



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

INVESTIGACIÓN SOBRE LOS POSIBLES REPERCUSIONES
ELÉCTRICAS Y SONORAS DERIVADAS DE LAS RELACIONES DE
IMPEDANCIA ENTRE MICRÓFONOS Y PRE AMPLIFICADORES

AUTOR

André David Mesías Miranda

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

INVESTIGACIÓN SOBRE LOS POSIBLES REPERCUSIONES ELÉCTRICAS
Y SONORAS DERIVADAS DE LAS RELACIONES DE IMPEDANCIA ENTRE
MICRÓFONOS Y PREAMPLIFICADORES

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica

Profesor Guía

MSc. Juan Francisco Jiménez Pacheco

Autor

André David Mesías Miranda

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA.

“Declaro haber dirigido el trabajo, INVESTIGACIÓN SOBRE LOS POSIBLES REPERCUSIONES ELÉCTRICAS Y SONORAS DERIVADAS DE LAS RELACIONES DE IMPEDANCIA ENTRE MICRÓFONOS Y PREAMPLIFICADORES, a través de reuniones periódicas con el estudiante André David Mesías Miranda, en el semestre 2018-2, 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.”

Juan Francisco Jiménez Pacheco
Máster en postproducción digital
C.C. 1717340192

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, INVESTIGACIÓN SOBRE LOS POSIBLES REPERCUSIONES ELÉCTRICAS Y SONORAS DERIVADAS DE LAS RELACIONES DE IMPEDANCIA ENTRE MICRÓFONOS Y PREAMPLIFICADORES., del estudiante André David Mesías Miranda, en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

José Antonio Álvarez-Torres Yépez
Magíster en Musicología
C.C. 1708232267

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.”

André David Mesías Miranda

C.C. 1721480612

AGRADECIMIENTOS

A Juan Jiménez por guiarme durante el desarrollo de este trabajo, a Jose Álvarez por las correcciones finales y a todos los docentes que fueron parte de mi formación profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos mis familiares especialmente a mi padre por hacer posibles mis estudios, nunca dejarme caer y recordarme que puedo lograr lo que me proponga. A mis amigos que fueron parte de mi vida universitaria en los buenos y malos momentos.

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo determinar las variaciones que ocurren a nivel electrónico y sonoro cuando se altera una relación de impedancia recomendada de 10 a 1 entre la entrada de un preamplificador y la salida de un micrófono. Para ello se toman mediciones del THD producido por cada combinación micrófono-previo mediante el software de medición acústica Smaart y se comparan los resultados con encuestas realizadas a estudiantes y profesionales de las ramas de ingeniería en sonido y producción musical.

Para las encuestas se realizaron grabaciones de tres diferentes instrumentos musicales, cuya única diferencia es la impedancia de entrada del previo.

Los resultados obtenidos indican que alterar dicha relación provoca cambios en el nivel de salida y el THD total del sistema. Estas variaciones son mayores en un previo de tubos que en uno de transistores.

En cuanto a las encuestas, se encontró que los participantes pueden notar la diferencia sonora producida, sin embargo, no se encontró un patrón estadísticamente relevante que indique preferencias hacia una sonoridad u otra.

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the variations that occur in electronics and sound, when a recommended impedance ratio of 10 to 1 is altered between the input of a preamplifier and the output of a microphone. For this purpose, measurements of the THD produced by each microphone-preamplifier combination are taken using the Smaart acoustic measurement software, the results are compared with surveys made to students and professionals in the branches of sound engineering and music production. For the surveys, recordings were made of three different musical instruments whose only difference is the input impedance of the preamplifier.

The results obtained indicate that altering this relationship causes changes in the output level and the total THD of the system. These variations are greater in a tube preamplifier than in a transistor one.

As for the surveys, it was found that if participants could notice the sonorous difference produced, however, a statistically relevant pattern that indicates preferences towards one sonority or another was not found.

