

Resumen del Proyecto Fin de Carrera. Grabación y  
Tratamiento del Sonido de un Grupo Musical

Bernardo Mínguez Conesa

15 de septiembre de 2010

# Introducción

## Introducción

El objetivo del proyecto “Grabación y Tratamiento del Sonido de un Grupo Musical” es la aplicación práctica de cada uno de los conceptos teóricos pertenecientes a la larga cadena de la grabación musical. Estos conceptos previamente investigados servirán para convertir un local de ensayo en un estudio de grabación eventual y realizar una grabación sonora detallista desde el campo de la ingeniería.

El caso a estudio es la grabación de 5 temas de un grupo musical de Torrevieja, “No Sounds No Pleasure”. Para ello se ha estudiado y acondicionado acústicamente el local de ensayo, se ha realizado una toma de decisiones sobre los componentes escogidos, las técnicas de grabación a realizar y un estudio de la mezcla profesional.

La redacción de la memoria se llevó a cabo de tal forma que pueda ser enfocada como un manual para el especialista que desee realizar una tarea similar, adjuntado información de todas las fases del proceso: aislamiento acústico, acondicionamiento acústico, componentes de un sistema digital de captación sonora, técnicas de grabación y técnicas de mezcla.

# Resumen

# Capítulo 1

## Acondicionamiento de la sala

En la primera fase del proyecto, mis esfuerzos fueron dirigidos a la investigación, recolección y comprensión de información acerca del aislamiento acústico y el acondicionamiento acústico, especificando el contenido hacia los estudios de grabación cuando era necesario.

Aunque sabía desde un principio que el aislamiento acústico de un recinto tiene un coste financiero muy elevado, integré la información para su comprensión en la memoria, para dar constancia de mis conocimientos sobre la materia y para servir de ayuda a futuros lectores.

En el caso del acondicionamiento acústico, se identificaron las posibles causas de los problemas acústicos de la sala y se actuó en consecuencia, diseñando elementos acústicos a partir de las materias primas que fueron adquiridas gracias al presupuesto del proyecto, estimado en 200 €.

Los elementos diseñados fueron:

**Difusor policilíndrico** Un difusor policilíndrico es un elemento que toma forma convexa para lograr la difusión de los rayos sonoros reflejados.

Un objetivo que he impuesto en este proyecto es conseguir preparar la sala para que tenga una buena respuesta como sala para música, aunque haya que posteriormente, tratar el sonido algo más que si se dispusiera de una sala de mayor volumen y mejor geometría. Además de ello, ya que la sala tiene un volumen aceptable para ser acondicionada como sala para palabra, intento no desperdiciar esta propiedad y mantener unos buenos valores de una sala para palabra. Uno de ellos muy importante es la difusión.

El difusor policilíndrico consigue la difusión cuando su radio de curvatura es menor de 5 m. Si no es así, se comporta como reflector. Para su diseño se han utilizado las siguientes fórmulas:

$$L < \frac{\lambda}{2}$$

La longitud mínima de difracción indica para qué longitudes de onda el material puede comportarse como difusor, y no se produce efecto de difracción. La frecuencia mínima que se deseaba difundir era aproximadamente 100 Hz, lo que daba una longitud mínima de 1.715 m. El tablero utilizado tiene una longitud de 1.8 m.

$$R = 2\lambda$$

El radio de curvatura depende directamente de la frecuencia central que se desea difundir, debiendo ser este radio de dos veces la longitud de onda. La frecuencia media escogida para ser difundida ha sido 450 Hz, que se encuentra en el centro del registro vocal de la cantante y ayudará a mejorar su grabación.

$$\alpha < 0,1$$

El coeficiente de absorción de todo el material debe ser como mucho de 0.1, por lo que debe ser muy reflectante. Para ello se ha utilizado una lámina de madera de pino completamente lisa.

**Panel perforado** Los paneles perforados son resonadores en paralelo, que gastan la energía de la frecuencia para la cual han sido diseñados transformándola en energía cinética. Son muy específicos en frecuencia, atenuando de forma selectiva. Por ello son una buena elección para reducir el efecto de los modos propios de la sala.

