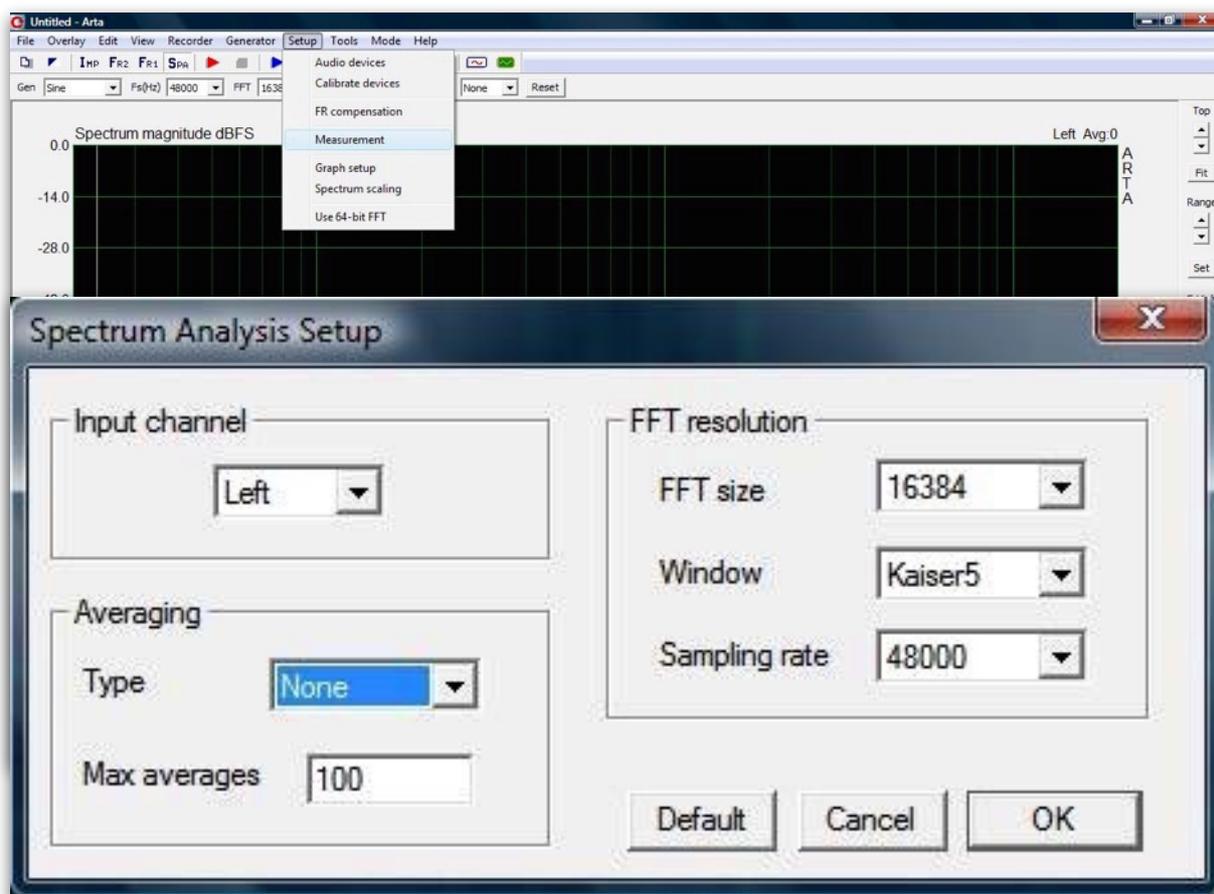


IMAGEN 3.2.9. Valores de la señal generada.

Seleccionamos como canal de entrada *LEFT*, que en nuestro caso es el canal 3/4, que ya viene predeterminado por defecto y pulsamos OK.



Ahora volvemos a la barra de interfaz y vamos a *Setup* donde saldrá un desplegable y pulsamos en *Spectrum Scalling* y nos aparecerá la siguiente ventana. (Véase imagen 3.2.10.) Que deberá estar configurada tal y como se muestra en la imagen; una vez así pulsamos OK.

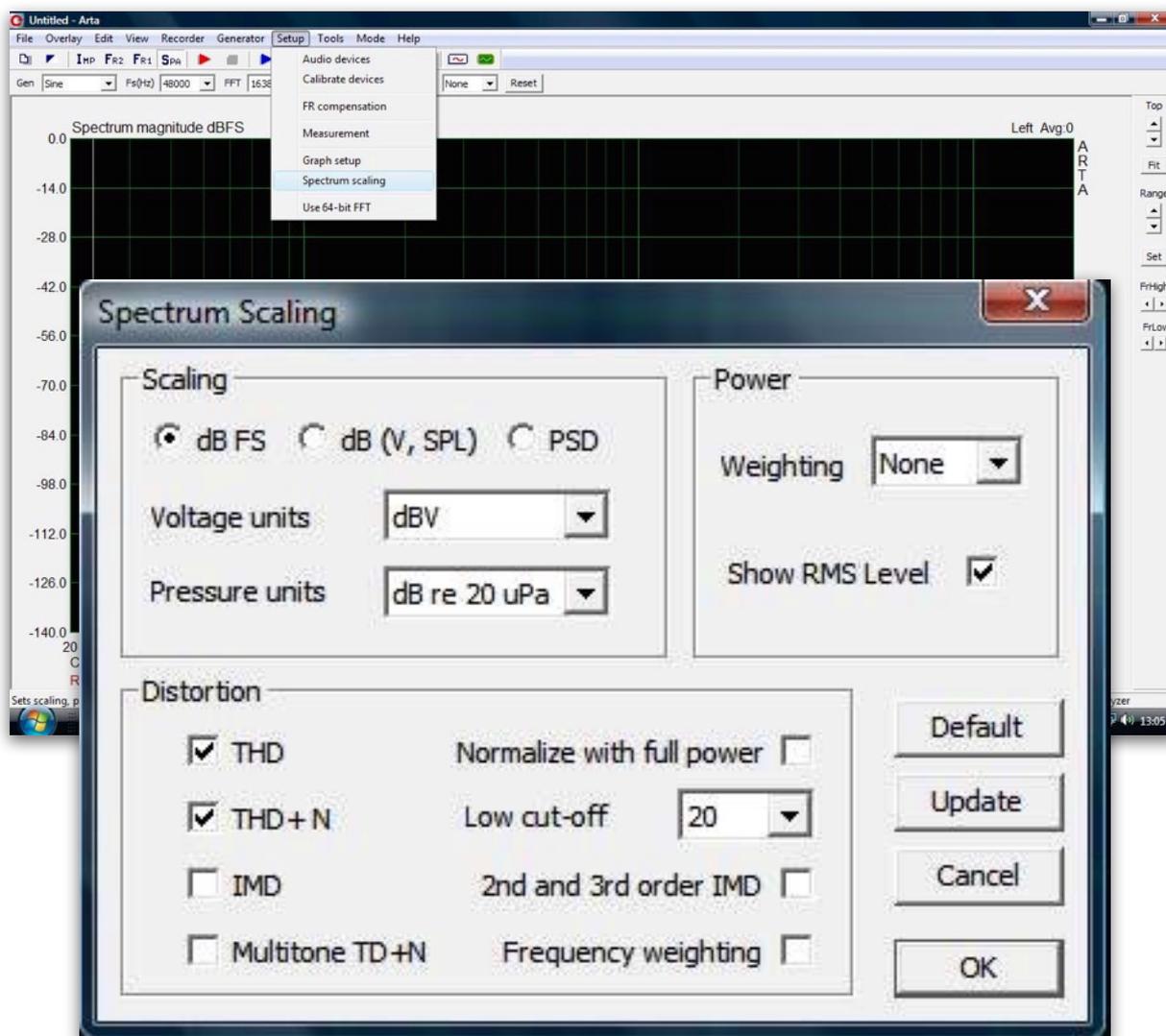


IMAGEN 3.2.10. Valores de *Spectrum Scalling*.

Como podemos observar los valores de THD y THD+N quedan marcados ya que serán estos a través de los cuales determinaremos si la tarjeta de sonido es buena o aceptable. Tras configurar todas las variables, parámetros y dispositivos procedemos al ensayo.



Comenzaremos pulsando el icono de la barra de herramientas *RECORD*.(Véase imagen 3.2.11.)



IMAGEN 3.2.11. Símbolo *RECORD*.

Y la pantalla de inicial de ARTA cambiará de la siguiente manera.(Véase imagen 3.2.12.)

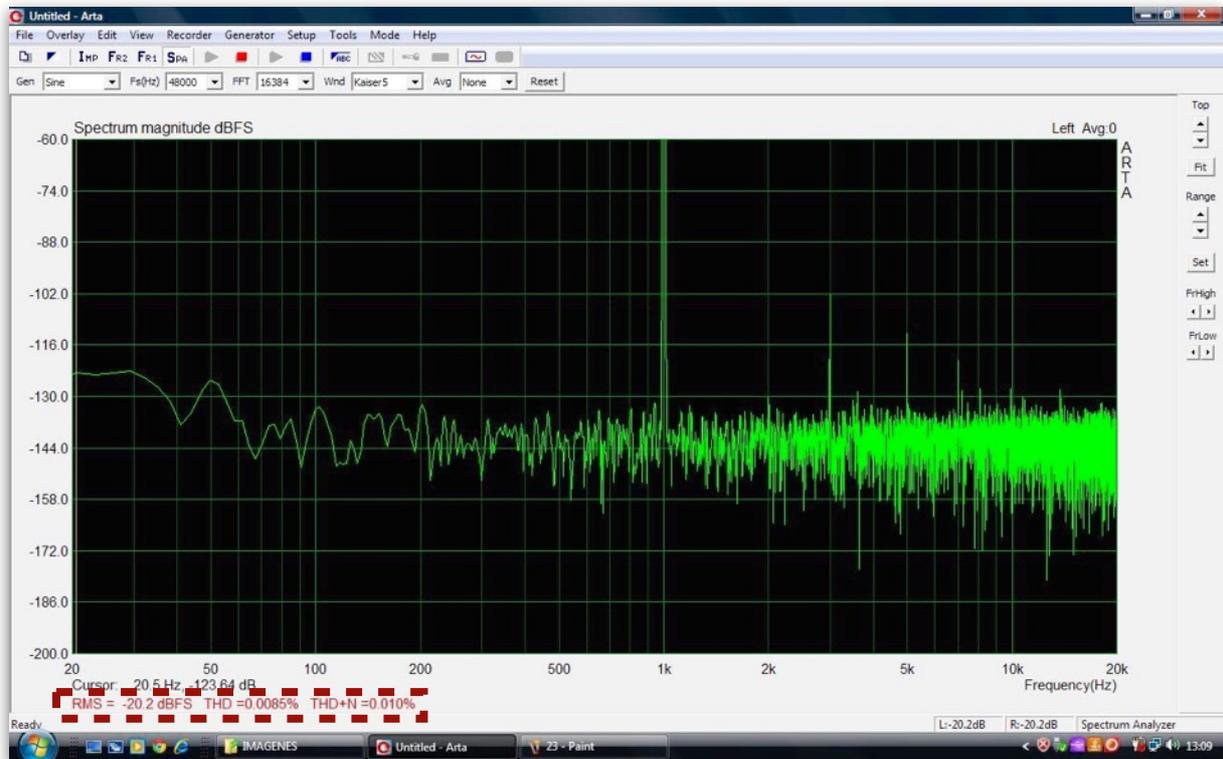


IMAGEN 3.2.12. Resultados del calibrado de SC.

Con el fin de demostrar que nuestra SC es de una gama media-alta y de una calidad buena podemos observar en la imagen 3.2.12. que nuestro $TDH+N = 0,010\%$ lo que implica que nuestra tarjeta de sonido es buena.



3.3 Respuesta en frecuencia de la Tarjeta de Sonido.

Para llevar a cabo la respuesta en frecuencia el conexionado será el mismo, es decir, realizaremos una conexión balanceada de Jack Macho de 6,3 mm a Jack Macho de 6,3 mm, conectando *LEFT IN - LEFT OUT* y *RIGHT IN - RIGHT OUT*, tal y como se muestra en la imagen 3.2.3.

Pero lo que deberemos de cambiar es el modo con el que trabajamos con el programa ARTA, en este caso para determinar la respuesta en frecuencia pulsaremos el icono que viene en la barra de herramientas IMP, véase imagen 3.3.1.



IMAGEN 3.3.1. Símbolo *impulse*.

A continuación nos vamos al panel de menús y pulsamos el *Record* nos aparecerá un desplegable del que pinchamos en el primero de todos *Impulse Response/Time Record* tal y como se muestra en la imagen 3.3.2.; desde el cual nos saldrá una ventana emergente. Los parámetros de la misma los dejaremos así como vienen de origen. (Véase imagen 3.3.3.)



IMAGEN 3.3.2. Símbolo *impulse*.

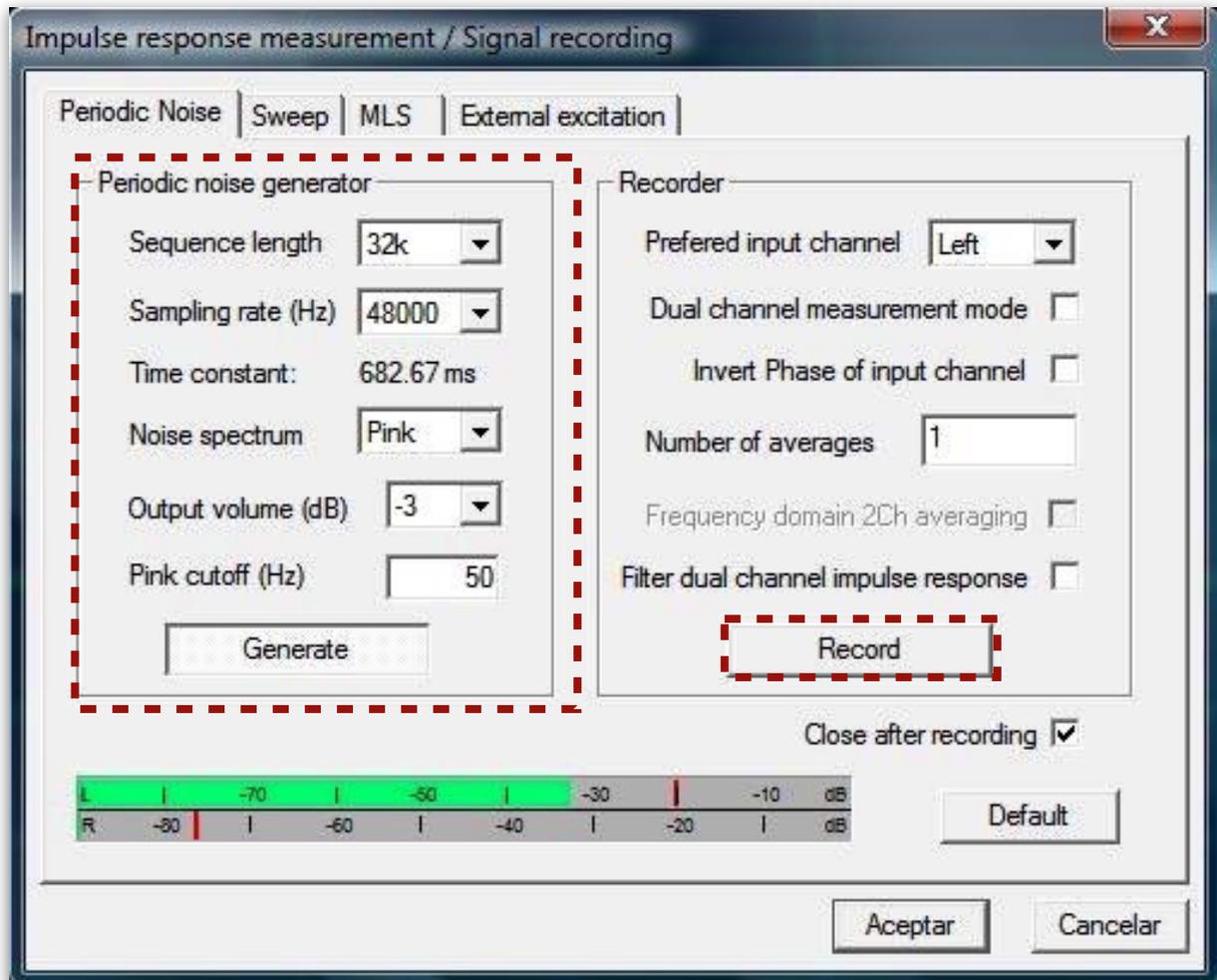


IMAGEN 3.3.3. *Impulse response measurement / Signal recording.*

Después pulsamos el botón de *Generate* que aparece en el *Periodic noise generator* y que esta remarcada en la imagen 3.3.3.

En la imagen 3.3.3 podemos observar que si aumentamos el *Main Vol* de la *Sound Card* al máximo (véase imágenes 2.1 y 3.3.4) el programa sitúa la medición entorno a -15 dB.



IMAGEN 3.3.4. *Sound Card FCA 610 USB.*



Tras realizar esta serie de pasos previos presionamos el botón de *Record* remarcado en rojo que se observa en la imagen 3.3.3, dándonos una ventana tal y como se muestra en la imagen 3.3.5.

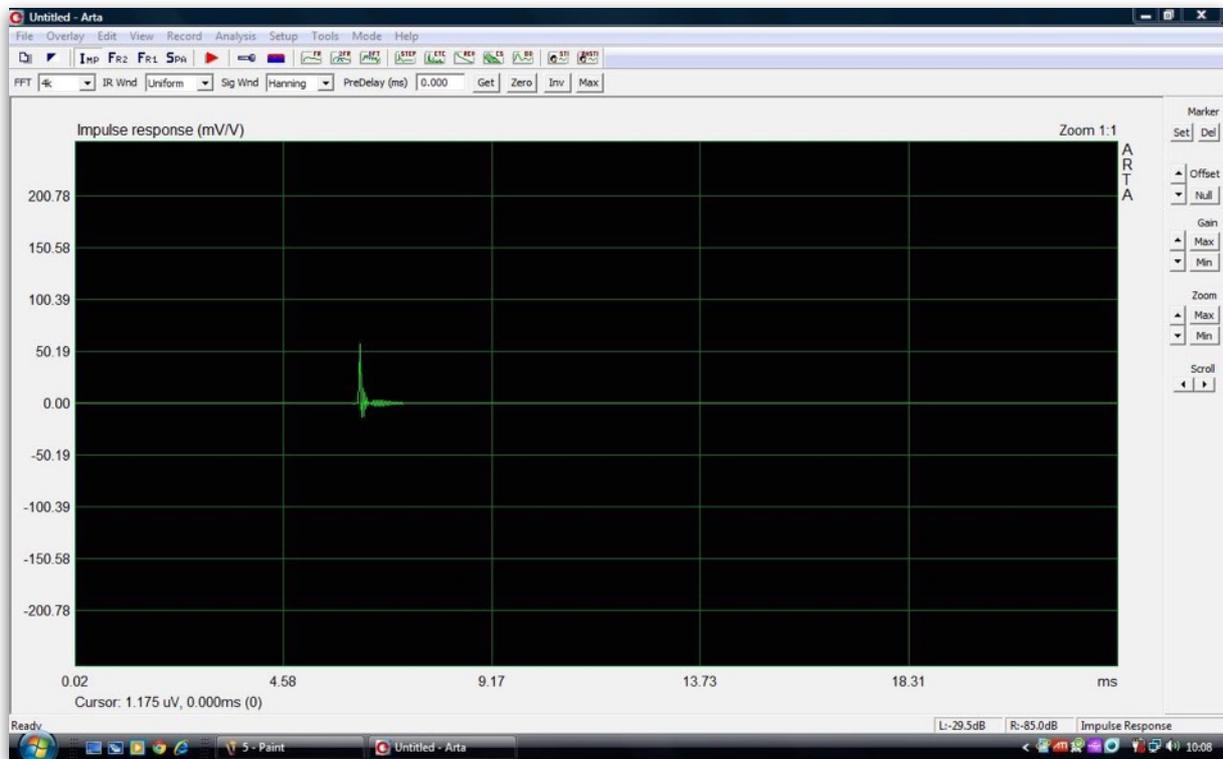


IMAGEN 3.3.5. Pantalla *Impulse*.

Una vez que nos aparece una pantalla como la imagen 3.3.4., volvemos a la barra de herramientas y pulsamos el icono que aparece a continuación. (Véase imagen 3.3.6.)



IMAGEN 3.3.6. Simbolo FR.

Como vemos nos aparece la respuesta en frecuencia de nuestra tarjeta de sonido; como podemos ver no sale una línea recta lo cual quiere decir que la respuesta en frecuencia de nuestras SC es buena. (Véase imagen 3.3.7.)

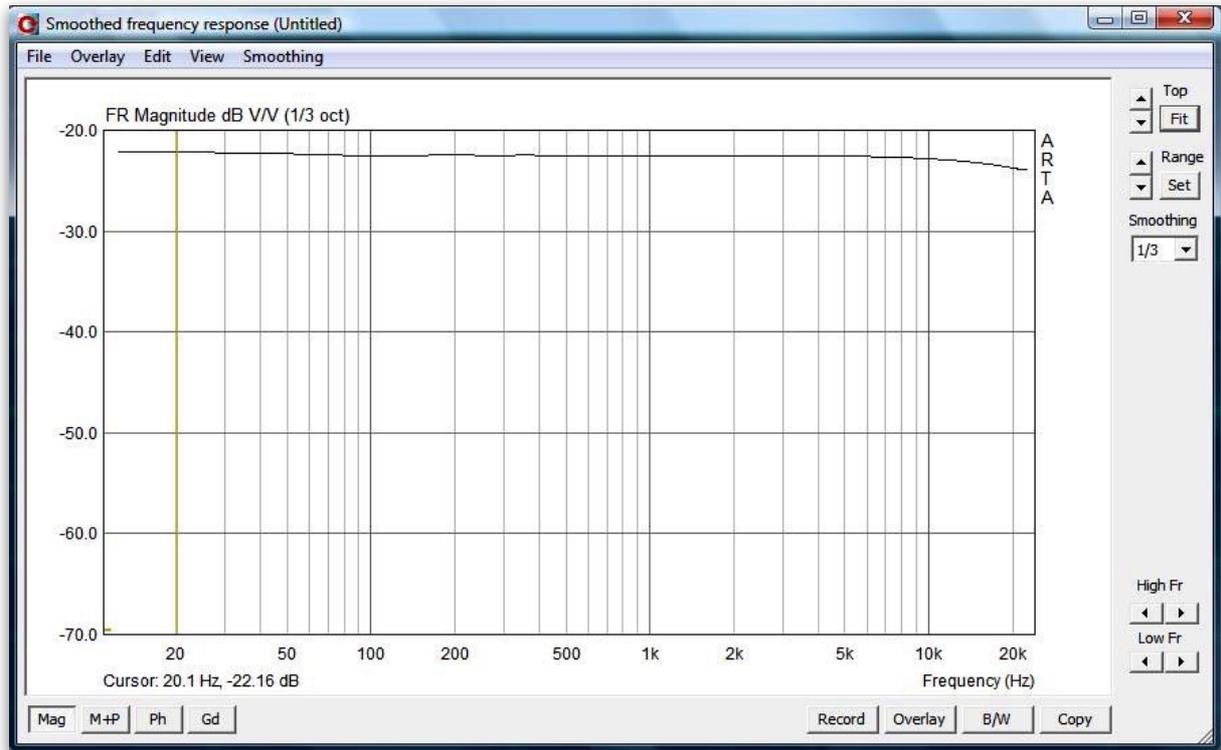


IMAGEN 3.3.7. Respuesta en frecuencia de la SC FCA 610 USB.



3.4 Comparativa.

Con el fin de demostrar que esto no es siempre así y realizar una comparativa de resultados vamos a llevar a cabo la misma prueba pero realizándola en este caso con la tarjeta de sonido que viene integrada en el ordenador.