ÍNDICE

1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Objetivos.....	7
1.2.1 Objetivo general	7
1.2.2 Objetivos específicos	7
1.3 Justificación	7
1.4 Alcance	8
1.5 Hipótesis.....	8
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Principios psicoacústicos.....	8
2.1.1 Sonoridad.....	9
2.1.2 Umbral de audición	9
2.1.3 Rango de audición	10
2.2 Electroacústica	10
2.2.1 Señal de audio	10
2.2.2 Impedancia.....	11
2.2.3 THD.....	11
2.2.4 Micrófonos.....	12
2.2.4.1 Sennheiser e835	13
2.2.4.2 Sennheiser e902	13
2.2.4.3 Shure SM57	14
2.2.4.4 Shure Beta 52	15

2.2.4.5 AKG C414 XL II.....	16
2.2.4.6 Neumann U87	17
2.2.5 Preamplificador	18
2.2.5.1 Neve 1073 DPA.....	19
2.2.5.2 Universal Audio 6176	19
2.2.6 Conversión analógica - digital y digital – analógica.....	20
2.3. <i>Software</i> usado.....	21
2.3.1 Smaart.....	21
2.3.2 Pro Tools.....	22
3. CAPÍTULO III. METODOLOGIA	23
3.1 Equipamiento utilizado.....	23
3.1.1 Micrófonos dinámicos.....	23
3.1.2 Micrófonos de condensador	24
3.1.3 Preamplificadores seleccionados.....	24
3.2 Parámetros a determinar y muestras auditivas	24
3.3 Condiciones y observaciones de medición.....	25
3.4 Cadena electroacústica	28
3.5 Proceso de medición THD.....	29
3.6 Medición de fase y magnitud	32
3.7 Muestras de audio para encuestas.....	34
3.7.1 Grabaciones batería.....	35
3.7.2 Grabaciones guitarra eléctrica	36
3.7.3 Grabaciones guitarra acústica.....	38
4. CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS	39

4.1 Relaciones de impedancia.....	39
4.2 Comparación THD entre previos	39
4.2.1 THD generado por Universal Audio 6176.....	40
4.2.2 THD generado por AMS Neve 1073 DPA	41
4.3 Variación de baja frecuencia	41
4.3.1 Baja frecuencia en Shure SM57.....	42
4.3.2 Baja frecuencia en Sennheiser e835.....	42
4.3.3 Baja frecuencia en Neumann U87	43
4.3.4 Baja frecuencia en AKG C414 XL II	44
4.3.5 Baja frecuencia en Shure Beta 52.....	45
4.3.6 Baja frecuencia en Sennheiser e902.....	46
4.4 Análisis RTA y espectrógrafo	47
4.4.1 Espectrograma Shure SM57 con 6176	48
4.4.2 Espectrograma Shure SM57 y 1073	49
4.4.3 Espectrograma Sennheiser e835 y 6176	50
4.4.4 Espectrograma Sennheiser e835 y 1073	51
4.4.5 Espectrograma Neumann U87 y 6176	52
4.4.6 Espectrograma Neumann U87 y 1073	53
4.4.7 Espectrograma AKG C414 XL II y 6176.....	54
4.4.8 Espectrograma AKG C414 XL II y 1073.....	55
4.4.9 Espectrograma Shure Beta 52 y 6176	56
4.4.10 Espectrograma Shure Beta 52 y 1073	57
4.4.11 Espectrograma Sennheiser e902 y 6176	58
4.4.12 Espectrograma Sennheiser e902 y 1073	59
4.5 Resultados encuestas	60