Los paneles perforados pueden diseñarse utilizando la siguiente fórmula:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{L'V}}$$

donde  $c$  es la velocidad del sonido,  $S$  es la sección de los agujeros,  $V$  es el volumen individual de cada resonador,  $L'$  es la longitud efectiva del cuello del resonador (es decir, el grosor del panel) que puede hallarse como  $L' = L + 0,8d$  siendo  $d$  el diámetro del agujero.

Para ayudar al resto del sistema en la atenuación de las frecuencias graves y no ser tan selectivos, se ha incorporado una fina plancha de lana de roca entre el panel y la pared.

El panel perforado diseñado, que atenúa la frecuencia de 50 Hz, fue situado en una de las dos paredes que provocan tal modo propio. Además se realizó la perforación a la mitad de distancia para atenuar el segundo armónico en una zona del panel, ya que la frecuencia de 100 Hz también predomina bastante y es más notable al oído que la frecuencia de 50 Hz.

Para construir el panel se adquirió la madera de una carpintería con las dimensiones requeridas. Utilizando distinto grosor de madera para el panel frontal y para el resto de la caja que forma el resonador se consiguió aumentar el desacople acústico de la estructura y evitar una mayor pérdida de energía.

Personalmente perforé el panel con una broca especial para madera de 2.5 cm de diámetro. Adherí los laterales que dieran el volumen al panel mediante escuadras. Introduje una fina capa de lana de roca en toda la superficie del panel que ayudara a aumentar el ancho de banda de actuación del panel y lo sellé con la tapa trasera mediante clavos y grapas.

**Trampas de Esquina para graves** Para evitar la acumulación de graves que se produce en las esquinas de la sala y que ayuda a la turbulencia del sonido en toda la habitación, se han diseñado cuatro

trampas de esquina. Para que no bajen demasiado el tiempo de reverberación en todas las frecuencias, en vez de ocupar toda la esquina, se han construido módulos de 90 cm, con una estructura de madera y cartón, rellenos de lana de roca y tapados por tela Sparlin, que tiene muy poca resistividad al flujo.

Su posición en cada esquina ha sido escogida de forma que absorban en toda la altura prácticamente.

Los resultados han sido notorios, y se mejoró mucho la turbulencia que se producía a baja frecuencia, además de notarse una linealidad en el espectro de escucha.

**Paneles Móviles** Para la grabación de la batería he escogido la obtención del sonido con el mínimo tiempo de reverberación posible, aumentando la absorción dentro de la sala y acercándola más a la percepción de una “sala muerta”. Para ello, he diseñado tres paneles móviles creados por lana de roca encerrada dentro de un forrado de tela Sparlin. Al ser móviles tienen la ventaja de que permiten variar la acústica de la sala dependiendo de lo que se desee grabar, y obtener grandes posibilidades de posicionamiento.

## Resultados

Después de colocar los elementos acústicos en la sala se volvió a realizar el proceso de análisis de la sala para comprobar las diferencias acústicas que se habían producido.

En cuanto al tiempo de reverberación, su variación en frecuencia se ha estabilizado, y se ha conseguido una gran disminución del tiempo de reverberación para las bajas frecuencias, habiendo disminuido las frecuencias medias-altas en pocas décimas de segundo para todas las posiciones. Tanto el EDT obtenido con la palmada tanto el obtenido mediante el método de excitación de la fuente con ruido blanco coinciden en ello.

En cuanto a la respuesta en frecuencia de la sala, se denotan las atenuaciones de las frecuencias 50 y 100 Hz. Por lo general, esta respuesta ha mejorado aunque han aparecido nuevos picos a otras frecuencias, algunos a los 670 Hz, como las posiciones 3 y 6. Esto se debe a que el estudio de las ondas estacionarias es bastante complicado y sus cálculos para tener en cuenta todas las interferencias entre reflexiones y poder así actuar en todas consecuencias son difíciles de conseguir.

## Capítulo 2

# Proceso de grabación y tratamiento del sonido

### 2.1. La grabación

Después de una investigación sobre las técnicas de grabación existentes y las consecuencias de posicionamiento de micrófonos, enlace de componentes, ecualización y compresión previa se realizaron las decisiones.