Para ello deberemos realizar una conexión no balanceada de Jack Macho de 3,5 mm o Mini Jack a Jack Macho de 3,5 mm o Mini Jack, conectado la salida de audio y de micrófono del ordenador a la vez; véase imagen 3.4.1

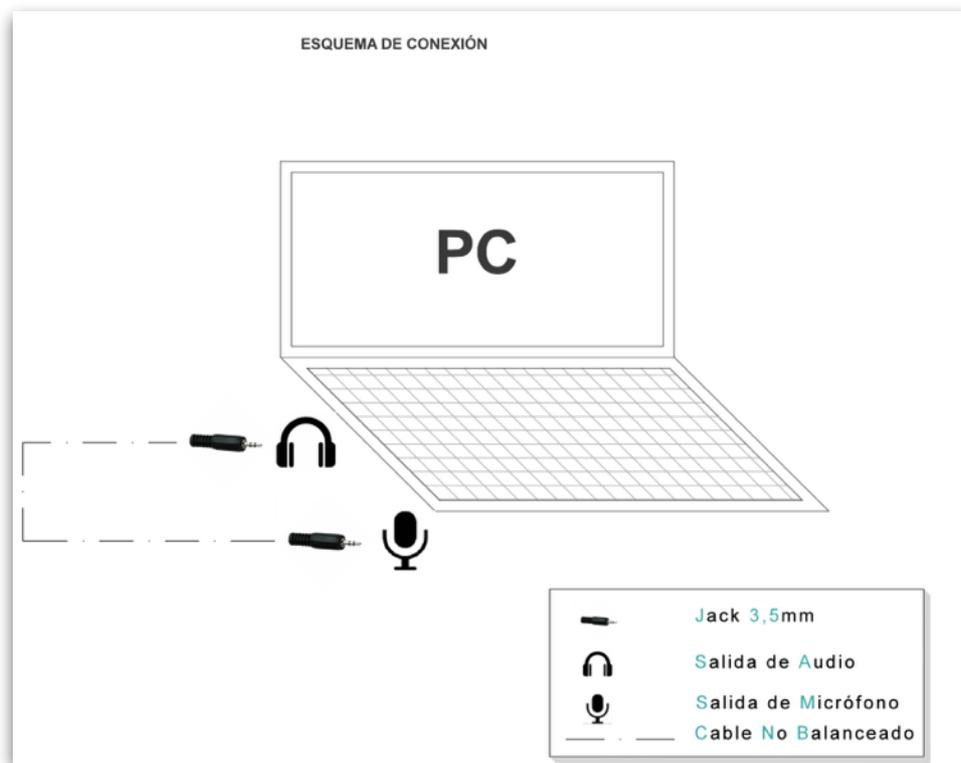


IMAGEN 3.4.1. Diagrama conexasión PC.



Tras haber realizado el esquema de conexionado tal y como se indica en la imagen anterior, procederemos a realizar la misma configuración del programa ARTA para llevar acabo el calibrado de la tarjeta de sonido del PC.

A fin de comprobar si la SC del ordenador es buena o aceptable según los valores establecido anteriormente que volveremos a establecer ahora de nuevo; pulsamos el icono de la barra de herramientas *Record* (Imagen 3.4.2.).



IMAGEN 3.4.2. Símbolo *Record*.

Y la pantalla de inicial de ARTA cambiará de la siguiente manera.

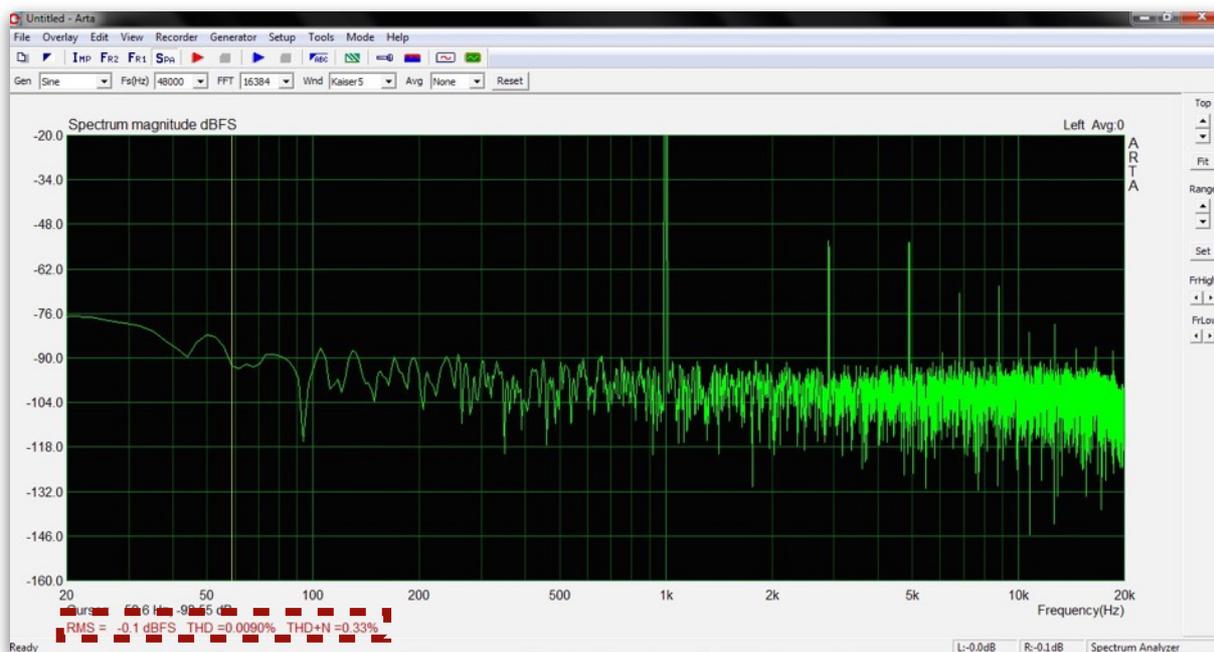


IMAGEN 3.4.3. Resultados del calibrado de SC del PC.

Definitivamente como vemos en la imagen 3.4.3 en el resultado de este último calibrado el THD+N es igual a 0,33% lo que no indica que la tarjeta de sonido es aprovechable.



Si realizamos los mismos pasos para determinar la respuesta en frecuencia de la tarjeta de sonido que viene incorporada en el PC. Véase apartado 3.3 y en definitiva imagen 3.3.1. imagen 3.3.2 imagen 3.3.3 imagen 3.3.6. e imagen 3.3.7.

Obtenemos el resultado que se observa en la imagen 3.4.4.

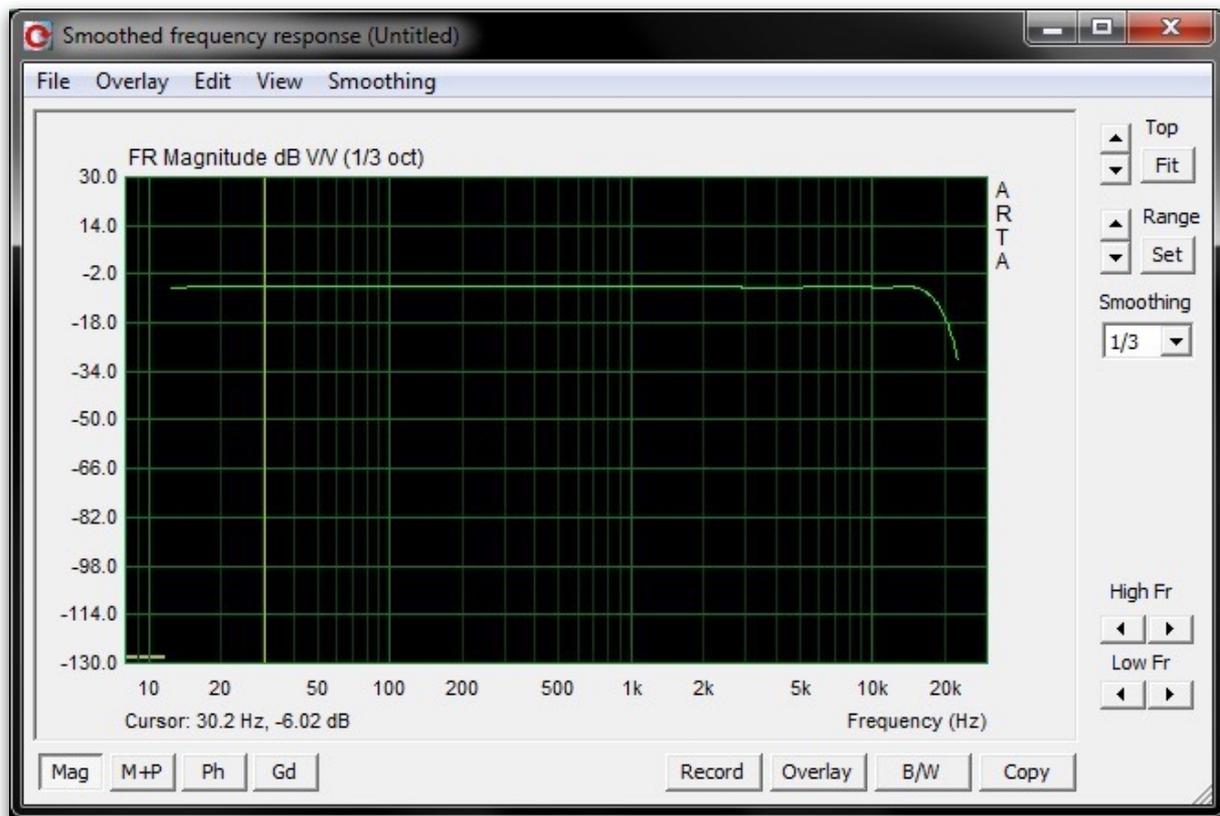


IMAGEN 3.4.3. Respuesta en frecuencia de la SC del PC.

Como podemos observar esta respuesta en frecuencia también es lineal pero sufre un pico de caída a partir de los 20 KHz de frecuencia, también podemos ver que su rango de frecuencia abarca desde los 10 Hz hasta los 20 KHz, al igual que el rango de frecuencias de escucha del oído humano.



4 Conclusiones.

¿Cómo se deben interpretar estos resultados? ¿Qué podemos deducir de aquí con la respuesta a la utilidad de nuestras SC? Como valor orientativo para la evaluación de la SC, tomaremos estas dos indicaciones.

Si THD+N es inferior a 0,1%, entonces la SC es aprovechable.
Si TDH+N es inferior a 0,01%, entonces la SC es buena.

CALIBRADO Y RESPUESTA EN FRECUENCIA TARJETAS DE SONIDO		
%	FCA 610 USB	PC - SONY VAIO
THD	0,0085	0,009
THD+N	0,001	0,33

TABLA 1. Valores de los ensayos.

Si comparamos ambos resultados vemos que son muy dispares o diferentes, y como podemos ver, esto se debe a la calidad de la tarjeta de sonido.

Como podemos analizar y observar cuando hemos trabajado con la tarjeta de sonido externa Behringer FCA 610 el valor que hemos obtenido es de 0,001% y una respuesta en frecuencia lineal lo que implica que la SC es buena, ya que esta misma es de una gama media-alta y su valor oscila entre 200 y 250 €; si hubiéramos trabajado con una tarjeta de sonido ya de nivel profesional seguramente y a ciencia cierta el resultado mejoraría y oscilaría en un valor de THD+N < 0,001% .

Sin embargo por otro lado la tarjeta de sonido que viene integrada en el PC, el valor ha sido de 0,33% y una respuesta lineal pero no del todo lo que implica que es aceptable, no quiere decir que sea mala pero tampoco es la que usaremos en un estudio de grabación profesional o en instalaciones de sonido, esto se debe a que la parte la gran mayoría de los fabricantes de ordenadores se centran en desarrollar la parte del procesador y rendimiento del mismo dotando a los PC's de un audio meramente aceptable.



PRÁCTICA II : CALIBRADO CANALES DE ENTRADA Y SALIDA Y DEL NIVEL DEL MICRÓFONO.

1 Información Previa.

En primer lugar desarrollaremos unos conceptos básicos y previos sobre los micrófonos que se consideran necesarios para su respectivo conocimiento y que pueden inducir a dudas.

TIPOS DE MICRÓFONOS.

Seguramente no sabrás que existen dos tipos de micrófonos disponibles en el mercado, DINÁMICOS y CONDENSADOR, también llamados vulgarmente como los de DIRECTO y los de ESTUDIO.

- Micrófono Dinámico.

Este tipo de Micrófonos son los más usados en las actuaciones en vivo debido a una construcción más robusta que soporta mayores niveles de abuso en el escenario y, además, a un mejor manejo de grandes niveles de Presión Sonora.

Debido a su construcción simple son más económicos que los Micrófonos de Condensador pero, debido al mismo motivo, su Respuesta en Frecuencia y su Respuesta a los Transientes es menor. En general esto se traduce en lo que la mayoría consideraríamos una peor calidad pero pensar en estos términos es un error. Cada tipo de Micrófono añade un tipo de color único al Sonido que capta y es nuestro trabajo como Ingenieros dar en el clavo en esa elección según el tipo de material que tengamos en frente. Por ejemplo, en el caso de una Señal con muchos Transientes como una Conga, la reducida Respuesta a esos Transientes matizará el Ataque inicial del Sonido, creando un efecto natural parecido a la compresión.

- Micrófono de Condensador.

Son los tipos de micrófonos que más vas a encontrarte en los estudios de sonido. Tradicionalmente solían ser más frágiles que los micrófonos dinámicos y soportaban una menor presión sonora a cambio de una mejor respuesta en frecuencia y respuesta dinámica. Esta situación está cambiando de un tiempo a esta parte y, cada vez, es más común encontrar modelos robustos y con mayores niveles SPL.

Su principal beneficio sobre los micrófonos dinámicos es precisamente esa mejor respuesta en la captación de las frecuencias y los transientes, lo que se traduce en una Grabación más fiel de la fuente. Habitualmente necesitan una fuente de alimentación, conocida como Fantasma o *Phantom Power*, para funcionar aunque la mayoría de Interfaces serios la incluyen por defecto.



- ¿Cuándo Usar Cada Uno?

Es complicado dar una respuesta que funcione en todos los casos porque cada situación es peculiar en función de lo que tengas en mente. Sin embargo hay algunas consideraciones básicas que puedes tener en cuenta a la hora de decidirte.

Si la fuente del sonido es fuerte y alta (imagina el amplificador de un guitarrista) lo habitual es decantarse por un micrófono dinámico. Si la fuente tiene un timbre rico, con una amplia respuesta en frecuencia, o un Ataque rápido, lo habitual es decantarse por micrófonos de condensador.

Dicho lo cual, una técnica muy utilizada en grandes (y no tan grandes) estudios es combinar la Respuesta de ambos. Si, en el caso del amplificador de guitarra, grabamos la señal con un micrófono de cada tipo de forma independiente, cuando pasemos a la fase de Mezcla podríamos combinar cuánto de cada Señal y sus características quieres en el Sonido final de la guitarra, obteniendo lo mejor de ambos mundos.

Sea como sea recuerda que no hay reglas; si suena bien, está bien.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MICRÓFONOS.

- Respuesta en Frecuencia.

La respuesta en frecuencia es uno de los más importantes parámetros de un micrófono. Nos indica el rango de frecuencias en el que el micrófono tiene una mejor respuesta y, por tanto, definirá las aplicaciones para las que el micrófono es más apropiado. La respuesta en frecuencia se representa normalmente mediante un gráfico en cuyo eje horizontal se indica la frecuencia en Hertzios (Hz) mientras que en el eje vertical nos indica la capacidad de respuesta del micrófono, expresada en unidades de presión sonora, es decir, decibelios (dB). Se entiende que el rango de frecuencias en el que el micrófono responde con una diferencia de +/- 3 dB es su rango de respuesta en frecuencia. Cuanto mayor sea el rango de frecuencia que abarque, mejor.

- Sensibilidad.

La sensibilidad es el nivel de tensión eléctrica a la salida del micrófono. Nos da una idea de la capacidad del micrófono a la hora de captar sonidos débiles. Es un parámetro que se suele expresar en dB negativos y cuanto más se aproxima a cero, mayor será la sensibilidad del micrófono.



- Impedancia.

La impedancia nos indica la resistencia que ofrece el micrófono al flujo eléctrico y se mide en Ohmios (Ohm), medida normalmente en la frecuencia de 1KHz. Este parámetro nos servirá de guía para saber a qué distancia podemos colocar el micrófono del equipo de grabación, puesto que si el micrófono ofrece poca resistencia al flujo eléctrico, podremos utilizar un cable mas largo, lo que los hace más adecuados para, por ejemplo, grandes concierto al aire libre en los que el micrófono está lejos de la mesa de mezclas.

2 Instrumentación y Material a Usar.

Para llevar acabo la siguiente práctica deberemos utilizar la tarjeta de sonido (SC), que se ha citado en la práctica anterior y a su vez un micrófono de los cuales describiré sus características mas relevantes; además de una serie de cableado y conexiones necesarias.

MICRÓFONO. BEHRINGER,ECM 800.

- Características e información técnica:

Micrófono profesional de condensador, herramienta que debe formar parte de cualquier ingeniero de audio serio, diseño extremadamente robusto con un diseño elegante y moderno.

Posee una respuesta en frecuencia Ultra-Lineal y precisa para una medición absoluta, posee un patrón polar omnidireccional, requiere de una alimentación *Phantom* de 15 - 48 V y tiene un bajo nivel de ruido de salida.

<http://www.behringer.com/EN/Products/ECM8000.aspx>

3 Guión.

A continuación desarrollaré y explicaré los pasos a seguir para realizar el calibrado de los canales de entrada y salida de la tarjeta de sonido y del propio micrófono.

3.1 Pasos Previos.

Antes de empezar con el calibrado de los canales de salida y micrófono se llevará acabo unos pasos previos que nos va a permitir llegar al resultado final.

Para ellos vamos a la barra de menú y en *Setup* cuando aparece el desplegable pinchamos en *Calibrate Devices* tal y como se muestra en la imagen 3.1.1.

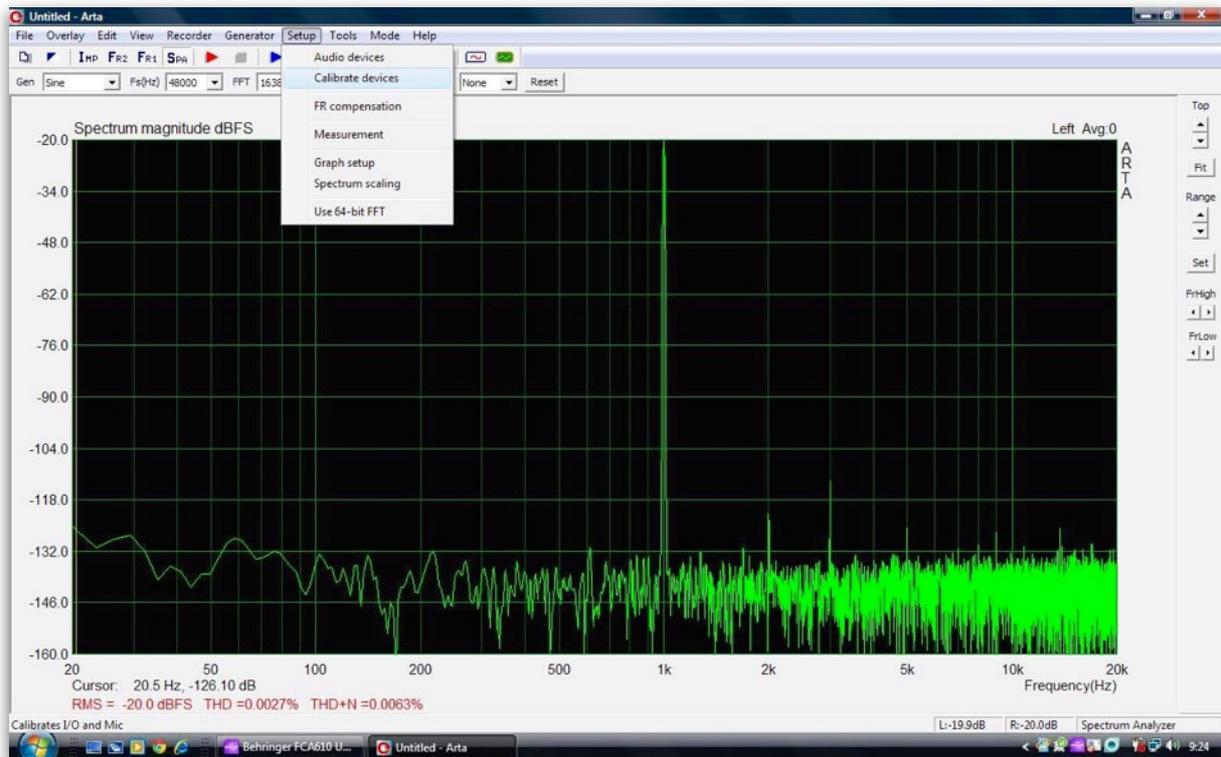


IMAGEN 3.1.1. Pantalla *Calibrate Devices*.

A continuación tras haber pinchado nos aparecerá una ventana emergente *Soundcard and Microphone Calibration* como podemos apreciar en la imagen 3.1.2. donde se muestran los valores por defecto y que más tarde deberemos cambiar.

Como podemos ver en la imagen 3.1.2 el menú de calibración esta subdividido en tres grandes bloques o segmentos.

- SC FULL SCALE OUTPUT (Tarjeta de sonido, canal izquierdo, Output).
- SC FULL SCALE INPUT (Tarjeta de sonido, canal izquierdo y derecho, Input)
- MICROPHONE SENSITIVITY (Calibración del nivel de micrófono).

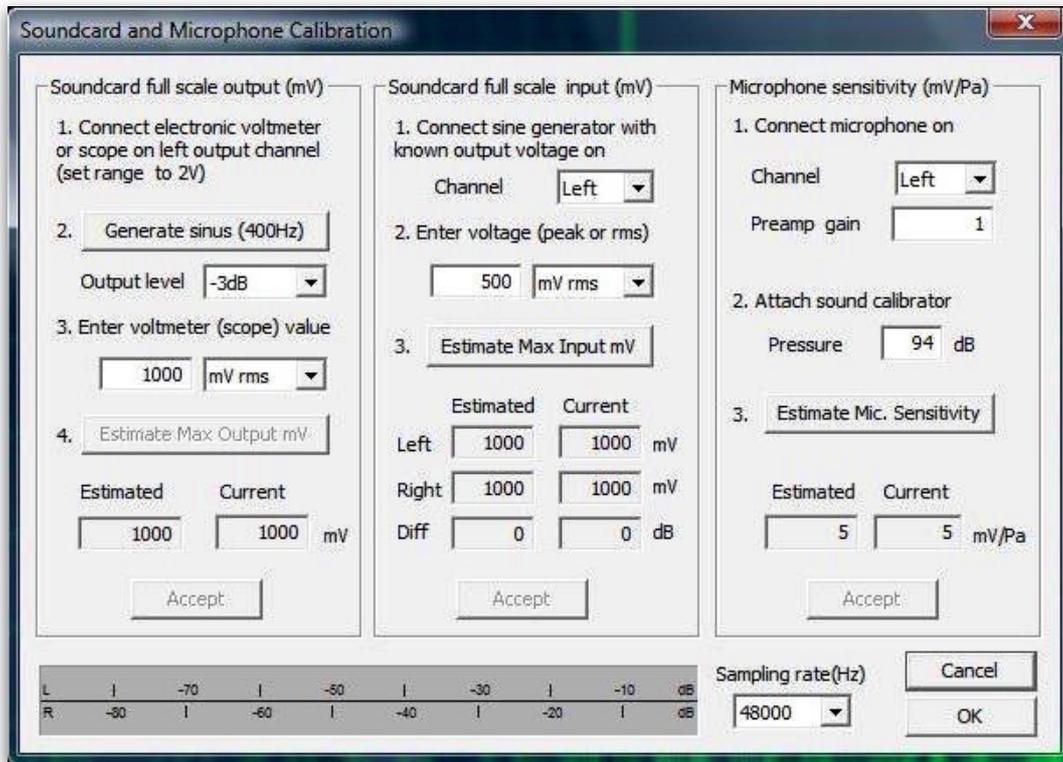


IMAGEN 3.1.2. Pantalla *Soundcard and Microphone Calibration*.

Una vez que hemos sacado este desplegable comenzaremos con la calibración de los canales de salida que este caso corresponde con el bloque de la izquierda.

3.2 Calibrado de la Canales de Salida.

Para llevar acabo el calibrado de los canales de salida deberemos realizar una serie de conexiones y cableado que nos permitirán determinar el valor número tres de la imagen 3.2.1.

