



ESCUELA DE MÚSICA

*INSIDE THE BOX: CONSTRUCCIÓN DE UNA CAJA AISLADA PARA  
LA GRABACIÓN DE GUITARRAS ELÉCTRICAS CON LA MENOR  
TOLERANCIA POSIBLE DE RUIDO*

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de licenciado en música

Profesor Guía  
Pablo Novillo

Autor  
Fausto Roberto Murillo Costales

Año  
2016

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Ing. Pablo Novillo  
Ingeniero en Sonido y Acústica  
C.I. 1714731781

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Fausto Roberto Murillo Costales

1720620499

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres y a mi hermano por el apoyo incondicional durante todo este proyecto y mi carrera. A mi profesor guía por toda la ayuda y el conocimiento que compartió conmigo. A Santiago Borja, Paola Carpio, Andrés Jácome y Diana Erazo por su ayuda vital para el desarrollo del presente trabajo.



## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en torno a la construcción de una caja aislada para la grabación de guitarras, con alta calidad sonora que reduce el exceso de ruido que un amplificador valvular genera al utilizarlo a un nivel óptimo. De esta manera, facilita la utilización del amplificador en lugares residenciales, disminuyendo los riesgos de exponer el oído a excesivas cantidades de ruido.

Para este proyecto es importante comprender los principios básicos de la guitarra y la amplificación valvular. De igual forma entender los conceptos de sonido y ruido, así como las propiedades de absorción y asilamiento de materiales utilizados para estos fines.

El producto final es una caja aislada que cumple con el objetivo de reducir el excesivo ruido que genera la bocina de un amplificador valvular. Se realizaron encuestas y mediciones para determinar la aceptación sonora de la caja, como la atenuación y reducción de la misma.

## **ABSTRACT**

This paper develops around the construction of an insulated box for recording guitars, with high sound quality that reduces excess noise a valve amplifier generates when used at high levels. Therefore, facilitates the use of the amplifier in residential areas, reducing the risks of exposing the ear to excessive amounts of noise.

For this project it is important to understand the basics of the guitar and amplification valve. Similarly understand the concepts of sound and noise, as well as absorption and insulation properties of materials used for this type of purposes.

The final product is an insulated box that meets the objective of reduce the excessive noise produced by a loudspeaker of a tube amp. Furthermore surveys and measurements were conducted to determine the acceptance of the sound box, as attenuation and reducing it.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS Y ANTECEDENTES IMPORTANTES.....	5
1.1. Invención y desarrollo de la guitarra eléctrica.....	5
1.2. Amplificadores valvulares para guitarra eléctrica.....	9
1.3. Sonido y ruido.....	12
1.3.1. Sistema y proceso auditivo .....	13
1.3.2. Pérdida de audición y efectos del ruido .....	14
1.3.3. Valoración del ruido y circuitos de compensación A, B, C y D.....	15
1.3.4. Filtro de peine ( <i>comb filtering</i> ) .....	16
1.4. Aislamiento para grabación en estudio.....	18
1.4.1. Pérdida de transmisión .....	19
1.4.2. Coeficiente de absorción .....	20
2. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS ORIENTADOS AL AISLAMIENTO Y ATENUACIÓN DE GUITARRAS ELÉCTRICAS .....	22
2.1. Aislamiento acústico.....	22
2.1.1. Cajas aisladas.....	23
2.2. Atenuadores o reductores de ruido .....	25
3. JUSTIFICACIÓN.....	27
3.1. Ordenanzas municipales sobre decibeles (dBs) permitidos en residencias en la ciudad de quito.....	27
3.2. Diseño y construcción de la caja.....	28
3.3. Sistema de evaluación del aislamiento y atenuación de la caja aislada ( <i>inside the box</i> ).....	39

3.4. Diseño de la encuesta para la evaluación del nivel de aceptación de la sonoridad de la caja aislada ( <i>inside the box</i> ).....	42
3.4.1. Desarrollo de la encuesta para determinar el nivel de aceptación de la sonoridad de la caja aislada. ....	43
4. EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	50
4.1. Evaluación de las mediciones del aislamiento.....	50
4.2. Evaluación de la sonoridad de la caja aislada .....	51
5. CONCLUSIONES.....	55
REFERENCIAS .....	58
ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. George Beauchamp y Adolph Rickenbacker.....	6
Figura 2. Guitarra Lap Steel Frying Pan.....	6
Figura 3. Guitarra Lap Steel Frying Pan esquema. ....	7
Figura 4. Amplificador Fender Twin 1959.....	10
Figura 5. Gráfico de una válvula.....	11
Figura 6. Anatomía del oído humano. ....	13
Figura 7. Gráfico sobre las fases en dos señales.....	17
Figura 8. Efecto de peine (comb filtering).....	18
Figura 9. Demvox AMP56 caja insonorizada.....	23
Figura 10. Box of doom caja aislada. ....	24
Figura 11. Rivera Rockcrusher atenuador de poder.....	26
Figura 12. Espárrago o prisionero Allen. ....	30
Figura 13. Marco de poliuretano en donde se colocaría la lana de vidrio. ....	31
Figura 14. Colocación de la esponja acústica. ....	32
Figura 15. Filo protector de caucho.....	33
Figura 16. Suelta de conectores Neutrik XLR y conector de 1/4.....	34
Figura 17. Conectores banana conectados al speaker Celestion .....	35
Figura 18. <i>Inside the box</i> . Producto finalizado en 3D explotado.....	36
Figura 19. <i>Inside the box</i> . Interior del producto finalizado en 3D.....	37
Figura 20. <i>Inside the box</i> . Vista exterior del producto finalizado en 3D.....	38
Figura 21. <i>Inside the box</i> . Vista en 3D de ambas cajas .....	39
Figura 22. Sonómetro CESVA SC310 de la carrera de sonido de la UDLA.....	40
Figura 23. Amplificador PRS Archon de 100 vatios.....	41
Figura 24. Los seis puntos marcados para las mediciones con el sonómetro. 41	
Figura 25. Micrófonos SM57 y e906 apuntando al centro del cono.....	45
Figura 26. Pre-amplificadores Rupert Neve Desings 511. ....	46
Figura 27. Tracks re-amplificados del 1 al 12. Clips de audio sin contexto musical.....	47

Figura 28. Tracks re-amplificados del 13 al 18. Clips de audio con la canción “Lejos” .	48
Figura 29. Tracks re-amplificados del 19 al 24. Clips de audio con la canción “Princesa” .	49
Figura 30. Fórmula utilizada para determina los valores de reducción por frecuencia.	51
Figura 31. Aceptación por caja.	52
Figura 32. Aceptación de parámetros en caja abierta.	52
Figura 33. Aceptación de parámetros en caja tapada.	53
Figura 34. Aceptación de parámetros en caja Fender.	54

## Introducción

Según Music Industry (2010), el *rock and roll* nos introduce a un nuevo sonido nunca antes escuchado en la música. Por primera vez las guitarras eléctricas se amplifican a través de altavoces. La aparición del amplificador finalmente reemplazó a la caja de resonancia acústica de la guitarra, dándole un poder ilimitado que cambiaría la historia de la música que se conocía hasta entonces.

Los amplificadores valvulares, son el componente más importante en el desarrollo y evolución de la guitarra eléctrica. No podemos imaginar siquiera cómo sería la música actualmente si no hubiese existido Jimi Hendrix y su particular sonido distorsionado de guitarra, producido gracias a su amplificador valvular Marshall (párr. 3).

## Antecedentes

El inconveniente que existe para cualquier guitarrista que a diferencia de Hendrix, no toca su guitarra en grandes locaciones, es que para obtener ese sonido tan característico de un amplificador valvular, necesita utilizarlo a volúmenes considerablemente altos. Mark Marshall (2014) explica esta particularidad de los amplificadores valvulares, asegurando que muchos amplificadores tienden a sonar ahogados y no producir el sonido característico y cálido si la perilla de volumen no llega a tres como mínimo (párr. 2).

El problema que se genera al utilizar un amplificador valvular a un volumen óptimo como se menciona anteriormente, es la excesiva producción de ruido que se generará. Un amplificador valvular de 50 vatios puede llegar a producir alrededor de 90 decibeles (dB) dependiendo de la capacidad de la bocina o bocinas a las que esté conectado.

Se conoce que un sonido o ruido de 70 dB, puede producir efectos psicológicos negativos al realizar tareas que requieren cierto grado de concentración. De

igual forma, un sonido o ruido a 80 o 90 dB, produce reacciones de estrés, cansancio, alteración del sueño y la exposición prolongada a estas cantidades de dB, puede provocar daños irreversibles en el sistema auditivo humano (Así Funciona, 2016, párr. 2).

Por esta razón, es necesario desarrollar un proyecto que permita la utilización de los amplificadores valvulares a un volumen necesario para obtener el sonido óptimo, pero que aisle y reduzca el excesivo ruido que el mismo pueda generar. De esta forma, garantizar la utilización del amplificador valvular en cualquier lugar y circunstancia, sin comprometer la calidad de sonido de la bocina que va conectada al amplificador.

## **Objetivos**

Objetivo Principal: Construir una caja aislada para la grabación de guitarras eléctricas con la menor producción de ruido posible, sin comprometer la calidad de sonido.

Objetivos Específicos:

- Establecer un marco referencial con el material recaudado sobre guitarras eléctricas, amplificadores valvulares, aislamiento acústico y materiales, cajas aisladas y cualidades del sonido.
- Selección de materiales para la construcción de la caja.
- Diseño y construcción de la caja aislada.
- Establecer los niveles de reducción de la caja aislada y la calidad de sonido que la misma produce.

## **Hipótesis**

Al realizar un análisis de varios materiales de aislamiento acústico, las propiedades del sonido y el funcionamiento de los amplificadores valvulares; es posible diseñar y construir un método que permita la grabación de guitarras



eléctricas utilizando un amplificador valvular con la menor producción de ruido posible y que no comprometa la calidad de audio.

### **Justificación**

La grabación de guitarras eléctricas utilizando amplificadores valvulares a volúmenes elevados, presenta no solamente un riesgo para el sistema auditivo sino que también puede molestar a cualquier persona ajena que se encuentre cerca de la locación. Este es el principal inconveniente que motivó el desarrollo del presente proyecto.

A nivel general, son muy pocos los músicos y guitarristas que poseen un espacio acústicamente tratado para realizar grabaciones o ensayos. La gran mayoría utiliza un cuarto en casa o departamento sin ningún tipo de aislamiento o tratamiento para tocar su instrumento. Es por ello que tarde o temprano molestarán no solamente a las personas que se encuentran dentro de la casa o departamento, sino también a los vecinos de alrededor.

Existe una norma técnica del Distrito Municipal de Quito que regula los límites permisibles de niveles de ruido para fuentes fijas en las distintas zonas de la ciudad. En zonas residenciales, solamente se permite hacer ruido hasta las 20:00 horas durante la semana. Esto es un limitante para el músico y guitarrista que dispone de un horario variable para ensayos y prácticas. Es por este problema que nace la idea de implementar un método que permita la utilización de un amplificador valvular para la grabación de guitarras en cualquier locación y horario, que elimine el ruido excesivo que puede perturbar a terceros.

Para el cumplimiento del objetivo principal, se diseñaron dos cajas. Una caja inferior que contenga una bocina que esté conectada a un amplificador valvular y una caja superior que aisle a la caja inferior. Para comprobar la capacidad de aislamiento y atenuación del ruido, se realizaron mediciones en un estudio de grabación con un sonómetro.

## Alcance

La importancia del siguiente proyecto recae no solamente en la eliminación del ruido excesivo proveniente de un amplificador valvular, sino que también se pueden obtener otras ventajas importantes que potencializan la idea de una caja aislada. Por ejemplo: grabar una guitarra eléctrica en un ambiente aislado nos proporciona el sonido más real posible ya que se elimina totalmente el “cuarto ” o sala de grabación.

Otra ventaja importante es que al momento de realizar una sesión de grabación en vivo, una caja aislada puede ser muy útil para evitar que el sonido de la guitarra contamine a los demás instrumentos. Teniendo canales separados se facilita la edición y mezcla de una sesión en vivo sin quitar el hecho de que todos los músicos puedan estar presentes en la misma sala y tocar al mismo tiempo. Esto se aplica de igual forma para un *show* en vivo, permitiendo que el sonidista.

## 1. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS Y ANTECEDENTES IMPORTANTES

### 1.1. Invención y desarrollo de la guitarra eléctrica

El profesor Steven Errede (2000) afirma que la historia del desarrollo de la guitarra y bajo eléctrico es fascinante en todo sentido. Esta historia muestra la interacción del ser humano que utiliza las bases fundamentales de la física y la creatividad, generando un impacto en la música que hasta 1920 se conocía, llevándola a nuevas direcciones inimaginables hasta la actualidad. Este desarrollo evidentemente ocurre gracias al deseo colectivo de los músicos y guitarristas que buscaban electrificar (amplificar) el sonido de sus instrumentos (guitarras). Respondiendo a la necesidad de igualar el volumen de los demás instrumentos de una orquesta o agrupación musical.

El factor más importante que generó la necesidad de crear una guitarra eléctrica fue su volumen. Según Prinsen, en la década de los 20, bailar con la música de grandes bandas y orquestas era la forma de entretenimiento más popular en Estados Unidos. Para ello, se necesitaba una guitarra que fuera lo suficientemente ruidosa como para ser escuchada en grandes locaciones, compartiendo escenario con varios instrumentos (2008, p. 6).

Prinsen menciona que la introducción de cuerdas metálicas fue el primer antecedente que provocó un incremento en el volumen de la guitarra en el siglo XIX, y que además ayudaba a crear una tensión adecuada en estos instrumentos. Sin embargo, fue casi un siglo después que se genera el primer cambio que daría lugar al nacimiento de la guitarra eléctrica (p. 6).

En 1931, George Beauchamp y Adolph Rickenbacker (ver figura 1) desarrollan un micrófono (*pickup*) electromagnético en el que una corriente pasa a través de una bobina de alambre envuelto alrededor de un imán, creando un campo electromagnético que amplifica las vibraciones de las cuerdas. Este micrófono fue introducido en un tipo de guitarra que se tocaba boca arriba y que solamente consistía en un pedazo de madera de forma rectangular llamado

*lapsteel*. A partir del prototipo, se lanzó al mercado la *Frying Pan* (ver figura 2), una *lapsteel* que fue el primer éxito comercial como guitarra eléctrica gracias al innovador micrófono electromagnético (2008, p. 7). Esta invención es esencial para la tecnología utilizada en todas las guitarras eléctricas en la actualidad.



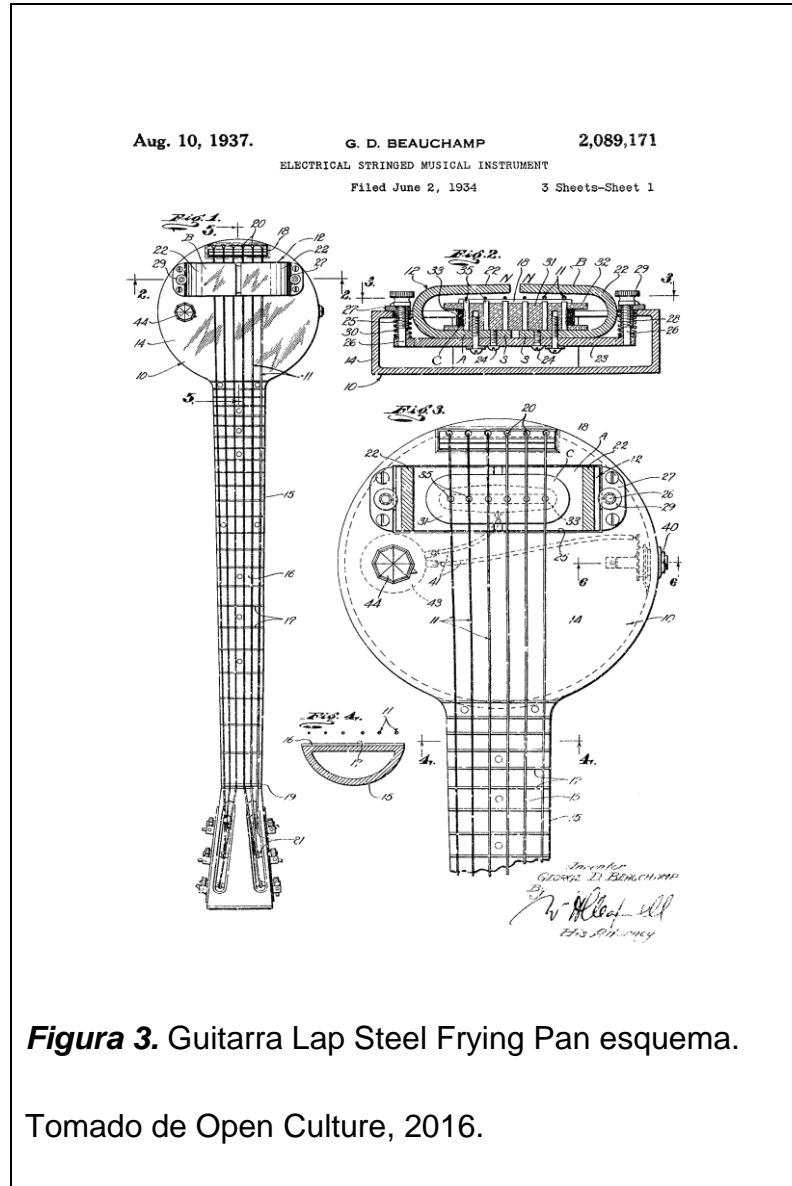
**Figura 1.** George Beauchamp y Adolph Rickenbacker.

Tomado de Guitars Exchange, 2016.



**Figura 2.** Guitarra Lap Steel Frying Pan.

Tomado de Open Culture, 2016.



Desde aquel gran éxito comercial con la Frying Pan (ver figura 3), la popularidad y el eventual dominio de la guitarra eléctrica como un instrumento musical trasciende y se riega por todo el mundo. Danaher (2014) afirma que fue un proceso históricamente desarrollado en los Estados Unidos ya que las guitarras eléctricas se encontraban fácilmente disponibles en catálogos y en las tiendas, además eran utilizadas por Jimmie Rodgers, Hank Williams y Elvis Presley que eran grandes ídolos de aquella época (p. 76).

Inicialmente, el concepto fue el de una guitarra acústica a la cual se le incorporaba una pastilla electrónica; sin embargo, esto hacía que la guitarra

eléctrica fuera propensa a producir armónicos no deseados o retroalimentación (*feedback*). La guitarra eléctrica de cuerpo sólido resolvió este problema de retroalimentación, ya que el cuerpo se construye a partir de una pieza sólida o trozos de madera. De esta forma, se sentaron las bases para una primacía de la guitarra eléctrica sobre los instrumentos acústicos en la música popular e inició una carrera de evolución para la guitarra eléctrica. En las décadas posteriores aparecerían nuevas compañías fabricantes de instrumentos como Fender que no sólo innovarían el concepto de la guitarra eléctrica sino que generarían una industria que hasta la actualidad se ha mantenido como una de las más exitosas en la historia (p. 77).

En referencia a los principios básicos del funcionamiento de este instrumento, Flischer (1998) explica que en las guitarras clásicas la señal original es producida por las cuerdas. Dado que una cuerda no es capaz de irradiar sonido en un grado suficiente, la energía de vibración tiene que ser transferida desde la cuerda hacia el cuerpo del instrumento en el caso de una guitarra acústica clásica. El cuerpo, así como el aire encerrado dentro del mismo y que lo rodea, se ve obligado a vibrar produciendo como resultado una señal de sonido más utilizable. Como consecuencia de la energía transferida, el decaimiento de la vibración de las cuerdas es relativamente rápido (p. 3).

Por el contrario, la guitarra eléctrica no produce sonido por sí misma y en consecuencia no hay necesidad intrínseca de la transferencia de energía desde las cuerdas hacia el cuerpo del instrumento. Es por ello que la vibración de las cuerdas de una guitarra eléctrica de cuerpo sólido no decae rápidamente. En palabras de guitarristas, el *sustain* es mejor en una guitarra eléctrica que en una acústica (Flischer, 1998, p. 3).

La invención de la guitarra eléctrica está relacionada plenamente con el desarrollo de los amplificadores valvulares para guitarra. Aunque es importante mencionar la existencia de los amplificadores de transistores, el presente trabajo se enfocará exclusivamente en los amplificadores de tubos o valvulares.

## 1.2. Amplificadores valvulares para guitarra eléctrica

Este proyecto (*Inside the box*), fue diseñado para funcionar en conjunto con un amplificador valvular. Por ello, es importante analizar el origen, desarrollo y función de los amplificadores valvulares. En los años 30, la idea de implementar un transductor (micrófono o *pickup*), amplificador y bocina a una guitarra comenzó a surgir. Posteriormente, como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, los fabricantes de instrumentos musicales y amplificadores tuvieron una época de gran crecimiento gracias al nuevo desarrollo industrial y comercial que ocurrió como consecuencia de la guerra.