La grabación se realizó mediante la técnica de la individualización de instrumentos, y para cada instrumento se tomaron las siguientes medidas:

#### Batería

A la hora de grabar la batería se han colocado las trampas para graves en las esquinas de la sala y se ha rodeado la batería de los tres paneles móviles que impedían al sonido propagarse libremente por la sala y conseguía sobretodo mejorar el sonido captado por los posteriormente comentados micrófonos aéreos, ya que son los únicos que no dependen tanto del sonido directo al estar más alejados.

Se procedió a ensordecer la batería, utilizando paños dentro de las membranas de los toms, rellenando el bombo de espuma y con un pequeño manto en la zona trasera, aumentando la pendiente de caída del sonido del ray.

Se utilizaron 6 micrófonos dispuestos de la siguiente forma:

- Micrófono de condensador de membrana pequeña, Behringer C-2 para la caja, opuesto a los toms y en la membrana superior a aproximadamente 2 cm del borde. Este micrófono fue enviado al preamplificador ART STUDIO donde fue aplicado un limitador y fue añadida la amplificación Phantom para poder conectar este micrófono a las entradas analógicas del posterior de la tarjeta de sonido MOTU.
- Micrófono de condensador de membrana pequeña Behringer C-2 situado en el tom agudo, a unos 5 cm. Conectado al cana 1 de la mesa de mezclas, para ser después reenviado a la tarjeta de

sonido. Dentro de la mesa no se utilizó ningún potenciómetro de ecualización, prefiriendo realizar todas las ecualizaciones directamente en la tarjeta de sonido.

- Micrófono de condensador de membrana pequeña SAMSON C02, fue situado entre el tom grave y el tom base. Conectado al cana 2 de la mesa de mezclas, para ser después reenviado a la tarjeta de sonido.
- Para captar el bombo se utilizó un micrófono dinámico, el Shure SM58, centrado en el agujero de la membrana a 3 cm por fuera de este.
- Se utilizaron dos micrófonos de condensador para recoger el sonido aéreo de toda la batería, pero en especial para los platos. Estos micrófonos, el Behringer B-1 y el MXL 990, quedan orientados desde lo alto hacia la batería para usar su cara de mayor sensibilidad. Son estos dos micrófonos los que fueron conectados a las dos entradas delanteras de la tarjeta de sonido.

Para ecualizar la caja se realizó una filtración paso banda entre 200 y 3000 Hz con dos picos de ganancia de 8 dB a la frecuencia de 540 Hz y 7 dB a la frecuencia de 2000 Hz. Se supone que el sonido de caja no es especialmente moldeable a las frecuencias de 540 o 2000 Hz, pero después de probar distintas técnicas de ecualización que habían sido investigadas y no obtener el resultado que se deseaba, se procedió a realizar una búsqueda de la ecualización correcta en la que rápidamente dimos con la solución.

Para ecualizar el bombo se realizó un aumento de ganancia de 8 dB en la frecuencia de los 575 Hz, con un gran ancho de banda, y un filtro paso alto con frecuencia de corte en 200 Hz. También fue atenuada en 2 dB la frecuencia de 4 kHz porque se prefería disminuir el efecto del ataque.

Para ecualizar los distintos toms, aumenté su frecuencia fundamental, se disminuyó el espectro en la zona del cuarto armónico y realicé un filtro paso bajo a partir de los 4 kHz. Con ello quedaron definidos pero con disminución en sus características de ataque y más reverberantes que el resto de componentes de la batería, tal y al gusto del baterista.

Aprovechando que el grupo utiliza un programa de edición de partituras tal como el Guitar Pro, que es capaz de proporcionar un archivo de audio a partir del sonido emitido por los instrumentos MIDI que incorpora el mismo programa, se utilizaron estos archivos de audio como claqueta para el baterista. De esta forma, su interpretación fue mucho más relajada y acertada y no se necesito un proceso de pregrabación como también se suele realizar.

## Bajo

Para la grabación del bajo se dejó la sala desnuda menos por las trampas para graves de las esquinas. Además se colocó el panel perforado que atenuaba las frecuencias de 50 Hz y 107 Hz, que en la sala quedan amplificadas por las ondas estacionarias que son creadas por esta. Colocando el amplificador Behringer en dirección normal al panel se conseguía ampliar mucho más su efecto, notándose más la atenuación y la consolidación del nivel lineal respecto a las notas. Esto es así porque el panel tiene su principio de actuación sobre las ondas que llegan perpendiculares a este.