Por ello deberemos conectar el voltímetro en la posición de dos voltios y en corriente alterna (véase imagen 3.2.2) con el canal de salida izquierdo de la tarjeta de sonido; con ello nos referimos a cualquier voltímetro NF o uno digital, que mide de forma exacta incluso a 400 Hz, o un osciloscopio.

El diagrama de conexión de la tarjeta de sonido con el voltímetro será el que se muestra en la imagen 3.2.3.

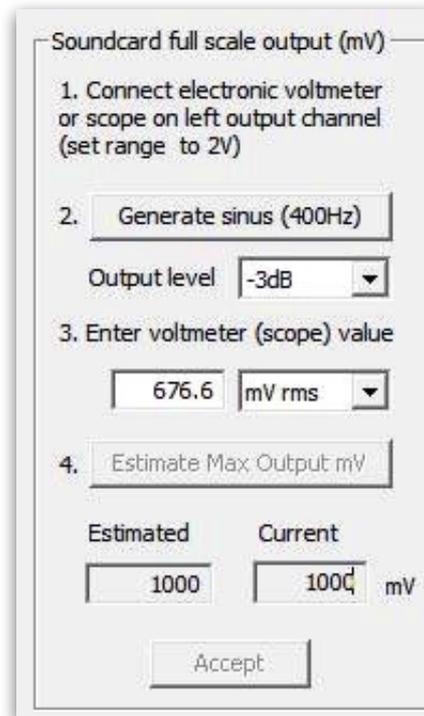


IMAGEN 3.2.1. Panel *Sound Full Scale Output*.



IMAGEN 3.2.2. Valor voltímetro y posición dos voltios y corriente alterna.

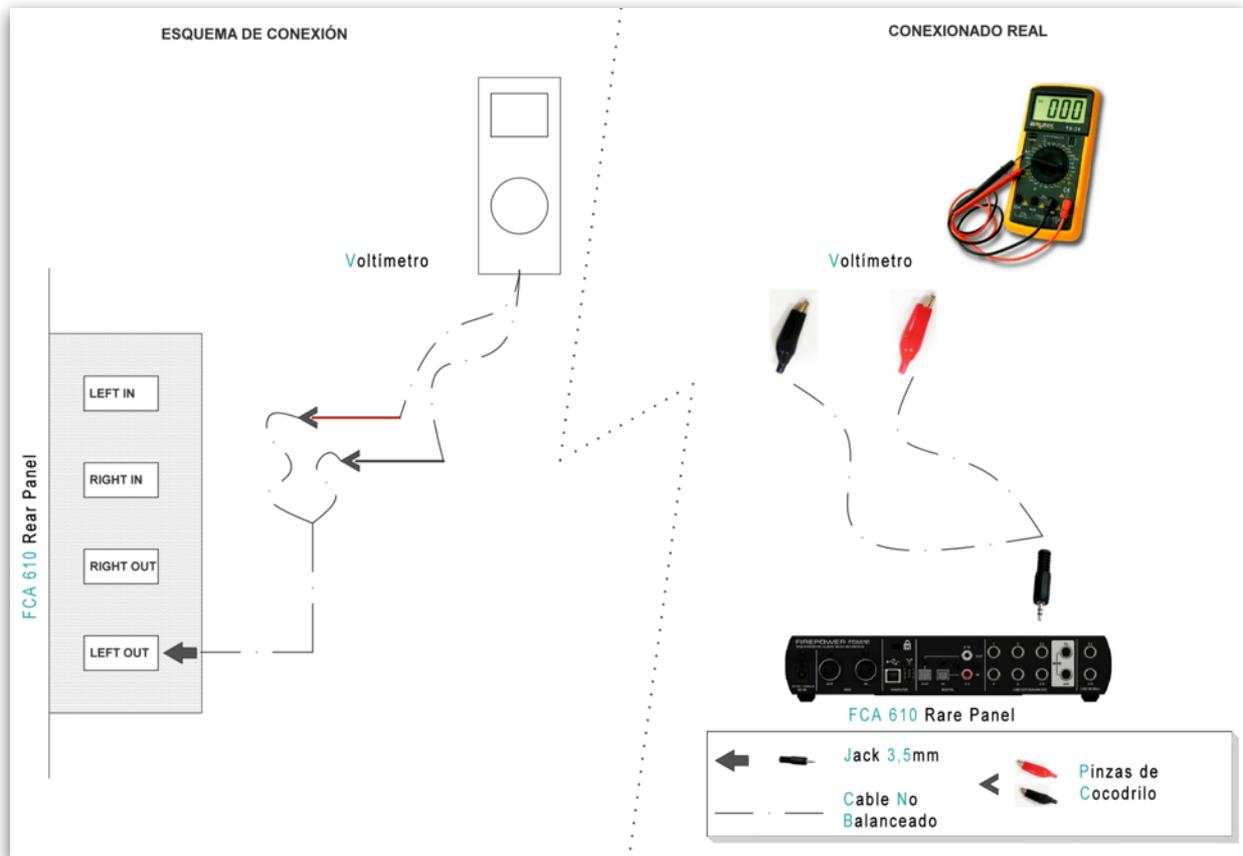


IMAGEN 3.2.3. Diagrama de Conexión SC - Voltímetro.

Tras realizar el conexionado y colocar el voltímetro en la posición que se pide. Procedemos a pinchar en el *Generate Sinus* 400 Hz (imagen 3.2.1.). ARTA producirá una señal sinusoidal con amplitud seleccionable, siendo recomendable conservar la configuración base de -3 dB.

Una vez pulsado el *Generate Sinus*, vemos como el voltímetro nos da un valor que introduciremos en el apartado 3. *Enter Voltmeter Value* que como se observa es de 617. (Veasen imágenes 3.2.1 y 3.2.2.)

Después de aplicar el valor de 617 en la casilla correspondiente, pinchamos en el apartado 4. *Estimate Mas Output* mV(véase imagen 3.2.1.), y el valor estimado para *Max Output* aparecerá en la casilla *Estimated*. Si el resultado parece plausible, presionamos *Accept* y el valor se convertirá en el valor actual de *Lineout Sensitivity*.



3.3 Calibrado de la Canales de Entrada.

Para la calibración de los canales de entrada podremos usar un generador de señal externo o utilizar como generador un canal de salida de la tarjeta de sonido. En nuestro caso al disponer de la tarjeta de sonido, utilizaremos esta como tal para el ensayo siguiendo lo siguientes pasos.

Comenzaremos conectando el canal de salida izquierdo (*Left Out Channel*) con el canal de entrada de la línea izquierda (*Left In Channel*). Obsérvese la imagen 3.3.1.

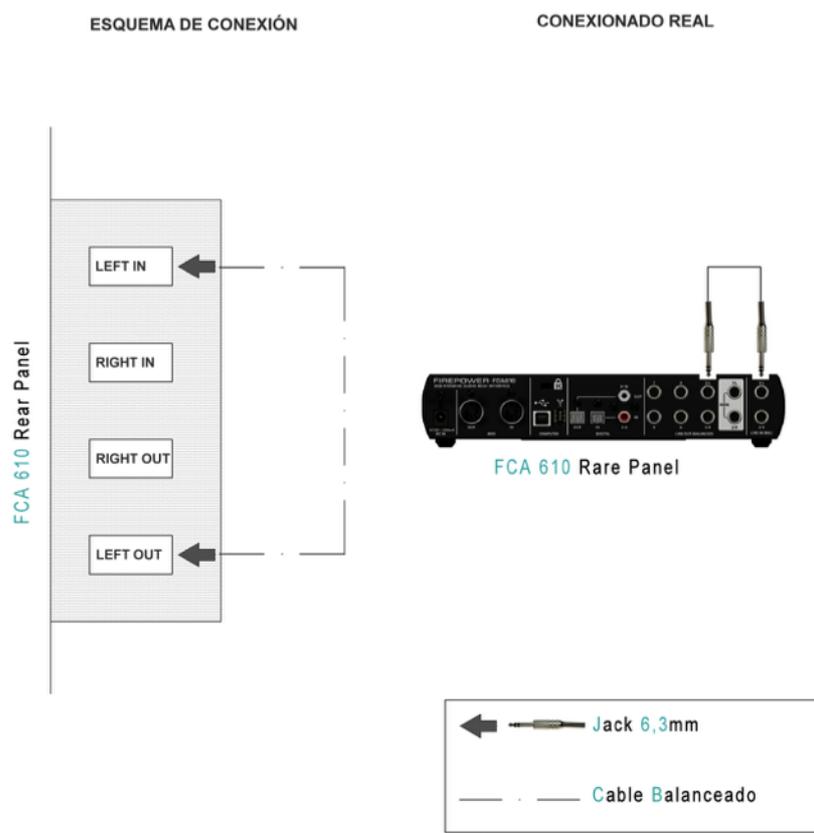


IMAGEN 3.3.1. Diagrama de Conexión SC - In.



Después pulsaremos el *Generate Sinus 400 Hz* (Véase imagen 3.2.1) e introduciremos el valor de 617 en el apartado número dos(imagen 3.3.2) *Enter Voltaje (Peak Or RMS)*.

Soundcard full scale input (mV)

1. Connect sine generator with known output voltage on

Channel

2. Enter voltage (peak or rms)

3.

	Estimated	Current	
Left	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="1000"/>	mV
Right	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="1000"/>	mV
Diff	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	dB

MAGEN 3.3.2. Soundcard Full Scale Input.



A continuación pulsamos el apartado número tres *Estimate Max Input mV* que podemos apreciar en la imagen 3.3.2., y colocamos el *Main Vol* de la *Soundcard* al máximo y vemos el resultado de la imagen 3.3.3.

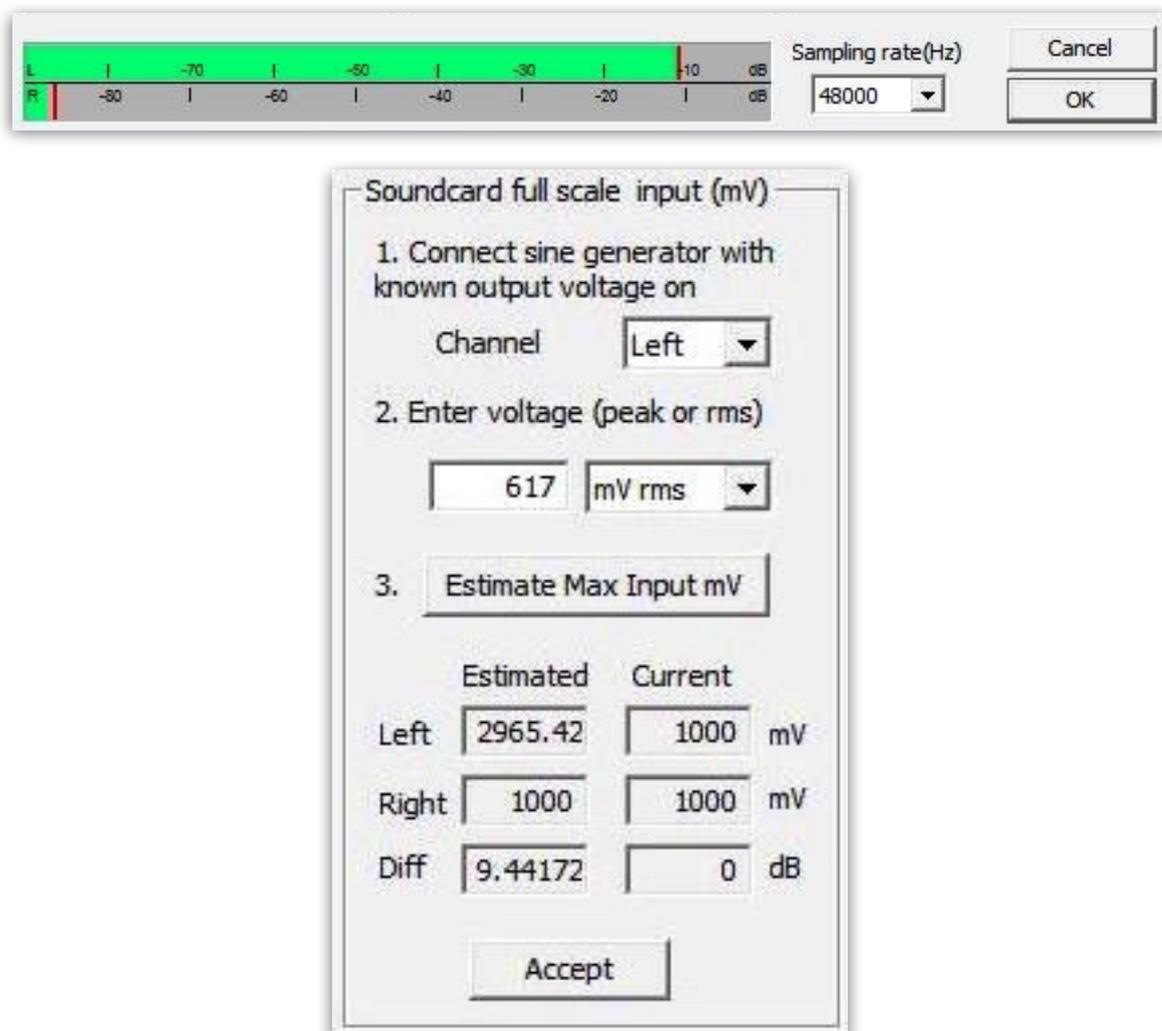


IMAGEN 3.3.3. Valor tomado por el canal izquierdo.

Una vez obtenidos los resultados que podemos ver en en la columna de *Estimated* (imagen 3.3.2.) pulsamos el *Accept*.

Finalmente para calibrar el canal derecho repetiremos los mismos pasos pero esta vez en el apartado uno Channel (imagen 3.3.2.) abrimos el desplegable y colocamos el *Right*. También la conexión a realizar será el *Right Out Channel* con el *Right In Channel*.



3.4 Calibrado del Nivel del Micrófono.

Como paso previo para realizar el calibrado del nivel del micrófono entraremos en la barra de herramientas *Setup* y pinchamos en *Audio Device* (imagen 3.4.1) donde nos aparecerá una ventana emergente (véase imagen 3.4.2.); pues bien en la pestaña de *Input Channels* cambiamos a 1/2 ya que es donde se encuentra la entrada de nuestro micrófono, si no realizáramos este paso nos daría problemas y error el calibrado.

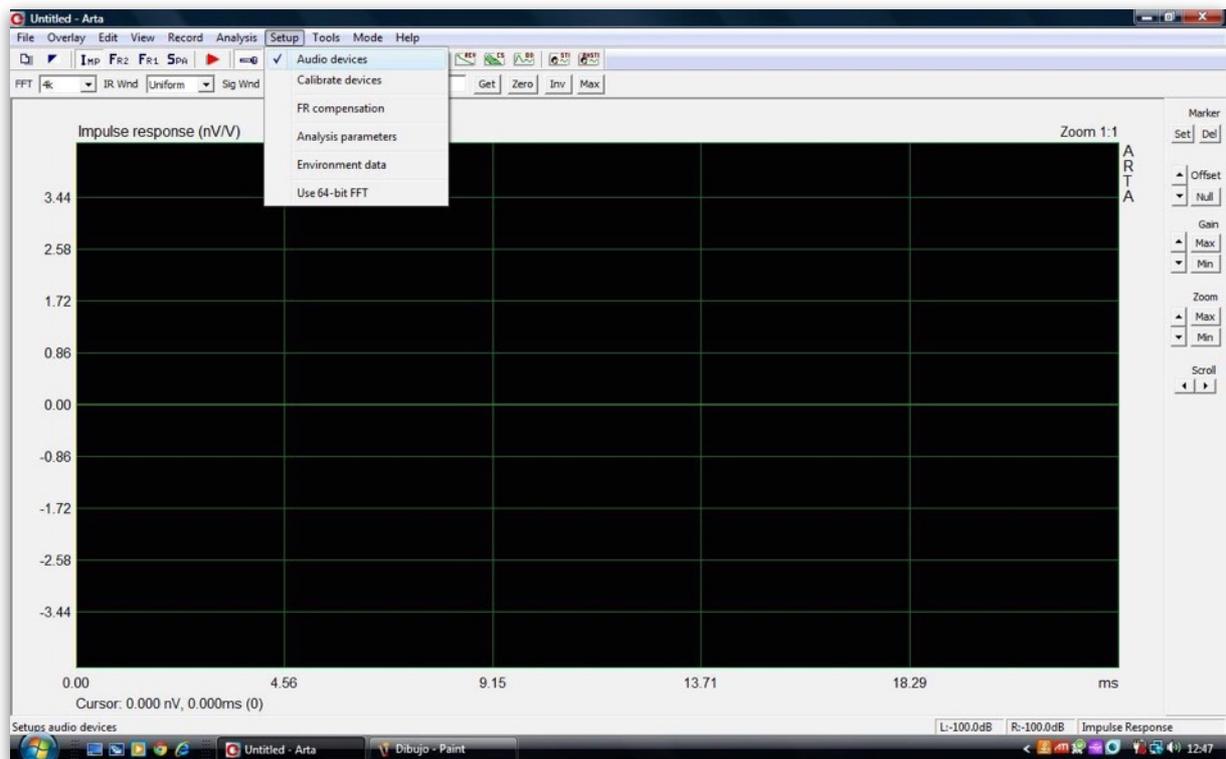


IMAGEN 3.4.1. Setup - Audio Devices.

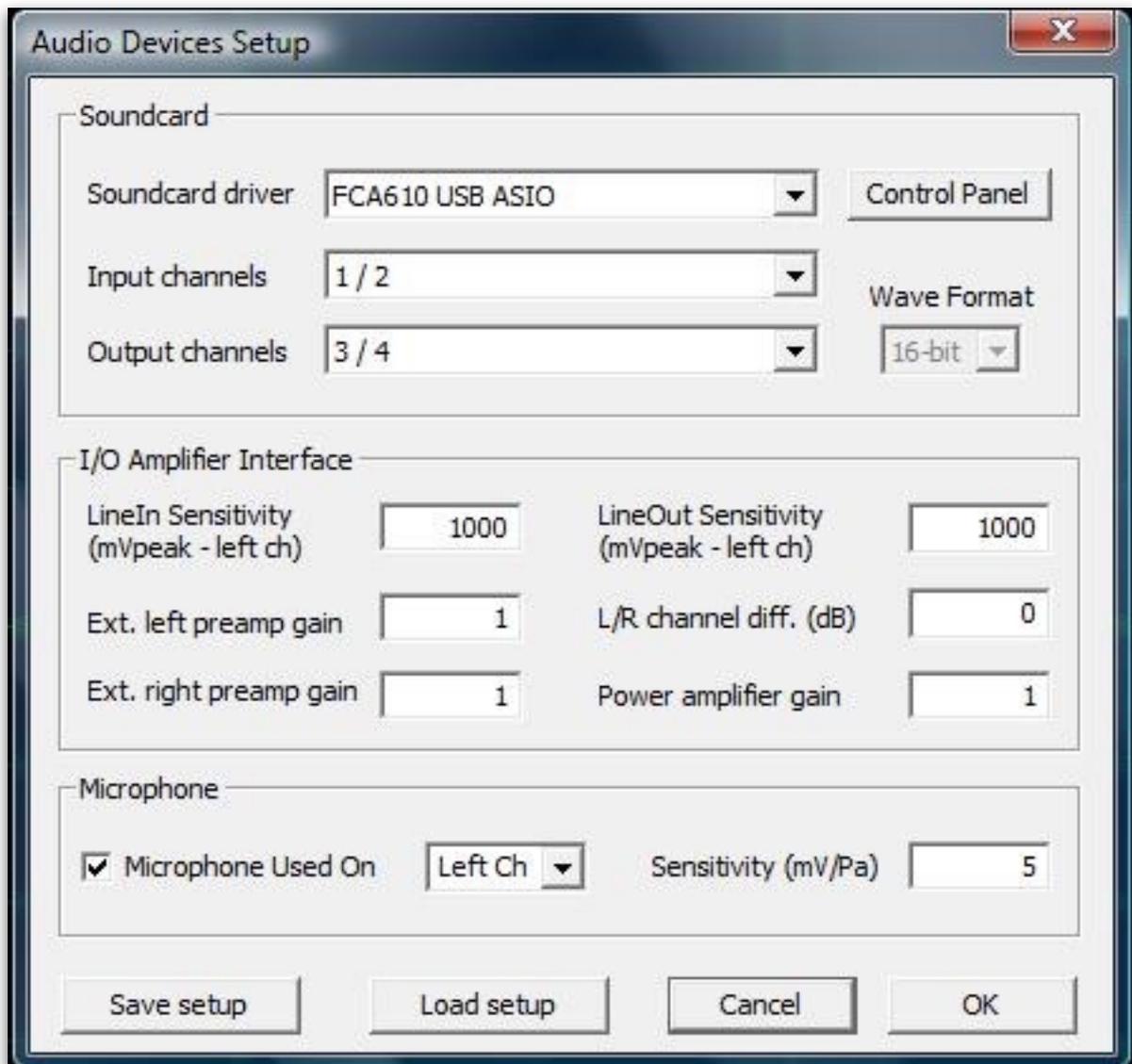


IMAGEN 3.4.2. *Audio Devices Setup.*

Para la calibrar el micrófono usaremos la ultima columna de la pantalla *Soundcard and Microphone Calibration.*(Imagen 3.1.2).



Comenzaremos conectando a una de las entradas de micrófono de la *Soundcard* el micrófono de condensador Behringer. Imagen 3.4.3.

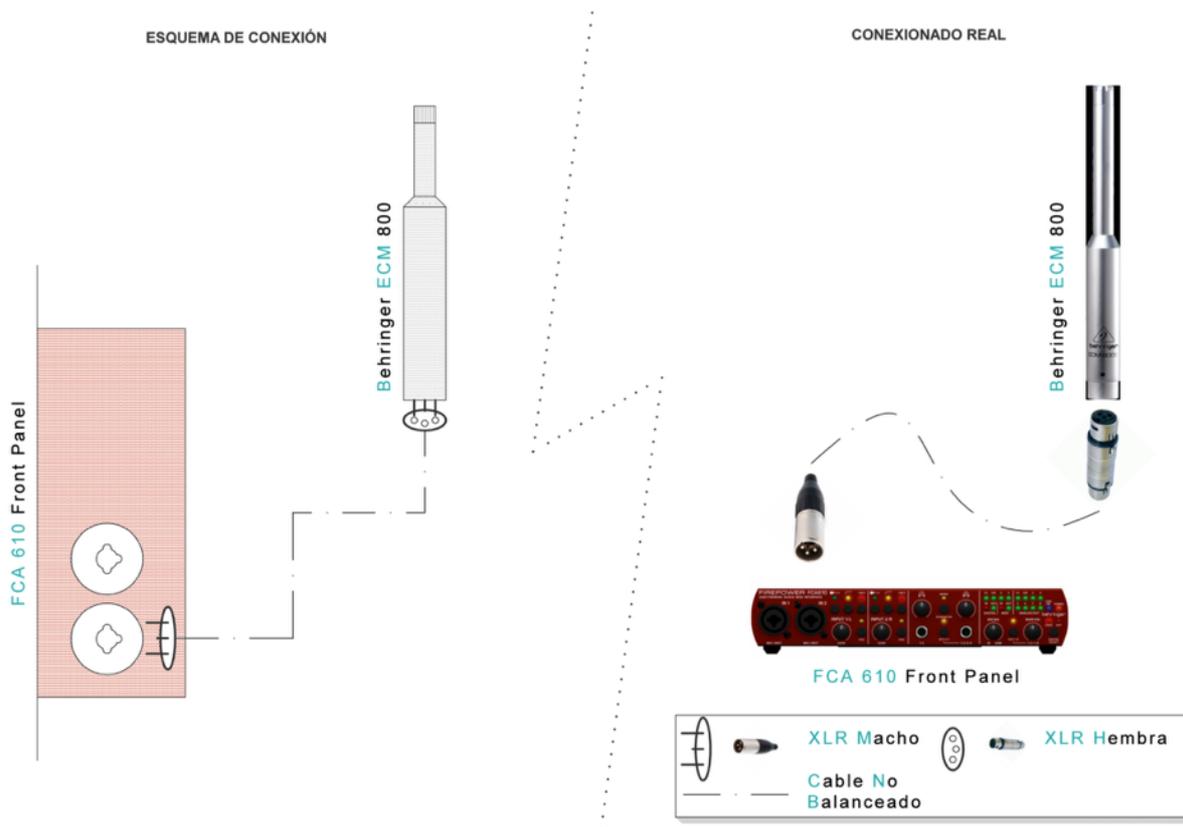


IMAGEN 3.4.3. Diagrama de Conexión SC - Micrófono.