Los primeros amplificadores de guitarra se usaron con *lapsteel guitars* o también conocidas como guitarras hawaianas, normalmente hechas de madera sólida sin ningún cuerpo resonante que amplificara el sonido. Tiempo después, los amplificadores fueron adoptados por guitarristas de *big bands* y en los años 50 llegaron a ser indispensables para géneros como el *blues*, *country* y el *jazz*, que después, la mezcla de todos ellos, se conoció como *rock n roll*. Debido a que los transistores no se utilizaron a gran escala hasta 1960, todos los estilos que se originaron en la guitarra de *rock* hasta ese momento, se desarrollaron en amplificadores de tubos. Después se descubrió que al usar un dispositivo de ganancia antes del amplificador de guitarra, forzaba al amplificador a saturar. El sonido resultante fue bastante atractivo y esto se convirtió en la base del *hard rock* que luego se llamaría *heavy metal* (Barbour, 1998, p.27).

Piccola (2016) afirma que los guitarristas empezaron a experimentar con la distorsión que producían los amplificadores por la sobrecarga deliberada o sobre excitación a los que estos se podían someter. Dave Davies, de *The Kinks*, logró obtener uno de los primeros efectos distorsionados al conectar la salida de un amplificador en la entrada de otro, esto le dio una sonoridad única y característica. Es por ello que más tarde, la gran mayoría de marcas que producían amplificadores valvulares, proporcionaron en sus modelos los controles que generaban distorsión en el preamplificador. De igual manera, se

fueron creando cajas o pedales de *fuzz*, distorsión y otras unidades de efectos fueron modificadas para producir de forma segura y fiable estos sonidos. Hoy en día, la distorsión se ha convertido en una parte integral de muchos estilos de los cuales la guitarra eléctrica es gran protagonista (párr. 3).

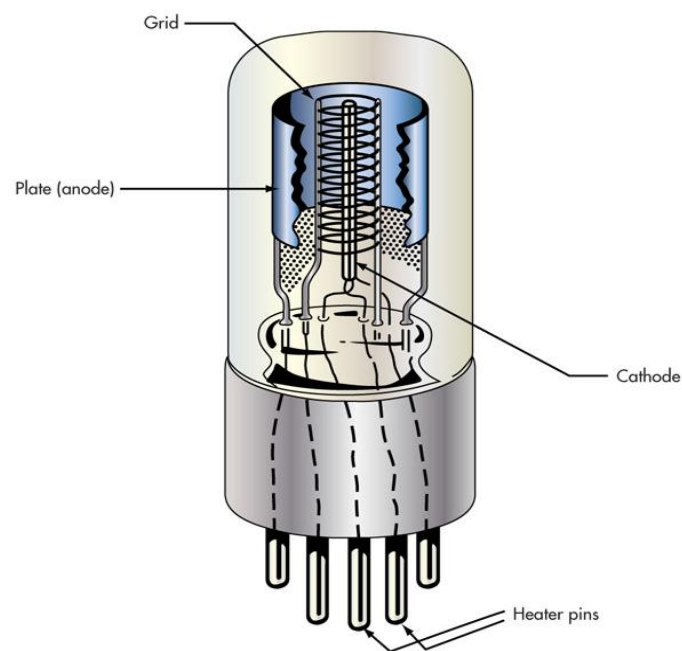


Los diseños básicos de amplificadores de tubos estaban basados en unos pocos prototipos que datan de los años 50 y 60 (ver figura 4). Posteriormente, se incorporaron a los amplificadores nuevos parámetros: canales adicionales o de *gain staging*, controles de tono, efectos de sonido, entre otros. De esta manera, los *cabinets* (caja con bocina) comenzaron a fabricarse en varias configuraciones: dos bocinas o hasta cuatro bocinas (Barbour, 1998, p.28).

El principio de los amplificadores valvulares se basa en que los tubos amplifican el sonido mediante la conversión de calor a electricidad. A medida



que se produce más electricidad, el volumen de un altavoz del amplificador aumenta. En un amplificador valvular, los componentes básicos son: un elemento de calentamiento o filamento al lado de un cátodo, una rejilla, y un ánodo (ver figura 5). La rejilla separa el cátodo del ánodo (Start playing guitar, 2014, párr. 3).



**Figura 5.** Gráfico de una válvula.

Tomado de Electronic Desing, 2011.

El proceso se desarrolla de la siguiente manera: las pastillas o micrófonos de la guitarra envían el sonido a través de un cable como una señal eléctrica débil. Esa señal entra al amplificador y se re-direcciona hacia los tubos. La electricidad hace que el elemento de calentamiento en el tubo se caliente y este calor obliga al cátodo a liberar electrones de carga negativa. La rejilla controla el flujo de estos electrones, y a su vez las distintas redes de tubos están controlados por las perillas en la parte delantera del amplificador. Posteriormente, los electrones que pasan a través de la red son recogidos por

el ánodo, y después pasan afuera del tubo. El aumento del flujo de la electricidad resultante produce una señal amplificada del sonido de la guitarra. Esta señal eléctrica impulsada, al ser enviada a los altavoces, permite que la guitarra eléctrica sea escuchada en varios niveles de volumen (Start playing guitar, 2014, párr. 5).

Una caja aislada tiene como objetivo reducir el ruido excesivo que proviene del cono o parlante conectado a un amplificador, conservando el sonido real del mismo, sin alterar o comprometer la calidad del audio que se genera.

### **1.3. Sonido y ruido**

Sonido y ruido no son sinónimos. Un ruido es sólo un tipo de sonido, pero un sonido no es necesariamente un ruido. La definición de ruido se asocia a un sonido desagradable e indeseable. Mientras que el sonido es definido como una variación de presión atmosférica dentro de los límites de amplitud y bandas de frecuencia a los cuales el oído humano responde (Gerges, 1998, p. 43).

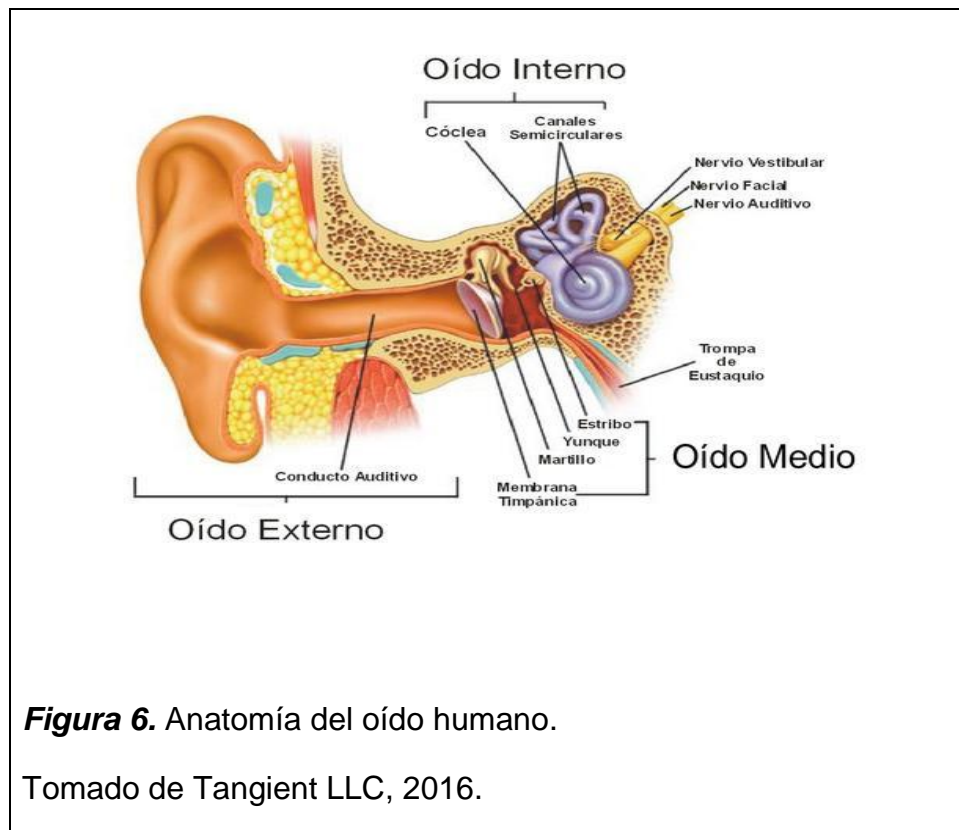
Según Pérez (s.f., p. 1), existen tres tipos de sonidos. Los primeros son los infrasonidos, estos se encuentran en frecuencias inferiores a los 15 Hz y no suelen ser percibidos por el oído humano. Sin embargo, es posible percibir las vibraciones en los tejidos blandos del cuerpo.

En segundo lugar, se encuentran los sonidos audibles. Estos se refieren a los sonidos comprendidos entre los 15 Hz y 20000 Hz. La frecuencia sonora más alta que es capaz de percibir el oído humano depende de la edad. Por ejemplo, un niño puede percibir frecuencias cercanas a los 20 KHz, mientras que una persona de más de 60 años sólo percibe frecuencias hasta unos 10 o 12 KHz.

Finalmente, se encuentran los ultrasonidos. Estos superan las de los 20 KHz y pueden ser percibidos por algunos animales como los perros.

La exposición prolongada a un ruido, puede afectar el sistema auditivo humano causando un deterioro permanente. En el contexto de esta investigación, el conocer el funcionamiento y comportamiento del mismo facilita el manejar adecuadamente los amplificadores de guitarra eléctrica.

### 1.3.1. Sistema y proceso auditivo



Tal como lo muestra la Figura 6, el oído humano se divide en externo, medio e interno.

El oído externo está formado por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo (Caro & Martín, s.f., p. 1). El oído externo se encarga de la captación de las ondas sonoras que viajan por el medio aéreo. El conducto auditivo externo está conformado por un pabellón auricular cóncavo y tubular que permite el paso de las ondas hacia la membrana timpánica. El pabellón auricular protege el canal auditivo que funciona como resonador aprovechando

los sonidos que se encuentran en frecuencias alrededor de los 4.500Hz (Gómez, 2006, p. 31).

El oído medio es una cavidad llena de aire que contiene una cadena de tres pequeños huesos: el martillo, el yunque y el estribo. Su función es transmitir el sonido desde la membrana timpánica hasta la ventana oval del oído interno (Gastromérica , 2016, párr. 3).

El oído interno por su parte se encuentra situado detrás de la caja del tímpano. Se conforma de una estructura ósea y en su interior se aloja una membrana muy fina en la que se encuentran las terminaciones sensoriales. En el exterior se extiende una capa de líquido llamado perilinfa que conduce las vibraciones acústicas (Alvarez, s.f., párr. 52).

El oído humano es un sistema bastante complejo y sensible. Además es considerado el sensor de sonido más sofisticado que existe. (Gerges, 1998, p. 44).

### **1.3.2. Pérdida de audición y efectos del ruido**

Para Gerges, cualquier reducción en la sensibilidad auditiva es considerada como pérdida de audición (1998, p. 48).

Entre los primeros efectos fisiológicos de la exposición a niveles altos de ruido, encontramos la pérdida de audición en la banda de frecuencias de 4 a 6 kHz. En la mayoría de los casos, este efecto es acompañado por la sensación de percepción de ruido después de abandonar el sitio ruidoso. El efecto es temporal y el nivel original del umbral de audición puede recuperarse, sin embargo, si se repite la exposición al ruido antes de una completa recuperación, la pérdida puede tornarse permanente. (Gerges, 1998, p. 48).

Existen otros efectos sobre el cuerpo humano ante la exposición al ruido y pueden ser: aceleración del pulso, aumento de la presión sanguínea y estrechamiento de los vasos. Existen casos en los que debido a un largo tiempo de exposición a un ruido intenso, se produce una sobrecarga del corazón causando secreciones anormales de hormonas y tensiones musculares. Estas alteraciones pueden manifestarse en el cuerpo humano con cambios de comportamiento como: nervios, fatiga mental, frustración y dificultad en el desempeño de una actividad o trabajo (Gerges, 1998, p. 53).

### **1.3.3. Valoración del ruido y circuitos de compensación A, B, C y D**

Existen circuitos electrónicos de sensibilidad variable con respecto a frecuencias que modelan el comportamiento del oído humano. Se establecen como patrones y se clasifican en A, B, C y D. El circuito A se acerca a las curvas audibles para bajos NPS (nivel de presión Sonora, dB). Mientras que los circuitos B y C son análogos al circuito A, para medios y altos NPS respectivamente. En la actualidad, el circuito A es utilizado ampliamente ya que los circuitos B y C no proporcionan una buena correlación con los ensayos subjetivos. La curva de compensación D por otra parte, fue establecida para mediciones de ruido en aeropuertos.

**Tabla 1.** Atenuación de la percepción auditiva (A).

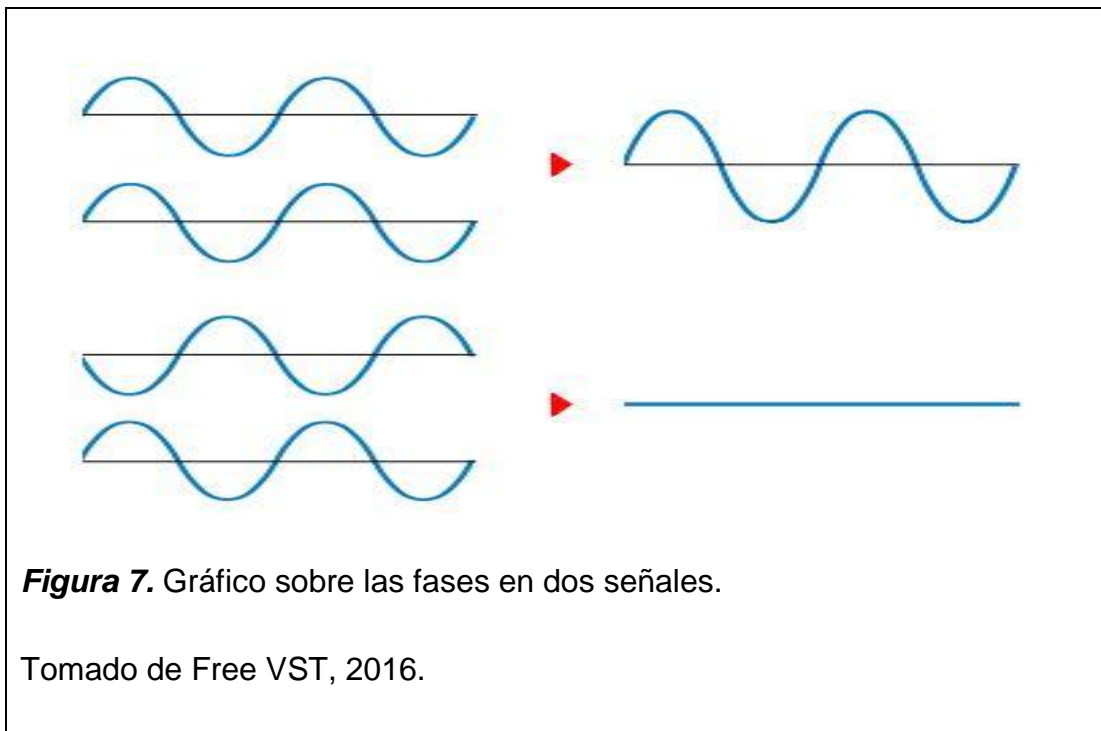
Frecuencia (Hz)	Curva A dB(A)	Frecuencia (Hz)	Curva A dB(A)
10	-70.4	500	-3.2
12.5	-63.4	630	-1.9
16	-56.7	80	-0.8
20	-50.5	1000	0
25	-44.7	1250	0.6
31.5	-39.4	1600	1
40	-34.6	2000	1.2
50	-30.2	2500	1.3
63	-26.2	3150	1.2
80	-22.5	4000	1
100	-19.1	5000	0.5
125	-16.1	6300	-0.1
160	-13.4	8000	-1.1
200	-10.9	10000	-2.5
250	-8.9	12500	-4.3
315	-6.6	16000	-6.6
400	-4.8	20000	-9.3

En la tabla 1, podemos observar la atenuación de la percepción auditiva con la ponderación A. Según Gerges, para un NPS de 70 dB en 1 kHz, el oído humano puede percibir íntegramente los 70 dB(A), sin embargo, si este nivel se encuentra en 50 Hz, el oído va a percibir un NPS de 70 - 30.2 como se muestra en la tabla, es decir, lo que en realidad se percibe serían 39.8 dB (A) (Gerges, 1998, p. 55).

#### 1.3.4. Filtro de peine (*comb filtering*)

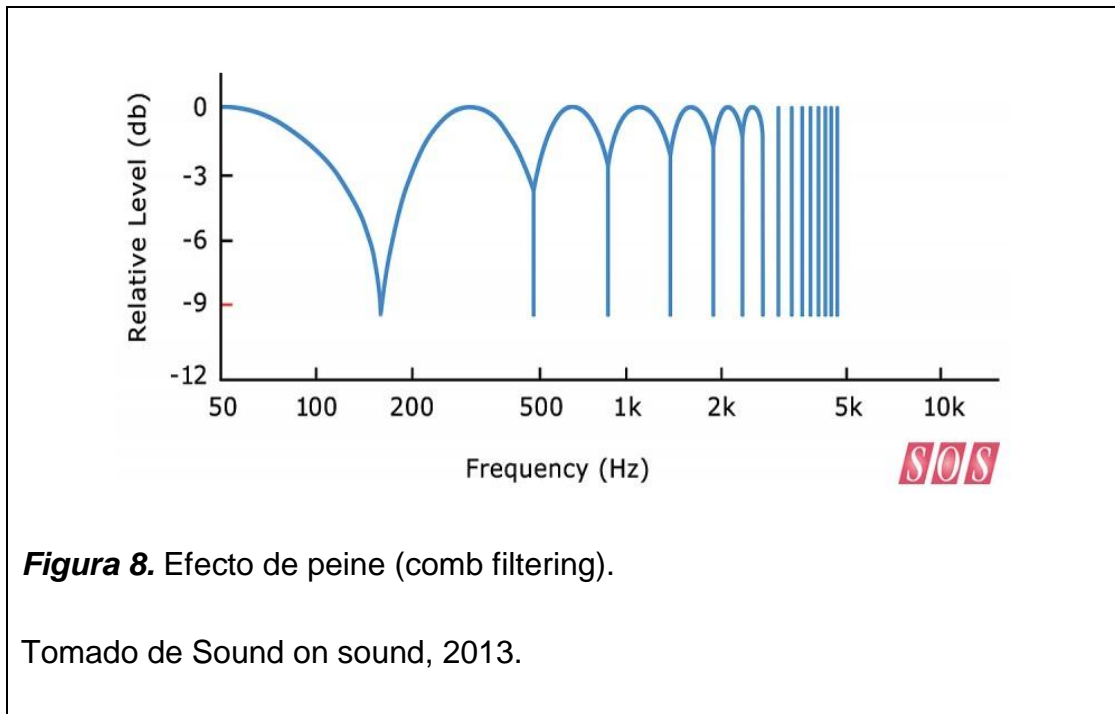
Para Paul White, al hablar de la fase de las señales eléctricas, tales como las salidas de audio en los micrófonos, se describe inicialmente la relación entre

dos señales de onda senoidal (*sine wave*) de la misma frecuencia y las consecuencias de cualquier diferencia de tiempo entre ellas. Cuando ambas señales tienen el mismo tiempo, es decir, sus picos y depresiones o valles coinciden exactamente, se dice que ambas señales están en fase y las tensiones de las dos formas de onda sumarán entre ellas. Por otra parte, si las señales llegan en momentos diferentes, hay una diferencia de fase entre ambas. En un extremo, si el pico de una señal coincide exactamente con el canal o la depresión de otra, estas se anularán entre sí, anulando completamente el sonido (2013, párr. 2) (ver figura 7).



Si dos versiones de una señal musical se suman con un ligero retraso, algunas frecuencias se sumarán, mientras que otras se cancelarán. Un gráfico de la respuesta en frecuencia mostraría una secuencia de picos y valles que se extienden en el espectro de audio, su posición dependerá de la diferencia de tiempo entre las dos formas de onda. El ejemplo más claro es el efecto de *flanger*. Este se da cuando una versión retardada de la señal se añade a una versión no retardada de la misma, intencionalmente provocando un filtro

radical, que debido a su apariencia de peine o peinilla de su curva de respuesta, se lo conoce como filtro de peine (ver figura 8).



Los ingenieros de sonido tienen especial cuidado en la alineación de las fases en las señales de audio ya que si existe un desfase, las frecuencias graves se verán afectadas, produciendo como resultado un sonido menos potente (2013, párr. 6).

#### 1.4. Aislamiento para grabación en estudio

Aislamiento sonoro: Gallagher (2007, p.120) menciona que existen varias técnicas para la construcción de cuartos o espacios aislados:

1. Hacer que el piso de la habitación o el espacio cerrado, esté flotando sobre discos de goma o caucho duro. Después, construir las paredes y el techo sobre este piso flotante.
2. Utilizar la técnica de *sándwich* para la construcción de las paredes, es decir, utilizar varias capas de material aislante y alternándolas entre sí.