Un aumento de la energía se producía en la sala cuando se tocaba el FA1, es decir, con la frecuencia de 43 Hz, que es la producida por el modo propio (1,0,0) de la sala. Este efecto podía haber sido reducido mediante otro panel perforado diseñado para esta frecuencia en la pared opuesta a la ventana. Al no

contar con él, se procedió a tenerlo en cuenta en el proceso de captación y ecualización del sonido. El amplificador se situó cara al panel perforado para excitar las frecuencias que sí han sido atenuadas mediante el panel, y para que forme no incida directamente sobre las paredes perpendiculares que crean el armónico (1,0,0).

Para la captación del bajo se utilizó una configuración de tres pistas. La señal proporcionada por las pastillas del bajo viajaba hacia la tarjeta de sonido, donde era grabada y reenviada por una de sus salidas hacia el amplificador. El sonido del amplificador fue recogido por un micrófono dinámico Shure SM58 y por un micrófono de condensador MXL 990.

Con el micrófono dinámico, se recogía el sonido directo del amplificador, acercándolo hasta 4 o 5 cm del altavoz. Con el micrófono MXL 900 se recogió el sonido ambiente de la sala situándolo a 2 m del amplificador, a 1.5 m de altura y con cierta orientación para no recoger una predominancia excesiva de sonido directo, el cual ya tenemos gracias al micrófono dinámico.

## Guitarras

Las interpretaciones de guitarras se realizaron utilizando la misma configuración y el mismo instrumento, una guitarra Ibanez. La señal enviada por las pastillas de la guitarra fue enviada al preamplificador ART STUDIO, que también está preparado para actuar como caja de inyección directa, para elevar la señal limpia lo suficiente para ser grabada sin problemas. Su salida fue enviada a la mesa para ser almacenada y vuelta a enviar esta vez a la pedalera ZOOM G2.1u y su salida a la entrada directa al altavoz que proporciona el amplificador Marshall, sin pasar por la caja de amplificación, tal cual fue la elección de los guitarristas en busca de su sonido.

El sonido generado fue captado por el micrófono dinámico Shure SM58 y el micrófono de condensador MXL 990. Su posición fue similar a la que se utilizó con el amplificador de bajo, pero esta vez el amplificador fue situado de frente a la zona del panel que contenía las perforaciones dedicadas a atenuar la frecuencia de 101 Hz (0,2,0). Después de unas pruebas se decidió que el micrófono dinámico se situaría off-center al cono del altavoz.

El micrófono de condensador se situó también a 2 m y 1.5 de altura del amplificador, pero para la interpretación de cada guitarrista se situó a cada lado de la sala y así recoger un ambiente diferente y que ayude a la sensación envolvente cuando las pistas sean panoramizadas.

## Coros

Para la grabación de tanto los coros como la voz se añadió a la sala el difusor policilíndrico, que deforma la simetría de la sala y dispersa los rayos sonoros creando un campo más difuso.

Los dos componentes del grupo que realizan los coros de las canciones de vez en cuando fueron grabados con los dos micrófonos de condensador, el MXL 900 y el Behringer B-1. Se situaron en el centro de la sala dirigidos hacia el difusor policilíndrico. El micrófono cercano fue el MXL 990, al cual se le añadió un filtro anti-pop que ayudará a reducir los golpes de presión producidos en los micrófonos cuando se pronuncian ciertas consonantes como p,b,t. El micrófono Behringer actuó de micrófono de ambiente con su correspondiente filtro.

### 2.1.1. Voz

La situación de la voz fue la misma que en los coros pero a los dos micrófonos ya colocados se añadió el par de micrófonos estereofónicos. que fueron situados justo detrás del MXL 990 para captar los rayos laterales.

A la voz también se le realizó una primera ecualización y compresión antes de ser grabada. Se añadieron algo de graves en la zona de 300 Hz y se atenuó la zona de 5 kHz para reducir la sibilancia. Esto se realizó con poca ganancia de ecualización, cerca de 1 dB.

La compresión se realizó suave, con un treshold de -15 dB y un ratio de 1:2.

## 2.2. El tratamiento del sonido

Existe un orden en el cual he decidido realizar los pasos para la mejoría del sonido. Sin embargo en ciertas ocasiones dependiendo de la canción se ha podido variar con tal de obtener primero la parte importante de la canción, aquello que predomina y la diferencia, y recrear todo a partir de ello. Tal y como se me recomendó en uno de los libros que investigué: “Encuentra ese elemento más importante y enfatízalo”.