Como nuestra *Soundcard* ya esta preamplificada no nos hace falta un preamplificador para el micrófono. Una vez esta conectado para trabajar con él, al ser un micrófono de condensador pulsaremos el botón de +48V, ya que como hemos dicho en sus características técnicas requiere de una alimentación *Phantom* de 15 - 48 V.(Imagen 3.4.4).

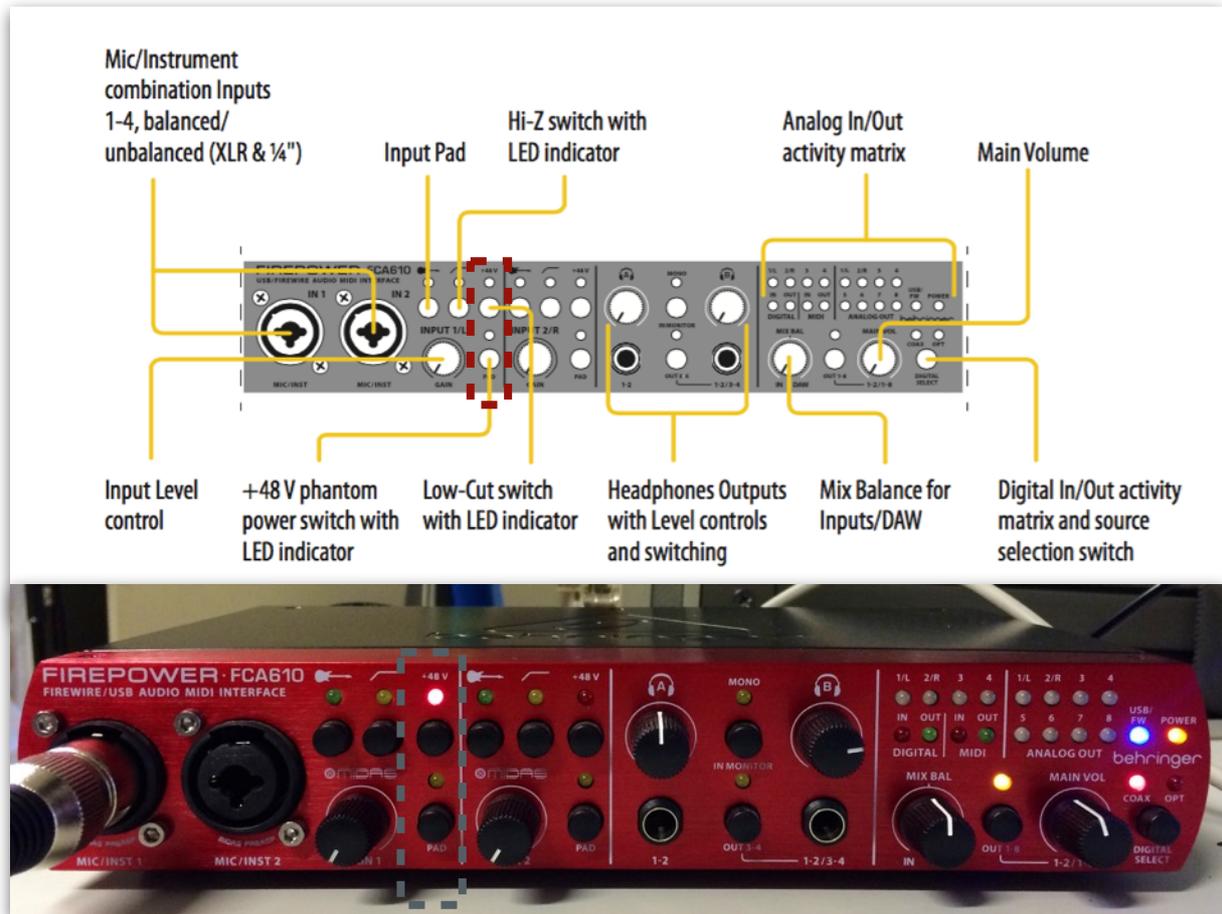


IMAGEN 3.4.4. Front Panel FCA 610 USB.



A continuación en el apartado dos *Attach Sound Calibrator en Pressure* (imagen 3.4.5.) que quiere decir presión colocamos 94 dB, puesto que, como hemos visto en otras asignaturas un calibrador acústico emite un sonido a 94 dB en la banda de 1000 Hz de frecuencia.

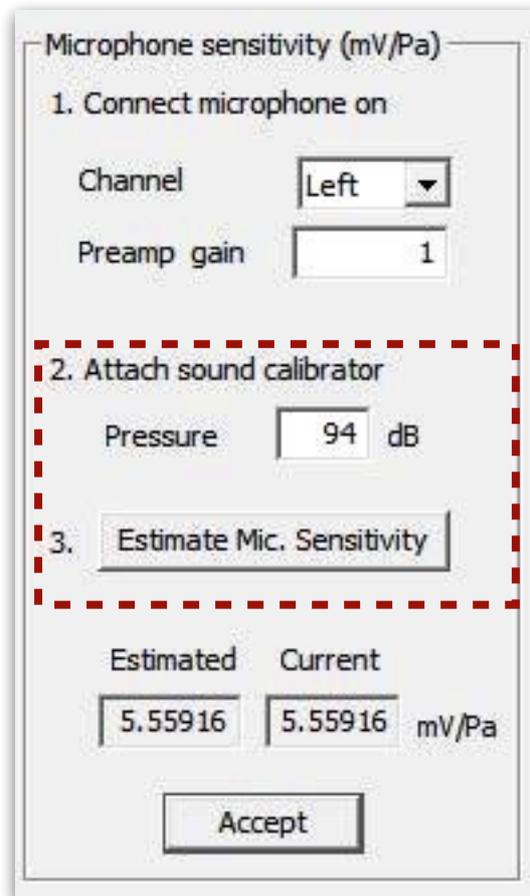


IMAGEN 3.4.5. *Microphone Sensitivity.*

Una vez realizado esto ponemos el calibrador al micrófono y realizamos la prueba pulsando el botón *Estimate Mic. Sensitivity.* (Véase imagen 3.4.5. e imagen 3.4.6.).



IMAGEN 3.4.6. *Micrófono con calibrador.*



Para que el canal derecho no introduzca ruido bajaremos la ganancia al mínimo. Podemos observar que al colocar la ganancia al mínimo o al máximo del canal izquierdo, los valores varían. Con la ganancia al máximo observamos que la señal se pone en rojo y nos sale una ventana emergente tras la medición indicándonos que hay *clipping* lo cual indica que hay que bajar la ganancia. Finalmente una vez realizada la prueba pulsamos *Accept* y finalmente el botón *Ok*.

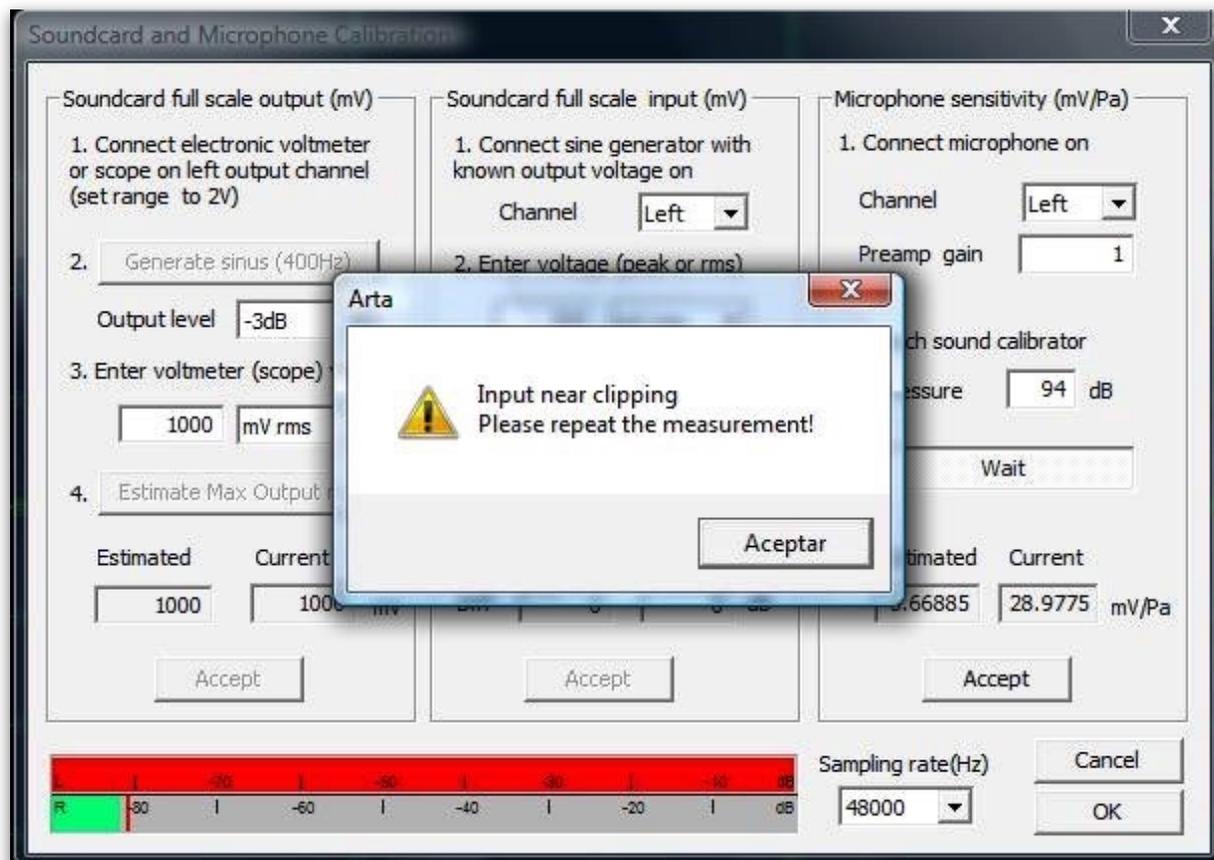


IMAGEN 3.4.7. Medición del Nivel del Micrófono con *Clipping*.



4 Conclusiones.

Como hemos podido observar en esta práctica se ha llevado acabo el calibrado de los canales de entrada y de salida de la respectiva tarjeta de sonido, además de la medida del nivel de un micrófono de condensador.

Como conclusión podemos decir que los resultados obtenidos son óptimos y nos servirán en la prácticas siguiente para poder llevar acabo la medida de la impedancia de una serie de altavoces, ya que sino calibramos los canales de la tarjeta de sonido esto no sería posible.

Finalmente el aprendizaje de esta práctica no radica solo en el calibrado de los canales de entrada y salida y la medición del nivel; sino también en la realización y ejecución de nuevo cableado y distintas conexiones.



PRÁCTICA III : MEDICION DE LA IMPEDANCIA DE ALTAVOCES.

1 Información Previa.

En primer lugar desarrollaremos unos conceptos básicos y previos sobre los amplificadores, ya que trabajaremos con el mismo puesto que la potencia generada por el conjunto de elementos que compondrán el *rack* no es suficiente y se precisa de un amplificador.

IMPEDANCIA.

La impedancia, conceptualmente, es la oposición que presenta cualquier elemento o dispositivo al paso de una corriente alterna (sinusoidal), en este caso la fuente de audio es una mezcla de varias frecuencias con lo cual la impedancia no tendrá el mismo valor en todo el rango de frecuencias. La impedancia se expresa en Ohmios.

Como en los altavoces la impedancia varía en función de la frecuencia, cada modelo de altavoz en sus especificaciones técnicas tendrá una curva con esta relación impedancia-frecuencia distinta. La impedancia de los altavoces viene especificada para una frecuencia concreta que sirva de referencia, generalmente 1 KHz, a menos que el fabricante indique otro valor.

TIPOS DE AMPLIFICADORES.

Seguramente no sabrás que existen distintos tipos de amplificadores, por ello a continuación se cita una pequeña gama de los más comunes.

- Amplificador Interno.

Aquellos que vienen incorporados en los equipos de música caseros.

- Etapas de Potencia.

Son equipos exclusivamente destinados a la amplificación. Reciben la salida de monitoreo de la consola, la amplifican y la entregan a los altavoces. Son muy sencillas, tienen las entradas y salidas, los dos controles de volumen para el canal izquierdo y el derecho y dos luces que parpadean o cambian de color si saturamos, es decir, cuando hay un exceso de señal. Esos indicadores se conocen como *clipping*

- Musicales.

Se usan en conciertos y sirven para amplificar la señal de los instrumentos, por ejemplo, una guitarra o un bajo. Ya tienen incorporados los altavoces, así que sólo es conectarse y tocar.



CARACTERÍSTICAS DE LOS AMPLIFICADORES.

Se puede explicar de manera sencilla y breve como, todo dispositivo que, mediante la utilización de energía, magnifica la amplitud de un fenómeno.

Pero lo que verdaderamente buscamos es su aplicación en la electroacústica; cuya verdadera función o finalidad es incrementar la intensidad de corriente, la tensión o la potencia de la señal que se le aplica a su entrada; obteniéndose la señal aumentada a la salida. Para amplificar la potencia es necesario obtener la energía de una fuente de alimentación externa.

Las señales eléctricas en las que transformamos el sonido con los micrófonos y demás equipos, son muy pequeñas, mínimas. Si esa electricidad se la conectáramos directamente a un altavoz se escucharía un simple e imperceptible susurro, por ello en cualquier instalación de audio y sistema electroacústico deberá existir un amplificador.

2 Instrumentación y Material a Usar.

Para llevar acabo la siguiente práctica deberemos utilizar la tarjeta de sonido (SC), que se ha citado en las practicas anteriores, la caja de ARTA, un altavoz y un amplificador del cual citaré sus características técnicas a continuación.

AMPLIFICADOR. AKIYAMA, AMD 400.

- Características e información técnica:

Potencia máxima 400W Bridge mono 8 Ohms, estéreo 200Wx2 a 4 Ohms, y 150Wx2 a 8 Ohms.

Tres posibles modos de operación: estéreo, paralelo y *bridged* mono permiten una aplicación flexible de la etapa de potencia. Control independiente de nivel de salida para cada canal. Nos permite un ajuste óptimo del nivel. Sensibilidad de entrada seleccionable entre 0.775V, 1V, 1.4V.

Funcionamiento a 4 & 8 Ohmios. Precisos testigos luminosos (LEDs) nos permiten ver en tiempo real el funcionamiento de la etapa y ajustar los niveles para evitar saturación.

Conexiones de entrada: Canon (XLR) Balanceadas 4 (2x2) "Binding Posts" para conexión a cajas acústicas. *Speakon* en cada canal para conexión a cajas acústicas. Transformador toroidal de alta corriente de gran fiabilidad y estabilidad.

Protección contra corriente continua (DC) y Saturación (*Overload*) independientes en cada canal proporcionando protección a la etapa y los altavoces

http://www.prodance.cz/data/attachments/Akiyama/ManualAMD_Eng-Esp.pdf.

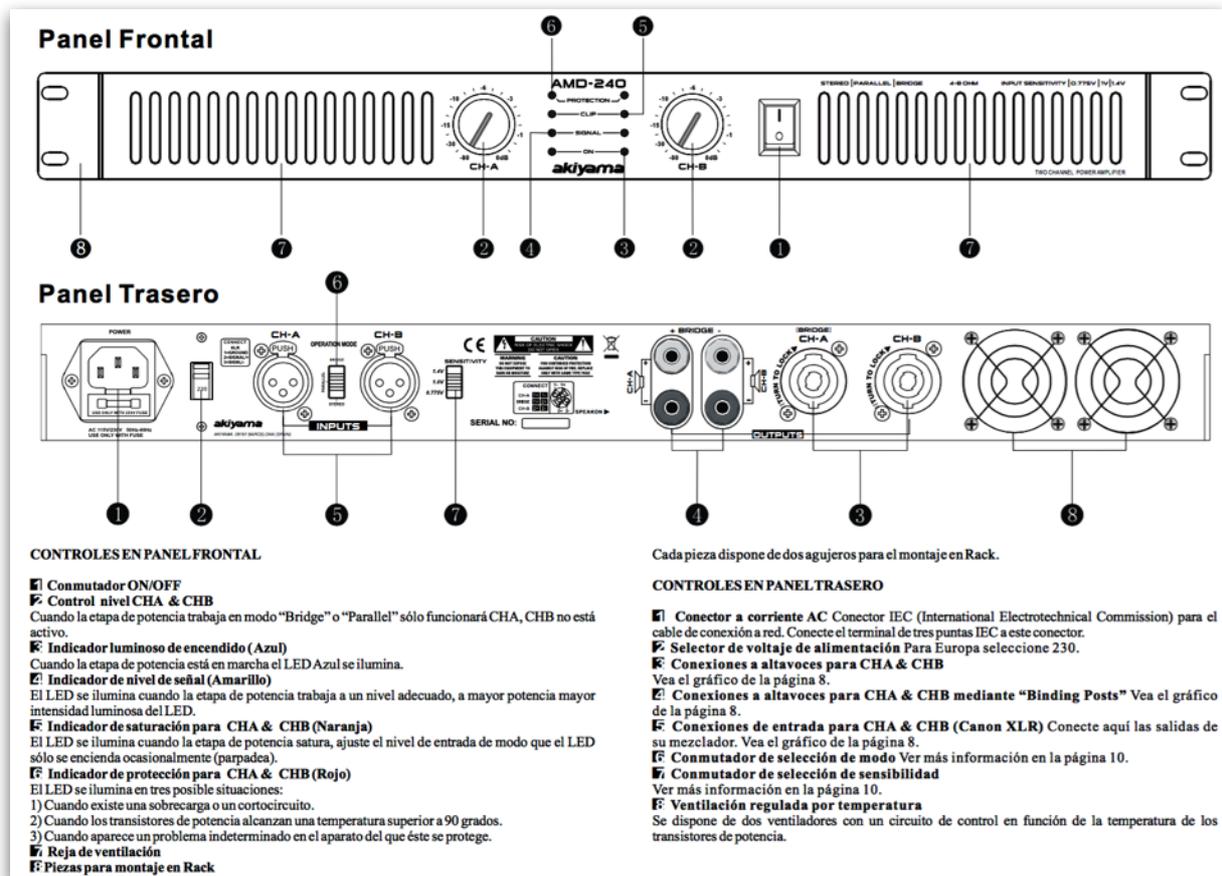


IMAGEN 2.1. Rear y Front Panel Amplificador AMD 400.

3 Guión.

A continuación desarrollaré y explicaré los pasos de configuración previos del programa LIMP, el cual nos permitirá realizar la medida de la impedancia.

3.1 Configuración Básica de LIMP.

LIMP es un programa que nos permite medir la impedancia de los altavoces al igual que algunos parámetros de estimación de estos mismos.

Como siempre en primer lugar configuraremos nuestros canales de entrada y salida que estamos usando en la *soundcard*, para ello vamos a la barra de menú y pinchamos en *Setup* donde nos aparecerá un desplegable del cual marcaremos y clicaremos en *Auido Devices*.(Imagen 3.1.1)

Tras pinchar en dicha pestaña nos saldrá una ventana emergente (imagen 3.1.1) en la cual deberemos colocar el driver de la tarjeta de sonido, los canales de entrada y salida que estamos usando; los cuales deberemos ver en la parte trasera de la *soundcard*, pulsando finalmente *Ok*.

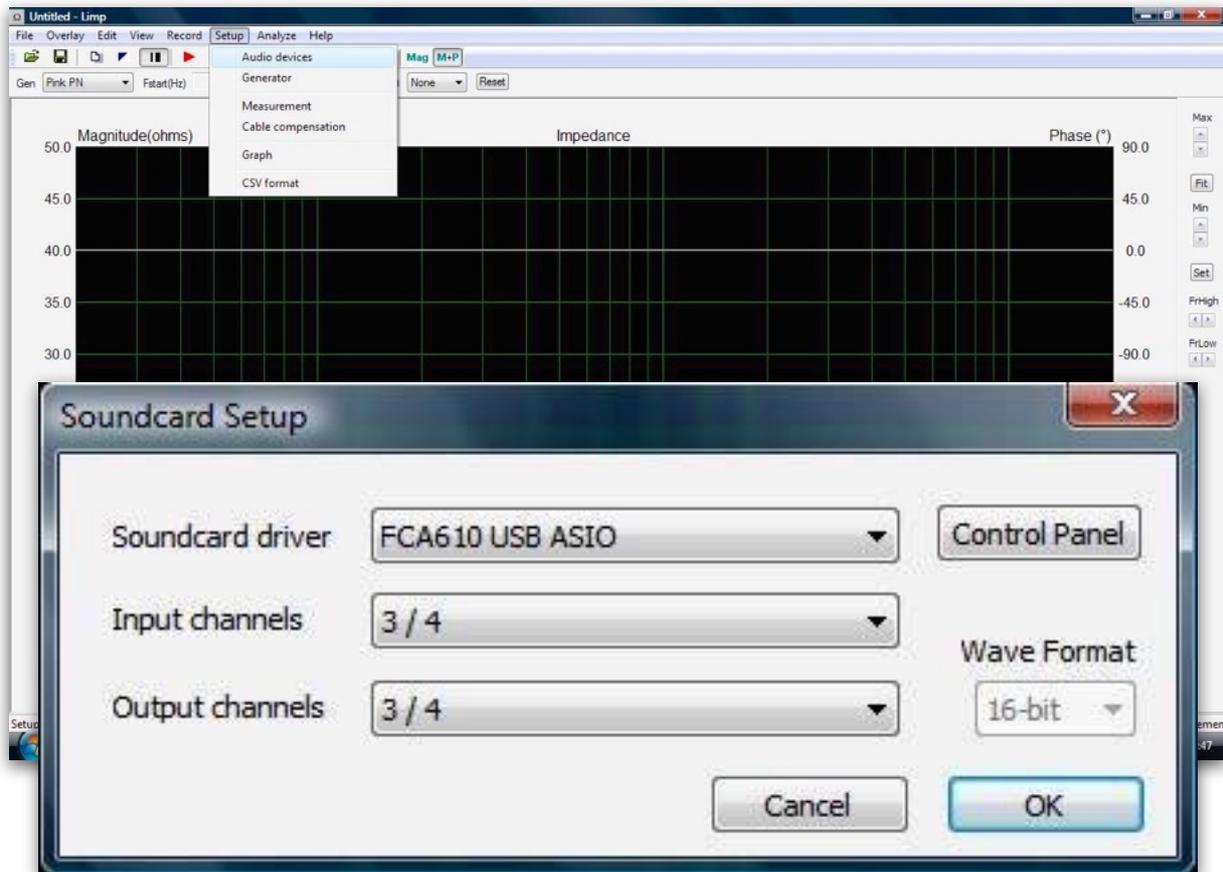


IMAGEN 3.1.1. *Soundcard Setup.*

Para la configuración, volveremos a la barra de menú y pinchamos en *Setup* pero esta vez nos iremos a *Measurement*, donde nos aparecerá una ventana emergente. (Véase imagen 3.1.2.)