3. Colgar paneles de *gypsum* en un canal resiliente en lugar de atornillar directamente a los postes de madera.  
Este canal de acero galvanizado sirve para disminuir las vibraciones de las ondas sonoras, aumentando con ello la acústica del sistema hasta en un 50%. Reduce el contacto directo entre el panel y la estructura ayudando a disminuir el sonido por impacto (Tecnigypsum, 2013).
4. Utilizar paredes dobles en la construcción. Se deben construir dos paredes una frente a la otra, separadas por un espacio de aire.
5. Se debe intentar sellar cualquier espacio que permita la circulación de aire (Gallagher, 2007, p. 121).
6. Rellenar las paredes y el techo con lana de vidrio.
7. Los materiales pesados, detienen las frecuencias más bajas. Capas extra de *gypsum* o *triplex*, ayudarán a mantener las frecuencias graves dentro de la habitación. Este método de aislamiento resulta en un cambio drástico en la acústica del cuarto, por ello si existe un problema de acústica este método lo empeorará. Es necesario mejorar la acústica del cuarto si se planea utilizar materiales pesados (Gallagher, 2007, p. 122).

#### **1.4.1. Pérdida de transmisión**

La pérdida de transmisión, se refiere a la capacidad de un material o superficie para eliminar la transmisión de ondas sonoras. Esta pérdida depende sobre todo de la masa por unidad de área del material, la rigidez y el amortiguamiento del mismo (Universidad del País Vasco , 2003, párr. 6).

Mientras mayor sea la pérdida de transmisión, más alto será el grado en que el material atenúa el sonido. La pérdida de transmisión de sonido de un material, se mide a varias bandas de frecuencia de prueba y sus resultados se reportan en decibeles (dBs). La pérdida de transmisión de sonido de la estructura de una pared, techo o piso se mide entre dos cámaras de reverberación en un laboratorio de pruebas acústicas (Transaco, s.f., p. 14).

Dado que existen muy pocas cámaras de reverberación en Sudamérica, es difícil realizar estas mediciones.

#### **1.4.2. Coeficiente de absorción**

En la acústica arquitectónica, la medida de la energía perdida cuando una onda acústica choca contra un material dado es especificada por el coeficiente de absorción del mismo. El concepto fue desarrollado por el Dr. Wallace Sabine, que define a una ventana abierta que no refleja ningún aislante de sonido como el absorbente perfecto, asignándole un coeficiente de 1 (100%). Por otra parte, le dio a la superficie reflectante perfecta un coeficiente de 0. El coeficiente de absorción de cualquier material es por lo tanto un número entre 0 y 1, que se convierte fácilmente en un porcentaje. La relación entre el coeficiente de absorción de un material limitante y la intensidad de la onda de sonido reflectada es entonces un simple uno (Jones, 1990, p, 54).

El coeficiente de absorción acústica de cualquier material va a depender de la naturaleza del mismo, del ángulo con que incide la onda sobre la superficie y de la frecuencia de la onda sonora. Como el coeficiente de absorción varía con la frecuencia, se suelen dar los mismos valores a las frecuencias de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000Hz (Universidad de Córdoba , s.f., párr. 7)

Los materiales acústicos absorbentes reciben las ondas bajo distintos ángulos de incidencia aleatorios. Es por esta razón que sus coeficientes de absorción se calculan en cámaras reverberantes y el resultado es considerado un valor medio para todos los ángulos de incidencia. A este coeficiente se lo denomina de Sabine (s.f., párr. 8)

#### **1.4.3. Absorción**

Según López, si un onda choca con un objeto, ésta se absorberá en mayor o menor proporción dependiendo de los materiales que compongan al objeto. El

factor de absorción va a depender de la frecuencia de la onda y describe el porcentaje de energía sonora que es absorbida por la superficie. Lo demás será reflejado o atravesará el objeto. Aquí otra vez el tamaño del objeto es importante: un objeto absorbente de pequeño tamaño no logrará eliminar frecuencias graves (2011, p. 20).

## 2. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS ORIENTADOS AL AISLAMIENTO Y ATENUACIÓN DE GUITARRAS ELÉCTRICAS

### 2.1. Aislamiento acústico

El aislamiento acústico y el tratamiento acústico pueden confundirse entre sí. Mientras que el aislamiento acústico o la insonorización mantienen la habitación o estudio aislado del medio externo y viceversa, el tratamiento acústico mejora la calidad de sonido dentro de la habitación al momento de realizar grabaciones. Cuando una habitación está perfectamente aislada, mantiene los sonidos externos afuera de la habitación para no molestar las grabaciones y los sonidos internos adentro de la habitación para no molestar a vecinos (E-homerecording studio, 2016, párr. 8).

El aislamiento acústico tiene como objetivo reducir el nivel de sonido que pasa a través de las paredes, utilizando para esto materiales pesados y de consistencia densa.

A continuación se presenta una lista de los materiales absorbentes más utilizados para el aislamiento acústico en estudios de grabación o salas de ensayo (Canal Construcción , 2016, párr. 2).

- Corcho
- Esponja acústica
- Cortinas (en telas más gruesas, mayor absorción)
- Espuma de Poliuretano
- Enlucido de Yeso
- Lana de vidrio
- *Green Glue* (compuesto aislante) (Acústica Integral , 2016, párr. 2).
- Madera (triplex, MDF)
- Alfombras
- Suelos plásticos (como vinilos)
- Techos acústicos

- Vidrio

### 2.1.1. Cajas aisladas

Un enfoque análogo a la reducción de volumen de un amplificador, es el uso de cajas aisladas. El concepto es el de un altavoz en el interior de una caja que está sellada y tratada acústicamente para mantener el sonido dentro de la misma o atenuar el sonido que sale de la caja. Debido al diseño de las cajas aisladas, estas han sido utilizadas principalmente para grabaciones y muchos guitarristas e ingenieros de grabación las han usado desde hace varios años con éxito (Premier Guitar, 2009, párr. 1).

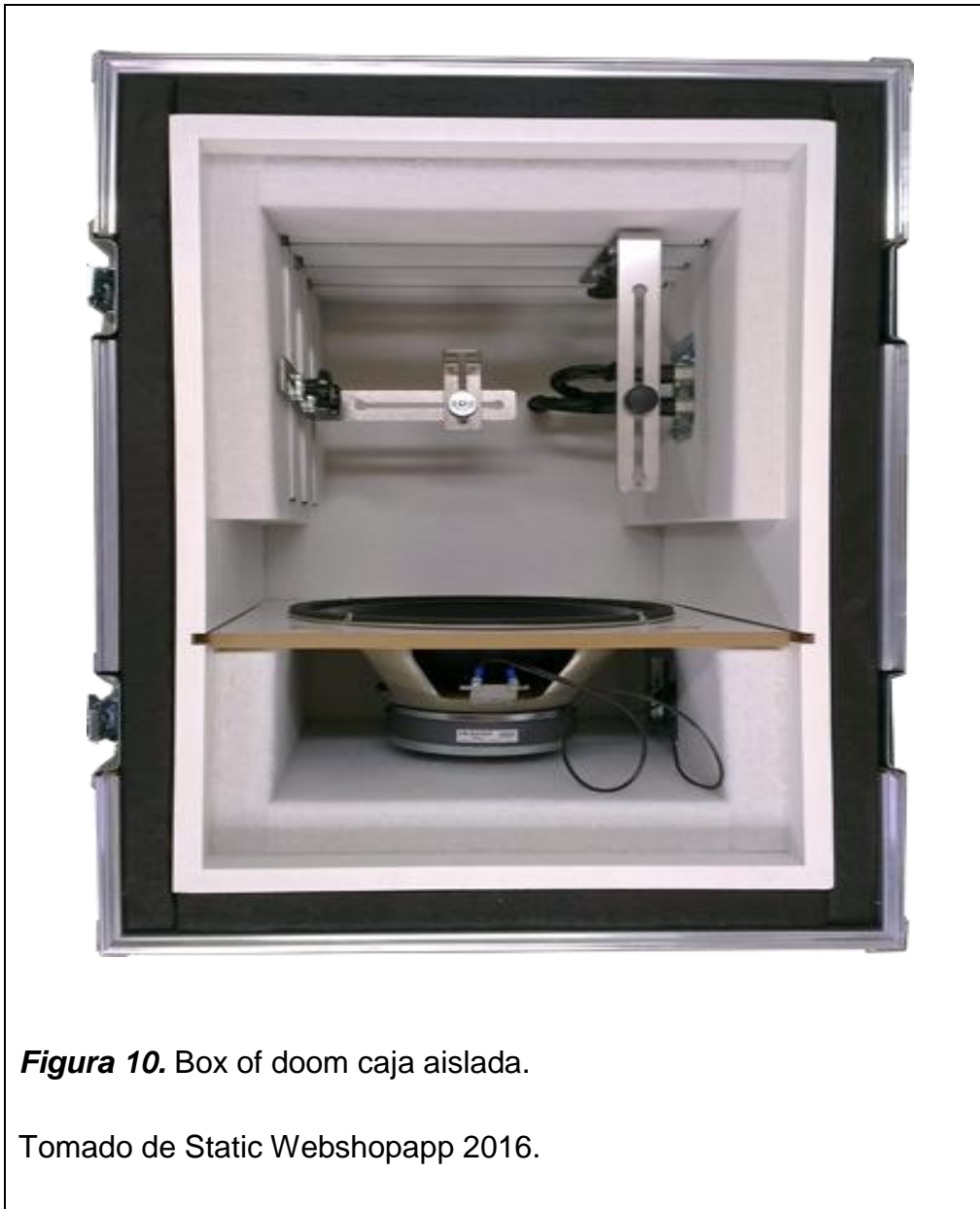
Aunque el concepto de aislar la bocina de un amplificador valvular es relativamente nuevo. Existen varias marcas no solamente de amplificadores, sino de soluciones acústicas que ofrecen cajas de aislamiento.



**Figura 9.** Demvox AMP56 caja insonorizada.

Tomado de Demvox 2016.

La marca Demvox por otra parte, ofrece cabinas insonorizadas (ver figura 9) que controlan las emisiones de audio en general, reduciendo considerablemente cualquier tipo de sonido. De esta manera, logran el aislamiento profesional necesario para la práctica, el estudio y la grabación de voces e instrumentos musicales (Demvox , 2016, párr. 1). Lo que Demvox ofrece permite al usuario adaptar las cabinas insonorizadas de acuerdo a sus necesidades.



**Figura 10.** Box of doom caja aislada.

Tomado de Static Webshopapp 2016.

Por el contrario, Box of doom (ver figura 10) es una marca de cajas aisladas exclusivamente diseñadas para la atenuación de amplificadores de guitarra eléctrica. El diseño se basa en una caja, en cuyo interior se encuentra una bocina que reemplaza directamente el *cabinet* o los parlantes que se utilizarían con un amplificador valvular. La posibilidad de utilizar hasta tres micrófonos dentro de la caja para realizar grabaciones es una ventaja de este producto que ofrece una reducción de hasta 29 dB (Box of doom, 2016, párr. 2).

## **2.2. Atenuadores o reductores de ruido**

Un enfoque digital para la reducción del volumen de un amplificador valvular, que mantenga las características del mismo sin comprometer la calidad de sonido, puede lograrse con un atenuador.

Hoy en día, existen amplificadores valvulares de guitarra que tienen controles bastante efectivos de volumen maestro o *master volume* y ganancia. Estos controles le permiten a un amplificador de gran cantidad de vatios, por ejemplo 100 vatios, funcionar a volúmenes relativamente bajos sin comprometer en gran medida la calidad de sonido que se obtiene del mismo. Esto no ocurre con los amplificadores clásicos o *vintage* que no poseen un volumen principal, e incluso algunos amplificadores que deben utilizarse a volúmenes muy altos para lograr el sonido ideal y deseado (Sweetwater, 2014, párr. 1).

Los atenuadores de potencia son una herramienta útil que se coloca entre la potencia del amplificador y la sección de altavoces del mismo. De esta forma funciona como una perilla de volumen maestro adicional que permite regular la cantidad de nivel global sin alterar las propiedades del sonido de un amplificador de tubos funcionando en su máxima capacidad (Ultimate Guitar , 2010, párr. 2).



**Figura 11.** Rivera Rockcrusher atenuador de poder.

Tomado de Premier Guitar 2011.

Actualmente existen varias opciones al momento de elegir un atenuador. Por mencionar algunos, tenemos: Two Notes Torpedo ReLoad, Rivera Rockcrusher (figura 11), Radial Headload y Suhr Jim Kelly Power Attenuator (Guitar Site, 2015, párr. 2).



### **3. JUSTIFICACIÓN**

#### **3.1. Ordenanzas municipales sobre decibeles (dBs) permitidos en residencias en la ciudad de Quito**

La necesidad del desarrollo y construcción de una caja aislada para la grabación de guitarras con la menor tolerancia al ruido posible, nace de la necesidad de utilizar amplificadores de tubos para la grabación de guitarras en distintos horarios, dentro de un edificio residencial al norte de la ciudad de Quito, Ecuador.

El horario de grabaciones tiende a limitarse solamente hasta las 20:00 horas. Este es el principal inconveniente, ya que en una zona residencial la tolerancia de ruido es mínima en horarios nocturnos si el lugar donde se realizan las grabaciones no tiene el aislamiento acústico adecuado. Todo lo mencionado anteriormente se respalda en la norma técnica del Distrito Municipal de Quito que regula los límites permisibles de niveles de ruido para fuentes fijas y para vibración (ver anexo 1).

Esta norma establece los valores y niveles máximos permitidos de ruido y los métodos de determinación cuantitativa de los mismos. Se aplica a todas las fuentes fijas que originan contaminación por la emisión de ruido (Echanique, 2005, p. 9).

Los objetivos del presente trabajo se enfocan en la optimización de un método acústico para la grabación de guitarras eléctricas con la menor tolerancia al ruido. Para esto se diseñará y construirá una caja acústica aislada con materiales adecuados para atenuar el ruido. Finalmente se evaluará la calidad de sonido obtenido de la caja acústica aislada para determinar si es óptimo para la grabación de guitarras, al mismo tiempo se evaluará la atenuación de la caja aislada para ver si el objetivo es alcanzado.

### 3.2. Diseño y construcción de la caja

El primer paso para la construcción de la caja aislada, fue la selección de los materiales que iban a formar parte tanto de la caja que contendría el parlante o bocina, como la caja que llevaría el material aislante. Como se menciona en el capítulo 2, los materiales idóneos para el aislamiento acústico que se encontraban disponibles al momento de diseñar y planificar la construcción de la caja fueron: madera *triplex* de pino, plancha de corcho comprimido, espuma de poliuretano, lana de vidrio y esponja acústica.

Una vez que se seleccionaron los materiales adecuados, se determinaron las dimensiones que tendría tanto la caja de abajo que llevaría la bocina y las bases para los micrófonos, como la caja de arriba que se encarga del aislamiento.

Ya que la idea de la caja aislada es que pueda funcionar tanto para ser utilizada dentro de un domicilio como para grabaciones en estudio o incluso presentaciones en vivo, una de las características que debe tener es que sus dimensiones y su peso permitan el transporte de la misma con relativa facilidad. Las dimensiones que se determinaron para la caja fueron proporcionales al tamaño de la bocina Celestion de 12 pulgadas (30 cm) de diámetro y son las siguientes (ver anexo 2):

- La caja de abajo mide 44 cm de largo (X) x 44 cm de profundidad (Y) x 30 cm de alto (Z).
- La caja de arriba mide 48 cm de largo (X) x 48 cm de profundidad (Y) x 56 cm de alto (Z).
- La cámara interna de aislamiento mide 31 cm de largo (X) x 31 cm de profundidad (Y) x 31 cm de alto (Z).

Después de determinar los materiales óptimos para la construcción de la caja, tomando en cuenta la investigación previa, los costos y la disponibilidad de

cada material; se decidió utilizar los siguientes materiales que fueron adquiridos para la construcción de la caja aislada (*Inside the Box*).

- 4 planchas de *triplex* de 60 x 120 cm y 18 mm de espesor.
- 6 planchas de corcho comprimido de 70 x 40 y de 5 mm de espesor.
- 3 planchas de 120 cm x 120 cm y de 18 mm de espesor de espuma de poliuretano.
- 1 rollo de lana de vidrio para aislamiento acústico de 120 cm x 18 m de espesor.
- 3 planchas de esponja acústica de 65 cm x 120 cm x 6 cm de espesor.
- 1 tira de fieltro blanco de 30 cm x 100 cm.
- 3 m de caucho industrial.
- 1 speaker o bocina para amplificadores de guitarra eléctrica marca Celestion G12 Century Vintage de 8 ohm.
- 76 prisioneros.
- 4 pies de goma de color blanco.
- 8 pies de plástico de color negro.
- 2 manijas o agarraderas para mueble de color negro.
- 6 m de cable Horizon para instrumento.
- 6 m de cable Acoustic Professional para *speaker* o bocina.
- 3 conectores Neutrik XLR canon.
- 3 conectores de panel Neutrik macho.
- 1 conector para cable de 1/4.
- 2 conectores de banana.
- 2 conectores en forma de pinza.
- 4 roscas para prisionero.
- 3 bases para micrófono marca On Stage.
- 2 brazos móviles para micrófono On Stage.

- Materiales varios: grapadora industrial, lijas, cemento de contacto, pintura, laca, diluyente, brochas, cautín, suelda, llaves hexagonales.

El proceso de construcción inició con la preparación de las planchas de triplex. Después de realizar los cortes necesarios con las dimensiones establecidas, se utilizó tres tipos de lija para limpiar la madera, siendo la primera la más dura y la última la más suave. Este proceso es importante ya que se planeó utilizar un acabado con pintura mate de nitrocelulosa que es indispensable para cerrar todos los poros de la madera y dejarla totalmente lisa.

Después de haber realizado todos los cortes con las dimensiones deseadas, se continuó con el ensamblaje de ambas cajas. Para este paso se realizó un corte de 45 grados en el filo de cada pedazo de triplex para garantizar la unión entre tabla y tabla sea precisa, eliminando cualquier espacio entre ellas. Para reforzar aún más la resistencia de la caja, se utilizó prisioneros (ver figura 12) en cada unión de la caja. En la caja inferior que lleva la bocina se utilizó un total de 32 prisioneros, mientras que en la caja superior un total de 44.



**Figura 12.** Espárrago o prisionero Allen.

Tomado de Ferretería Trillar 2016.

Una vez que ambas cajas se terminaron de ensamblar, se hicieron los cortes necesarios para la bocina, los conectores, los cables y las bases para los micrófonos. Posteriormente, se inició la adhesión de los materiales aislantes en ambas cajas.

En la caja inferior solamente se utilizó corcho para cubrir todas las paredes internas, exceptuando la tapa superior que iba a llevar la bocina. Por otra parte, en la caja superior el aislamiento fue más elaborado. Como se mencionó anteriormente, la técnica de alternar distintas capas de material haciendo un *sándwich* es muy eficaz para incrementar el aislamiento de un cuarto o en este caso de la caja. Es por esta razón que se utilizó una primera capa de corcho que cubría todas las paredes internas. Encima del corcho se colocó un marco de poliuretano de 3 cm de ancho x 18 mm de espesor (ver figura 13), en cada pared interna de la caja. En aquel espacio se ubicaría la lana de vidrio hasta llenar los 40 x 40 cm que mide el espacio que rodea el marco de poliuretano.



**Figura 13.** Marco de poliuretano en donde se colocaría la lana de vidrio.

Para asegurar la lana de vidrio, se grapó dentro del marco tela blanca de algodón. Finalmente se utilizó como última capa la esponja acústica (ver figura 14) que termina formando la cámara aislante interna de la caja superior de 30 x 30 cm.



**Figura 14.** Colocación de la esponja acústica.

Una vez más se realizó una limpieza final con lija para eliminar cualquier imperfección antes de iniciar con la pintura definitiva y la laca protectora.

Como acabado final, se utilizó fieltro blanco para cubrir las paredes de la caja superior que iban a cubrir la caja inferior y evitar el rose de madera con madera al momento de montar la tapa superior. También se utilizó caucho en los fillos interiores de la cámara aislante (ver figura 15) como protección al momento de que la caja superior se asiente en la inferior.

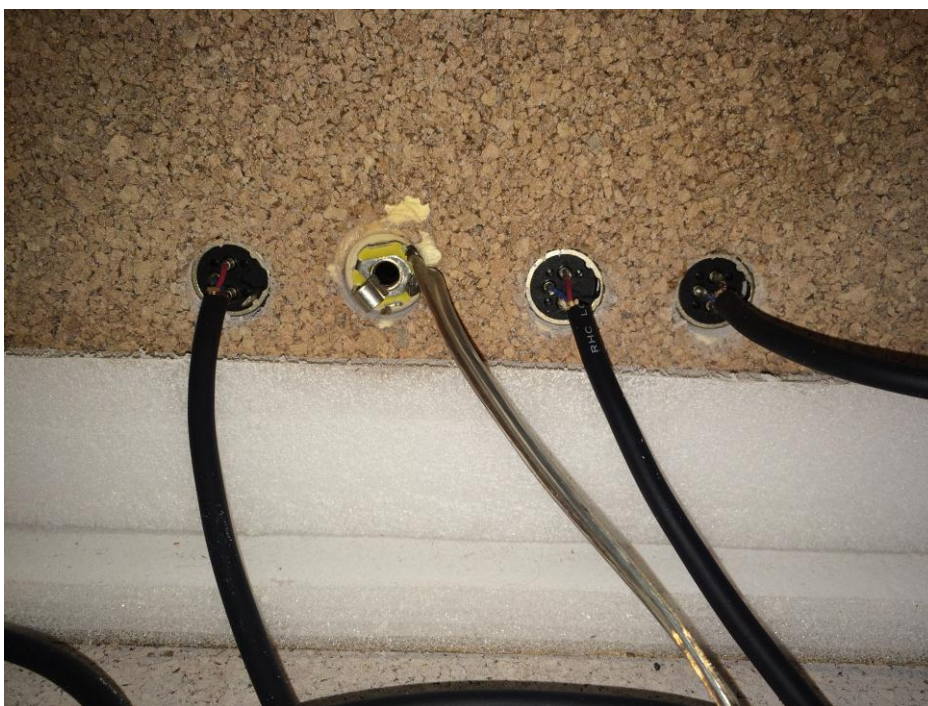


**Figura 15.** Fillo protector de caucho.



El corte y preparación de la madera, así como el ensamblaje de las cajas, el material aislante y el acabado final con pintura estuvo a cargo del *luthier* y músico Lenin Navarrete.