4.6	Análisis de resultados para las muestras auditivas	63
4.7	Comparación de resultados entre encuestas y mediciones ...	64
4.7.1	Muestras batería	64
4.7.2	Muestras guitarra eléctrica	66
4.7.3	Muestras guitarra acústica	69
4.8	Análisis económico	71
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1	Conclusiones	73
5.2	Recomendaciones.....	75
	REFERENCIAS.....	77
	ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Sennheiser e835.	13
<i>Figura 2.</i> Sennheiser e902.	14
<i>Figura 3.</i> Shure SM57.	15
<i>Figura 4.</i> Shure Beta 52.	16
<i>Figura 5.</i> AKG C414 XL II.	17
<i>Figura 6.</i> Neumann U87.	18
<i>Figura 7.</i> AMS Neve 1073.	19
<i>Figura 8.</i> Universal Audio 6176.	20
<i>Figura 9.</i> Conversión analógica/digital.	20
<i>Figura 10.</i> Conversión digital/analógica.	21
<i>Figura 11.</i> Ventana <i>transfer function</i> de Smart Acoustics.	21
<i>Figura 12.</i> Ventana de edición de Pro Tools.	22
<i>Figura 13.</i> Micrófonos seleccionados.	23
<i>Figura 14.</i> Preamplificadores externos CR3.	24
<i>Figura 15.</i> Generador tono puro 1kHz a -18 dBFS.	25
<i>Figura 16.</i> Calibración inicial del sonómetro.	26
<i>Figura 17.</i> Pantalla calibración inicial del sonómetro.	26
<i>Figura 18.</i> <i>Reflection free zone</i>	27
<i>Figura 19.</i> M-AUDIO Mobile Pre USB.	27
<i>Figura 20.</i> Cadena electroacústica.	28
<i>Figura 21.</i> Nivel de presión sonora generado en la sala.	29
<i>Figura 22.</i> Micrófono en zona libre de reflexiones.	29
<i>Figura 23.</i> Niveles seleccionados Universal Audio 6176.	30
<i>Figura 24.</i> Niveles seleccionados AMS Neve 1073.	30
<i>Figura 25.</i> Comprobación de nivel 1 kHz.	31
<i>Figura 26.</i> Medición tono puro 1 kHz en Smart.	31
<i>Figura 27.</i> Generador de ruido rosa a -18 dBFS.	32
<i>Figura 28.</i> Nivel ruido rosa en la sala.	33
<i>Figura 29.</i> Medición de fase y magnitud.	33
<i>Figura 30.</i> Formas de onda en Pro Tools.	34
<i>Figura 31.</i> Microfonía de batería.	35

<i>Figura 32.</i> Niveles utilizados en grabación de batería.....	36
<i>Figura 33.</i> Formas de onda muestra batería.....	36
<i>Figura 34.</i> Microfonía guitarra eléctrica.....	37
<i>Figura 35.</i> Niveles utilizados en grabación guitarra eléctrica.....	37
<i>Figura 36.</i> Formas de onda muestra guitarra eléctrica.....	37
<i>Figura 37.</i> Microfonía guitarra acústica.....	38
<i>Figura 38.</i> Niveles utilizados en grabación guitarra acústica.....	38
<i>Figura 39.</i> Formas de onda guitarra acústica.....	38
<i>Figura 40.</i> Espectro de colores.....	47
<i>Figura 41.</i> Espectro SM57 y 6176 <i>Hi Z</i>	48
<i>Figura 42.</i> Espectro SM57 y 6176 <i>Low Z</i>	48
<i>Figura 43.</i> Espectro SM57 y 1073 <i>Hi Z</i>	49
<i>Figura 44.</i> Espectro SM57 y 1073 <i>Low Z</i>	49
<i>Figura 45:</i> Espectro e835 y 6176 <i>Hi Z</i>	50
<i>Figura 46.</i> Espectro e835 y 6176 <i>Low Z</i>	50
<i>Figura 47.</i> Espectro e835 y 1073 <i>Hi Z</i>	51
<i>Figura 48.</i> Espectro e835 y 1073 <i>Low Z</i>	51
<i>Figura 49.</i> Espectro U87 y 6176 <i>Hi Z</i>	52
<i>Figura 50.</i> Espectro U87 y 6176 <i>Low Z</i>	52
<i>Figura 51.</i> Espectro U87 y 1073 <i>Hi Z</i>	53
<i>Figura 52.</i> Espectro U87 y 1073 <i>Low Z</i>	53
<i>Figura 53.</i> Espectro C414 y 6176 <i>Hi Z</i>	54
<i>Figura 54.</i> Espectro C414 y 6176 <i>Low Z</i>	54
<i>Figura 55.</i> Espectro C414 y 1073 <i>Hi Z</i>	55
<i>Figura 56.</i> Espectro C414 y 1073 <i>Low Z</i>	55
<i>Figura 57.</i> Espectro Beta 52 y 6176 <i>Hi Z</i>	56
<i>Figura 58.</i> Espectro Beta 52 y 6176 <i>Low Z</i>	57
<i>Figura 59.</i> Espectro Beta 52 y 1073 <i>Hi Z</i>	57
<i>Figura 60.</i> Espectro Beta 52 y 1073 <i>Low Z</i>	58
<i>Figura 61.</i> Espectro e902 y 6176 <i>Hi Z</i>	58
<i>Figura 62.</i> Espectro e902 y 6176 <i>Low Z</i>	59
<i>Figura 63.</i> Espectro e902 y 1073 <i>Hi Z</i>	59