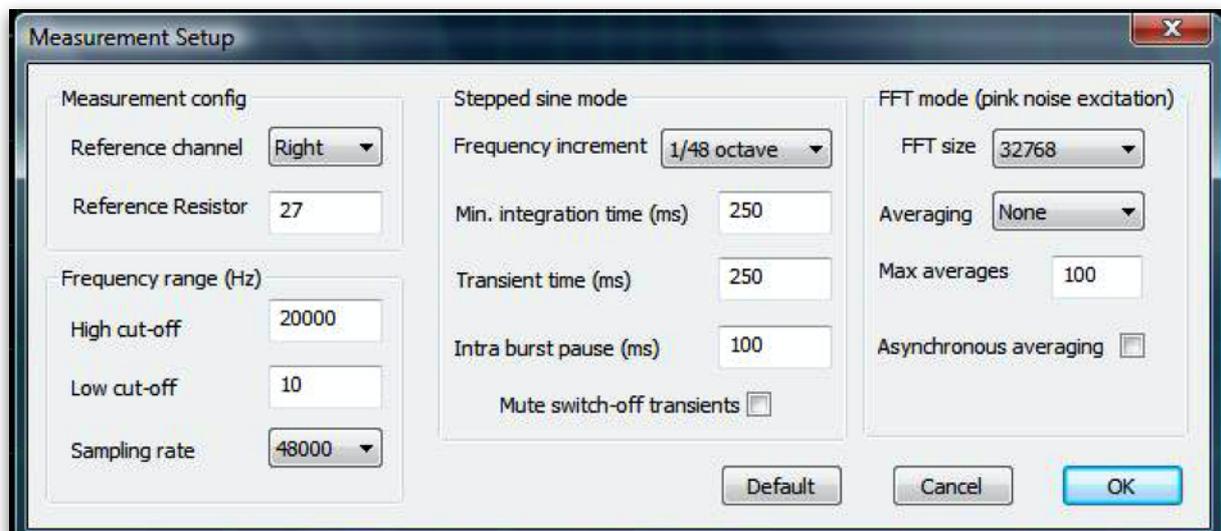


IMAGEN 3.1.2. *Measurement Setup.*



En el primer apartado de la misma (imagen 3.1.3.) nos aparecen los siguiente parámetros:

Measurement config

Reference channel: Right

Reference Resistor: 27

Frequency range (Hz)

High cut-off: 20000

Low cut-off: 10

Sampling rate: 48000

IMAGEN 3.1.3. Measurement Config. and Frequency Range.

- Canal de Referencia: canal de entrada por defecto. Que podremos elegir el izquierdo o el derecho
- Resistencia de Referencia: en la caja de medición de ARTA se indica 27 Ohm.
- Limite Superior de Frecuencia: véase debajo de la barra de herramientas.
- Limite Inferior de Frecuencia: lo veremos debajo de la barra de herramientas.

En la columna dos, se definen los parámetros para la excitación con sinusoide escalonada. Lo único que variaremos en este bloque es el *Frequency Increment* a 1/48 Oct.(Imagene 3.1.4.)

Stepped sine mode

Frequency increment: 1/48 octave

Min. integration time (ms): 250

Transient time (ms): 250

Intra burst pause (ms): 100

Mute switch-off transients:

IMAGEN 3.1.4. Stepped Sine Mode.



En el apartado tres se definen los parámetros para la excitación con ruido rosa. (Imagen 3.1.5.)

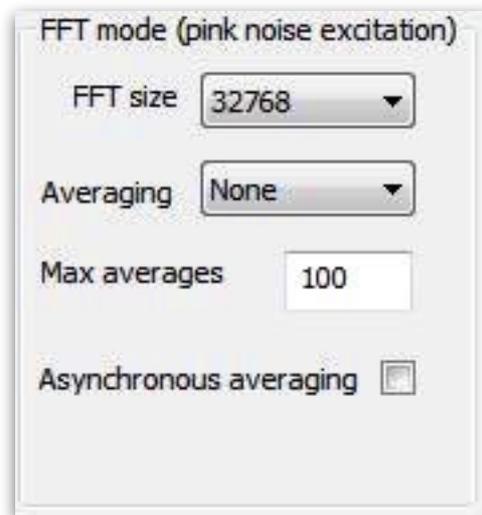


IMAGEN 3.1.5. *FFT Mode.*

- FFT Size: cantidad de valores para FFT (Resolución).
- Averaging: tipo de media (ninguna, lineal, exponencial).
- Max Averages: número máximo de formaciones de valores medios.
- Asynchronous Averaging: media asincrónica si/no

Definitivamente dejaremos los valores y parámetros como viene en las imágenes. Y pulsaremos *Ok*.

Finalmente antes de empezar la medición es preciso comprobar si el nivel de salida configurado no lleva a la sobreexcitación de los canales de entrada. Para ello debemos fijarnos en que las dos señales de excitación sean muy diferentes, es decir, al cambiar el tipo de excitación debe comprobarse de nuevo el nivel.

Para ello volvemos a la barra de menú en *Setup* y esta vez pinchamos *Generator*, donde nos aparecerá un ventana emergente. (Véase imagen 3.1.6.)

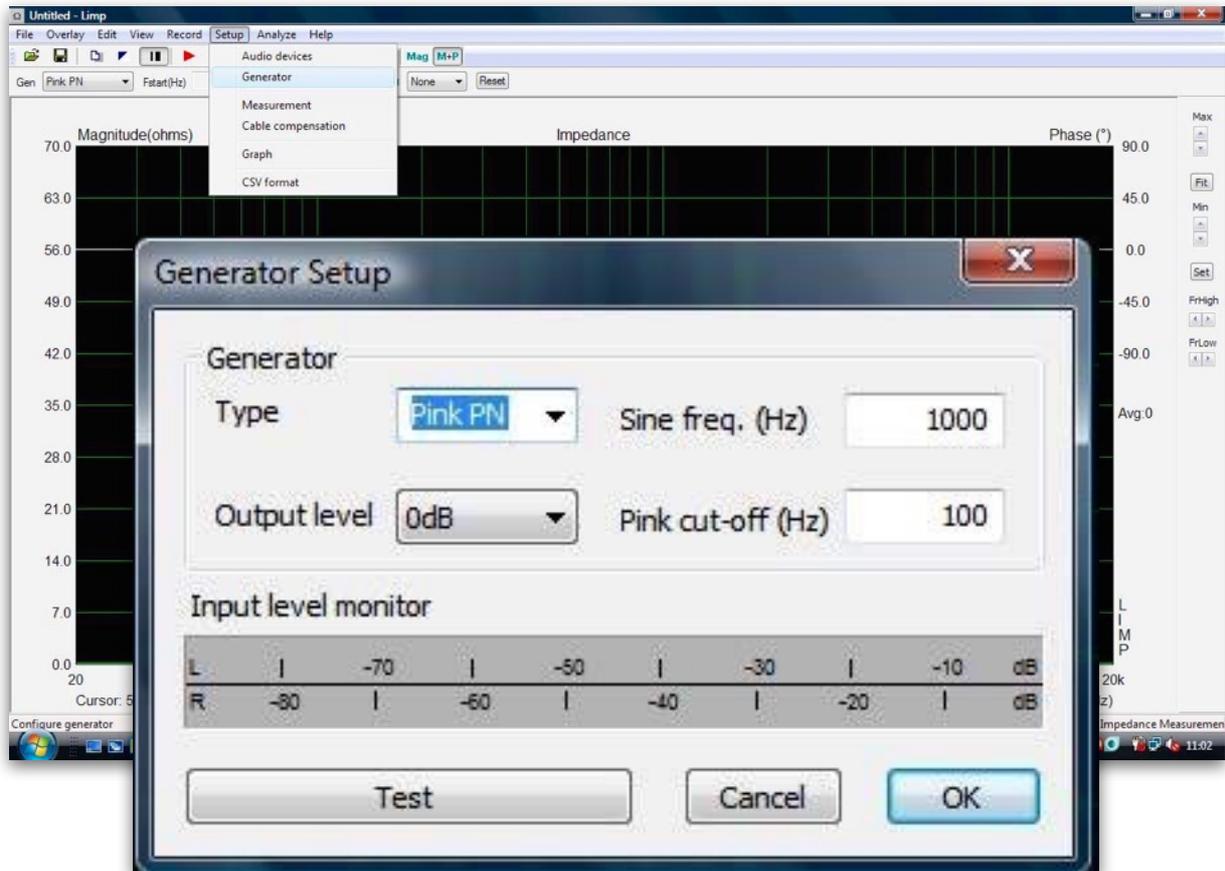


IMAGEN 3.1.6. *Generator Setup.*

En esta ventana al apretar TEST se inicia la señal configurada arriba y se muestra en el metro de nivel. Si el indicador fuera rojo o amarillo, habría que reducir el nivel. El aumento o reducción del nivel lo cambiaremos con el display del amplificador.



3.2 Caja de Medición ARTA.

En el panel frontal o *front panel* podemos encontrar con:

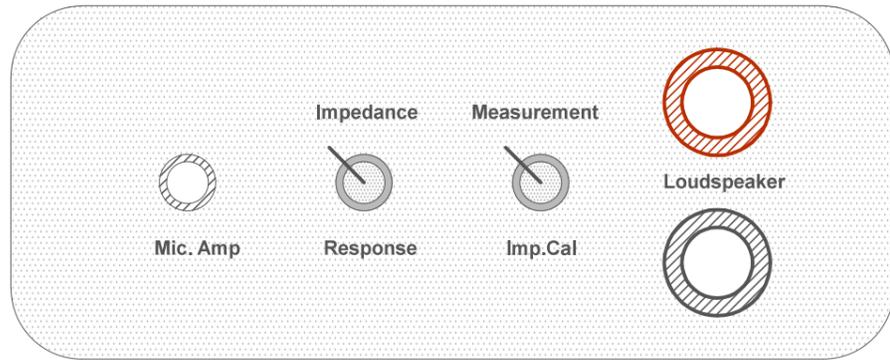
- Una clavija RCA para la conexión de un preamplificador de micrófono.
- Bornes de conexión para la conexión de altavoces.
- Un interruptor para cambiar entre la medición de impedancia y la medición de frecuencia de dos canales.
- Un interruptor para cambiar entre el modo de medición normal y el modo de calibración para la medición de impedancia.

En el panel posterior o *rear panel* podemos encontrar con:

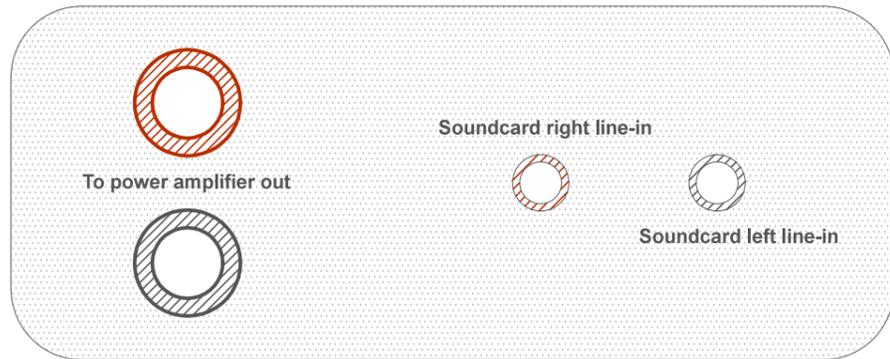
- Dos clavijas RCA para conectar los canales de entrada derecho e izquierdo de la tarjeta de sonido.
- Bornes de salida para el amplificador de potencia. (Rojo = señal, negro = masa).

De todas maneras nos fijaremos en el plano que se adjunta a continuación, ya que en el viene especificada de manera sencilla y clara cada una de las clavijas, conectores, bornes e interruptores; al igual que el interior de la caja.

EXTERIOR DE LA CAJA ARTA

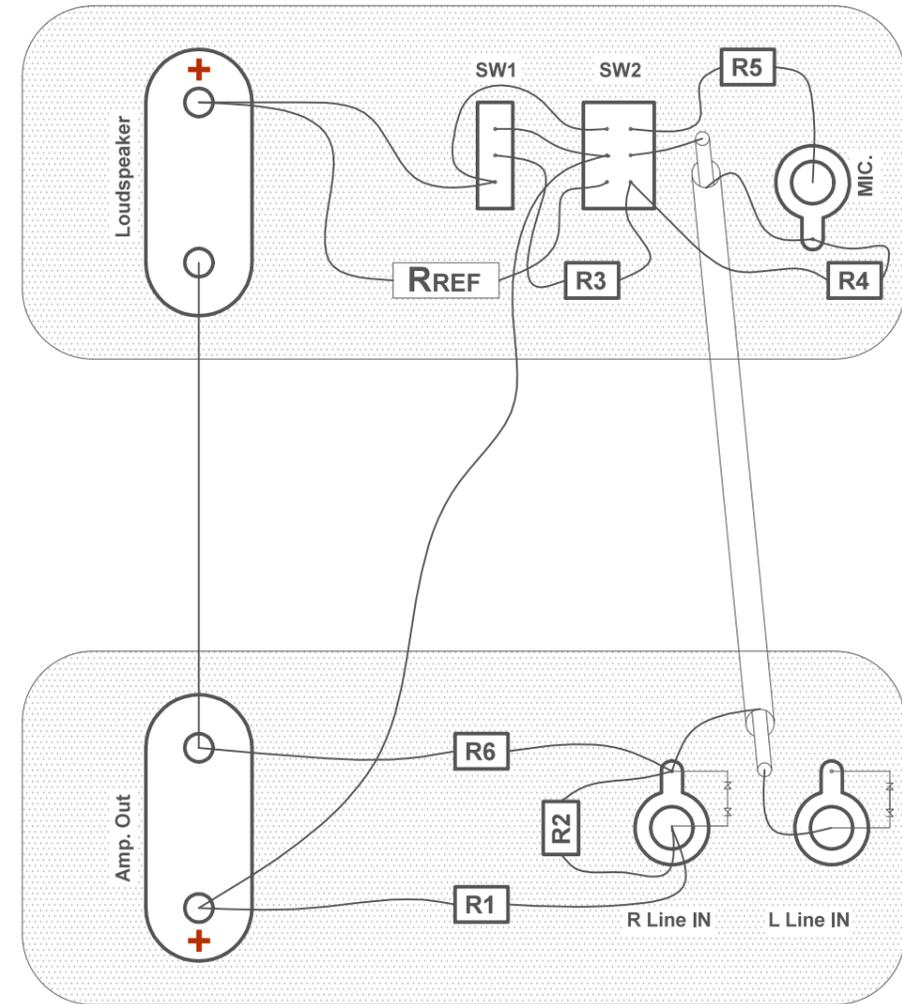


Caja de Medición ARTA Front Panel



Caja de Medición ARTA Rear Panel

PANEL DE CONEXIONES INTERIOR DE LA CAJA ARTA



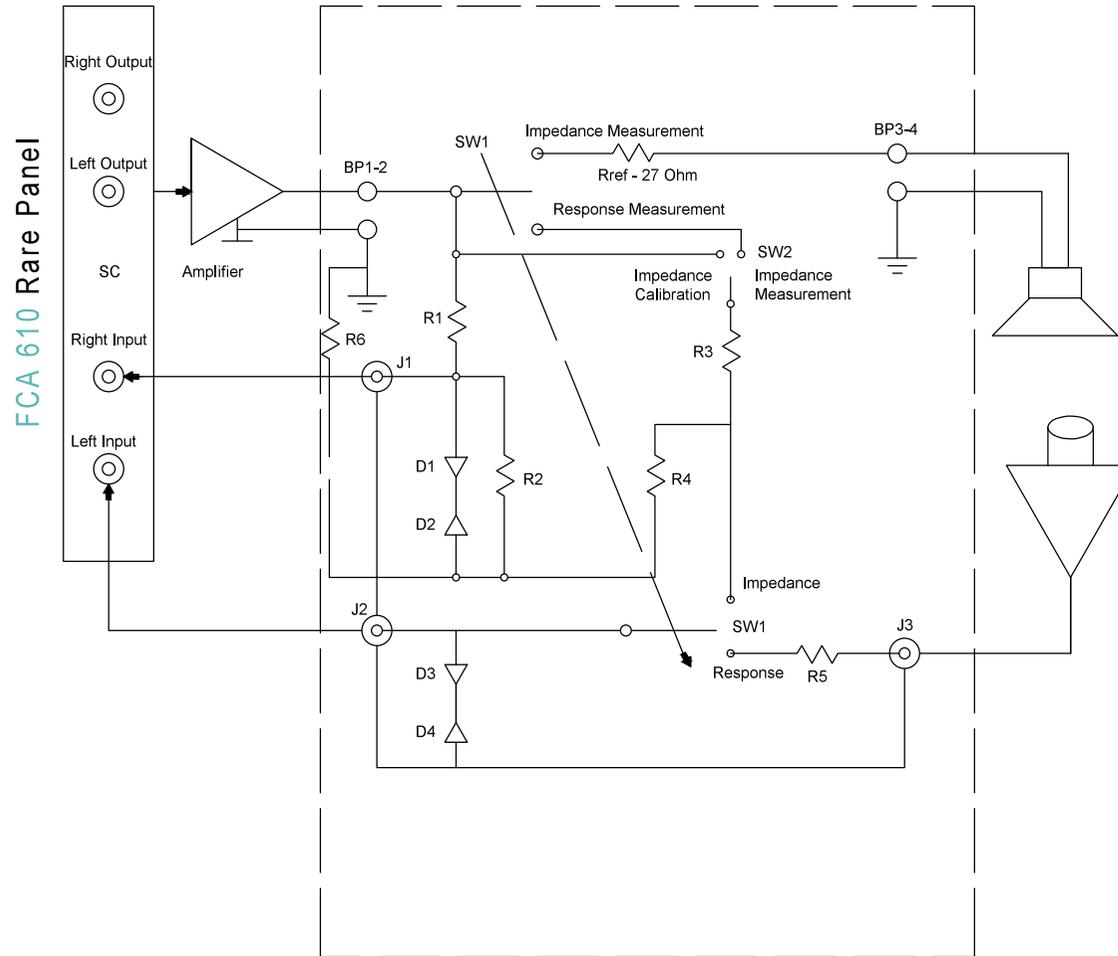


3.3 Esquema de Conexión.

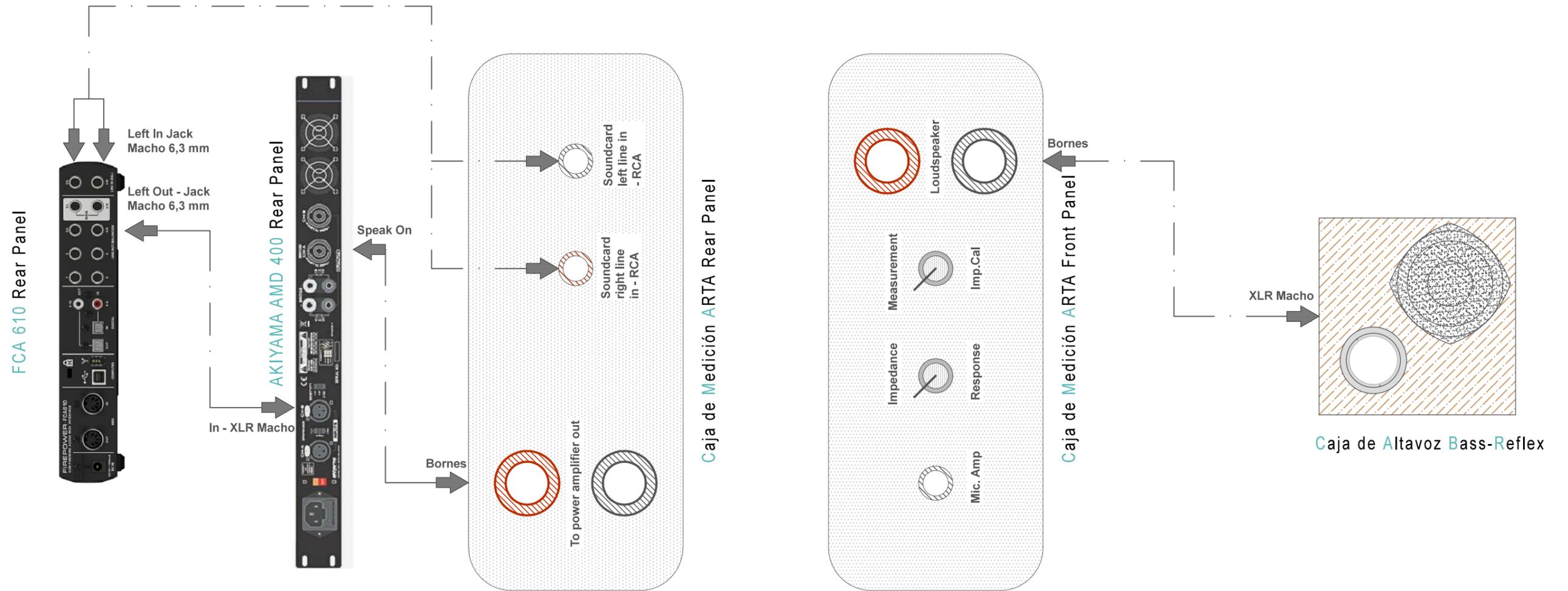
Una vez que tenemos la caja ARTA, realizaremos una conexión entre la misma, la tarjeta de sonido, un amplificador, el micrófono y el respectivo altavoz para medir la impedancia.

Para ello se muestran los siguientes esquemas de conexionado en A4 y A3, tanto de manera esquemática como de manera real.

ESQUEMA DE CONEXIONADO



CONEXIONADO REAL





3.4 Estimación de los Parámetros Thiele-Small y Medición de la Impedancia.

En primer lugar colocaremos el interruptor uno de la caja ARTA en la posición “*Impedance Measurement*” y el interruptor dos en la posición “*Imp. Cal*”. Como referencia tomaremos el interruptor uno y el interruptor dos de izquierda a derecha, de todas manera queda reflejado en el plano que se adjunta en el apartado 3.2.

Bien para iniciar la calibración vamos a la barra de herramientas y pulsamos en CAL.(imagen 3.4.1). Una vez pulsamos nos saldrá una ventana emergente. (Imagen 3.4.2.)



IMAGEN 3.4.1. Botón CAL.

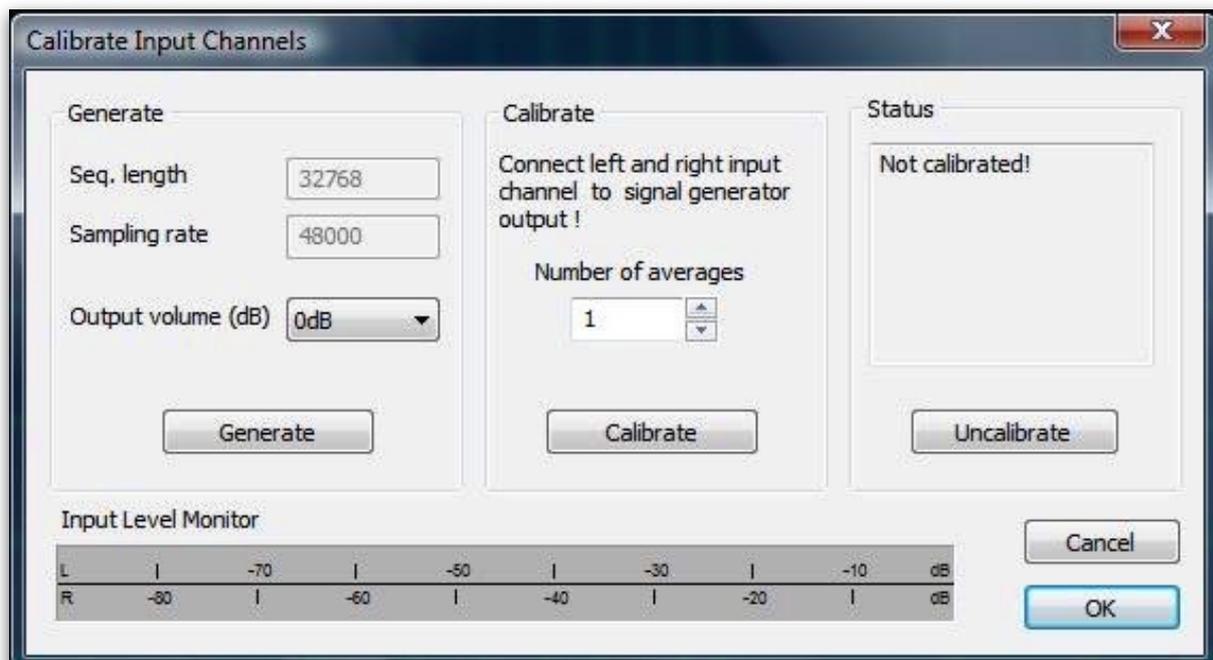


IMAGEN 3.4.2. Calibrate Input Channels.

Para realizar dicho calibrado realizaremos todas las conexiones salvo la de la caja ARTA con el altavoz.

Como podemos ver el *Calibrate Input Channels* esta dividido en tres columnas o bloques el primero es la señal que genera, el segundo el calibrado y el tercero los valores que tienen que darnos.