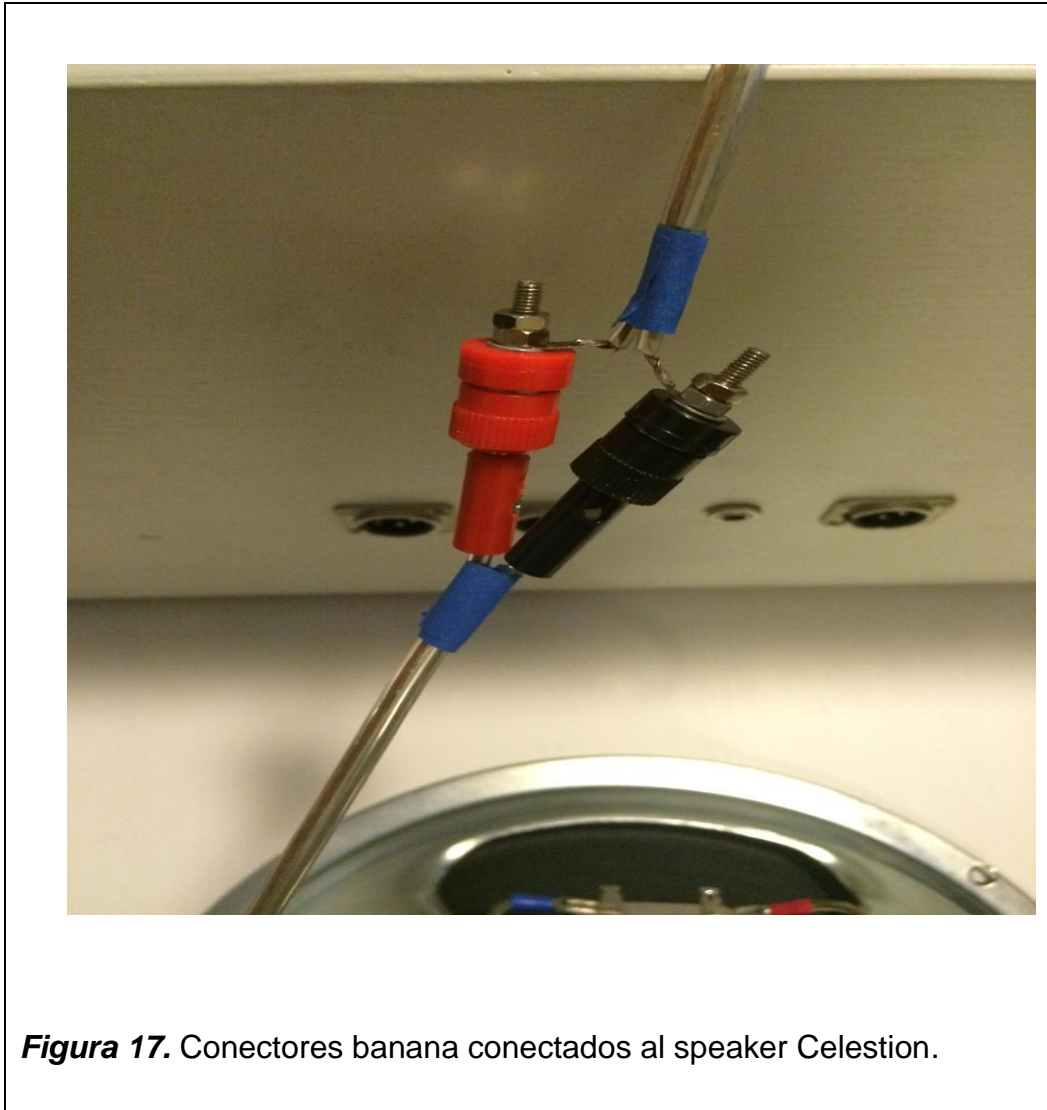
Al finalizar con el ensamblaje de las cajas, se procedió a soldar los conectores XLR utilizando el cable Horizon. De igual forma se montó la bases para micrófonos atornillándolas a la tapa superior de la caja que lleva la bocina. Así también, se soldó el conector o *jack* de 1/4 que va conectado a la bocina (ver figura 16 y ver anexo 3).



**Figura 16.** Suelda de conectores Neutrik XLR y conector de 1/4.

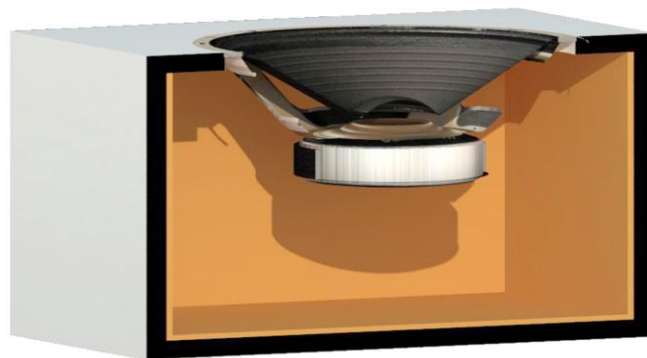
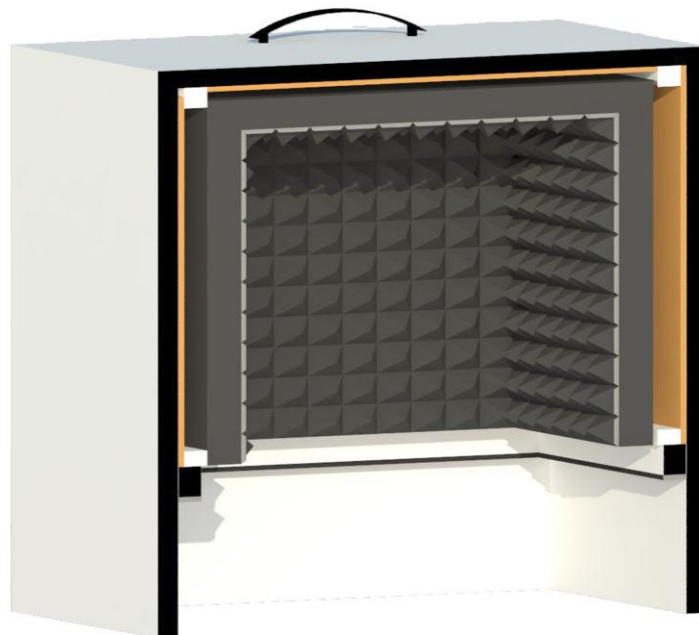
El paso final fue la colocación del *speaker* que se conecta al *jack* de 1/4 mediante dos conectores de banana (ver figura 17 y anexo 4), rojo en el positivo y negro en el negativo. La bocina se asegura a la caja de abajo mediante cuatro prisioneros colocados en la tapa superior y asegurados con roscas en forma de mariposas.



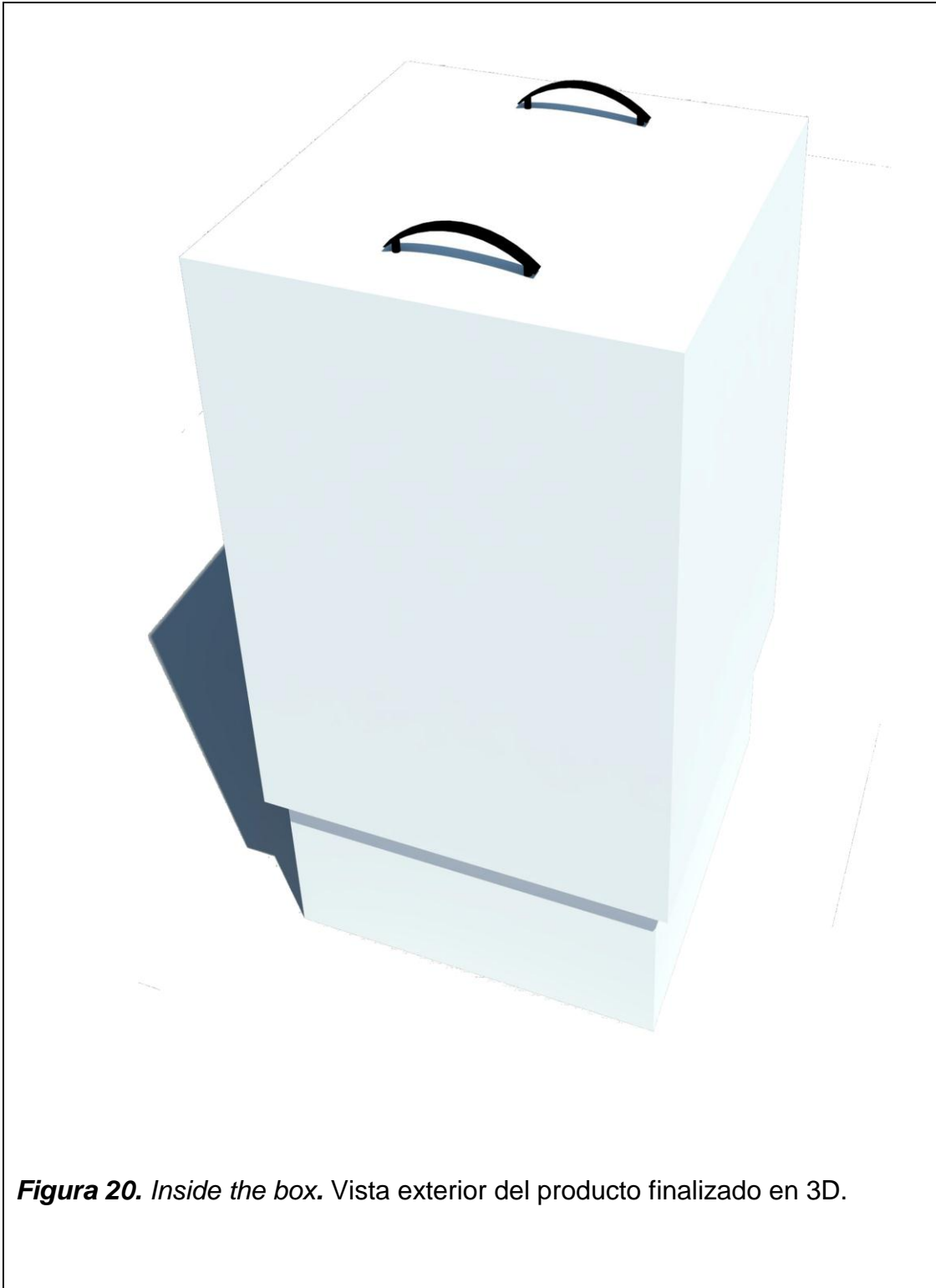


**Figura 17.** Conectores banana conectados al speaker Celestion.





**Figura 19.** *Inside the box.* Interior del producto finalizado en 3D.





**Figura 21.** *Inside the box.* Vista en 3D de ambas cajas.

### **3.3. Sistema de evaluación del aislamiento y atenuación de la caja aislada (*inside the box*)**

Para esta evaluación se utilizó el sonómetro marca Cesva, modelo SC310 (ver figura 22), de la carrera de sonido y acústica de la Universidad de las Américas (UDLA). Todas las mediciones con el sonómetro fueron realizadas en el *live room* del estudio de grabación de la UDLA (aula LR3), y estuvieron a cargo del Ingeniero de sonido y acústica, Andrés Jácome (ver anexo 5).

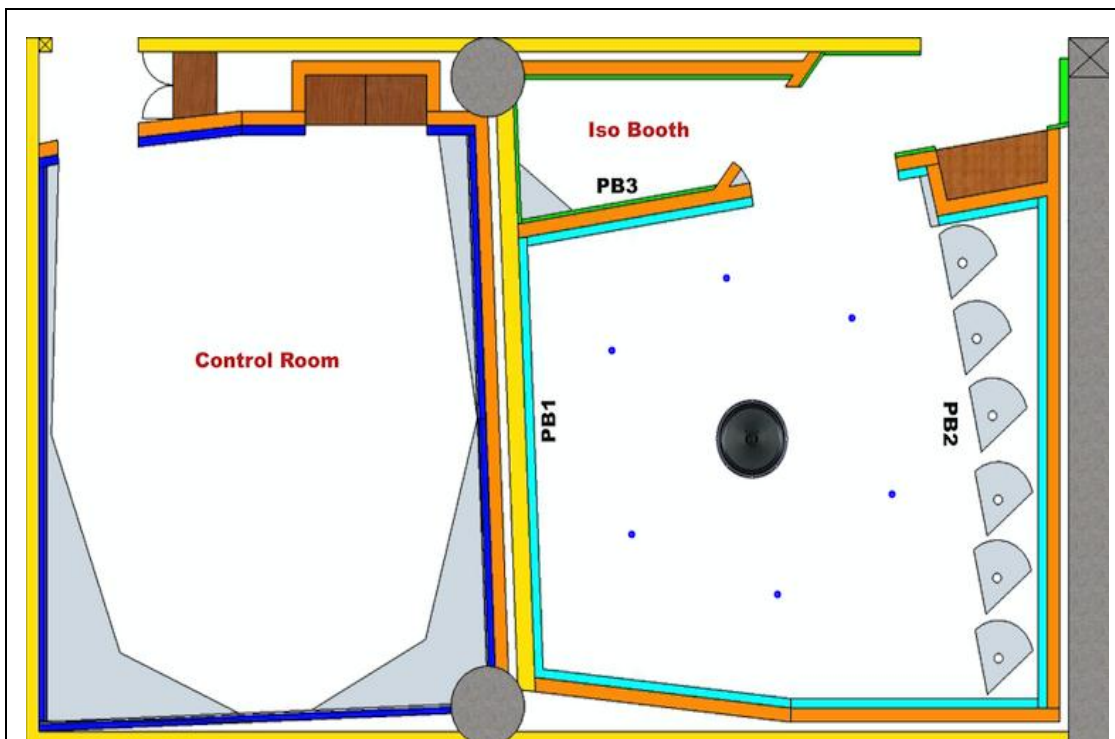


**Figura 22.** Sonómetro CESVA SC310 de la carrera de sonido de la UDLA.

Se colocó la caja aislada conectada a un amplificador PRS (Paul Red Smith) de 100 vatios (ver figura 23), en el centro del *live room* del estudio LR3. Alrededor de la caja, a manera de circunferencia se marcaron seis puntos en el suelo a 120 cm de distancia de la misma (ver figura 24). El pedestal del sonómetro se ubicó a 120 cm de altura respecto al suelo en cada medición. La recomendación del Ingeniero Jácome de colocar los puntos de referencia para las mediciones a manera de circunferencia, responde a normativas internacionales para realizar mediciones de aislamiento acústico de cuartos o espacio encerrados.



**Figura 23.** Amplificador PRS Archon de 100 vatios.



**Figura 24.** Los seis puntos marcados para las mediciones con el sonómetro.

Antes de empezar con el proceso de re-amplificación, se realizó la medición del ruido de fondo del *live room* del estudio en cada punto marcado alrededor de la caja.

Como primer paso, se re-amplificó una señal de audio de 15 segundos de duración, grabada directamente en una sesión de Pro Tools HD, se envió esta señal desde el retorno 1 (R1) del *patchbay* 1 (PB1) del *live room* por un cable balanceado TRS que se conectaba al *line in* del Torpedo ReLoad (ver anexo 6) una caja diseñada para hacer re-amp. Del *amp out* del Torpedo ReLoad, se conecta un cable de instrumento no balanceado a la entrada o *input* del amplificador PRS para de esta forma realizar el proceso de re-amplificación.

La primera señal de audio re-amplificada pasó por el canal limpio del PRS con los parámetros del mismo totalmente planos (ver anexo 7). Se realizó la medición con el sonómetro en cada uno de los seis puntos de referencia dos veces para garantizar un menor margen de error. Se repitió el mismo proceso pero las mediciones se realizaron con la caja tapada.

La segunda señal re-amplificada pasó por el canal de distorsión del PRS con los parámetros del mismo totalmente planos. De la misma manera se realizaron dos mediciones por cada uno de los seis puntos de referencia con la caja destapada y con la caja tapada.

La tercera señal en ser re-amplificada fue la señal de audio de 15 segundos de ruido rosa. Se utilizó el ruido rosa como una referencia distinta a la señal DI de una guitarra. Se repitió el mismo proceso de las mediciones anteriores.

#### **3.4. Diseño de la encuesta para la evaluación del nivel de aceptación de la sonoridad de la caja aislada (*inside the box*)**

Se decidió realizar una encuesta para determinar el nivel de aceptación que reciben ambas cajas al comparar su calidad sonora con una existente en el



mercado. La encuesta consta de 12 preguntas y cada una tiene la opción de escribir un comentario que justifique la respuesta.

A cada encuestado se le hará escuchar 24 *clips* de audio en una sesión de Pro Tools utilizando unos audífonos Audio Técnica ATH-M50X. Los primeros 12 *clips* pertenecen a las preguntas de la uno a la ocho. Los siguientes seis a las preguntas nueve y diez. Los últimos seis *clips* pertenecen a las preguntas 11 y 12. Los encuestados pueden escuchar las veces que deseen cada uno de los *clips* de audio pero no pueden saber a qué caja pertenecen los mismos.

Para medir el nivel de aceptación de la caja aislada construida, se eligió un número de personas que debían cumplir con uno de los siguientes perfiles para que el resultado de las encuestas sea relevante y objetivo. El primer perfil que se buscaba era el de músicos y guitarristas profesionales con más de cinco años de experiencia, que estén actualmente ejerciendo su profesión dentro del ámbito musical.

El segundo perfil que se buscaba era el de ingenieros de sonido, ingenieros de grabación y/o sonidistas que además fueran músicos profesionales con más de cinco años de experiencia y estén ejerciendo su profesión actualmente dentro del ámbito musical.

Por la duración de la encuesta y la dificultad de realizar cada una personalmente se decidió realizar la encuesta a 13 personas en la ciudad de Quito (ver anexo 8).

#### **3.4.1. Desarrollo de la encuesta para determinar el nivel de aceptación de la sonoridad de la caja aislada.**

Con el fin de recaudar datos consistentes para la investigación de la sonoridad de la caja aislada con respecto a una existente, el desarrollo de la encuesta se llevó acabo de la siguiente manera. Se grabaron tres audios de forma directa

(DI) con una guitarra eléctrica Cort modelo Matt Bellamy (ver anexo 9), utilizando el *pickup* o micrófono de ritmo. Los audios se grabaron en una sesión de Pro Tools HD utilizando una interface de audio marca Antelope Audio Zen Studio (ver anexo 10).

Los tres audios grabados directamente se re-amplificarán pasando por el amplificador PRS mencionado anteriormente, utilizando la caja aislada destapada que utiliza una bocina Celestion G12 Century Vintage, la caja aislada tapada con la misma bocina y una caja Fender Jazzmaster 1 x 12 con una bocina Eminence The Governor (ver anexo 11) que servirá como referencia de una caja estándar.

Para las grabaciones de los *clips* de la encuesta se utilizarán dos micrófonos dinámicos utilizados frecuentemente para la grabación de guitarras eléctricas. Un Shure sm57 y un Sennheiser e906 (ver figura 25). Ambos apuntando al centro de la bocina y con una distancia de 5.5 cm y 11 cm respectivamente en las tres cajas (ver anexo 12).



**Figura 25.** Micrófonos SM57 y e906 apuntando al centro del cono.

Los micrófonos pasarán a través de dos pre-amplificadores marca Rupert Neve Designs modelo 511 (ver figura 26) y entrarán a la misma sesión de Pro Tools HD por la interface Antelope Audio Zen Studio.

Todos los cables utilizados son marca Horizon y tienen conectores Neutrik, asegurando el mejor desempeño.