<i>Figura 64.</i> Espectro e902 y 1073 Low Z.....	60
<i>Figura 65.</i> Representación gráfica que indica conocimiento sobre preamplificadores.....	61
<i>Figura 66.</i> Representación gráfica que indica creencia sobre equipo análogo vs digital.....	61
<i>Figura 67.</i> Representación gráfica que indica preferencia sobre tubos vs transistores.....	62
<i>Figura 68.</i> Representación gráfica que indica relevancia de THD en encuestados.....	62
<i>Figura 69.</i> Representación gráfica que indica relevancia sobre la impedancia en encuestados.....	63
<i>Figura 70.</i> Representación gráfica que indica la muestra preferida en batería.....	65
<i>Figura 71.</i> Representación gráfica que indica motivos de la selección en batería.....	65
<i>Figura 72.</i> Histograma de respuestas en muestras de batería.....	65
<i>Figura 73.</i> Representación gráfica que indica la muestra preferida en guitarra eléctrica.....	67
<i>Figura 74.</i> Representación gráfica que indica motivos de la selección en guitarra eléctrica.....	67
<i>Figura 75.</i> Histograma de respuestas en muestras de guitarra eléctrica.....	68
<i>Figura 76.</i> Representación gráfica que indica la muestra preferida en guitarra acústica.....	70
<i>Figura 77.</i> Representación gráfica que indica motivos de la selección en guitarra acústica.....	70
<i>Figura 78.</i> Histograma de respuestas en muestras de guitarra acústica.....	70
<i>Figura 79.</i> Medición e835 junto a sonómetro.....	79
<i>Figura 80.</i> Ubicación de las capsulas Sennheiser e835 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.....	79
<i>Figura 81.</i> Ubicación de las capsulas U87 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.....	80
<i>Figura 82.</i> Medición U87 junto a sonómetro.....	80

<i>Figura 83.</i> Ubicación de las capsulas C414 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.	81
<i>Figura 84.</i> Patrón polar cardioide C414.....	81
<i>Figura 85.</i> Filtros desactivados C414	82
<i>Figura 86.</i> Medición C414 junto a sonómetro.....	82
<i>Figura 87.</i> Ubicación de las capsulas Beta 52 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.	83
<i>Figura 88.</i> Medición Beta 52 junto a sonómetro.....	83
<i>Figura 89.</i> Medición e902 junto a sonómetro.	84
<i>Figura 90.</i> Ubicación de las capsulas e902 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.	84
<i>Figura 91.</i> Patrón polar cardioide U87.....	85
<i>Figura 92.</i> Atenuador desactivado U87	85
<i>Figura 93.</i> Filtro pasa altos desactivado U87	86
<i>Figura 94.</i> Proceso de medición con MacBook Pro y M-Audio Mobile Pre USB.....	86
<i>Figura 95.</i> Proceso de grabación de guitarras eléctricas	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Especificaciones técnicas AMS Neve 1073</i>	19
Tabla 2. <i>Especificaciones técnicas Universal Audio 6176</i>	20
Tabla 3. <i>Relaciones de impedancia para Universal Audio 6176</i>	39
Tabla 4. <i>Relaciones de impedancia para AMS Neve 1073 DPA</i>	39
Tabla 5. <i>THD al usar Low Z</i>	40
Tabla 6. <i>THD al usar Hi Z</i>	40
Tabla 7. <i>THD generado por UA 6176</i>	41
Tabla 8. <i>THD generado por Neve 1073</i>	41
Tabla 9. <i>Variación baja frecuencia SM57 y 6176</i>	42
Tabla 10. <i>Variación baja frecuencia SM57 y 1073</i>	42
Tabla 11. <i>Variación baja frecuencia e835 y 6176</i>	43
Tabla 12. <i>Variación baja frecuencia e835 y 1073</i>	43
Tabla 13. <i>Variación baja frecuencia U87 y 6176</i>	44
Tabla 14. <i>Variación baja frecuencia U87 y 1073</i>	44
Tabla 15. <i>Variación baja frecuencia C414 y 6176</i>	45
Tabla 16. <i>Variación baja frecuencia C414 y 1073</i>	45
Tabla 17. <i>Variación baja frecuencia Beta 52 y 6176</i>	46
Tabla 18. <i>Variación baja frecuencia Beta 52 y 1073</i>	46
Tabla 19. <i>Variación baja frecuencia e902 y 6176</i>	46
Tabla 20. <i>Variación baja frecuencia e902 y 1073</i>	47
Tabla 21. <i>Detalle de las muestras auditivas utilizadas en encuesta</i>	63
Tabla 22. <i>Codificación de respuestas en muestras de batería</i>	66
Tabla 23. <i>Codificación de respuestas en muestras de batería</i>	68
Tabla 24. <i>Codificación de respuestas en muestras de guitarra acústica</i>	71
Tabla 25. <i>Detalle de costo de equipos utilizados para investigación</i>	71
Tabla 26. <i>Detalle de costo de investigador</i>	72