El primer paso a realizar es eliminar las grabaciones en las que no hay señal, para no oír los ruidos captados.

Para los distintos instrumentos he empezado por la batería, después el bajo, después la voz y por último las guitarras. Esto lo he hecho así porque las guitarras son las que más cambian cuando se unen al resto de la canción por su alto contenido frecuencial, por ello hay que tener bien el resto de instrumentos sobre los cuales van a ser introducidas para saber qué es lo que necesitan. Además, la voz es el instrumento principal y debe perfeccionarse antes que las guitarras para que sean éstas las que se adapten luego al espectro y no al revés.

## Retoque por instrumentos

### Batería

Después de unas cuantas pruebas en las que realicé ecualizaciones y distintas compresiones de cada uno de los componentes de la batería, al final se encontró el sonido que más se aceptaba con los siguientes cambios:

1. A la pista de la caja se le realizaba una compresión de ataque rápido y relajación lenta, que era escogida realizando un barrido desde la relajación más lenta posible hasta que se hallaba el punto que se deseaba. La compresión tiene un treshold de -14 dB y un ratio de 1:3.
2. El bombo se ecualiza añadiendo graves y reduciendo el espectro alto a partir de 1 kHz para eliminar el sonido de parche y quedarse únicamente con el golpe grave.
3. Las pistas de los toms recogen el sonido de estos sólo de vez en cuando y la mayor parte del tiempo tienen un nivel muy bajo del resto de instrumentos desde una posición que no nos interesa. Por ello para estas pistas he utilizado una puerta de ruido, con el ataque y la relajación evaluados

para no distorsionar la caída del tom y con el nivel de puerta que permitía que sólo sobresalieran los golpes de tom.

4. Las pistas de ambiente izquierdo y derecho tienen un nivel bastante alto de todos los componentes de la batería, sobretodo de los platos. Por ello se redujo su nivel hasta -12 dB. Obteniendo así unos platos menos ensordecedores y manteniendo el nivel de los componentes de membrana por debajo de sus pistas propias, permitiendo así que predomine el sonido directo escogido.
5. Cada pista fue panoramizada de forma que simulara la situación del oyente delante de la batería. Así la caja queda a R45, el tom agudo a R17, el bombo a R4, el tom grave a L40, el tom base a L75, el aéreo izquierdo a L90 y el derecho a R90.
6. Todas las pistas fueron enviadas a una pista grupo denominada “Batería”, a la cual fue insertado un compresor. Este compresor es de -15 dB de treshold, un ratio de 1:2, un ataque de 1 ms y una relajación de 500 ms (ataque corto y relajación larga). Este compresor ayuda a mantener los golpes de batería en la zona que se desea ya que su nivel puede variar mucho a lo largo de la canción.

## Bajo

El sonido de bajo recogido por el micrófono dinámico SHURE resultó ser muy bueno, y se realizaron los siguientes cambios dedicados a mejorar a partir de ahí.

1. El sonido de línea, al no ser necesitado se enmudeció. Se realizaron algunas pruebas en las cuales el sonido se quedaba añadido para añadir presencia y sonido limpio de cuerda al sonido final pero por el estilo de bajo que se deseaba se desechó la idea.
2. El sonido aéreo recogido se atenuó 4 dB para que estuviera como ambiente y diera cuerpo pero predominara el sonido directo.
3. Las dos señales fueron enviadas a una pista grupo denominada “Bajo” a la cual se le añadió una ecualización en la que se redujeron los subgraves (hasta 100 Hz) para conseguir un sonido de bajo rockero, se ensalzó la frecuencia de 100 Hz para dar mayor calidez y enfatizar el sonido de golpeo a dedo y reduciendo la frecuencia de 140 Hz se conseguía mejorar la definición. A partir de 500 Hz se realizó una caída lenta de filtro paso bajo hasta -18 dB a 20 kHz para reducir los armónicos y el sonido de trastes.
4. Se colocó un limitador a -14 dB ya que el bajo suele tener más energía en graves pero muchas veces no conviene arreglarlo mediante la ecualización pues es mejor utilizarla para la mejora del sonido deseado tal y como se ha hecho. Como además el bajo es un instrumento que no utiliza mucho el margen dinámico y se mantiene a mismo nivel durante la interpretación, basta con el limitador para tenerlo controlado, sin tener que reducir su nivel mediante compresor ya que suele ser muypreciado, al ser su captación más débil.