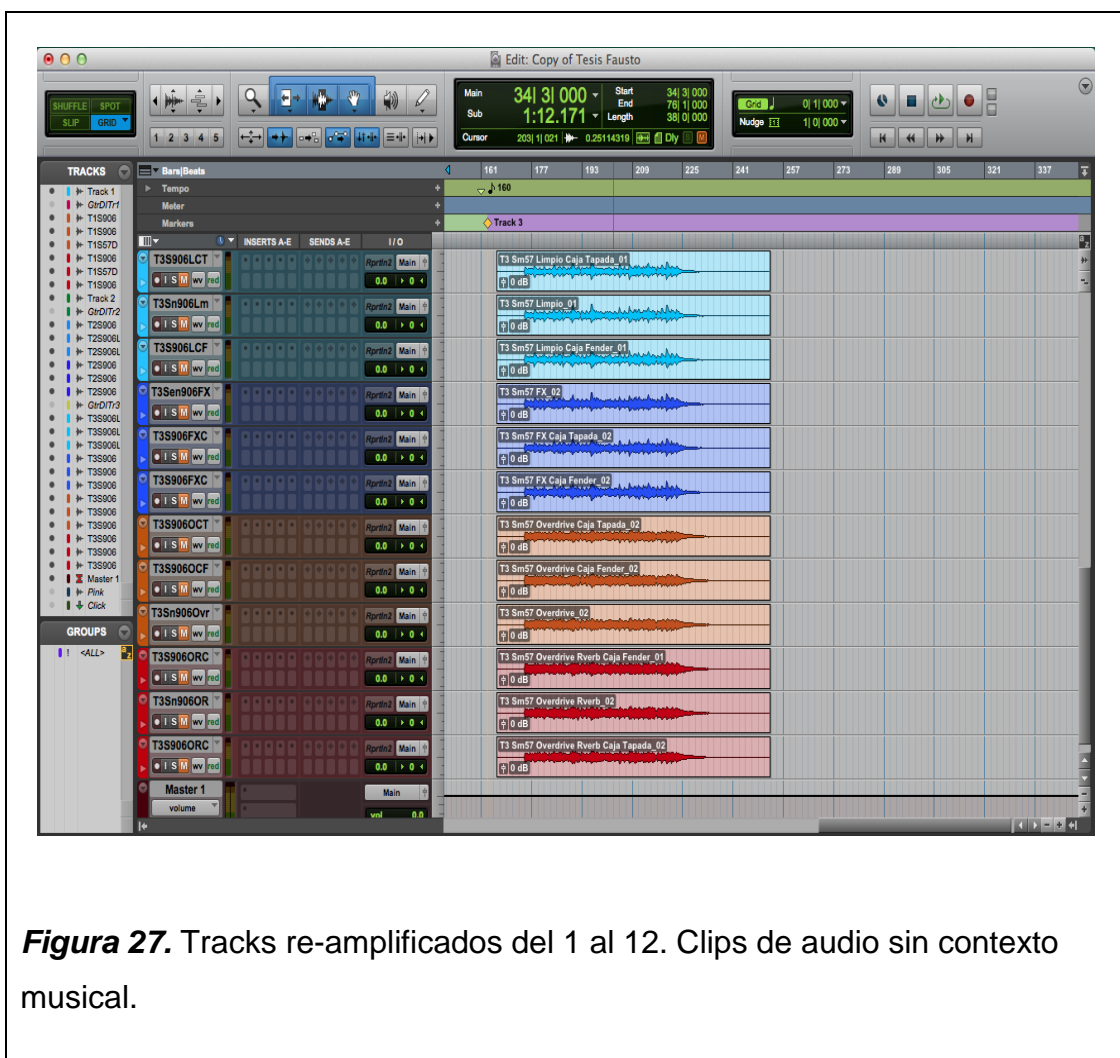


**Figura 26.** Pre-amplificadores Rupert Neve Desings 511.

De igual forma, para el proceso de re-amplificación se utilizó el Torpedo ReLoad como caja de *re-amp*. Los *tracks* que se re-amplificaron se enviaron a través de uno de los retornos auxiliares del *patchbay* del *live room* de LoopStudio ubicado al norte de Quito (ver anexo 13). La señal se envió por un cable balanceado TRS al *line in* del Torpedo ReLoad. Del *amp out* del Torpedo, se conecta un cable de instrumento no balanceado a la entrada o *input* del amplificador PRS (ver anexo 14).

Como se muestra en la figura 27, el primer *track* se re-amplificó cuatro veces por cada una de las tres cajas: destapada, tapada y la caja Fender. La primera vez paso por el canal limpio del PRS, con una ecualización plana y sin ningún efecto. La segunda, siguió por el canal limpio solamente se agregó un ligero efecto de *reverb* y *delay* (ver anexo 15).

Posteriormente, la tercera vez, se re-amplificó el *track* pasando por el canal de distorsión del PRS con una ecualización plana y sin efectos. Las última vez, pasó por el canal distorsionado pero con un poco de *reverb* (ver anexo 16).



**Figura 27.** Tracks re-amplificados del 1 al 12. Clips de audio sin contexto musical.

El segundo *track* se re-amplificó dos veces por cada una de las cajas (ver figura 28). La primera vez, pasó por el canal de distorsión del PRS,

manteniendo la misma ecualización utilizada anteriormente sin efectos. La segunda vez, siguió en el canal distorsionado pero se le agregó reverb. Finalmente, los *clips* obtenidos fueron reproducidos en la encuesta en contexto con extracto de la canción “Lejos” de la banda Loladrenalina.



**Figura 28.** Tracks re-amplificados del 13 al 18. Clips de audio con la canción “Lejos”.

El tercer *track* se re-amplificará dos veces por cada una de las cajas (ver figura 29). La primera vez, pasará por el canal de limpio del PRS, manteniendo la misma ecualización utilizada anteriormente sin efectos. La segunda vez seguirá en el canal limpio pero se le agregará el mismo *reverb* y *delay* usado anteriormente. Finalmente, los *clips* obtenidos fueron reproducidos en la encuesta en contexto con extracto de la canción “Princesa” de la banda Loladrenalina.



**Figura 29.** Tracks re-amplificados del 19 al 24. Clips de audio con la canción “Princesa”.



## 4. EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1. Evaluación de las mediciones del aislamiento

Es importante mencionar los circuitos de compensación para la percepción auditiva, las mediciones del sonómetro no fueron realizadas bajo ninguna ponderación. Esto quiere decir que para conocer los datos no relativos, es necesario convertir a una de las ponderaciones mencionadas en el primer capítulo, de preferencia la A. Sin embargo, la diferencia de los resultados de atenuación será la misma con o sin dicha ponderación.

No se consideró necesario convertir los datos obtenidos en las mediciones por banda de frecuencia ya que la medición de atenuación general es más relevante para los fines del presente trabajo. Los resultados obtenidos con el sonómetro en cada banda de frecuencia están detallados en el anexo 17 y muestran el nivel inicial de ruido por cada banda desde 50 Hz hasta 2 kHz.

**Tabla 2.** Tabla de resultados de atenuación general.

MUESTRA CLEAN SIN TAPA	MUESTRA CLEAN CON TAPA	REDUCCIÓN (dBs)
100	73.8	26.2
RUIDO ROSA SIN TAPA	RUIDO ROSA CON TAPA	REDUCCIÓN (dBs)
98.8	69.6	29.2
DISTORSIÓN SIN TAPA	DISTORSIÓN CON TAPA	REDUCCIÓN (dBs)
98.1	74.7	23.4



Como se muestra en la tabla 2, los datos obtenidos con la medición general del sonómetro reflejan una reducción de hasta de 29.2 decibeles como máximo y de 23.4 como mínimo utilizando la caja aislada tapada. Estos resultados se obtuvieron promediando los valores de cada uno de los seis punto de referencia alrededor de la caja.

Se utilizó la fórmula de la figura 30 para determinar los valores de reducción finales.

$$Leq = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{Leq_i}{10}}$$

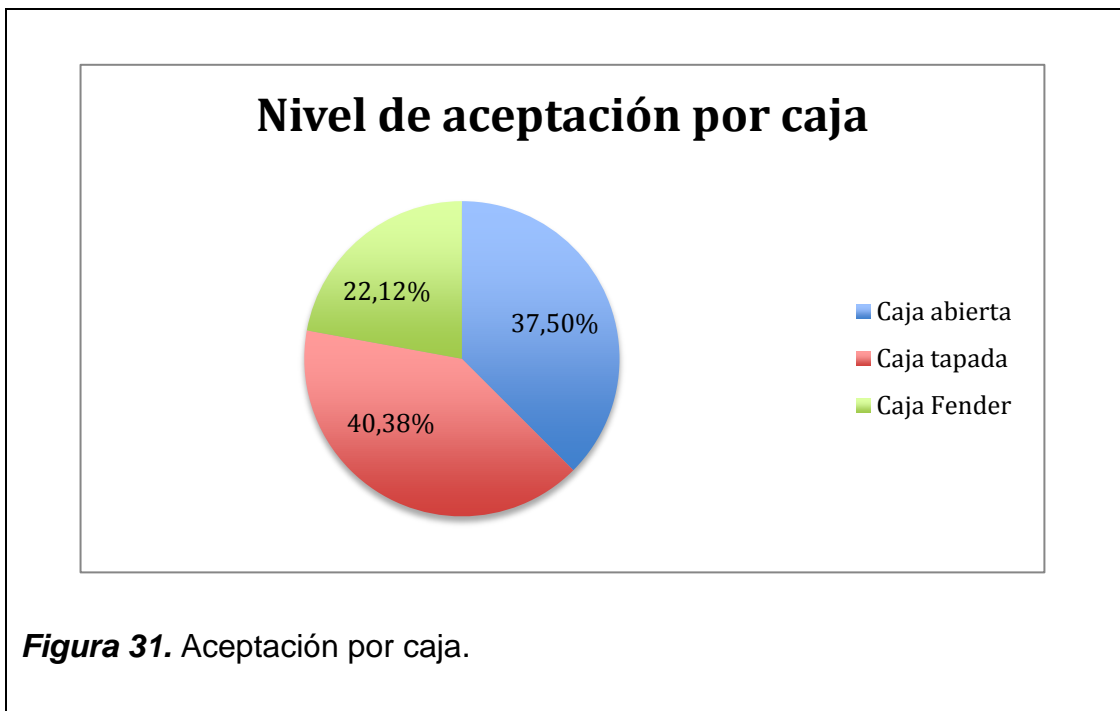
*Leq<sub>i</sub>: es el valor de la medición para una determinada frecuencia*

*N: es el número de muestras realizadas*

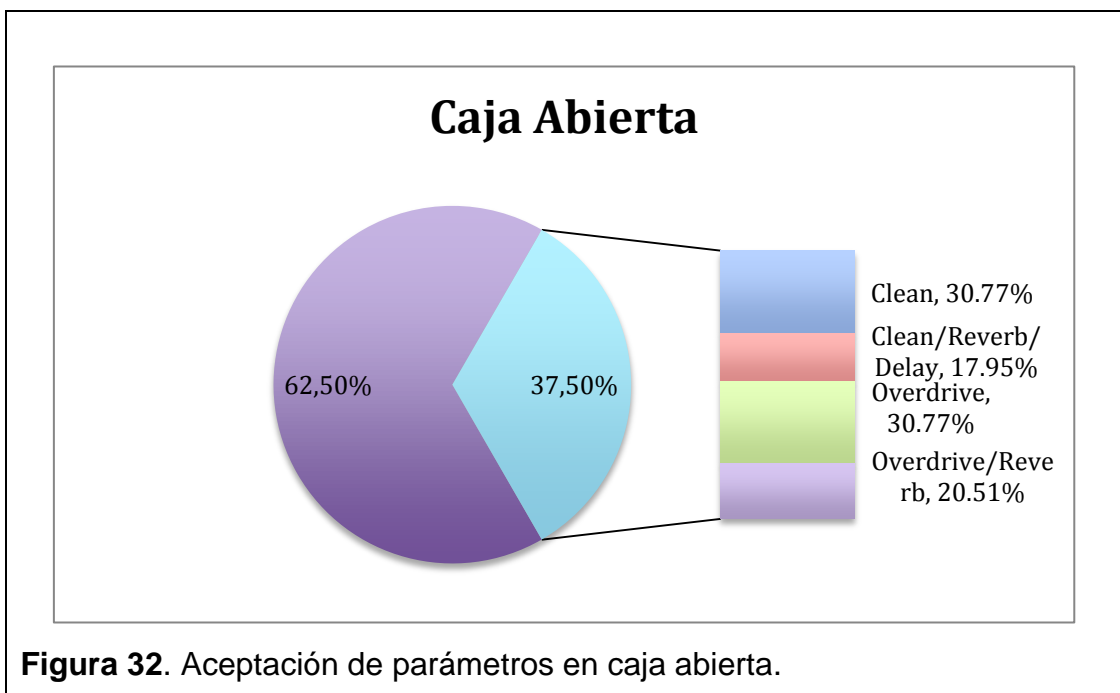
**Figura 30.** Fórmula utilizada para determinar los valores de reducción por frecuencia.

#### 4.2. Evaluación de la sonoridad de la caja aislada

Los resultados que reflejan las encuestas realizadas sobre la aceptación de la calidad sonora de la caja aislada se encuentran tabulados en los siguientes gráficos.



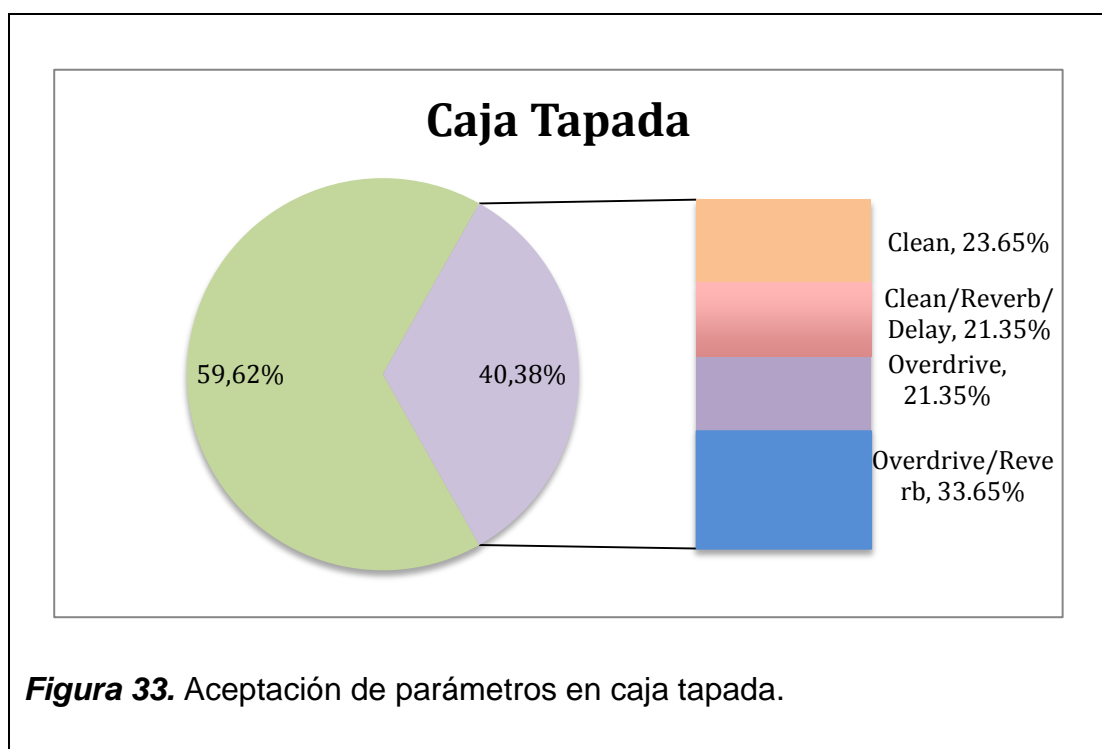
El gráfico de la figura 31, muestra el nivel de aceptación de cada una de las cajas en porcentajes. Tanto la caja abierta como la tapada suman juntas un 77.88 % de aceptación, mientras que la caja Fender un 22.12%. La caja que en general tiene más nivel de aceptación es la caja tapada con un 40.38%.



La figura 32, muestra el grado de aceptación de la caja abierta con cada parámetro utilizado en la re-amplificación del *track*. La caja abierta recibió un 37.50% de aceptación general. Ese porcentaje en el gráfico se considera el 100%. Tomando en cuenta eso, un 30.77% prefirieron los *clips* del canal limpio sin efectos de la caja abierta. Nuevamente un 30.77% escogieron los *clips* del canal distorsionado sin efectos de la caja abierta.

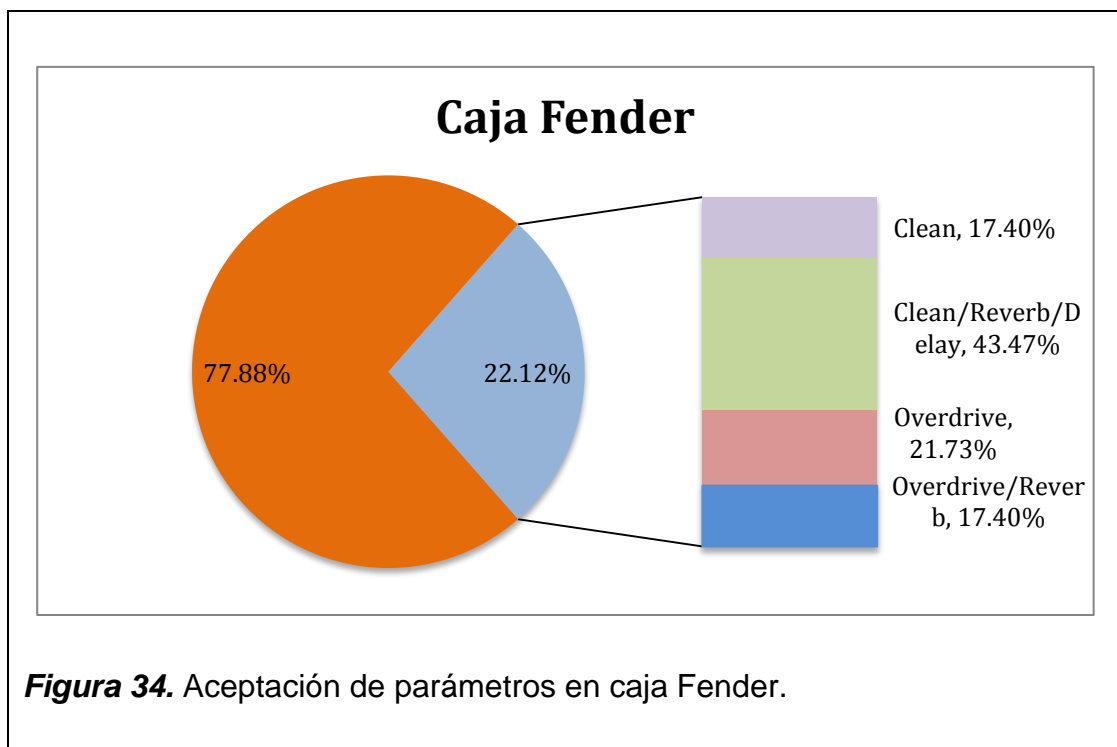
Por otra parte, un 20.51% prefirió el canal distorsionado con *reverb* de la caja abierta y solamente un 17.95% escogieron los *clips* de la caja abierta con *reverb* y *delay*.

En general, se puede decir que los encuestados prefieren el sonido de la caja abierta sin la utilización de efectos como *reverb* o *delay*. Con esta afirmación podemos decir que la caja aislada destapada puede ser utilizada sin ningún problema como *cabinet* o caja para un amplificador valvular.



La figura 33, muestra el grado de aceptación de la caja tapada con cada parámetro utilizado en la re-amplificación del *track*. La caja tapada recibió un

40.38% de aceptación general. Ese porcentaje en el gráfico se considera el 100%. A partir de eso, podemos observar que el mayor porcentaje de aceptación reciben los *clips* del canal distorsionado con *reverb* de la caja tapada con el 33.65%. Después, se encuentran los *clips* del canal limpio sin efecto con un 23.65%. Finalmente, con el mismo porcentaje de aceptación los *clips* del canal limpio con efectos y los *clips* del canal distorsionado sin efectos.



El último gráfico, (figura 34) nos muestra el 22.12% de aceptación general de la caja Fender. A partir de ese porcentaje, el nivel de aceptación de la caja Fender del canal limpio con efectos *reverb* y *delay* es el más aceptado con 43.47%. El segundo porcentaje más alto de aceptación de la caja Fender es del canal distorsionado sin efecto con un 21.73%. Finalmente, se encuentran con el mismo porcentaje de aceptación el canal limpio sin efectos y el canal distorsionado con *reverb*, con un 17.40%.

## 5. CONCLUSIONES

El diseño y desarrollo de un método que atenúe el ruido generado por un amplificador valvular, es muy importante ya que ofrece distintas posibilidades a sus usuarios y presenta un beneficio no solamente a ellos, sino a los demás protagonistas de la cadena de producción musical. Ingenieros de grabación, ingenieros de sonido, músicos e incluso la audiencia pueden beneficiarse de *Inside the box* y del aislamiento acústico para amplificadores de guitarra eléctrica.

Con respecto al nivel de reducción o atenuación, se logró obtener hasta 29.2 dBs de reducción máxima con la caja tapada. En el mercado actual, existen cajas aisladas que logran superar los 30 dBs de atenuación, sin embargo, la mayoría de ellas superan en dimensiones y peso a *Inside the box*. Aunque el principal objetivo era la reducción del ruido excesivo, de igual forma se propuso crear una caja portátil de fácil transportación.

El peso de la caja de abajo sin tapa es de 25 lbs, el de la caja de arriba con el aislamiento es de 35 lbs. En total la caja aislada pesa 60 lbs. Puede separarse para mayor facilidad de transporte o incluso se puede colocar ruedas de caucho en la parte inferior de la caja para su transporte.

*Inside the box*, funciona perfectamente con cualquier amplificador valvular de uno hasta de 120 vatios. Además, se la puede utilizar como una caja regular de amplificador sin necesidad de utilizar la caja superior de aislamiento.