1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Un micrófono a grandes rasgos es un dispositivo que convierte las ondas acústicas en eléctricas, genera voltajes muy pequeños en el orden de los mili voltios [mV]. Los preamplificadores nacen de la necesidad de elevar dichos voltajes de magnitud muy pequeña conocida como nivel de micrófono a una mayor llamada nivel de línea, la cual utilizan la mayoría de procesadores de audio convencionales para trabajar (Lewis, 2013). Es común que estos dispositivos tengan que multiplicar su señal de entrada por mil, idealmente entregando la misma señal, pero con una amplitud mucho mayor. No obstante, al elevar la señal en magnitudes tan grandes el ruido también se eleva de forma considerable, por lo cual se han buscado diferentes métodos y dispositivos que eliminen o minimicen los cambios a la sensibilidad de los micrófonos (Aimo Suvanto , 2016), cabe recalcar que no solo los cambios eléctricos causan variaciones en las señales, sino también factores ambientales como la temperatura y humedad (Patente nº US9247331, 2016). La aportación y/o coloración que ofrecen los distintos preamplificadores de micrófonos han sido un tema debatido en el mundo del sonido (Stroe, 2011). Debido a la variedad de marcas y diseños disponibles es posible realizar un sinnúmero de combinaciones con distintos micrófonos.

La gran cantidad de diseños y calidad de materiales empleados en la construcción de estos dispositivos es común encontrarse que su funcionamiento no es igual, inclusive entre modelos idénticos gracias a pequeñas diferencias de sus componentes (Self, 2011), al obligar a los componentes analógicos a trabajar por encima de su rango ideal de trabajo entran en saturación, lo cual provoca un recorte en la onda, éste puede ser de tipo *soft clipping*, *hard clipping* o un intermedio, cuyas características sonoras son reconocibles según el tipo de circuito empleado, siendo los más conocidos los tubos de vacío y los transistores (Stroe, 2011). Habitualmente esta saturación genera armónicos pares o impares en la señal, a este fenómeno se le llama coloración y su aporte puede ser o no

significativo en función de que instrumento u objeto se use ya que se usan distintos criterios para diálogos o música.

En un mundo ideal, tanto micrófonos como preamplificadores deberían ser totalmente transparentes, es decir, que la señal de salida sea idéntica a la de entrada (espectralmente hablando), sin embargo, esto no sucede debido al funcionamiento no lineal de sus componentes electrónicos. En el ámbito profesional se considera tolerable una distorsión armónica entre 0.02% y el 0,05% (Baez, 2016). No obstante, esto es relativo según la aplicación final de los mismos. En producción musical es común encontrar ingenieros que sobrecargan a sus dispositivos buscando esa coloración, mientras que, en la producción radial, televisiva o *streaming* por internet se busca una señal lo más fiel a la original posible (Reitbauer, Rainer, Noisternig, Rettenbacher, & Graf, 2012).