En esta ventana pulsaremos el botón de *Calibrate* del segundo bloque. Colocando el diferencial del Channel A del amplificador en -6 dB y pulsamos *Calibrate*, nos da unos niveles de medida y unos *Status* como se muestran en la imagen 3.4.3.

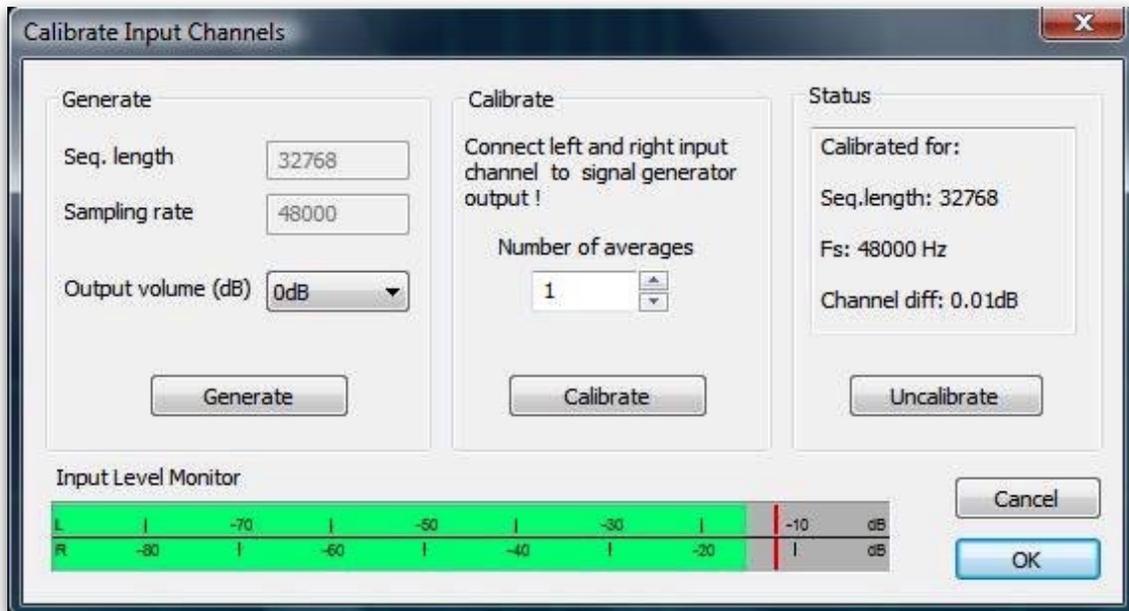


IMAGEN 3.4.3. *Calibrate -6 dB.*

Sin embargo si variamos el amplificador a -30 dB vemos como los valores de medida cambian pero los de *Status* permanecen constantes. Tras finalizar pulsamos *Ok*.

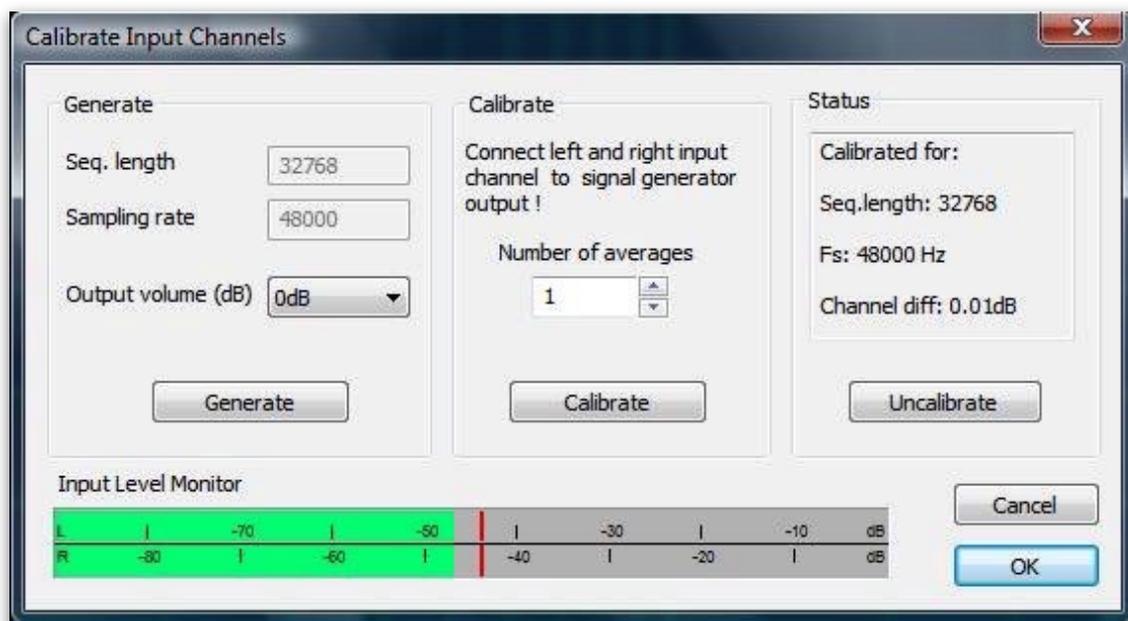


IMAGEN 3.4.3. *Calibrate -30 dB.*



Una vez realizado todo lo anterior conectamos la caja ARTA al altavoz y colocamos el interruptor dos hacia arriba puesto que vamos a llevar a cabo la medición de la impedancia.

Para ello iremos a la barra de menú y pulsaremos *Record* del cual saldrá un desplegable, pues bien en este último pulsamos *Start*.(Véase imagen 3.4.4.)

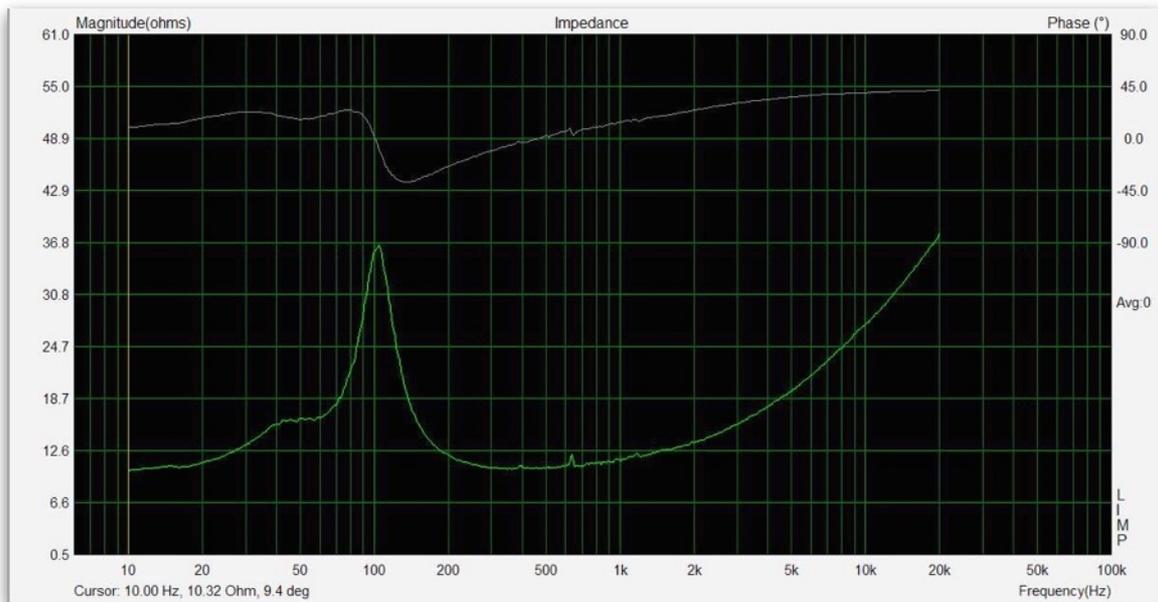


IMAGEN 3.4.4. Curva de impedancia con masa.

El altavoz emitirá un ruido rosa que es el que hemos puesto por defecto y la gráfica oscilará ínfimamente. Como podemos ver nos dará la curva típica de la impedancia de un altavoz con un pico que se genera que correspondiente con la frecuencia de resonancia.

Finalmente para calcular los parámetros del altavoz, vamos a la barra de herramientas y pulsamos en *Analyze*, y seleccionamos el primer método *Loudspeaker parameters - Added Mass Method*.



Seleccionamos dicho método puesto que hemos usado una caja *Bass - Réflex* y hemos añadido una masa conocida a la membrana del altavoz.(Imagen 3.4.5.)



IMAGEN 3.4.5. Cono Altavoz con Masa Añadida.

Como último y definitivo paso pulsamos el botón *Calculate parameters* y el propio programa nos sacará un archivo excel con los datos que se muestran en el *Loudspeaker parameters*.



MÉTODO DE LA MASA AÑADIDA. *BASS-REFLEX*.

- Datos de Entrada:
 - A. Resistencia Altavoz: 8 Ohms; especificada detrás del mismo.
 - B. Masa Añadida: moneda de 1€ cuyo peso es igual a 7,5 g.
 - C. Diametro: 6 cm; medida con el calibre del laboratorio.
- Parámetros *Thiele - Small*:
 - $F_s = 83,3$ Hz.
 - $R_e = 8,00$ Ohms[dc].
 - $L_e = 163,92$ uH.
 - $L_2 = 522,31$ uH.
 - $R_2 = 15,74$ Ohms.
 - $Q_t = 0,55$.
 - $Q_{es} = 0,68$.
 - $Q_{ms} = 3,01$.
 - $M_{ms} = 1,84$ grams.
 - $R_{ms} = 0,320923$ kg/s.
 - $C_{ms} = 0,001980$ m/N.
 - $V_{as} = 2,22$ litres.
 - $S_d = 28,27$ cm ².
 - $BI = 3,369574$ Tm.
 - $ETA = 0,18\%$.

3.5 Comparativa.

Con el fin de mostrar y demostrar que según método que usemos ya sea el *Loudspeaker parameters - Added Mass Method* o *Loudspeaker parameters-Close Box Method*, al igual que si variamos el altavoz o más que el altavoz la caja que usamos ya sea bien la *Bass-Reflex* o *Closed Box*; la impedancia al igual que los *parametersThiele - Small* varían.

Por ello seguiremos manteniendo la caja de altavoz *Bass-Reflex* y llevaremos acabo los mismo procedimientos que el apartado anterior, pero esta vez no usaremos el *Loudspeaker parameters - Added Mass Method* sino *Loudspeaker parameters-Close Box Method*.

Podemos ver que los datos que nos da saca el programa, al igual que la curva de impedancia varia con respecto a la anterior medida. (Imagen 3.5.1.)

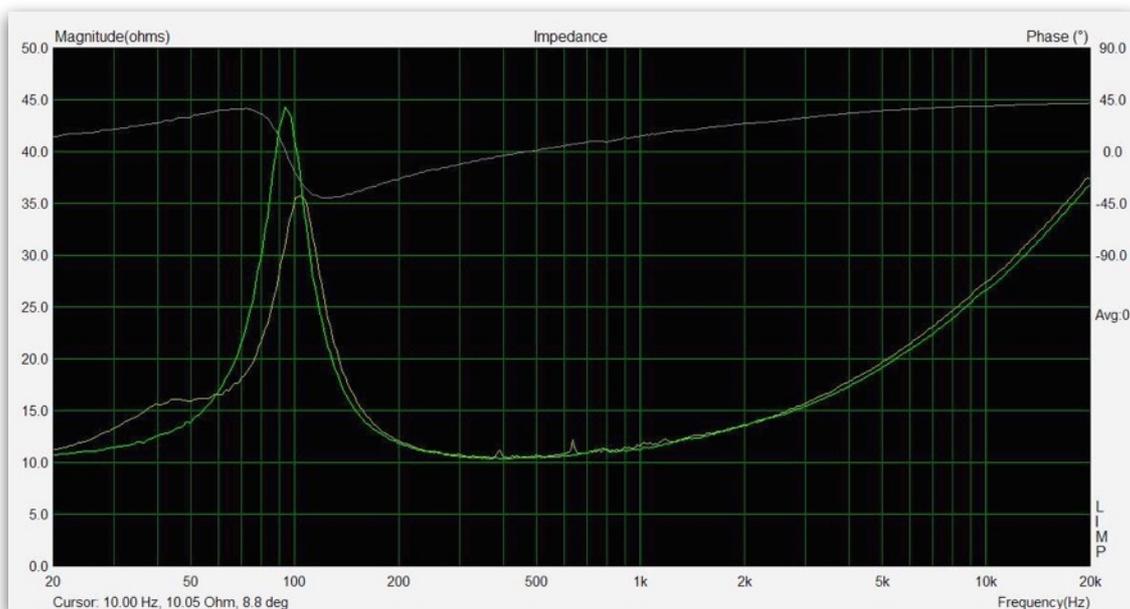


IMAGEN 3.5.1. Curvas de impedancia con y sin masa.

Podemos ver que esta vez la frecuencia de resonancia ha aumentado (curva verde) ya que no existe una masa, al igual que vemos que se ha desplazado levemente a la izquierda con respecto a la anterior.

MÉTODO DE LA CAJA CERRADA. *BASS-REFLEX*.

- Datos de Entrada:
 - A. Resistencia Altavoz: 8 Ohms; especificada detrás del mismo.
 - B. Diametro: 6 cm; medida con el calibre del laboratorio.
 - C. Volumen de la Caja: 7 l; medida en el laboratorio y diseñada.



- Parámetros *Thiele - Small*:

$F_s = 101,05 \text{ Hz.}$
 $R_e = 8,00 \text{ Ohms[dc].}$
 $L_e = 172,31 \text{ uH.}$
 $L_2 = 577,57 \text{ uH.}$
 $R_2 = 17,17 \text{ Ohms.}$
 $Q_t = 0,57.$
 $Q_{es} = 0,74.$
 $Q_{ms} = 2,55.$
 $M_{ms} = 52,61 \text{ grams.}$
 $R_{ms} = 13,082050 \text{ kg/s.}$
 $C_{ms} = 0,000047 \text{ m/N.}$
 $V_{as} = 0,05 \text{ litros.}$
 $S_d = 28,27 \text{ cm}^2.$
 $BI = 19,022131 \text{ Tm.}$
 $ETA = 0,01\%.$

Otra de las comparativas es usar la caja de altavoz *Closed-Box*, y usar el método *Loudspeaker parameters-Closed Box Method*, para ver como varían y cambian los resultados.(Imagen 3.5.2.).

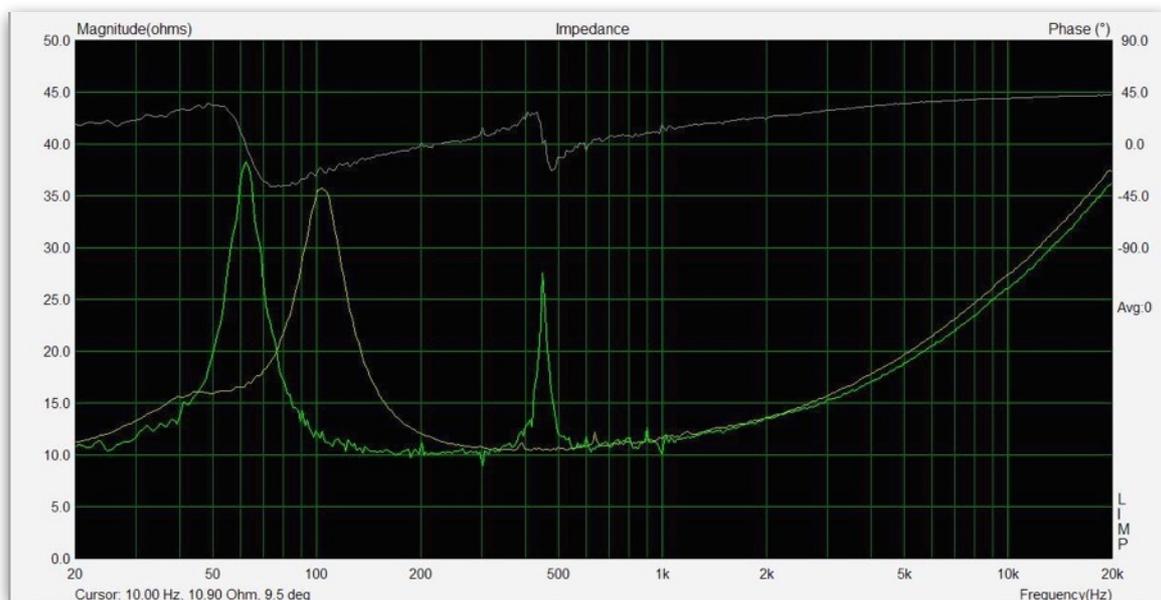


IMAGEN 3.5.1. Curvas de impedancia caja *Bass-Reflex* y *Closed-Box*.

En esta imagen podemos observar como al haber llevado acabo el experimento con la *Closed-Box* y usando el método *Loudspeaker parameters-Closed Box Method* la curva de impedancia se desplaza a la izquierda, teniendo su pico de la frecuencia de resonancia en las bajas frecuencias.



MÉTODO DE LA CAJA CERRADA. *CLOSED-BOX*

- Datos de Entrada:
 - A. Resistencia Altavoz: 8 Ohms; especificada detrás del mismo.
 - B. Diametro: 6 cm; medida con el calibre del laboratorio.
 - C. Volumen de la Caja: 9 l; medida en el laboratorio y diseñada.

- Parámetros *Thiele - Small*:

$F_s = 94,54$ Hz.

$R_e = 8,00$ Ohms[dc].

$L_e = 169,64$ uH.

$L_2 = 548,88$ uH.

$R_2 = 16,33$ Ohms.

$Q_t = 0,59$.

$Q_{es} = 0,72$.

$Q_{ms} = 3,29$.

$M_{ms} = 3,79$ grams.

$R_{ms} = 0,667611$ kg/s.

$C_{ms} = 0,000766$ m/N.

$V_{as} = 0,86$ litres.

$S_d = 28,27$ cm ².

$BI = 4,939557$ Tm.

$ETA = 0,10\%$.

Finalmente para ver esto de manera más sencilla y su fácil comprensión y comparativa de los resultados, se adjunta una tabla con todos los valores obtenidos.

TABLA 2. COMPARATIVA DE RESULTADOS ENSAYO DE IMPEDANCIA

MÉTODO Y CAJA								
<i>Loudspeaker parameters - Added Mass Method. Bass-Reflex</i>			<i>Loudspeaker parameters - Closed Box Method Bass-Reflex</i>			<i>Loudspeaker parameters - Closed Box Method Closed Box</i>		
Parameters	Value	Dim.	Parameters	Value	Dim.	Parameters	Value	Dim.
Fs	83,30	Hz	Fs	101,05	Hz	Fs	94,54	Hz
Re	8,00	Ohms	Re	8,00	Ohms	Re	8,00	Ohms
Le	163,92	uH	Le	172,31	uH	Le	169,64	uH
L2	522,31	uH	L2	577,57	uH	L2	548,88	uH
R2	15,74	Ohms	R2	17,17	Ohms	R2	16,33	Ohms
Qt	0,55	-	Qt	0,57	-	Qt	0,59	-
Qes	0,68	-	Qes	0,74	-	Qes	0,72	-
Qms	3,01	-	Qms	2,55	-	Qms	3,29	-
Mms	1,84	grams	Mms	52,61	grams	Mms	3,79	grams
Rms	0,320923	kg/s	Rms	12,082050	kg/s	Rms	0,667611	kg/s
Cms	0,001980	m/N	Cms	0,000047	m/N	Cms	0,000766	m/N
Vas	2,22	litres	Vas	0,05	litres	Vas	0,86	litres
Sd	28,27	cm ²	Sd	28,27	cm ²	Sd	28,27	cm ²
BI	3,369574	Tm	BI	19,022131	Tm	BI	4,939557	Tm
ETA	0,18	%	ETA	0,01	%	ETA	0,10	%



4 Conclusiones.

Como hemos podido ver los resultados son acordes con lo que se pretende ensayar; y podemos decir que se ha introducido al alumno en el manejo de nuevos equipos, como es el amplificador, y la realización de nuevas conexiones.

Por último la finalidad de la obtención de estos resultados, no es otra que realizar con ellos mismo el diseño de cajas de altavoz del tipo *Bass-Reflex* y *Closed-Box*, ya que como veremos en la práctica siguiente y más que práctica manual, con los valores obtenido de la tabla anterior, se puede diseñar una caja de altavoz.



PRÁCTICA IV : DISEÑO DE CAJAS ACÚSTICAS.

1 Información Previa.

Los altavoces necesitan ir en cajas debido a que la membrana tiene dos lados, uno exterior y otro interior. Cuando el lado exterior de la membrana crea una onda, el interior crea la misma onda pero opuesta, es decir, en fase inversa.

Los sonidos graves mueven una gran cantidad de aire, cuando el lado exterior empuja, el interior tira. Con presiones elevadas, resulta fácil que la presión del lado exterior y la contraposición del lado interior, den lugar a la cancelación del movimiento y la presión del aire. Este fenómeno se denomina cortocircuito acústico.

Al meter el altavoz en una caja se elimina este problema, pero se crea otro problema menor. La onda creada por la parte interior, se refleja en el fondo de la caja y se puede llegar a encontrar con la creada por la parte exterior. La suma de la onda en diferente fase crea una onda distorsionada, que siempre es diferente a la onda que queremos reproducir.

Para solucionar esto, el fondo del altavoz no debe ser paralelo al frontal, para que la onda reflejada no se junte automáticamente con la onda inicial. Además de esto, en el interior de la caja se colocan materiales que absorben la onda de interior.

2 Tipos de Caja.

CAJA CERRADA O *CLOSED BOX*.

Consiste en una caja llena de material absorbente. La calidad del sellado influye en la calidad final del sonido. Es un volumen de aire cerrado, por lo que la F_b (frecuencia de sintonía, frecuencia de resonancia del altavoz dentro de la caja) será siempre mayor que la F_s (frecuencia de resonancia del altavoz sin caja), por ellos conviene utilizar altavoces con F_s baja.

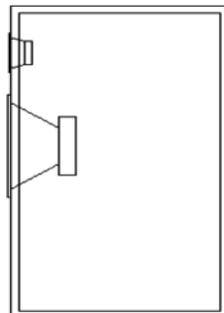


IMAGEN 2.1. *Closed Box*.



Una de sus ventajas es su tamaño moderado, y que la respuesta temporal es buena. Como desventaja, decir que la frecuencia de corte no es muy baja, con un tamaño de caja normal. Además, el aire contenido en la caja, a gran SPL (*Sound Pressure Level*), actúa como un muelle y se crea gran distorsión a alto volumen.

CAJA BASS REFLEX.

Se trata de una caja parcialmente cerrada llena de material absorbente, pero con un tubo con salida al exterior. Este tubo tiene la función de ofrecer una resistencia entre el aire interior y el exterior, con ello se consigue reforzar las bajas frecuencias.

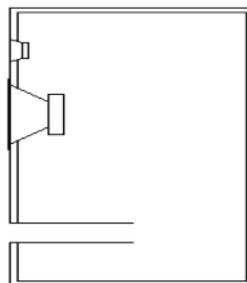


IMAGEN 2.2. *Bass Reflex.*

Su principal ventaja es su buen rendimiento en graves. Los inconvenientes son que la pendiente de atenuación es muy alta, y que cuando se trabaja por debajo de la frecuencia de corte de la caja, el aire contenido en el conducto ya no actúa como resistencia, y el altavoz es como si estuviese funcionando al aire libre. Además la respuesta temporal no es demasiado buena.

3 Materiales para las Cajas Acústicas.

AGLOMERADO.

El aglomerado es considerado el peor material para la fabricación de cajas acústicas, pero la realidad es que depende de su calidad. Hay aglomerados de 10 mm (el más barato, pero es el peor), también los hay de 18, 25, 30 mm, en los que la cola tiene mucha más calidad, las virutas también, está más prensado, etc, estos últimos son los indicados para construir cajas para altavoces. Un punto a favor del aglomerado de 30 mm, es que no tiene resonancias marcadas como el MDF (Fibra de Densidad Media), lo cual da un sonido más natural.

MDF.

El MDF es también bastante barato, aunque no tanto como el aglomerado. Es muy duro, y se trabaja muy bien con él. Está compuesto por fibra de madera pegadas con una cola especial. Desde hace unos años, las cajas se fabrican con este material.