Refiriéndose al objetivo de no comprometer la calidad de sonido del amplificador y la bocina, los resultados de la caja aislada fueron positivos e inesperados. Es importante resaltar que ninguno de los encuestados mencionó en los comentarios, un desagrado por alguna de las cajas. Varios incluso marcaron las tres cajas como agradables o aceptables, refiriendo que cada *clip* es utilizable dependiendo de la sonoridad que se busque.

Los comentarios fueron favorables en general y los que no lo fueron, se referían a cuestiones sonoras que ya en contexto con situaciones reales, pueden resolverse con la utilización de un ecualizador posterior a la grabación.

El producto final es una caja aislada completamente funcional (ver anexo 18) que, reduce considerablemente el exceso de ruido producido por un amplificador valvular utilizado a un volumen alto. Es ideal para grabaciones de calidad en ambientes donde el exceso de ruido puede ser problemático o para realizar grabaciones en vivo, donde puede ser de gran ayuda aislar la guitarra de otros instrumentos. Además protege el oído del usuario que al utilizar la caja aislada, tiene la posibilidad de pararse cerca del amplificador sin comprometer su salud.

El investigador considera que la realización del presente trabajo sentó las bases para la investigación y experimentación autónomas. A raíz de la investigación bibliográfica, el desarrollo y construcción del producto, se generaron recursos que servirán en proyectos y emprendimientos futuros. Por otra parte, se presentaron nuevas inquietudes e ideas que servirán para la continua mejora del producto buscando enriquecer de esta forma al medio musical y a su comunidad.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda para futuras mediciones de la aceptación sonora del producto, que los encuestados prueben *Inside the box* en su ambiente laboral, con sus propios equipos en un contexto real.
- Para la construcción de futuras cajas aisladas se recomienda diseñar un plano de la misma lo más detallado posible, especificando las dimensiones que se utilizarán, para evitar de esta forma gastos adicionales o excesivos en mano de obra o materiales.

- En nuevas construcciones de *Inside the box* se recomienda colocar una malla protectora en la bocina de la caja inferior, para evitar en primer lugar que la caída de un micrófono afecte o dañe el cono de la bocina y en segundo lugar para proteger los micrófonos en caso de una caída.
- Se recomienda diseñar en un futuro, una caja superior más larga para que cubra totalmente la caja inferior, mejorando la atenuación de frecuencias graves.

## REFERENCIAS

- Acústica Integral . (2016). *Aislamiento acústico por un tubo* . Retrieved from Acústica Integral : <http://www.acusticaintegral.com/2008/greenglue/>
- Alvarez, F. (s.f. ). *Anatomía y fisiología del oído* . Retrieved from Universidad de Alcalá : <http://www.aache.com/universidad/Tema0.htm>
- Así Funciona . (2016). *Intensidad en Decibeles (dB) de Diferentes Fuentes de Sonidos Comunes*. Retrieved from Así Funciona: [http://www.asifunciona.com/tablas/intensidad\\_sonidos/intensidad\\_sonidos.htm](http://www.asifunciona.com/tablas/intensidad_sonidos/intensidad_sonidos.htm)
- Barbour, E. (1998). *The Cool Sound Of Tubes*. Svetlana Electron Devices Inc. . IEEE Spectrum.
- Box of doom. (2016). *What is a Box of Doom anyway?* Retrieved from Box of doom Isolation cabinets : <http://www.theboxofdoom.com/about/box-of-doom-explained/>
- Burnett, J. (2010). *Instrument amp history*. Retrieved from Lenard Audio Institute : [http://education.lenardaudio.com/en/13\\_guitar\\_amps\\_2.html](http://education.lenardaudio.com/en/13_guitar_amps_2.html)
- Canal Construcción . (2016). *Materiales para Aislamiento Acústico*. Retrieved from Canal Construcción : <http://canalconstruccion.com/materiales-para-aislamiento-acustico.html>
- Caro, J., & Martín, J. S. (s.f.). *Anatomía y Fisiología del oído*. Retrieved from Pontificia Universidad Católica de Chile: <http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/otorrino/apuntes-2013/Anatomia-fisiologia-oido.pdf>
- Danaher, W. F. (2014 ). *The Making of a Cultural Icon: The Electric Guitar* . Retrieved from Musicandartsinaction: <http://musicandartsinaction.net/index.php/maia/article/view/electricguitaricon>
- Demvox . (2016). *Cabinas Insonorizadas* . Retrieved from Demvox: <http://www.demvox.com/>



- Demvox. (2016). *AMP56*. Retrieved from Demvox :  
<http://www.demvox.com/productos/cajas-para-amplificadores-amp/114-amp56>
- Echanique, P. (2005). *Resolución*. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito , Dirección Metropolitana de Medio Ambiente , Quito .
- E-homerecording studio. (2016). *How to Soundproof a Room for Music Recording*. Retrieved from E-homerecording studio:  
<http://ehomerecordingstudio.com/soundproof-room/>
- Errede, S. (2000). *The History of the Development of Electric Stringed Musical Instruments*. UIUC, Physics, Illinois. Retrieved from  
[https://courses.physics.illinois.edu/phys406/lecture\\_notes/history\\_of\\_electric\\_stringed\\_musical\\_instruments/history\\_of\\_electric\\_stringed\\_musical\\_instruments.pdf](https://courses.physics.illinois.edu/phys406/lecture_notes/history_of_electric_stringed_musical_instruments/history_of_electric_stringed_musical_instruments.pdf)
- Flischer, H. (1998). *Mechanical vibrations of electric guitars* . Universität der Bundeswehr München , Institut für Mechanik. München : Tilmann Zwicker .
- Free VST. (2016). *Theory on sound synthesis - Phase*. Retrieved from Free VST: [http://freevst.x10.mx/synthesis\\_6.php](http://freevst.x10.mx/synthesis_6.php)
- Gallagher, M. (2007). *Acoustic Design For The Home studio* . Boston : Course Technology PTR.
- Gastromérica . (2016). *Oído*. Retrieved from Gastromérica :  
<http://www.gastromerida.com/pdf/semio/cabeza/Oido.pdf>
- Gerges, S. (1998). *Ruido Funcamentos y Control* . Florianópolis : Fábio Nunes.
- Gómez, O. (2006). Anatomía del sistema auditivo . In O. Gómez, & R. Obando, *Audiología Básica* . Bogotá .
- Guitar Site. (2015). *Guitar Amp Attenuator Roundup*. Retrieved from Guitar Site:  
<http://www.guitarsite.com/best-attenuators/>
- Guitars Exchange. (2016). *George Beauchamp*. Obtenido de Guitars Exchange: [guitarsexchange.com/es/psych-out/77/george-beauchamp/](http://guitarsexchange.com/es/psych-out/77/george-beauchamp/)
- Jones, G. D. (1990). *Sound Reinforcement Handbook* . Buena Park, CA: Half Leonard Corporation .

- López, D. (2011). *Ingeniería de Sonido Sistemas de Sonido en Directo*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Marshall, M. (2014). *Why Amp Volume is a Secret Ingredient to Getting Great Guitar Tone*. Retrieved from The Pro Audio Files:  
<https://theproaudiofiles.com/how-to-get-great-guitar-tone/>
- Miravalls, J. (2016). *El inventor de la guitarra eléctrica*. Retrieved from Guitars Exchange : <http://guitarsexchange.com/es/psych-out/77/george-beauchamp/>
- Open Culture. (2016). *Behold the First Electric Guitar: The 1931 "Frying Pan"*. Retrieved from Open Culture:  
<http://www.openculture.com/2016/04/behold-the-first-electric-guitar-the-1931-frying-pan.html>
- Pérez, C. (s.f.). *Sonido y Audición* . Retrieved from Personales Unican:  
<http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Sonido%20y%20Audicion.pdf>
- Piccola, D. (2016). *Guitar Amplification* . Retrieved from Fredonia:  
[http://www.cs.fredonia.edu/szocki/projects/spring\\_09/7/info.html](http://www.cs.fredonia.edu/szocki/projects/spring_09/7/info.html)
- Premier Guitar . (2009). *1958 Fender Strat & 1959 Fender Twin*. Retrieved from Premier Guitar :  
[http://www.premierguitar.com/articles/1958\\_Fender\\_Strat\\_1959\\_Fender\\_Twin](http://www.premierguitar.com/articles/1958_Fender_Strat_1959_Fender_Twin)
- Premier Guitar . (2011). *Rivera RockCrusher Attenuator Review*. Retrieved from Premier Guitar :  
[http://www.premierguitar.com/articles/Rivera\\_RockCrusher\\_Attenuator\\_Review](http://www.premierguitar.com/articles/Rivera_RockCrusher_Attenuator_Review)
- Premier Guitar. (2009). *Rivera Silent Sister Isolation Cabinet Review*. Retrieved from Premier Guitar:  
[http://www.premierguitar.com/articles/Rivera\\_Silent\\_Sister\\_Isolation\\_Cabinet\\_Review](http://www.premierguitar.com/articles/Rivera_Silent_Sister_Isolation_Cabinet_Review)
- Prinsen, W. (2008). *The Electric Guitar: product phases analysis & industrial design evaluation analysis*. Retrieved from Portafolio:  
[http://portfolio.io.utwente.nl/student/prinsenwa/The\\_Electric\\_Guitar\\_Wilco\\_Prinsen.pdf](http://portfolio.io.utwente.nl/student/prinsenwa/The_Electric_Guitar_Wilco_Prinsen.pdf)

- Schimel, P. (2011). *Tubes Versus Solid-State Audio Amps—The Last Word (Or “House Of Fire,” Part 2)*. Retrieved from Electronic Desing:  
<http://electronicdesign.com/analog/tubes-versus-solid-state-audio-amps-last-word-or-house-fire-part-2>
- Start Palying Guitar . (2014). *Amplifier Tubes Explained*. Retrieved from Start Palying Guitar : <http://www.start-playing-guitar.com/amplifier-tubes.html>
- Sweetwater. (2014). *How to Reduce the Volume of a Guitar Amp Using an Attenuator*. Retrieved from Sweetwater:  
<http://www.sweetwater.com/insync/how-to-reduce-the-volume-of-a-guitar-amp-using-an-attenuator/>
- Tangient LLC. (2016). *El sistema auditivo humano*. Retrieved from Tangient LLC: <https://spd3eso-elsistemaauditivo.wikispaces.com/El+sistema+auditivo+humano>
- Tecnigypsum. (2013). *Tecnigypsum*. Retrieved from Productos / Grifería Canal Resiliente: <http://www.tecnigypsum.com/Products/detail/MTQ1>
- Transaco. (s.f.). *Control de ruido* . Retrieved from Transaco :  
[http://www.transaco.cl/imgs/869\\_Folleto\\_Control\\_de\\_Ruido\\_Owens\\_Corning.pdf](http://www.transaco.cl/imgs/869_Folleto_Control_de_Ruido_Owens_Corning.pdf)
- Ultimate Guitar . (2010). *Power Attenuators Common Myths Dispelled*. Retrieved from Ultimate Guitar : [https://www.ultimate-guitar.com/lessons/the\\_guide\\_to/power\\_attenuators\\_common\\_myths\\_dispelled.html](https://www.ultimate-guitar.com/lessons/the_guide_to/power_attenuators_common_myths_dispelled.html)
- Universidad de Córdoba . (s.f.). *Control por Absorción Acústica* . Retrieved from Universidad de Córdoba :  
[http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(9\)%20Control%20por%20absorcion/absorcion%20acustica.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(9)%20Control%20por%20absorcion/absorcion%20acustica.htm)
- Universidad del País Vasco . (2003). *Aislamiento Acústico* . Retrieved from Universidad del País Vasco :  
<http://www.ehu.eus/acustica/espanol/ruido/aiaces/aiaces.html>
- White, P. (2013). Q. *What exactly is comb filtering?* Retrieved from Sound On Sound : <http://www.soundonsound.com/sos/jun13/articles/qanda-0613-3.htm>

## **ANEXOS**

## Anexo 1



MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

4. Decreto N° 1215, registro oficial N° 265 del 13 de febrero del 2001, Reglamento Ambiental para Actividades Hidrocarburíferas en el Ecuador.
5. Registro Oficial N° 153, del 22 de agosto del 2003, que fija los valores máximos permisibles para emisiones a la atmósfera provenientes de fuentes fijas de combustión para actividades hidrocarburíferas.
6. Normas EPA, Método 1, 4, 3, 5
7. Normas INEN 0 1990-05
8. Estructura del Esquema de Manejo y Control de los Residuos Tóxicos y Peligrosos del Distrito Metropolitano de Quito, Ing. Jorge Sánchez, Quito, Abril del 2001.
9. Norma Técnica NB-1265, Para la Incineración de Residuos Sólidos Peligrosos, Asociación Brasileña de Normas Técnicas, Brasil, Abril de 1994.

**Art. 8** Norma Técnica de Límites Permisibles de Niveles de Ruido para Fuentes Móviles, Fijas y para Vibración.

**La Norma Técnica para Niveles de Ruido emitido por fuentes móviles** se encuentra incluida en el texto de OM 146 Art.II.366.b.- Prevención y control la contaminación por la emisión de ruido, ocasionada por motociclistas, automóviles, camiones, autobuses, tractocamiones y similares

### **NORMA TÉCNICA DE LÍMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS Y PARA VIBRACIÓN**

#### **1. OBJETO**

Esta norma establece los valores niveles máximos permitidos de ruido y los métodos de determinación cuantitativa. Además provee de valores para la evaluación de vibración en edificaciones.

#### **2. ALCANCE**

Esta norma se aplica a todas las fuentes fijas que originan contaminación por la emisión de ruido y de vibraciones.

#### **3. DISPOSICIONES**

- 3.1 La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente, determinará los aparatos electromecánicos o maquinaria de uso doméstico, industrial, de la construcción, comercial, agropecuario o cualquier otro tipo, actividad, comportamiento o servicio, que por su destino o uso emitan ruido que cause daño a la salud, en cuyo caso los fabricantes estarán obligados a colocar en un lugar visible una etiqueta o señal que indique esa peligrosidad.
- 3.2 De igual manera se procederá en los sitios de reunión donde se considere que el ruido que ahí se emita pueda causar daño a la salud, y en este caso el responsable



MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

de tal sitio deberá colocar un letrero en lugar visible, donde se indique la peligrosidad del lugar.

- 3.3 Para generadores de electricidad de emergencia: Aquellas instalaciones que posean generadores de electricidad de emergencia, deberán evaluar la operación de dichos equipos a fin de determinar si los niveles de ruido cumplen con la normativa o causan molestias en predios adyacentes o cercanos a la instalación. La Entidad Ambiental de Control podrá solicitar evaluaciones mayores, y en caso de juzgarse necesario, podrá solicitar la implementación de medidas técnicas destinadas a la reducción o mitigación de los niveles de ruido provenientes de la operación de dichos equipos.
- 3.4 Los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido mayores de 85 dB (A), determinados en el ambiente interno de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a fin de prevenir la transmisión de ruido y de vibraciones hacia el exterior del local. El operador o propietario evaluará aquellos procesos y máquinas que, sin contar con el debido aislamiento de vibraciones, requieran de dicha medida.
- 3.5 En caso de que una fuente de emisión de ruidos desee establecerse en una zona en que el nivel de ruido excede, o se encuentra cercano de exceder, los valores máximos permisibles descritos en esta norma, la fuente deberá proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o ambas medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el operador u propietario de la nueva fuente.
- 3.6 Los establecimientos industriales, comerciales, de servicios públicos o privados, y en general toda edificación, deberán construirse de tal forma que permitan un aislamiento acústico suficiente para que el ruido generado en su interior, no rebase los niveles permitidos en la Tabla N° 1 de esta Norma, al trascender a las construcciones adyacentes, a los predios colindantes o a la vía pública (independientemente de su uso).
- 3.7 En caso de que la edificación se hubiese construido antes de la expedición de esta Norma y de que técnicamente no sea posible conseguir este aislamiento acústico, dichas instalaciones deberán reubicarse, de tal forma que la dispersión sonora cumpla con lo dispuesto en el citado numeral.
- 3.8 La entidad ambiental de control del Distrito, en el ámbito de sus competencias, vigilará que en la construcción de obras públicas o privadas no se rebase el nivel máximo permitido de emisión de ruido que establece esta Norma. Las actividades de estos proyectos y de establecimientos similares estarán sujetas al cumplimiento de lo dispuesto en la Ordenanza para Evaluación de Impacto Ambiental.
- 3.9 Los circos, ferias y juegos mecánicos que se instalen en la cercanía de centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos, lugares de descanso y otros sitios donde el ruido entorpezca cualquier actividad, se deberán ajustar a un nivel máximo



#### MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

permisible de emisión de ruido de 55 dB (A). Este nivel se medirá en forma continua o fluctuante en las colindancias del predio afectado, durante un lapso no menor de diez (10) minutos, conforme a las normas correspondientes.

- 3.10 Las autoridades competentes, de oficio o a petición de parte, podrán señalar zonas de restricción temporal o permanente a la emisión de ruido en áreas colindantes a centros hospitalarios, o en general en aquellos establecimientos donde haya personas sujetas a tratamiento o a recuperación.
- 3.11 Las zonas de restricción a que se refiere el numeral anterior se fijarán para cada caso particular, oyendo previamente a los interesados, a fin de señalar su extensión, los niveles máximos permitidos de emisión de ruido originado en las mismas zonas, medido en las colindancias del predio que se desee proteger, así como las medidas de prevención y control básicas.
- 3.12 Para autorizar la ubicación, construcción y funcionamiento de aeródromos, aeropuertos y helipuertos públicos y privados, dentro del Distrito Metropolitano de Quito, las autoridades competentes tendrán en cuenta la opinión de la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente a fin de determinar la distancia a las áreas urbanas de la población;
- 3.13 Las soluciones de ingeniería que resulten convenientes, en particular las distancias y ubicación de las pistas de despegue y aterrizaje, así como de su intersección con las pistas de carreteo y las áreas de estacionamiento de los aviones, y las características de construcción de los servicios auxiliares, con objeto de evitar o disminuir el ruido.

#### 4. DEFINICIONES

- Fuente emisora de ruido. Toda causa capaz de emitir ruido contaminante al ambiente externo.
- Banda de frecuencias. Intervalo de frecuencia donde se presentan componentes preponderantes de ruido.
- Decibel. (dB) Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.
- Nivel de presión sonora. Es la relación entre la presión sonora de un sonido cualquiera y una presión sonora de referencia. Se expresa en dB. Equivale a diez veces el logaritmo decimal del cociente de los cuadrados de la presión sonora medida y la de referencia igual a veinte (20) micro pascales (20 ●Pa).
- Nivel equivalente. Es el nivel de presión sonora uniforme y constante que contiene la misma energía que el ruido producido, en forma fluctuante por una fuente, durante un período de observación.
- Presión sonora. Es el incremento en la presión atmosférica debido a una perturbación sonora cualquiera.
- Responsable de la fuente de contaminación por ruido. Es toda persona física o moral, pública o privada, natural o jurídica, que sea responsable legal de la operación, funcionamiento o administración de cualquier fuente que emita ruido contaminante.



MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- Ruido. Es todo sonido indeseable que molesta o perjudica a las personas.
- Dispersión sonora. Fenómeno físico consistente en que la intensidad de la energía disminuye a medida que aumenta la distancia hacia la fuente.
- Generador de Electricidad de Emergencia. Es el motor de combustión interna que es empleado para la generación de energía eléctrica, para uso alternativo, secundario o de emergencia eléctrica.
- Fuentes Fijas. Todo tipo de establecimiento industria, comercio o servicio, máquinas con motores de combustión, eléctricos o neumáticos, terminales y bases de autobuses y ferrocarriles, aeropuertos, clubes cinegéticos y polígonos de tiro; ferias, circos y otras semejantes;

**5. REQUISITOS**

5.1 Se elaborará un reporte con el contenido mínimo siguiente:

- Identificación de la fuente fija (Nombre o razón social, responsable, dirección);
- Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de predios vecinos;
- Ubicación aproximada de los puntos de medición;
- Características de operación de la fuente fija;
- Tipo de medición realizada (continua o fluctuante);
- Equipo de medición empleado, incluyendo marca y número de serie;
- Nombres del personal técnico que efectuó la medición;
- Fecha y hora en la que se realizó la medición;
- Descripción de eventualidades encontradas (ejemplo: condiciones meteorológicas, obstáculos, etc.);
- Correcciones Aplicables;
- Valor de nivel de emisión de ruido de la fuente fija;
- Cualquier desviación en el procedimiento, incluyendo las debidas justificaciones técnicas.

5.2. El nivel de emisión de ruido máximo permisible en fuentes fijas no podrá transgredir los horarios ni exceder los valores que se fijan en la siguiente tabla.

**TABLA N° 1. NIVELES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS**

Tipo de Zona Según el Uso del Suelo	Nivel de Presión Sonora Equivalente: NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección (1)	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple (2)	55	45
Zona Industrial 1	60	50





MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Zona Industrial 2 (3)	65	55
Zona Industrial 3 y 4 (4)	70	60

Notas:

- (1) Equipamientos de Servicios Sociales
- (2) Incluye uso comercial y de servicios, uso agrícola residencial, y equipamiento de servicios públicos
- (3) Incluye uso de aprovechamiento de recursos renovables
- (4) Incluye uso de aprovechamiento de recursos no renovables

5.3 Estos niveles se medirán en forma estable (continua) o fluctuante en las colindancias del predio, conforme a las normas correspondientes establecidas en el Texto Unificado de Legislación Secundaria.