Muchos fabricantes ofrecen la posibilidad de cambiar la impedancia de entrada en algunos de sus modelos de previos e inclusive especifican en el manual de usuario que debería ser por lo menos diez veces mayor a la del micrófono conectado sin justificación técnica alguna, únicamente se indica al usuario escuchar la diferencia tonal que se produce (Universal Audio, 2009). Así mismo existen fabricantes que buscan todo lo contrario, diseñando sistemas que garanticen que no exista diferencia mediante un ajuste automático del BIAS, manteniendo así la linealidad del sistema (Turnbull, 2012), es decir que la respuesta de este sea igual en todas las frecuencias.

Por el lado de la electrónica se encuentra explicaciones teóricas con la ley de Ohm, donde se establece que $V=I \cdot Z$ (Siendo Z la impedancia, I la corriente y V el voltaje). El voltaje es el parámetro que define la amplitud de una señal, también conocido vulgarmente como volumen. Para la entrada del preamplificador se puede apreciar que, si la impedancia es mayor, también lo será el voltaje final (Eargle, 2012), sin embargo, una resistencia extremadamente grande no permite pasar ninguna señal, por lo cual es necesario utilizar un valor intermedio.

Por otro lado, en la parte del micrófono se busca que la impedancia sea bastante pequeña (con relación al preamplificador) ya que su señal de amplitud minúscula normalmente debe recorrer largas distancias de cable para llegar a su destino final y una impedancia grande podría causar que ruido se filtre en la señal (Eargle, 2012).

Debido a esto, resulta necesario desarrollar un análisis que permita determinar el efecto de las relaciones de impedancia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar el efecto que tiene la relación de impedancias entre diferentes preamplificadores y micrófonos, midiendo y/o comparando el parámetro THD con encuestas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diseñar una encuesta que corrobore o desmienta para capacidad de las personas de escuchar las diferencias sonoras provocadas.
- Comparar los resultados de mediciones iguales cuya única variable es la impedancia de entrada del preamplificador mediante análisis del THD y encuestas.
- Determinar si los cambios debidos a la relación de impedancia entre dispositivos son perceptibles a un porcentaje alto de los encuestados.

1.3 Justificación

Este trabajo busca presentar los fenómenos provocados por el cambio de las relaciones de impedancia mediante la comparación de datos obtenidos a través de mediciones y encuestas; al mismo tiempo busca determinar la existencia de un patrón en común al variar la relación 10:1 recomendada para la interconexión de distintos aparatos.

1.4 Alcance

El alcance de esta investigación está enfocado a diversas ramas del audio y sonido como: diseño de micrófonos, diseño de preamplificadores, producción musical, docencia.

Los resultados obtenidos están orientados a estudiantes y profesionales de todos los ámbitos que ofrece el campo del sonido, ya que ellos son quienes utilizan este tipo de equipamiento a diario para su trabajo o formación profesional. Se busca que además de considerar su gusto subjetivo también conozcan teóricamente el efecto de modificar distintos parámetros en diversos equipos de una u otra forma.

1.5 Hipótesis

En el mundo del audio comúnmente se toman decisiones según el gusto de la persona encargada de realizar un determinado trabajo, por lo cual es posible que la relación ideal de 10:1 sea un valor decidido arbitrariamente por un grupo de personas de manera subjetiva, buscando el sonido más adecuado para un producto. Sin embargo, diferencias muy grandes a las requeridas teóricamente podrían causar daño a los equipos a largo plazo.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Principios psicoacústicos

La percepción del sonido cambia entre cada persona debido a la forma en que el cerebro procesa la información recibida a través del sistema auditivo. Este utiliza diferentes métodos para compensar la información faltante, buscando hacer un sonido desconocido parecer familiar.