## Voz

Para las voces y en especial interés para la voz de la cantante se aplicaron los siguientes puntos:

1. Utilización de una ecualización por tercios de octava donde se creaba un filtro paso bajo para reducir las altas frecuencias y se atenuaba especialmente la frecuencia de 10 kHz para eliminar el ruido de aire. Se aumentó el nivel en la banda de 5 kHz para mejorar la presencia y se aumentó el nivel en la frecuencia de 300 Hz con bajo grado de selectividad del filtro para aumentar la calidez y fuerza de la voz, sobretodo de la voz femenina.
2. Se aplicó un compresor multibanda que realizara mayor compresión en la zona de 2 a 10 kHz para reducir la sibilancia.
3. Para dar cuerpo a la voz en todas las canciones escogí utilizar un delay corto de 50 ms de duración con una mezcla del 50 %. De esta forma al oído no le da la sensación de que la voz esté doblada, sino que las señales se integran en una nueva voz que tiene más duración por cada incremento de tiempo y es completa para estar por encima de los instrumentos.
4. Se aplicó un compresor de ratio 3:1 y treshold aproximado a -15 dB. Ataque corto y relajación larga. Las voces, que también tienen un rango dinámico muy variable se suelen comprimir de este modo. En mi opinión, un ratio de 3:1 es el término medio entre compresión fuerte y débil, en el que debe ir una voz que se desea sea comprimida para ser controlada pero no se desea aprisionar y perder la interpretación del cantante.

## Guitarras

Las guitarras han sido difíciles de tratar. Cualquier cambio en la ecualización varía muchísimo el resultado y el sonido captado ha sido el menos deseable. También tuvo que ver que la sala estaba aceptablemente acondicionada para la batería y para la voz, pero no tenía el suficiente volumen para las guitarras.

Para su tratamiento se siguieron los siguientes pasos:

1. Cada una de las tres pistas de cada guitarrista fueron unidas a una pista grupo para controlarlas juntas. Algunas veces que el sonido quedaba demasiado opaco o resultó no ser agradable al ser escuchado con el resto de instrumentos, se aplicaron inserciones de efectos de distorsión, fuzz, phase, etc. sobre la señal del amplificador o se enmudeció esta señal para utilizar únicamente la señal de las cuerdas limpias que se grabó por línea y enviarla a un programa de instrumento virtual VST, en este caso, Amplitube. Se pueden observar las capacidades como procesador de efectos de este programa en la figura 4.10.
2. A cada guitarra se le aplicó un ecualizador por tercios de octava, con el que se filtró la señal paso banda y se mejoraba el sonido todo lo posible. Para cada guitarra se escogía una banda distinta de frecuencia para que no compartieran el mismo espectro y pudieran ser más distinguibles entre ellas al tocar juntas. Además muchas veces para evitar el sonido que se produce en las distorsiones al chocar la púa contra las cuerdas solía disminuir las frecuencias de 2.5 y 4 kHz.

3. Se aplicó una compresión de ratio 4:1 a cada guitarra, ataque corto, relajación larga y un treshold de -10 dB aproximadamente y dependiendo de las necesidades del sonido conseguido.

## **Masterización**

Para la masterización de las canciones he utilizado el programa T - Racks, que es un software especializado en la simulación de procesadores a válvulas para la masterización de clips sonoros.

En la masterización he utilizado un compresor, un ecualizador y un limitador. Por ese orden, puesto que el compresor realiza variaciones sobre el tono y perjudicaría el efecto del ecualizador si éste hubiera sido colocado anteriormente. El limitador actúa como barrera protectora contra los picos aislados pero no lo utilizo para aumentar el nivel sonoro. Para ello utilizo el compresor.

Para la ecualización, he realizado como norma general un aumento de la frecuencia de 5 kHz con un ancho de banda de 2 kHz para mejorar la presencia de la canción. Dependiendo de la canción he disminuido los 300 Hz para dar más claridad una vez la canción haya sido elevada de nivel.