5.4 Las disposiciones correspondientes a la prevención y control de la propagación de vibraciones serán las estipuladas en el Decreto N° 3516 (Texto Unificado de Legislación Secundaria), Edición Especial N° 2 del 31 de marzo del 2003, Anexo V del Libro VI. Para el efecto se aplicará lo referente a la norma ISO-2631-1.

## 6. MÉTODOS DE ENSAYO

6.1 Equipos: La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuará mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). Lo anterior podrá acreditarse mediante certificado de fábrica del instrumento.

6.2 El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

6.3 Medición de Ruido Estable.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de 1 (un) minuto de medición en el punto seleccionado.

6.4 Medición de Ruido Fluctuante.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de, por lo menos, 10 (diez) minutos de medición en el punto seleccionado.

6.5 Determinación del nivel de presión sonora equivalente NSP<sub>eq</sub> (Fuente TULAS)



MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

6.6 Para la determinación del NPSeq de forma automática (sonómetro tipo 1), estos instrumentos proveerán directamente de los resultados de nivel de presión sonora equivalente, para las situaciones descritas de medición de ruido estable o de ruido fluctuante.

6.7 Para el caso de registrarse el nivel de presión sonora equivalente en forma manual, se utilizará una tabla, dividida en cuadrículas, y en que cada cuadro representa un decibel.

Durante un primer período de medición de cinco (5) segundos se observará la tendencia central que indique el instrumento, y se asignará dicho valor como una marca en la cuadrícula. Luego de esta primera medición, se permitirá una pausa de diez (10) segundos, posterior a la cual se realizará una segunda observación, de cinco segundos, para registrar en la cuadrícula el segundo valor. Se repite sucesivamente el período de pausa de diez segundos y de medición en cinco segundos, hasta conseguir que el número total de marcas, cada una de cinco segundos, totalice el período designado para la medición. Si se está midiendo ruido estable, un minuto de medición, entonces se conseguirán doce (12) marcas en la cuadrícula. Si se está midiendo ruido fluctuante, se conseguirán, por lo menos, ciento veinte (120) marcas en la cuadrícula.

6.8 Al finalizar la medición, se contabilizarán las marcas obtenidas en cada decibel, y se obtendrá el porcentaje de tiempo en que se registró el decibel en cuestión. El porcentaje de tiempo  $P_i$ , para un decibel específico  $NPS_i$ , será la fracción de tiempo en que se verificó el respectivo valor  $NPS_i$ , calculado como la razón entre el tiempo en que actuó este valor y el tiempo total de medición. El nivel de presión sonora equivalente se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$NPSeq = 10 * \log * \sum (P_i) 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

6.9 De los Sitios de Medición.- Para la medición del nivel de ruido de una fuente fija, se realizarán mediciones en el límite físico o lindero o línea de fábrica del predio o terreno dentro del cual se encuentra alojada la fuente a ser evaluada. Se escogerán puntos de medición en el sector externo al lindero pero lo más cerca posible a dicho límite. Para el caso de que en el lindero exista una pared perimetral, se efectuarán las mediciones tanto al interior como al exterior del predio, conservando la debida distancia de por lo menos 3 metros a fin de prevenir la influencia de las ondas sonoras reflejadas por la estructura física. El número de puntos será definido en el sitio pero se corresponderán con las condiciones más críticas de nivel de ruido de la fuente evaluada. Se recomienda efectuar una inspección previa en el sitio, en la que se determinen las condiciones de mayor nivel de ruido producido por la fuente.

6.10 Método de corrección.- A los valores de nivel de presión sonora equivalente, que se determinen para la fuente objeto de evaluación, se aplicará la corrección debida al nivel de ruido de fondo. Para determinar el nivel de ruido de fondo, se seguirá igual procedimiento de medición que el descrito para la fuente fija, con la excepción de



MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

que el instrumento apuntará en dirección contraria a la fuente siendo evaluada, o en su lugar, bajo condiciones de ausencia del ruido generado por la fuente sujeta a la evaluación. Las mediciones de nivel de ruido de fondo se efectuarán bajo las mismas condiciones por las que se obtuvieron los valores de la fuente fija. En cada sitio se determinará el nivel de presión sonora equivalente, correspondiente al nivel de ruido de fondo. El número de sitios de medición deberá corresponderse con los sitios seleccionados para evaluar la fuente fija, y se recomienda utilizar un período de medición de 10 (diez) minutos y máximo de 30 (treinta) minutos en cada sitio de medición.

- 6.11 Al valor de nivel de presión sonora equivalente de la fuente fija se aplicará el valor mostrado en la Tabla 2:

**TABLA 2. CORRECCIÓN POR NIVEL DE RUIDO DE FONDO**

<b>Diferencia Aritmética entre NPSeq de la Fuente Fija y NPSeq de Ruido de Fondo (dBA)</b>	<b>Corrección</b>
10 ó mayor	0
De 6 a 9	- 1
De 4 a 5	- 2
3	- 3
Menor a 3	Medición nula

- 6.12 Para el caso de que la diferencia aritmética entre los niveles de presión sonora equivalente de la fuente y de ruido de fondo sea menor a tres (3) dB, será necesario efectuar medición bajo las condiciones de menor ruido de fondo.

**7. BIBLIOGRAFIA**

1. Libro VI, Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Edición Especial N° 2, 31/3/2003).
2. Propuesta de la Ordenanza para la prevención y el control de la contaminación originada por la emisión de ruido y de vibraciones. (Junio del 2004)

**Art. 9** Norma Técnica que regula los Contaminantes asociados a Descargas líquidas Industriales, Comerciales y de Servicios

**NORMA TÉCNICA QUE REGULA LOS CONTAMINANTES ASOCIADOS A DESCARGAS LÍQUIDAS INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS**

**1. OBJETO**

## Anexo 2



Anexo 3

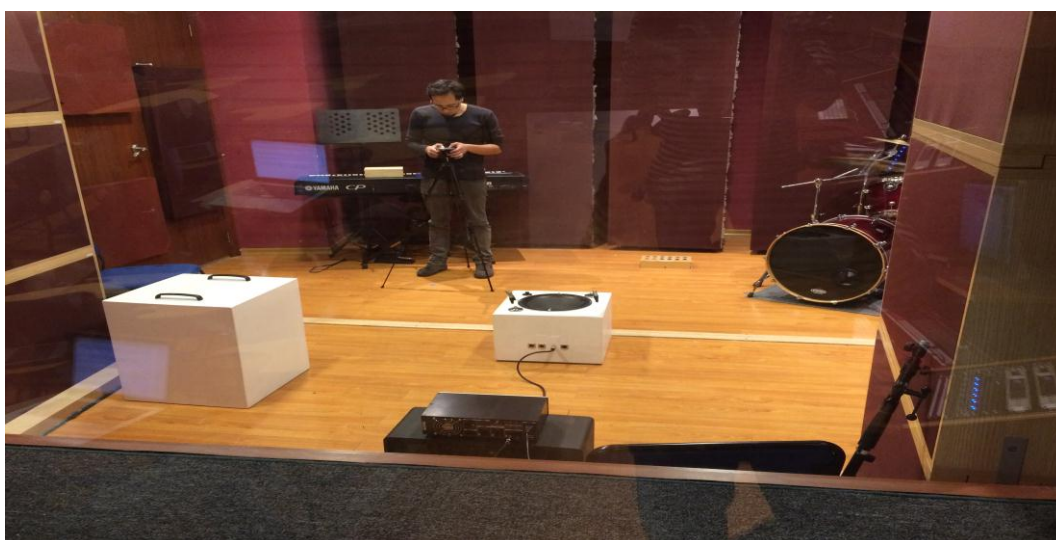


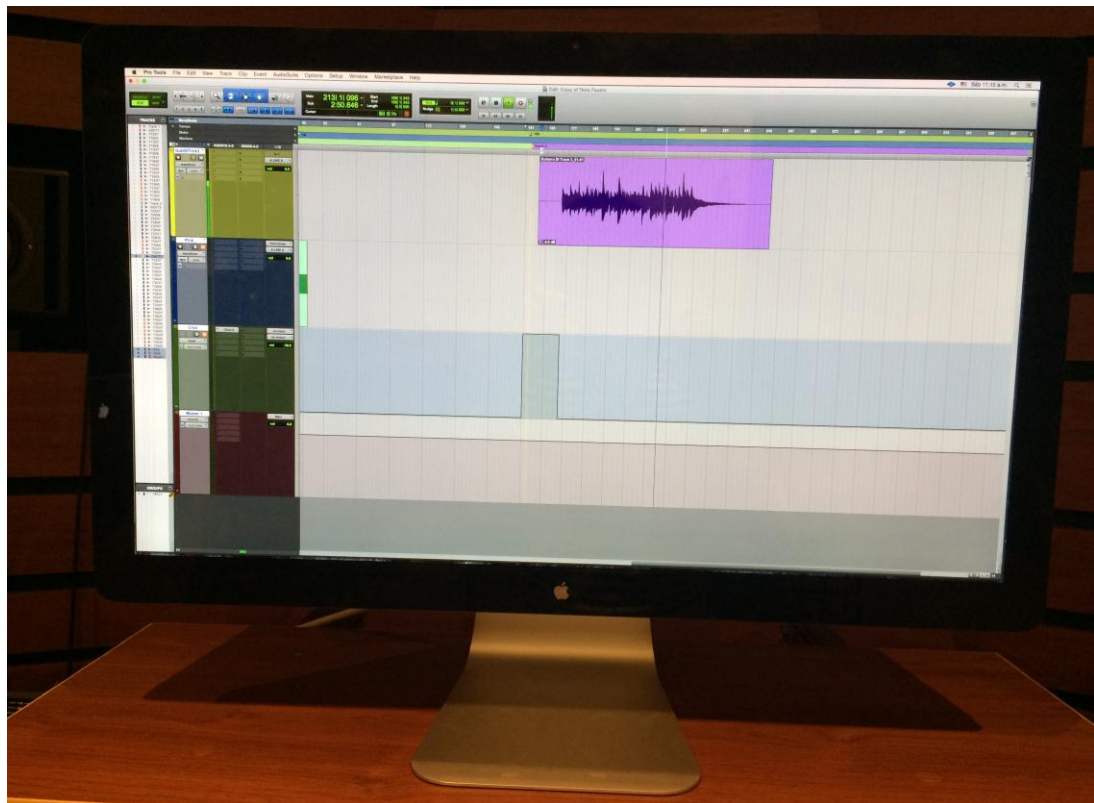
Anexo 4





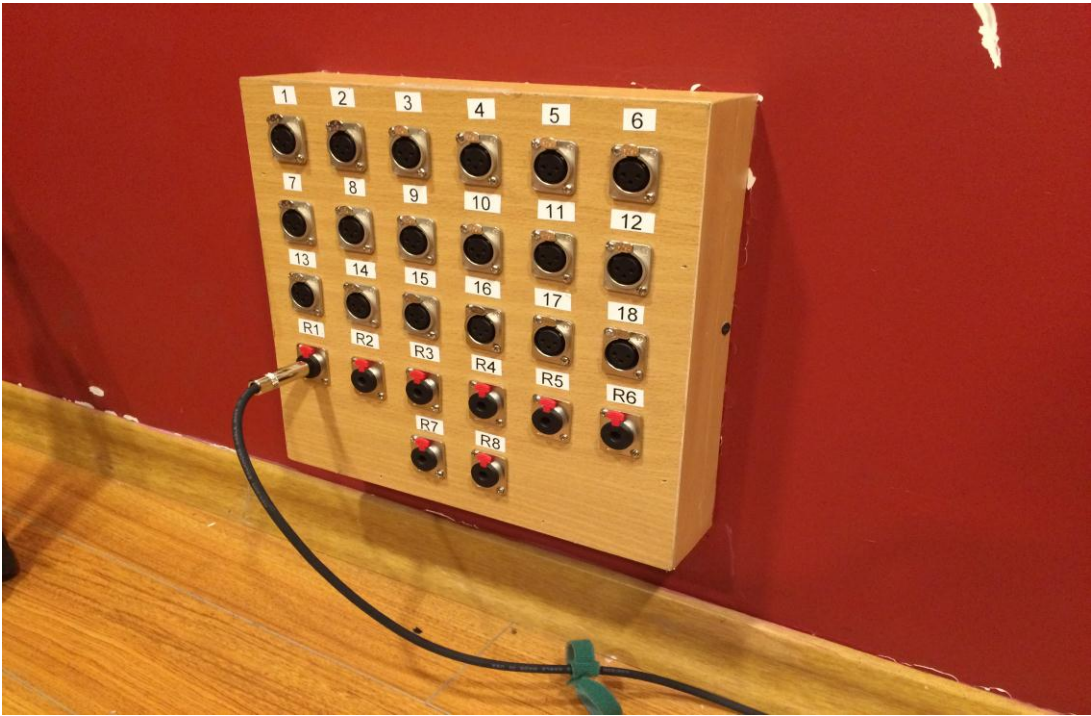
## Anexo 5







Anexo 6



## Anexo 7



## Anexo 8

Datos personales

**Nombre:**

**Profesión / Ocupación:**

**\*Nota:** No tomar en cuenta la ejecución en los siguientes *clips* de audio, solamente el sonido.

**Los siguientes *clips* de audio han sido re-amplificados utilizando los mismos parámetros. Escucha y responde las siguientes preguntas:**

- 1. Marcar con un visto el *clip* que más le agradó y con una X el que menos lo hizo. Justifique su respuesta brevemente.**

1)

2)

3)

- 2. ¿Escucha algún problema de fases o frecuencias en alguno de los *clips*, existe alguna frecuencia que se atenúa o se dispare? Si la respuesta es SI, por favor marque el *clip* o *clips* que tiene el problema.**

SI o NO

- 3. Marcar con un visto el *clip* que más le agradó y con una X el que menos lo hizo. Justifique su respuesta brevemente.**

1)

2)

3)

4. ¿Escucha algún problema de fases o frecuencias en alguno de los *clips*, existe alguna frecuencia que se atenúa o se dispare? Si la respuesta es SI, por favor marque el *clip* o *clips* que tiene el problema.

SI o NO

5. Marcar con un visto el *clip* que más le agradó y con una X el que menos lo hizo. Justifique su respuesta brevemente.

1)

2)

3)

6. ¿Escucha algún problema de fases o frecuencias en alguno de los *clips*, existe alguna frecuencia que se atenúa o se dispare? Si la respuesta es SI, por favor marque el *clip* o *clips* que tiene el problema.

SI o NO

7. Marcar con un visto el *clip* que más le agradó y con una X el que menos lo hizo. Justifique su respuesta brevemente.

1)

2)

3)

8. ¿Escucha algún problema de fases o frecuencias en alguno de los *clips*, existe alguna frecuencia que se atenúa o se dispare? Si la respuesta es SI, por favor marque el *clip* o *clips* que tiene el problema.

SI o NO

Los siguientes *clips* de audio han sido re-amplificados por el mismo amplificador con los mismos parámetros y se escuchan en contexto con la canción “Lejos” de la banda Loladrenalina.

9. Marcar con un visto el *clip* que más le agradó y con una X el que menos lo hizo. Justifique su respuesta brevemente.

1)

2)

3)

10. Marcar con un visto el *clip* que más le agradó y con una X el que menos lo hizo. Justifique su respuesta brevemente.

1)

2)

3)

Los siguientes *clips* de audio han sido re-amplificados por el mismo amplificador con los mismos parámetros y se escuchan en contexto con la canción “Princesa” de la banda Loladrenalina.

11. Marcar con un visto el *clip* que más le agradó y con una X el que menos lo hizo. Justifique su respuesta brevemente.

1)

2)

3)

12. Marcar con un visto el *clip* que más le agradó y con una X el que menos lo hizo. Justifique su respuesta brevemente.

1)


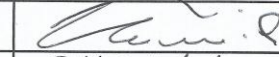
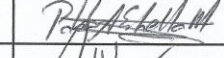

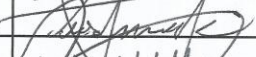

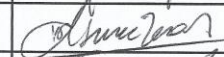


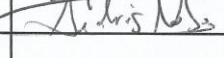
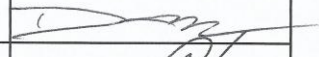
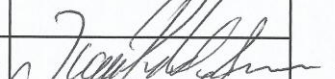
2)

3)



uol/b.

Registro de encuestados: Inside the box 2016

Nombre	Fecha	Firma
Renato Zamora	12 - Mayo - 16	
Ramiro Olaciregui	17 - Mayo - 2016	
Pablo Estrella	18 - Mayo - 2016	
Renato Arias	18 - Mayo - 2016	
Juan André Bustamante	20 - Mayo - 2016	
Pablo Quintero	24 - Mayo - 2016	
Carlos Chong		
Isaac Zeas	20 - 5 - 2016	
Mauro Samaniego	19 - Mayo - 2016	
Johnny Ayala	24 - Mayo - 2016	
Andrés Noboa	19 - Mayo - 2016	
Dario Jaramillo		
Steven López		
Esteban Acosta		
Diego Carlisky	20 Mayo 2016	
Jorge Luis Mora		
Juan Pablo Rivas	26/05/2016	