Es más barato que la madera más barata y uniendo esto a su dureza, rigidez e índice de absorción, lo hacen un material muy indicado para construir cajas. Como inconvenientes, decir que su comportamiento no es perfectamente homogéneo y lineal, tiende a resonar o a reducir su absorción del sonido en el rango de 200 - 400 Hz-

CONTRACHAPADO.

También se le conoce como okumen. Debe tener un espesor grande, debido a que no es muy rígido. Se curva con cierta facilidad, una caja de okumen debe llevar refuerzos interiores. Las resonancias que produce no son a una frecuencia tan marcada como el MDF, pero son mayores debido a su baja resistencia y su escasa absorción.

MADERA.

Hay muchos tipos de madera, con diferentes densidades, durezas, etc, las comparaciones con el MDF son imposibles. Se encoge y se amolda a las formas, una construcción extremadamente firme y recia de una caja, tendrá una evolución posiblemente a mejor, cuando las tablas se hallan asentado y acomodado entre sí.

Las ventajas son además de que si está bien hecha evolucionará a mejor. Por otro lado está la estética, una caja en madera es siempre más atractiva que una de MDF o aglomerado. Como inconvenientes, es más fácil que se produzcan ondas estáticas en el interior de la caja. Si la madera es débil y la caja está poco reforzada, puede causar resonancias a frecuencias fijas y además las ondas creadas por la parte interior de la membrana, pueden traspasar paredes de la caja y llegar al exterior fuera de fase, una madera dura produce una menor absorción. Esto se soluciona con materiales absorbentes.

4 Materiales Absorbentes.

La finalidad de un material absorbente es eliminar la onda producida por la parte interior del altavoz. No existen materiales ideales que absorban el 100% de la energía cinética y la transformen en calor, que no reflejen un porcentaje del sonido y que respondan por igual a todas las frecuencias. La mejor forma de evitar ondas estáticas es evitar superficies paralelas, por lo que la parte trasera de la caja no debería ser paralela a la frontal, pero esto no se suele hacer por la dificultad de construir la caja.

FIBRAS.

Las fibras son materiales muy poco coherentes, ya que ofrecen resistencia al paso del aire, pero la dejan pasar. Se puede usar fibra de poliéster, lana o algodón. Aunque las fibras no sean buenas para atenuar graves, las hace extremadamente útiles para atenuar medios y agudos.



CORCHO.

El corcho es un material muy bueno para frecuencias bajas, dependiendo de su grosor. tiene una cierta elasticidad, y el sonido tiende a rebotar con él, pero es difícil atravesarlo por lo que es muy adecuado para recubrir las paredes. Uno de los objetivos de una caja, es evitar que el sonido creado en su interior salga a través de las paredes.

CORCHO - MOQUETA.

La unión de estos materiales puede crear un efecto semejante al efecto invernadero. Cuando una onda rebota, parte se refleja y parte se pierde o se refracta. Las ondas que atraviesan el corcho pierden potencia y lo que queda de esas ondas, pierde más potencia al atravesar la moqueta. Se debe procurar que haya más corcho en el lado de las paredes y menos en el interior de la caja. Sin embargo, para altos SPL esto puede no ser suficiente.

5 Cálculo de Cajas Acústicas.

CAJA CERRADA O *CLOSED BOX*.

- Principio de Funcionamiento.

Para evitar un cortocircuito acústica entre las dos cara de la membrana, se debe colocar el altavoz sobre una caja cerrada. La onda trasera será amortiguada por medio de materiales acústicos.

- Forma de la Curva Amplitud/Frecuencia.

Es posible determinar en una caja cerrada su coeficiente de sobretensión Q , el cual depende de los parámetros mecanoacústicos del altavoz elegido, así como del material de la caja en la que se instalará dicho altavoz.

A continuación, en la imagen 5.1. se muestra la forma de la curva de respuesta de una caja cerrada en el extremo grave, en función del coeficiente de sobretensión de la caja en su frecuencia de resonancia (frecuencia con la que vibra el sistema).

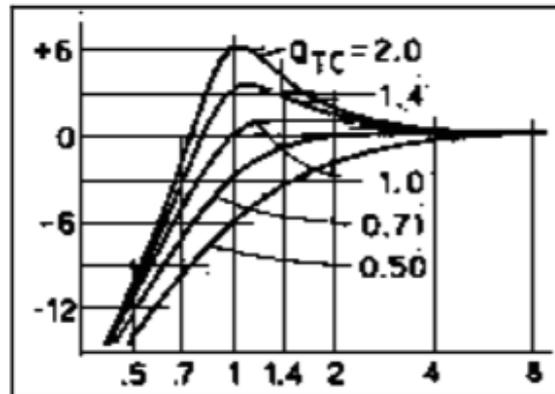


IMAGEN 5.1. Curva Amplitud/Frecuencia. *Closed Box*.

1. Frecuencia de Resonancia (F_c):

$$F_c = (Q_{tc} \cdot F_s) / Q_t$$

$$Q_t = (Q_{ms} \cdot Q_{es}) / (Q_{ms} + Q_{es})$$

F_s = Frecuencia de resonancia del altavoz al aire libre. Dato dado en los resultados.
 Q_{tc} = Coeficiente de sobretensión del sistema en la frecuencia de resonancia de la caja.
 Q_t = Coeficiente de sobretensión del altavoz. Dato dado en los resultados.
 Q_{ms} = Resonancia mecánica. Dato dado en los resultados.
 Q_{es} = Resonancia eléctrica. Dato dado en los resultados.

2. Frecuencia de Corte en -3 dB:

$$F_3 = F_c \times \sqrt{(A + \sqrt{A^2 + 4}) / 2}$$

$$A = (1 / Q_{tc}) - 1$$

F_s = Frecuencia de resonancia del altavoz al aire libre.
 Q_{tc} = Coeficiente de sobretensión del sistema en la frecuencia de resonancia de la caja.
 Q_t = Coeficiente de sobretensión del altavoz.

3. Cálculo del Volumen de la Caja:

$$V_{AB} = V_{AS} / \alpha$$

$$\alpha = (F_c / F_s)^2 - 1$$

V_{AB} = Volumen de aire equivalente a la elasticidad acústica del aire de la caja.
 V_{AS} = Volumen de aire equivalente a la elasticidad de la suspensión del altavoz. Dato dado en los resultados.



BASS REFLEX.

- Principio de Funcionamiento.

En el caso de una caja cerrada, la emisión acústica producida por la parte trasera de la membrana, se pierde en forma de calor a través del material absorbente. La caja *bass-reflex*, tiene por objeto recuperar una parte de esta energía. En la caja existe una abertura llamada respiradero (tubo).

La masa de aire que esta en este respiradero, va a ser una puesta en vibración por el volumen de aire existente en la caja. Existen dos masas, el altavoz y el aire comprendido en el respiradero, las cuales se encuentran separadas por una tercera masa, el volumen de aire comprendido en la caja. A muy baja frecuencia, el sistema estará en oposición de fase, al subir la frecuencia se pondrá en fase en la frecuencia de resonancia, para volver a descender a oposición de fase. Debido a este fenómeno, la presión acústica podrá aumentar.

Haciendo variar el volumen de la caja y las dimensiones del respiradero, será posible optimizar las características del sistema.

- Forma de la Curva Amplitud/Frecuencia.

La forma de la curva amplitud/frecuencia depende del volumen de caja, del parámetro del altavoz, así como del respiradero. Esta forma esta caracterizada por el coeficiente de sobretensión del sistema en la resonancia.

A continuación en la imagen 5.2 se muestra la forma de la curva de respuesta de una caja *bass-reflex* en los extremos graves, en función del coeficiente de sobretensión(S) de la caja en se frecuencia de resonancia.

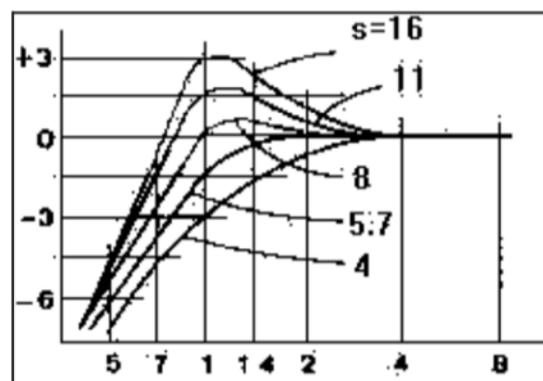


IMAGEN 5.2. Curva Amplitud/Frecuencia. *Bass-Reflex*.



1. Cálculo del Volumen de la Caja Acústica:

$$\mathbf{VB = S*VAS*Qt^2}$$
$$\mathbf{S = (VB/VAS)/Qt^2}$$

S = Coeficiente de sobretensión de la caja.

VAS = Volumen de aire equivalente a la elasticidad de la suspensión del altavoz. Dato dado en los resultados.

Qt = Coeficiente de sobretensión del altavoz. Dato dado en los resultados.

2. Frecuencia de Corte en -3 dB:

$$\mathbf{F3 = \sqrt{(VAS*Fs^2)/VB}}$$

Fs = Frecuencia de resonancia del altavoz al aire libre. Dato dado en los resultados.

3. Cálculo de la Frecuencia de Resonancia:

$$\mathbf{FB = F3/\alpha^{0,13}}$$

$$\mathbf{\alpha = VAS/VB}$$

VB = Volumen de la caja.

VAS = Volumen de aire equivalente a la elasticidad de la suspensión del altavoz. Dato dado en los resultados.

4. Elasticidad de la caja:

$$\mathbf{CAB = VB/140449}$$

VB = Volumen de la caja.

5. Cálculo de la Superficie del Respiradero:

$$\mathbf{Sv = r^2 * \pi}$$

r = radio del tubo. Dato conocido; mirar planos adjuntos.

6. Masa Acústica del Respiradero:

$$\mathbf{MAP = 1/(4*\pi^2*FB^2*CAB)}$$

FB = Frecuencia de resonancia.

CAB = Elasticidad de la caja.



7. Longitud del Respiradero:

$$L = (MAP \cdot Sv) / 1,18$$

MAP = Masa acústica del respiradero.
Sv = Superficie del respiradero.

6 Aplicación.

A continuación se presentan en la Tabla 3. los cálculos realizados con las ecuaciones de cálculo de cajas acústicas, aplicadas a los resultados obtenidos en la práctica III.

TABLA 3. COMPARATIVA DE RESULTADOS CAJAS ACÚSTICAS

CÁLCULO DE CAJAS ACÚSTICAS			
Bass-Reflex		Closed Box	
Parameters	Value	Parameters	Value
Fs	83,30	Fs	94,54
Qt	0,55	Qt	0,59
Qtc	0,68	Qtc	0,6175
Qes	0,68	Qes	0,72
Qms	3,01	Qms	3,29
Vas	2,22	Vas	0,86
S	10,51	-	-
r	0,03	-	-
$VB = S \cdot VAS \cdot Qt^2$		$Fc = (Qtc \cdot Fs) / Qt$	
7,06		98,95	
$F3 = \sqrt{(VAS \cdot Fs^2) / VB}$		$A = (1 / Qtc) - 1$	
46,72		0,62	
$\alpha = VAS / VB$		$F3 = Fc \times \sqrt{(A + \sqrt{(A^2 + 4)}) / 2}$	
0,31		127,73	
$FB = F3 / \alpha^{0,13}$		$\alpha = (Fc / Fs)^2 - 1$	
54,30		0,095	
$CAB = VB / 140499$		$VAB = VAS / \alpha$	
0,00005024		9,02	
$Sv = r^2 \cdot \pi$		$A = (1 / Qtc) - 1$	
0,00283		0,62	
$MAP = 1 / (4 \cdot \pi^2 \cdot FB^2 \cdot CAB)$		VOLUMEN DE LA CAJA ACÚSTICA	
0,17			
$L = (MAP \cdot Sv) / 1,18$			
0,00041		9 Litros	



7 Diseño de las Cajas Acústicas.

Una vez que hemos realizado los cálculos procedemos a diseñarlas, tras haber obtenido los litros de cada estilo de caja.

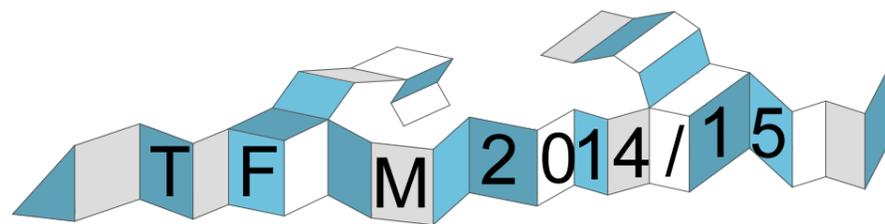
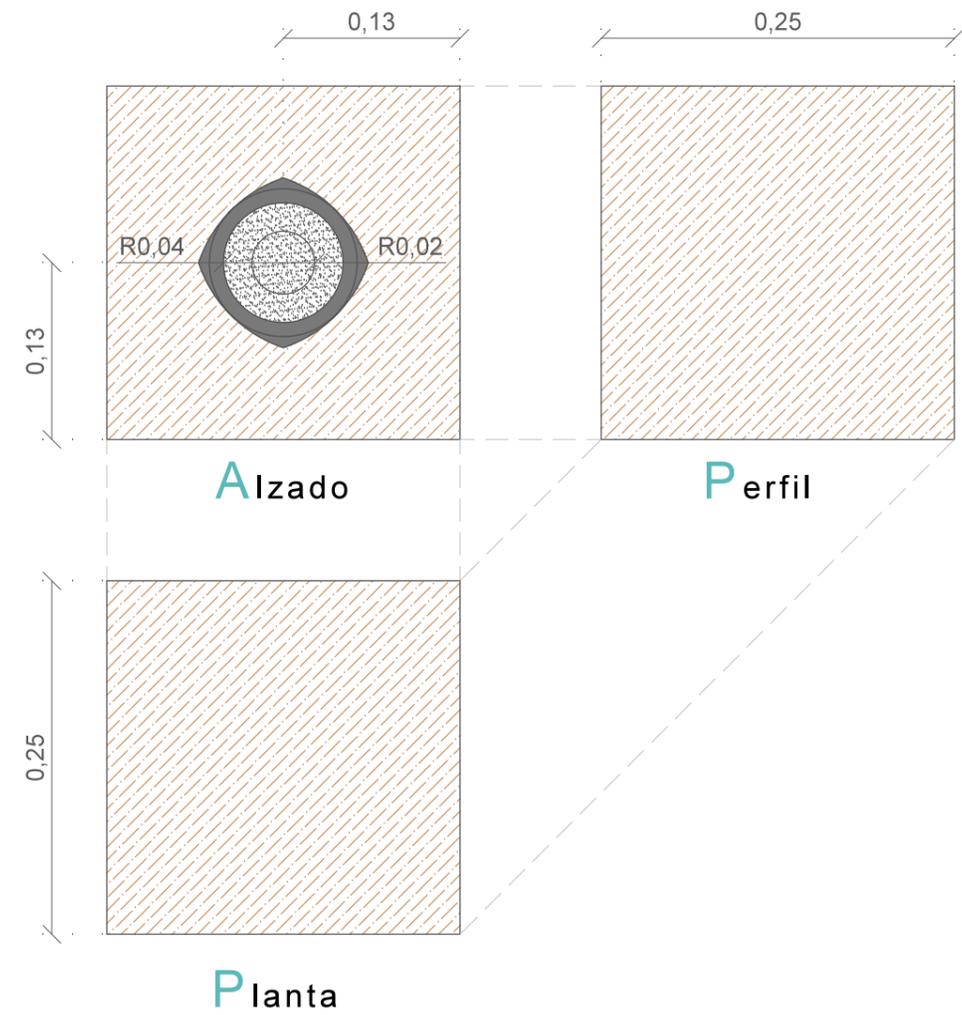
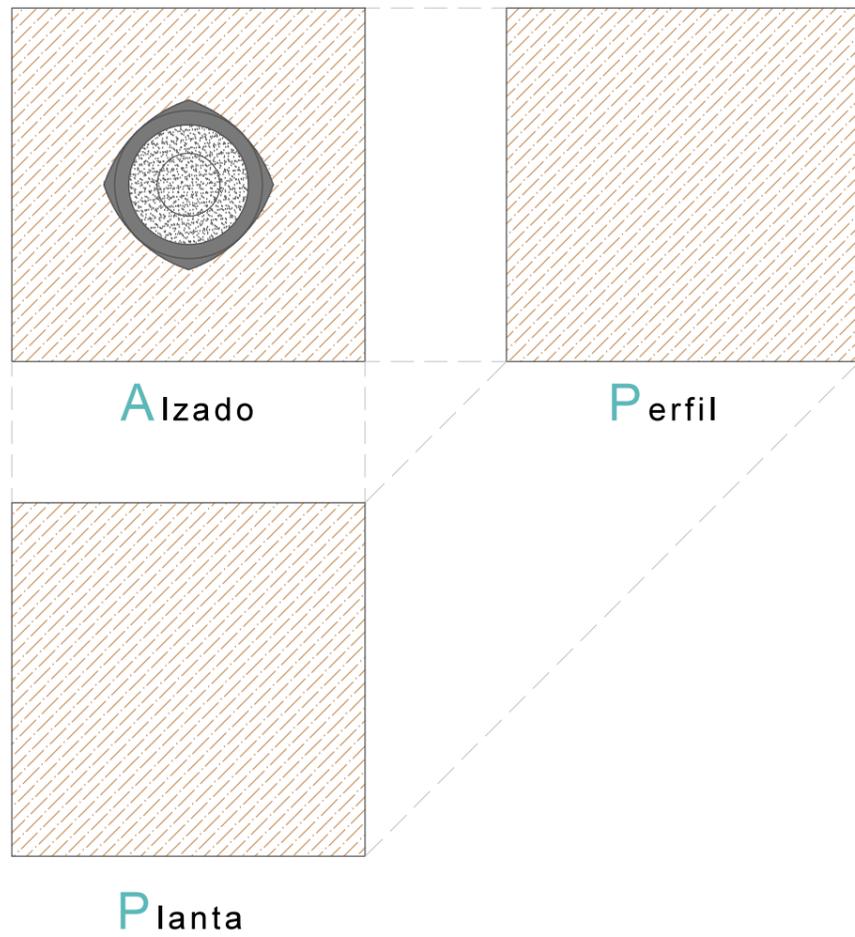
Para ellos se presentan los siguientes planos en A3 correspondientes a cada caja acústica.

CLOSED BOX.

- A.** Alzado, Perfil, y Acotado.
- B.** Volumetría 3D.

BASS REFLEX.

- A.** Alzado, Perfil y Planta.
- B.** Acotado.
- C.** Volumetría 3D.



ALZADOS, PERFIL, PLANTA Y ACOTADO

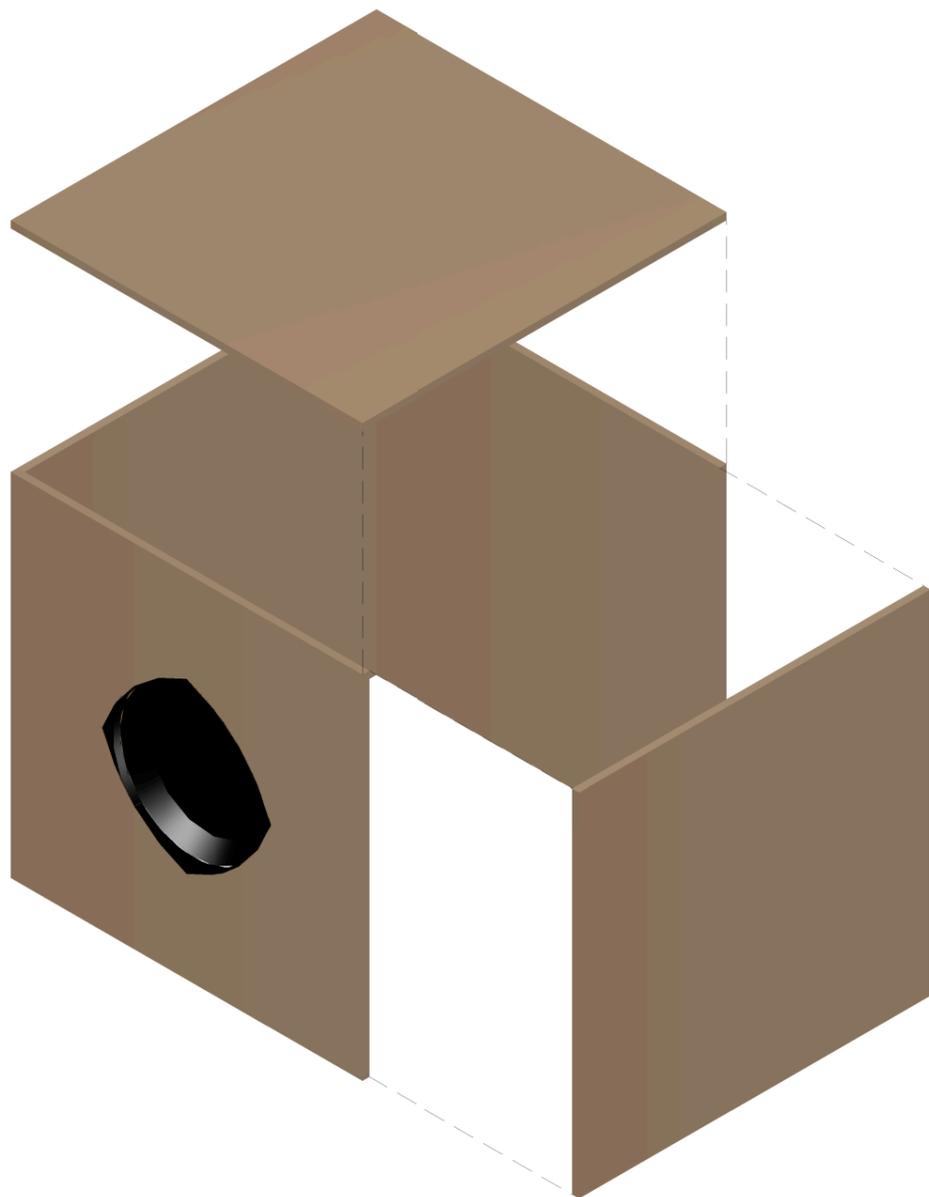
Carrera Martínez, Carlos J.