PABLO NOVILLO

24/05/2016



Anexo 9







## Anexo 10

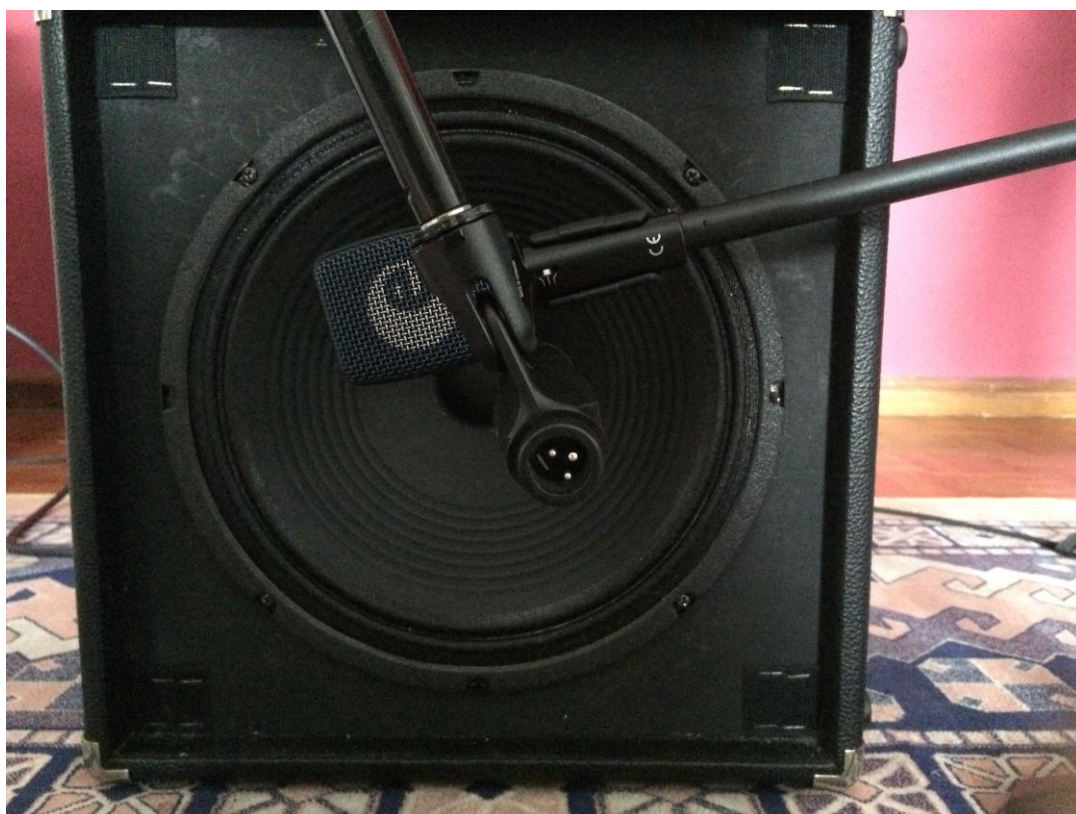


## Anexo 11





Anexo 12







Anexo 13





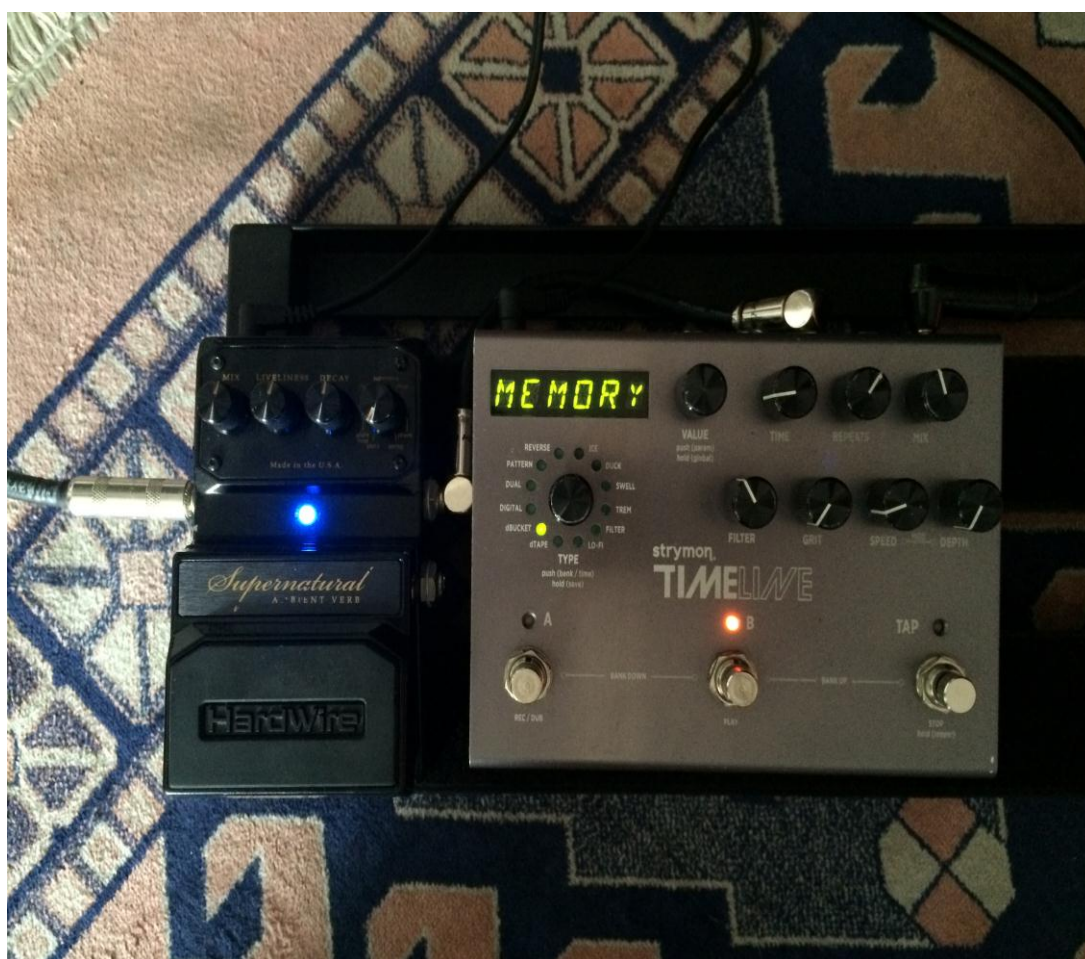


Anexo 14





## Anexo 15



Anexo 16



Anexo 17

MEDICIÓN	FRECUENCIA																				
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
RUIDO DE FONDO																					
1	36.4	44.2	24.7	23.4	24.9	18.5	20.5	21.4	17.2	15	16.7	19	17.6	16.5	14.4	14.4	12.1	11.5	11.8	12.1	12.1
2	23.8	27.6	23.7	17	16.4	19.3	17.8	17.9	21.6	20.4	19.1	24.8	20.4	13.8	17.2	15.5	10.9	9.8	9.8	9.8	9.8
3	32.2	39.6	14.1	14.8	18.6	14.4	23.2	25.1	23	20	20.2	28.5	25.3	20.9	22.6	22.2	18.6	15.9	14.3	13.9	12.6
4	30.2	26.6	21.5	21.3	21.8	18.2	21.2	24	23.5	17.5	17	25.4	24.1	19.8	22.1	19	11.5	10.2	10.2	10.2	11.2
5	27.8	26.2	16.6	15.2	20.7	20.6	21	21.2	18.9	13.4	13.6	20.9	19.8	16.7	20.6	21.6	17.9	10.2	10.6	10.2	9.8
6	23.4	23.5	14.8	14.4	15.3	14.3	18.7	20.2	22.1	14.7	16.7	19.1	20	20.7	20.7	19.9	13.2	12.3	12.1	13.2	14.6
	31.3	37.9	21.1	19.2	20.8	18.1	20.8	22.3	21.6	17.6	17.7	24.4	22.0	18.8	20.4	19.6	15.2	12.2	11.7	11.9	12.0
MUESTRA CLEAN SIN TAPA																					
1	28.4	26.7	66.8	91.4	70.2	75.5	81.5	79.8	77	68	80.1	78.2	77	71.1	60	56.9	58.7	60.8	52.4	35.9	29.7
2	36.4	46.4	69.9	94.2	74.3	82.8	89.2	85.7	79.9	76.5	87.7	82.2	84.3	79.5	74.5	72.9	74.7	76.6	73.1	63.5	47.9
3	42	56.1	72.3	87.5	96.6	81.7	78.4	84.7	91.3	85.2	85.2	87.9	86.1	83.2	81.1	81.5	81.9	84.4	80.4	72	63.8
4	42.2	56	72.6	89.2	95.8	81.6	78.8	84.7	91.5	84.1	85.3	87.1	85.7	82.9	81.4	81.4	81.4	84.2	80.5	72.4	63.7
5	37.8	50.6	62.6	82.6	97.6	80	74.7	86.6	89.1	86.9	86.2	87.3	89.2	84	88.1	81.2	88.3	85.8	80.6	70	60.6
6	38.5	51.6	60.6	78.1	97.5	81.1	74.4	86.9	87.8	87.4	87.3	86.7	88.8	85.6	87	80.7	89	85.9	80.1	70.8	61.3
1	46.4	55.7	65.2	84.5	97.1	85.8	77.1	86.2	85.1	81.1	82	86.2	87.7	79.9	80.5	81	80.6	81.9	74.8	68.5	59.3
2	44.2	54.4	61.7	79.3	101	86.2	71.8	91	83.8	83.9	82.5	90.7	88.7	82.2	83.5	81.8	89.1	87	76.5	71.5	62.1
3	47.9	57.9	59.5	77.4	97.2	81.6	75	86	88.6	91.5	81.7	85.3	86	82.2	83.8	78.9	87.4	85.3	76.3	70.4	62.8
4	49.4	58.3	66	87.4	90.5	80	80	81.8	87	80.4	83.5	81	82.4	78.2	81.6	76.1	76.5	75.3	72.9	66.9	56.3
5	41.1	54.3	64.2	80.2	96.5	83.4	72.9	87.7	79.2	85.9	85.2	85.6	85.8	79.7	84.1	83.6	85.8	85.2	77.1	71.2	62.2
6	41	53.3	64.1	80.2	96.7	83.1	72.8	87.5	79.7	86.2	85.5	84.8	85.2	79.3	84	82.3	84.9	85.1	78.2	70.9	62.3
	43.9	54.7	67.5	87.6	96.5	82.7	80.7	86.5	87.2	85.6	84.9	86.3	86.5	81.7	83.5	80.5	85.2	84.0	77.7	70.0	61.1
MUESTRA CLEAN CON TAPA																					
1	30.6	23.6	31.6	54.2	60.4	59.7	58.2	62.4	74	59	59.5	70.5	61.7	58.2	55.9	59.5	59.7	49.3	38	30.3	21.5
2	30.7	22.2	25.8	45.4	62.3	59.8	50.9	63.2	73.5	59.9	60.8	73.9	62.7	59.8	56.3	59.9	61.4	51.5	38.6	33	22.6
3	24.5	25.9	35.7	56.4	59.1	55.5	57.7	61.6	70.2	55.2	53.5	58.5	60	49.7	55.4	58.6	56.6	46.8	41.1	31	20
4	30.6	31	35.5	56.4	58.4	55.3	57.4	61.5	69.9	54.8	53.2	58.7	60.2	49	55.3	58.7	56.3	47.1	40.5	30.2	19.6

5	26.8	22.5	26.3	43.7	65.6	54.4	50.1	61.4	73.4	61.7	60	60.8	61.5	57.5	58.7	57.4	57.9	51.2	43.7	33.4	23.9
6	28.2	26.5	31.5	49.3	63.5	54.6	57.2	61.3	73.8	59.1	58.5	58.2	59.8	55.3	54.7	57.2	57.6	50.8	40.9	30.7	22.3
1	26.3	28.1	24.2	47.6	69.5	56.4	48.7	63.5	67.6	55.2	54	63.5	63.9	61.4	58.4	59.2	60.7	55.3	42.8	33.3	23.9
2	29.8	30.5	25.4	52.5	69.3	56.1	44.7	61.6	68.2	55.2	53.4	62.9	62.5	60	58.2	56.1	58.6	53.5	41.8	30.1	21.4
3	27.8	32	27.3	50.1	45.2	52.2	60.3	56.2	64.8	44.5	58.7	58.5	52.9	51	55.1	52.8	52	43	33.8	25.1	12.6
4	27.8	29.9	23.4	44.1	66.6	55.5	53.6	59.9	65.8	59.6	59.2	65.7	53.5	55.5	61.5	60.1	61.4	53.3	38.3	32.2	23.1
5	26	33.9	33.8	56.6	59.9	58.2	53.3	53.7	57.9	52.9	57.9	61.2	56.4	51.4	55.8	56	53.9	47.1	38.2	29.5	21.3
6	27.7	33.1	32.3	54.5	63.7	58.2	52.3	55.4	61.2	60	57.5	63.6	57.3	52.9	57.7	56.6	55.7	48.8	39.5	30.2	21.2
	28.5	29.8	31.4	53.0	64.7	56.9	55.6	61.0	70.5	58.0	57.9	66.3	60.5	56.9	57.4	58.1	58.5	51.0	40.4	31.2	21.8
RUIDO ROSA SIN TAPA																					
1	60.3	71.7	79.1	87.4	88.8	87.7	81.2	75.8	76.8	78	82.1	81.3	81.6	79.5	81.3	82.2	87.5	91.5	94.8	93.8	91.5
2	56.8	70.9	78.6	85.5	88.8	88	80.7	76	76.3	77.5	82.2	81.6	81.3	79.4	81.4	82.5	87.3	91.9	94.8	93.8	91.3
3	61	73.4	83	87.3	85.7	82.7	79	78.1	80.7	78.4	82.6	84.9	82.1	82.1	82.2	81.8	85.2	89.9	92.3	93.7	90.9
4	59.6	73	81.1	88.2	84.2	82.2	79.7	78.7	80.4	77.8	82.6	84.9	81.4	82	81.5	81.3	85.6	89.7	92.1	93.2	90.9
5	56.6	68.1	77.5	86.9	84.9	81.2	80.8	76.2	79.2	77	80.4	82.9	83.1	80.2	80	81.4	84.2	88.4	90.7	91.8	89.3
6	56.1	69.2	77.3	87.4	85.8	81.4	80.4	75.6	79.5	76.1	80.6	83.3	82.3	81.3	80.1	82.7	85.1	88.5	89.9	90.7	89.6
1	62.3	73.4	79.4	85.9	91.4	87	76	75.8	71.7	75.8	79.8	84.5	83.8	80.3	81.4	79.7	84.8	88.8	89.8	90.5	87.4
2	66	74	78	86.7	91.2	86.5	76.9	74.9	72.5	76.7	79.8	83.8	83.7	80.6	81.1	79.7	84.4	88.2	89	90.1	87.3
3	65	75.9	76.2	84.6	88.2	83.5	78.3	74.4	78.9	77.8	79.6	82.6	80.3	81.5	81.9	80.6	83.5	87.9	89.5	91.4	88.4
4	68.4	76.3	74.8	85.1	88	83.1	80.2	73.8	79.7	78.4	79.5	82.7	80.2	80.9	81.4	81.2	82.8	87	89.3	91	88
5	61.1	71.2	77.6	88.5	88.2	84.5	77.4	76.5	75.1	76.3	81.2	82.9	81.7	78.5	80.8	82.7	85.4	89.1	91.2	90.7	88.3
6	61.9	71.1	77.9	89.1	88	84.1	77	76	75.9	76.9	80.6	82.3	82.2	79.5	80.2	82.5	85	89.1	90.9	90.3	87.7
	62.9	73.0	78.9	87.1	88.3	85.0	79.3	76.2	78.0	77.3	81.1	83.3	82.1	80.6	81.2	81.6	85.3	89.4	91.7	92.0	89.5
RUIDO ROSA CON TAPA																					
1	28.3	37.1	43.7	53.6	54.1	58.9	59.1	57.6	59.2	51.9	58.2	61.4	52.4	56.4	57.3	56.2	61	56.9	53.6	51.6	47.6
2	29.4	39.1	42.2	53.9	53.6	58.8	60.3	58.2	58.2	52.7	56.6	61.7	52.1	54.5	57	57.5	60.5	56.8	53.9	51	46.9
3	27.9	39	46.7	54.2	54.4	57.3	61.7	60.4	61.5	51.6	54.2	58.8	51.4	57.1	61.5	58.3	60.3	56.7	52.8	51.8	50.5
4	26.5	39.1	47.1	54.2	54.4	57.3	61.8	60.3	61.3	51.3	53.8	58.7	51.7	57.5	61.4	58.3	60.6	56.5	52.4	51.6	50.3
5	34	38.5	43.2	53.3	55.8	57.7	60.1	57	59	51.1	57.8	60	54.4	55	57.2	56	58.9	55.6	53.8	50.5	48.7
6	30.9	38.4	42.6	52.4	55.1	56.5	59.9	57.7	60.5	51.4	57	59.9	54.4	54.8	57.4	54.9	59	55.4	53.3	50.7	49.1
1	32	40.6	46	51.5	59.7	59.9	55	57.3	60.5	46.9	56.5	58.5	52.4	56.3	55.5	58.3	60.8	56.8	54.1	50.9	46.5
2	31.3	40.3	43.2	52.8	59.5	58.8	56.1	58.5	60	45.9	54.8	59.4	52.2	55.6	55.7	59.1	61.5	56.9	53.7	51.1	46.5
3	36.6	43.8	40.2	47.6	55.3	60.4	62.9	57.3	58.7	49.7	55.5	59	48.6	56.6	59.1	53.9	58.5	56	51.6	51.4	46.2



4	35.7	42.7	39.7	47.5	55.8	60.1	62.8	56.9	57.9	49.3	56.6	59	48.7	55.8	58.5	53.2	58.6	55.7	51.1	51.3	46
5	27.7	38.8	43.8	54.8	59.2	62.1	57.8	56.2	55.6	49	57.3	59.5	51.2	52.3	57.1	56.2	58.5	56	53	50.3	46
6	27.2	39.9	45.1	53.2	56.9	60.9	57	55.8	56	47	54	58.9	50.6	51.6	54.5	54.8	58.1	54.9	51.6	48.8	44.6
	31.9	40.2	44.2	52.9	56.7	59.4	60.2	58.0	59.4	50.3	56.3	59.7	52.0	55.6	58.2	56.8	59.8	56.2	53.0	51.0	47.8
DISTORSIÓN SIN TAPA																					
1	51.7	64.3	69.6	82.8	90.1	88.7	79.8	86.4	83.8	85.8	88.1	90.7	90.3	87	83.4	83.7	82.6	83.4	81.8	78	72.9
2	49.1	64.2	69.9	82.5	89.6	88.7	80.2	85.6	85.4	86.4	87.8	91	90.4	87	84.8	83.3	82.2	82.5	81.5	77.7	72.4
3	57.2	61.4	75.6	89.8	77.6	81.8	75.3	86.3	92.3	82.9	88.6	91.8	88.5	84.4	81.3	78.1	79.1	79.1	78.4	75.2	68.5
4	56.7	62	74.2	91.6	78.4	84.9	75.9	85.8	93.3	81.7	88.1	92.5	89.1	83.1	79.8	76.7	78.4	78.3	77.1	73.9	66.8
5	47.3	58.9	67.2	81.3	88.7	83.2	79.1	80.4	87.5	84	89.6	89.6	88.9	82.9	84	82.9	81.3	79.9	78	74.8	70.1
6	46.4	59.1	66.8	81.4	88.8	83.8	78.9	80.5	87.6	83.6	89.4	90.1	88.4	82.7	83.2	82.9	81.9	80.4	78.1	74.9	70
1	61.2	61.7	68.9	78.2	81	85.3	79.4	90.3	80.5	82.5	88.1	92.1	93.7	81.8	80.1	78.7	77.4	76.8	75.7	73.1	65.6
2	54.9	64.7	68.8	82.3	88.9	87.1	78	85.4	81.4	85.6	86.4	90.4	92.5	85.2	83	81.6	79.9	79	77.4	74.2	68.4
3	59.4	66.4	63.9	82.7	85.7	84.3	80.8	83.2	89.9	83.9	86.1	87.3	89.9	83.2	81.2	79.3	77.5	78.1	76.3	74.9	68.3
4	63.1	64.3	66.7	82.1	78.4	80.8	79.3	86.2	88.9	80.1	84.5	88.3	88.4	83.4	78.2	77.9	77	77.1	75.8	73.7	66.9
5	50.7	63.7	69.7	85.6	87.1	88	75.6	84.2	80.8	86.7	87.5	91.2	89.9	82.3	80.8	81.1	80.1	80.2	79.3	74.9	69.8
6	55	65	71.3	80.6	89.3	87.5	74.7	86.7	80.8	84.5	87.2	90.7	85.6	81.3	81.2	81.3	81.3	81	78.9	75.5	70.1
	57.2	63.5	70.6	85.3	87.2	86.0	78.5	85.8	88.1	84.4	87.8	90.7	90.1	84.1	82.1	81.2	80.3	80.1	78.6	75.3	69.7
DISTORSIÓN CON TAPA																					
1	25.3	28.8	34.4	49.2	56.1	63.9	53.4	63.1	72.2	58.5	62.2	76.6	59.6	57.7	58.8	54.9	56.5	47.7	41.5	37.4	29.6
2	37	29.9	37.7	47	57.7	62.8	54.3	64.3	75	56.9	62	74.6	57.6	57.3	60.3	55.3	56.7	48.6	42.1	37.3	29.9
3	34.6	31.3	39	50	60	58	51.2	64.2	71.3	60	59.8	60.8	57.3	56.8	60.8	60.2	59.9	48.7	41.7	38.7	30.7
4	31.7	30.5	37.6	49.9	59.7	58	51.2	63.8	70.7	59.9	59.2	59.7	58.4	58	60.5	60.9	60.2	48.6	41.6	38.1	30.6
5	28.4	36.6	35.1	46.2	60	58.5	52.4	59.8	71	63.4	60.1	65.6	62	56.2	58.5	54.8	54.6	49.2	42.6	36.1	28.8
6	29.3	36.5	34.3	46.2	60.3	58.3	52.5	59.9	71.1	62.9	60.3	65.1	61.1	56.3	58.1	54.4	55.9	50.1	41.9	36.9	29.2
1	31.5	33.3	35	46.9	63.1	60.8	51.6	57.3	66.1	55.2	57.9	65.8	61.4	58.7	55.4	55.1	56	48.8	43.2	37.6	29.3
2	35.8	35.6	35.6	46.6	63.1	60.9	51.7	57.8	65.8	55.8	57.6	65.9	61.3	58.4	56.1	55.5	56.4	49.1	43.3	37.7	29
3	31	37.7	34.2	52.5	58.7	58.8	58.4	62.1	70.4	60	62.2	68.6	63.6	58.2	58.9	53.7	54.2	46.3	41.1	35.9	28.9
4	35.7	39.4	34.4	47.4	61.7	58.9	54.8	61.8	67.5	63.2	60.1	70.1	60.7	60.4	59.5	54.7	54.2	47.7	41.5	37.1	29.5
5	26.2	33.2	35.8	53.1	56.4	61.8	54.7	58.2	58.5	58.5	64.4	64.6	59.7	55.7	59.1	56.3	56	47.3	40.9	36.4	28
6	28.4	33.2	35.7	53.1	56.6	61.7	54.5	58.1	59.2	60.1	64.1	64.5	59.8	55.5	59.3	55.7	55.6	47.2	40.9	36.8	28.4
	32.7	35.0	36.0	49.8	60.1	60.7	53.9	61.6	70.2	60.3	61.3	69.8	60.6	57.7	59.0	56.6	56.8	48.4	41.9	37.2	29.4

<b>MUESTRA CLEAN SIN TAPA</b>	<b>dBs</b>		
1	102		15848931925
2	99.1		8128305162
3	98.2		6606934480
4	101.9		15488166189
5	99.1		8128305162
6	97.9		6165950019
	<b>100.0</b>		<b>100.0</b>
<b>MUESTRA CLEAN CON TAPA</b>			
1	76.6		45708818.96
2	75		31622776.6
3	73.7		23442288.15
4	72.7		18620871.37
5	72.9		19498446
6	66.4		4365158.322
	<b>73.8</b>		<b>73.8</b>
<b>RUIDO ROSA SIN TAPA</b>			
1	100.6		11481536215
2	99.1		8128305162
3	98.1		6456542290
4	98.2		6606934480
5	97.5		5623413252
6	98.4		6918309709
	<b>98.8</b>		<b>98.8</b>
<b>RUIDO ROSA CON TAPA</b>			
1	68.9		7762471.166
2	70.4		10964781.96
3	69.2		8317637.711
4	69.2		8317637.711
5	70.1		10232929.92
6	69.3		8511380.382
	<b>69.6</b>		<b>69.6</b>
<b>DISTORSIÓN SIN TAPA</b>			
1	98.5		7079457844
2	98.7		7413102413
3	97.3		5370317964
4	97.7		5888436554
5	98.3		6760829754
6	98		6309573445
	<b>98.1</b>		<b>98.1</b>
<b>DISTORSIÓN CON TAPA</b>			
1	78		63095734.45
2	74.2		26302679.92
3	74.7		29512092.27
4	72.7		18620871.37
5	73.4		21877616.24
6	72.4		17378008.29
	<b>74.7</b>		<b>74.7</b>