DNI: 75716256-A

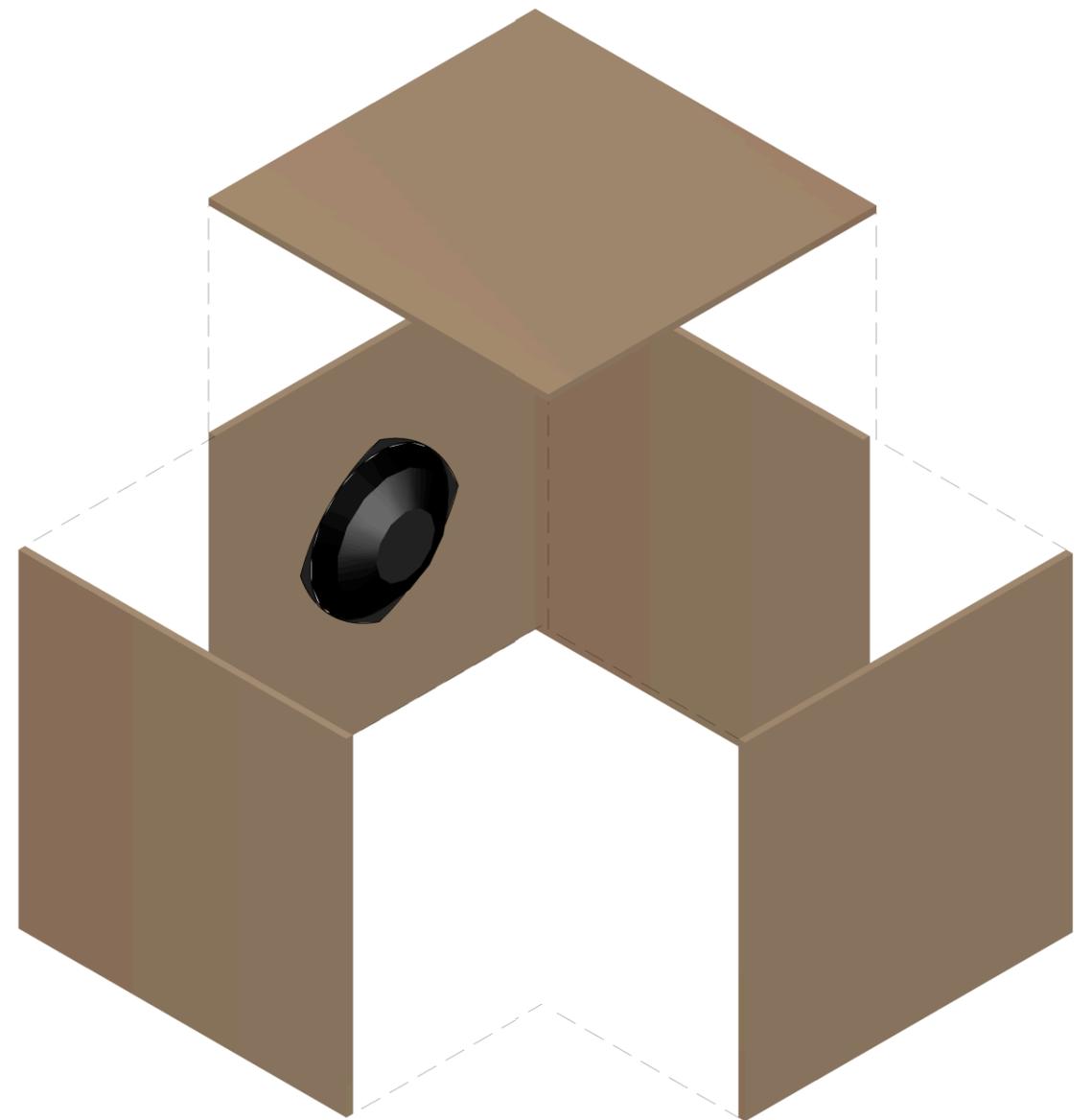
TRABAJO FIN DE MÁSTER

PLANO ESCALA 1:5

01

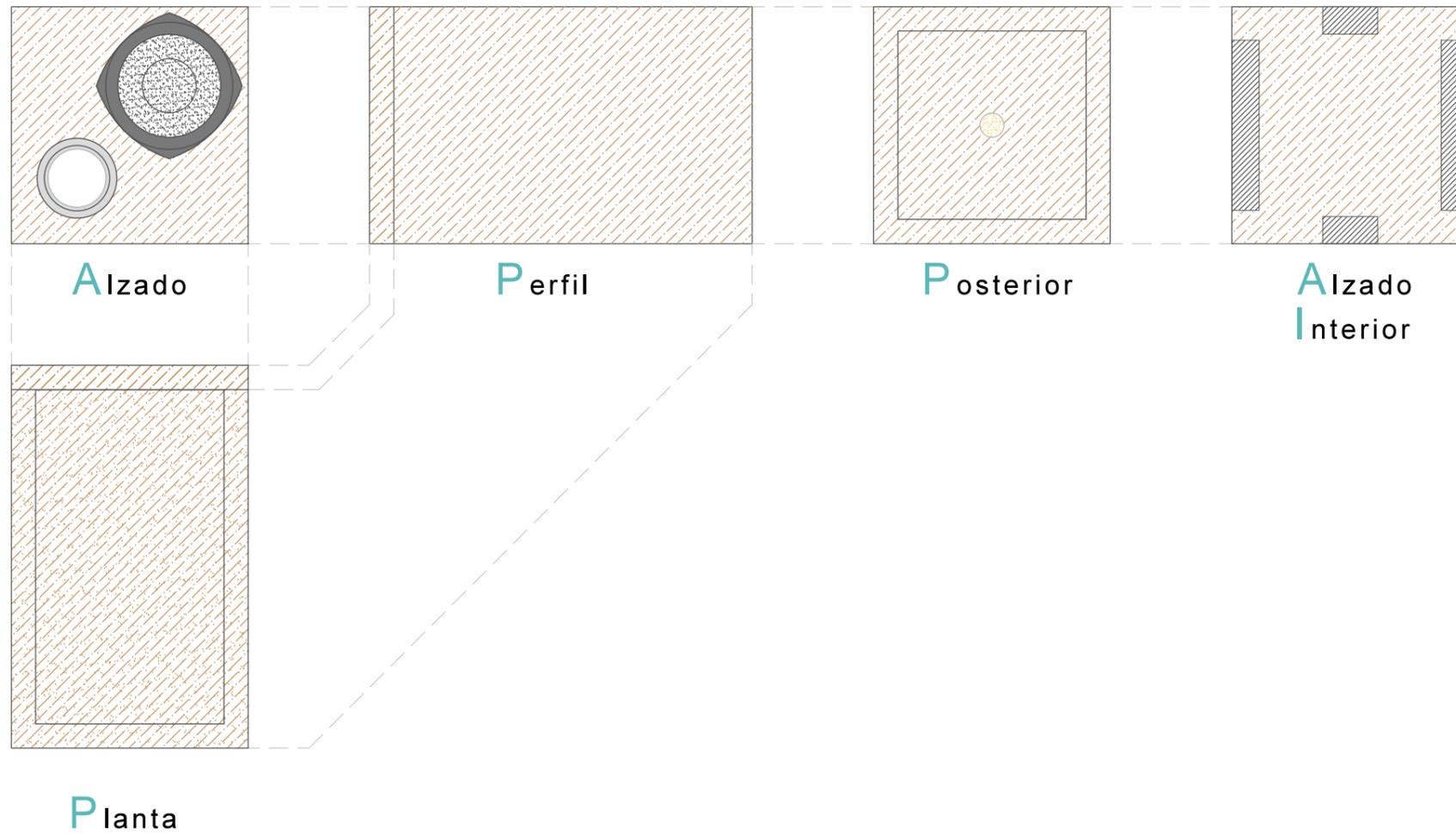


Volumetría SE

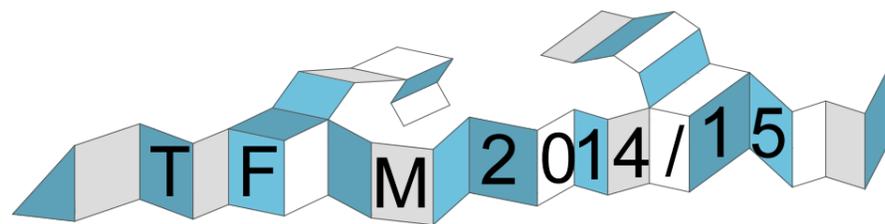
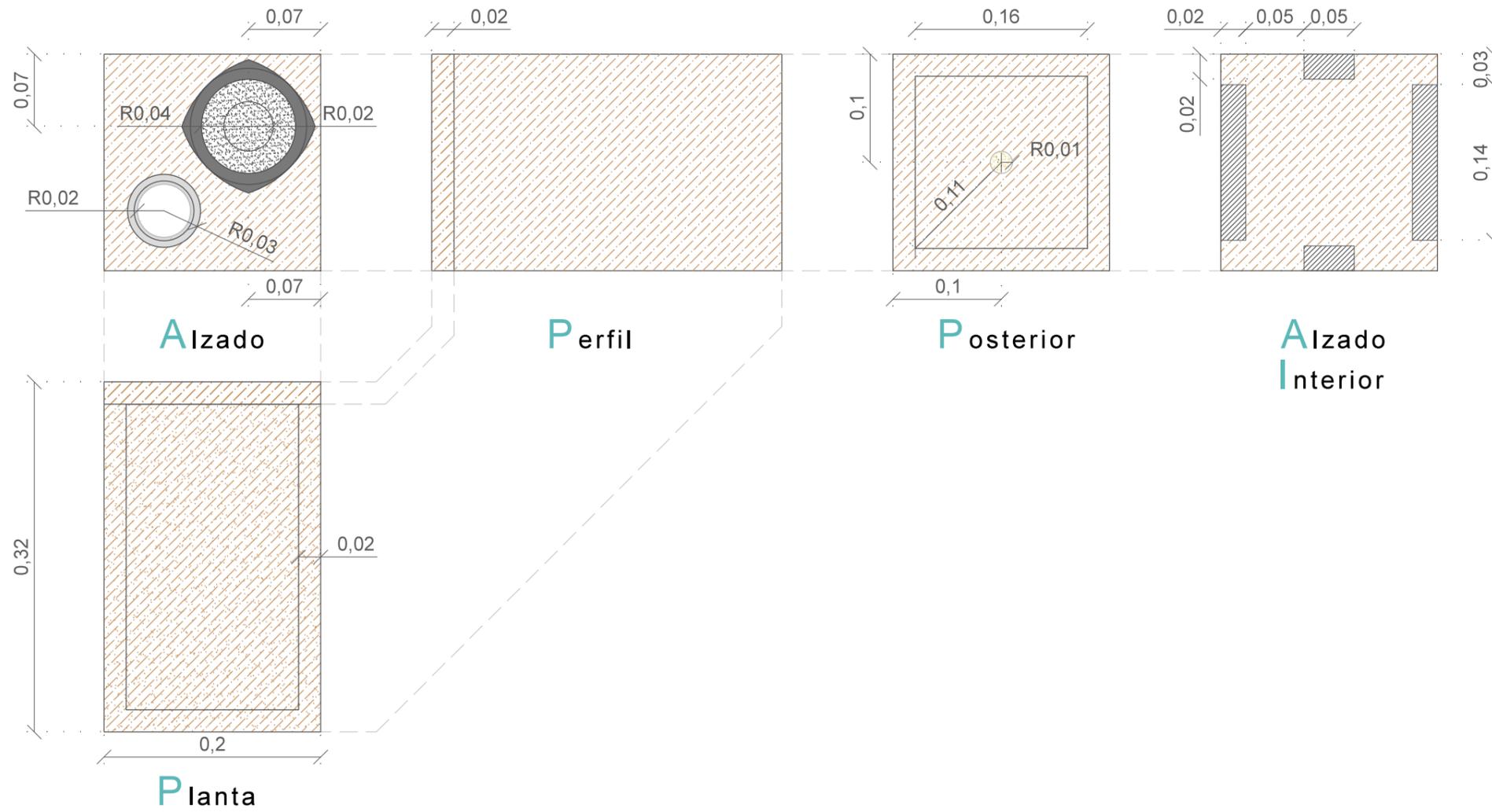


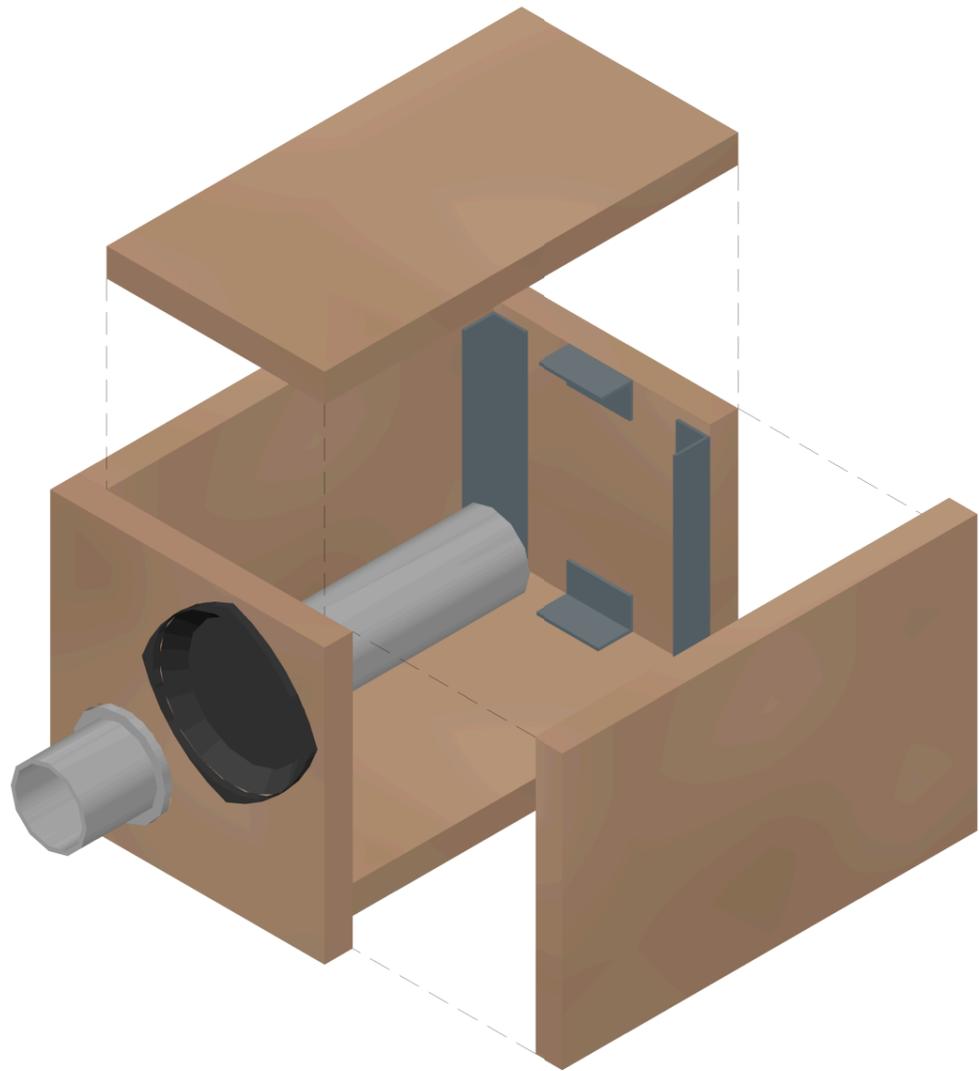
Volumetría NE



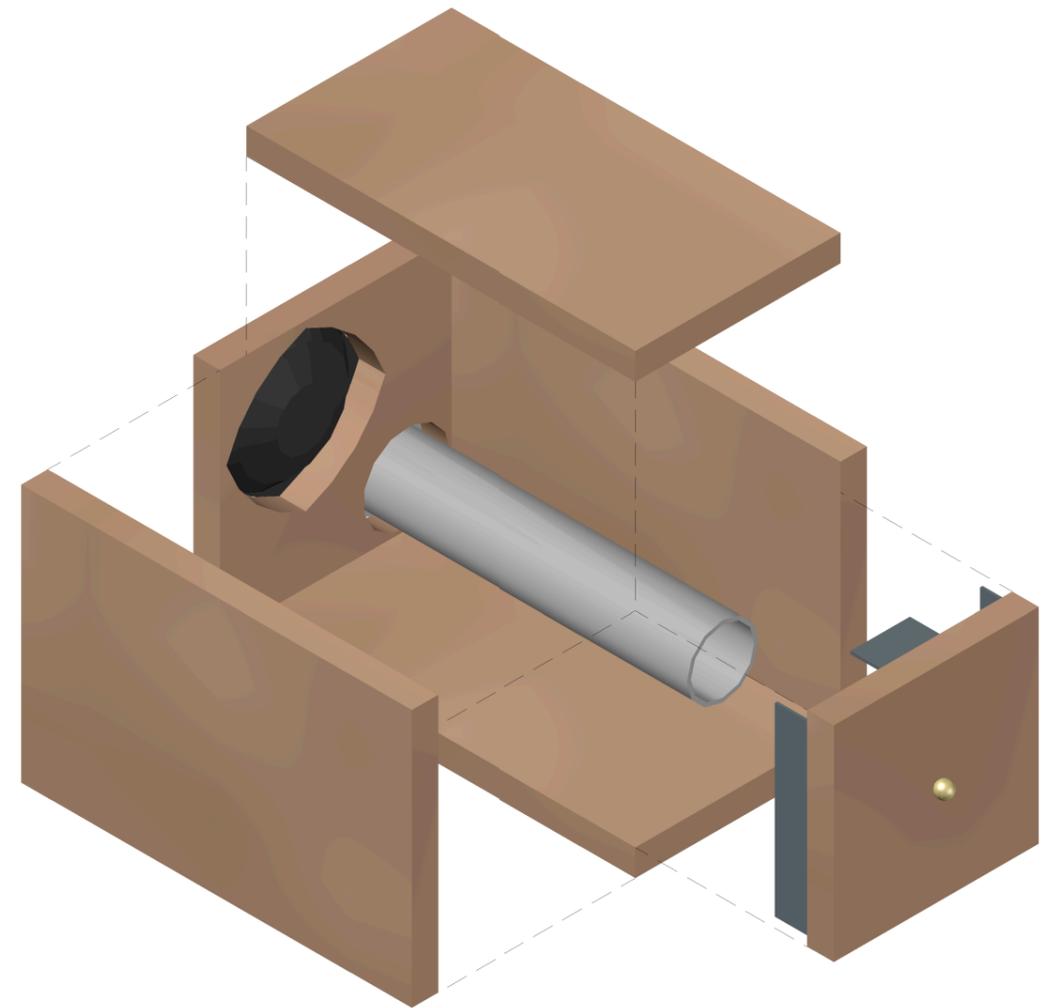


 Caja de Madera	 Tubo de Pvc
 Chapa de Acero	 Altavoz



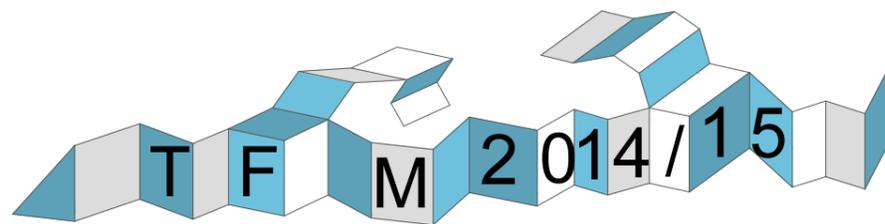


Volumetría SE



Volumetría NE

	Caja de Madera		Tubo de Pvc
	Chapa de Acero		Altavoz





8 Conclusiones.

Como conclusión y finalidad de esta práctica es aplicar los resultados obtenidos de la práctica III a través del cálculo y diseño de cajas acústicas, algo que no se ha llevado a cabo en toda la duración del máster; y que desde mi punto de vista es importante para personas que cursan un Máster de Ingeniería Acústica.

Por ellos a través de esta práctica para futuros alumnos se les da a conocer algo que en años venideros a lo mejor tampoco se les muestra; por consiguiente esta práctica busca dicho objetivo de aprendizaje y enseñanza, a pesar de que mis conocimientos son limitados y me ha llevado más tiempo la búsqueda de información y autoaprendizaje que lo que pueda enseñar, pero todo lo que se aprenda de más nunca está mal, ya que el saber no ocupa lugar.



PRÁCTICA V : VIDEO MANEJO MESA DE MEZCLAS.

<https://youtu.be/U32u7ryvKRw>

VIDEO. Introducción.

<https://youtu.be/F70go9f2358>

VIDEO. Ensayo Micrófono.

<https://youtu.be/MW9MrXWwAwA>

VIDEO. Ensayo Altavoces.



10. Conclusiones.

Empezaré comentando la diversidad de opciones y maneras que existe de realizar un manual de prácticas.

Hemos de tener en cuenta que muchos de nosotros llegamos a cursar el Máster en Ingeniería Acústica, procediendo de diferentes titulaciones, de las cuales en muchas nunca se han desarrollado estos conocimientos o no tienen nada que ver con nuestra titulación o formación. Por lo que conseguir una buena interpretación del mismo por parte de los diferentes alumnos de distintas titulaciones puede ser complicado.

Antes de empezar con el desarrollo de los manuales de prácticas, estudiamos los diferentes manuales ya existentes, así como los sistemas y equipos electroacústicos con los que tendremos que trabajar; además de ejecutar diferente cableado y conexiones para los mismos.

Estando ya definido el objetivo del Trabajo Fin de Máster, y llevado acabo el autoaprendizaje y diagramas de cableado y conexonado; nos disponemos a realizar los diferentes manuales de prácticas; desde el inicio del calibrado de la tarjeta de sonido, pasando por el calibrado de los canales de entrada y salida de la misma, y la medición del nivel del micrófono. Para terminar con nuestro objetivo final la medición de la impedancia de los altavoces y el diseño de cajas acústicas.

Hemos de destacar en este punto la importancia de los diagramas de conexión y cableado que se usa; el cual dejo bien reflejado y explicado ya no solo con diferentes imágenes sino también con distintos planos tanto en A4 y A3.

Este trabajo se apoya en varios programas informáticos, bien sea para el calibrado de la tarjeta de sonido y canales de la misma o para la medición de la impedancia. Ninguno de ellos es fácil de manejar. aunque cuanto más los trabajaba mejor ha sido el conocimiento de ellos. Por lo que resulta elemental trabajar con *software* que nos permitan trabajar a su vez con sistemas y equipos electroacústicos.

Una parte interesante del actual TFM es la Práctica IV: Diseños de Cajas Acústica, realizado con la obtención de los parámetros *Thiele-Small* de los distintos altavoces con el software LIMP, y el posterior desarrollo de una serie de formulas y ecuaciones que nos permitirán calcular cajas acústicas.

Si bien para concluir quiero destacar la importancia que tiene desde el primer paso hasta el último, ya que sin el calibrado de la tarjeta de sonido no se puede pasar al siguiente y así sucesivamente. Por ello es necesario ejecutar correctamente cada uno de los pasos.



Finalmente concluir con que desde un primer momento desde que cursamos la asignatura de Sistemas Electroacústicos me pareció una oportunidad de desmarcarse del resto y aprender de otro mundo que también se ejerce en esta profesión pero del cual tenemos pocos conocimientos.

Como experiencia personal decir que ha sido gratificante trabajar en algo distinto a lo que estaba acostumbrado y que no tiene nada que ver con mis estudios. El nivel de autoaprendizaje que me he exigido a mi mismo; puesto que ha supuesto empezar de cero. Y finalmente el haber trabajado con Don Andrés María Róldan Arana, que a pesar de su constancia y exigencia, he podido realizar un gran Trabajo Fin de Máster.

11. Bibliografía y Webgrafía.

AKIYAMA, *“Manual del Usuario, AMD-240 y AMD-400”*

BEHRINGER, *“Manual del Usuario Firepower FCA 610”*

Dr. HEINRICH WEBER, revisión alemana y suplementos, Dr. IVO MATELJAN, Manual original en inglés y Dña. MÓNICA NAMURA traducción al español, *“ARTA, STEPS Y LIMP; Un pequeño compendio para los programa de la familia ARTA”*

<http://www.behringer.com/EN/Products/FCA610.aspx>

http://www.behringerdownload.de/FCA/Behringer_FCA610_USB_Drv_V6_13_0.zip

<http://www.behringer.com/EN/Products/ECM8000.aspx>

https://es.wikipedia.org/wiki/Moneda_de_un_euro

http://www.pcpaudio.com/pcpfiles/doc_altavoces/cajas/cajas.html

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE USO DE EQUIPOS ELECTROACÚSTICOS				
PRESUPUESTO				
ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
EQUIPOS ELECTROACÚSTICOS				
TARJETA DE SONIDO	1	Ud.BEHRINGER FCA610 Interface de Audio Behringer.	225	225
AMPLIFICADOR	1	Ud.Akiyama AMD 400.	180	180
CAJA ARTA	1	Ud.Caja de Medición ARTA.	15	15
MICRÓFONO	1	Ud.BEHRINGER ECM 800.	70	70
CALIBRADOR ACÚSTICO	1	Ud.Calibrador Acústico RION NC 74 Clase I	200	200
CONECTORES				
JACK 6,3 MM	5	Ud.Neutrik Rean NYS 228 BG	4	20
MINI JACK	3	Ud. Neutrik Rean NYS 231 BG	2	6
XLR MACHO - HEMBRA	4	Ud. Stairville DMX Terminator XLR 3-Pol y Ud. Amphenol AX3F Female XLR Plug	7	28
PINZAS COCODRILO	1	Ud. Surtido de Pinzas de Cocodrilo.	10	10
RCA	4	Ud. RCA.	5	20
CABLEADO				
STEREO	7	m.Cable Stereo	12	84
MONO	7	m. Cable Mono	10	70
OTROS				
VOLTIMETRO	1	Ud. Multímetro Tester Polímetro Voltímetro Amperímetro Ohmímetro Digital con Batería y Cables	10	10
ESTACION DE SOLDAR	1	Ud.Estación de Soldadura.	80	80
SOLDADOR	1	Ud.Soldador Cerámico 30W/230V	40	40
ESTAÑO		Ud. Bobina de Estaño 0,6mm 500 g	25	25
TOTAL			895	1083
IVA 21%			187,95	227,43
P.E.M. (PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL)			1310,43	