La psicoacústica estudia dichos métodos y al mismo tiempo, es bastante utilizada para controlar la experiencia acústica de un oyente en un determinado entorno. Algunos de los principios más importantes son:

- Sonoridad.
- Umbral de audición.
- Rango de audición.

Estos principios afectan la toma de decisiones de cada individuo de forma diferente según su edad, gusto musical, pérdida auditiva, sistema de reproducción de audio y muchas otras variables.

2.1.1 Sonoridad

La sonoridad es una medida subjetiva con la que un sonido es percibido por el oído humano. La sensación de sonoridad es mayor para sonidos débiles y menor para los fuertes ya que la audición humana funciona de manera logarítmica y no lineal. La misma depende de algunas variables del sonido como la frecuencia, amplitud, sensibilidad del oído y duración.

El nivel de sonoridad se define como la sonoridad de un tono de 1kHz reproducido a un nivel de presión sonora de 40 dB, a través de la siguiente fórmula:

$$Sonoridad = 2^{(NS-40)/10} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

NS = Nivel de sonoridad (fon)

2.1.2 Umbral de audición

El umbral de audición indica el nivel de presión sonora que un sonido debe tener para ser percibido por el oído. Este nivel es independiente para cada frecuencia, siendo el rango de la media frecuencia el más sensible, ya que ahí se encuentra la inteligibilidad de la palabra (Fechner, 1860). Por lo general, el umbral de las altas frecuencias aumenta con el tiempo de forma directamente proporcional a los años, es decir, a medida que aumenta la edad de un individuo, también su umbral gracias al deterioro de las células en el órgano de Corti. (Levitt, 1971).

2.1.3 Rango de audición

El rango de audición humana se considera entre 20 Hz a 20 kHz, abarca aproximadamente 10 octavas, siendo único para cada persona. Se puede subdividir en 3 grandes grupos:

- Frecuencias graves (16 Hz – 256 Hz).
- Frecuencias medias (256 Hz – 2 kHz).
- Frecuencias agudas (2 kHz – 16 kHz).

El oído de un recién nacido tiene la capacidad de escuchar hasta 20 kHz o más, al igual que el umbral, con el paso del tiempo el rango disminuye, siendo normal que la mayoría de las personas no escuchen por encima de los 16 kHz. (McCormick & Rumsey, 2008)

2.2 Electroacústica

La electroacústica es una rama de la ciencia encargada del estudio, diseño y análisis de dispositivos que transforman energía acústica en eléctrica y viceversa. Algunos ejemplos de dichos dispositivos son: micrófonos, preamplificadores, altavoces y mesas de mezcla.

Su funcionamiento se basa en principios electrónicos, electromagnéticos y mecánicos, los cuales permiten alterar las cualidades del audio que circula a través de ellos, dicho proceso puede ser realizado de forma analógica o digital.

2.2.1 Señal de audio

Una señal de audio es una magnitud variable que puede transmitir información de forma analógica o digital, en este caso una forma de onda (Miyara, 1999). Se dice que es una representación eléctrica del sonido, por lo general se limita al rango de audición humana (20Hz – 20 kHz) en aplicaciones de audio dirigido a un público masivo como la música, películas, *podcast*, etc. Sin embargo, para

motivos de estudio científico puede llegar a almacenar frecuencias tan altas o bajas como el sistema de conversión lo permita.

2.2.2 Impedancia

La impedancia es la oposición que presenta un circuito determinado, al paso de corriente a través de este cuando se aplica una tensión. La impedancia posee tanto magnitud como fase, a diferencia de la resistencia que únicamente posee magnitud. Se puede expresar de forma similar a la resistencia, con la diferencia que el valor depende de la frecuencia (Miyara, 1999). Se define mediante la siguiente fórmula

$$Z = V \times I \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

Z = Impedancia en ohms (Ω)

V = Voltaje en voltios (V)

I = Corriente en amperios (A)

Para obtener la impedancia se debe sumar los efectos de componentes resistivos (debido a resistencias eléctricas) y componentes reactivos (debido a condensadores y bobinas).

$$Z = X_2 + R_2 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Z = Impedancia en ohms (Ω)

X = Reactancia en ohms (Ω)

R = Resistencia en ohms (Ω)

2.2.3 THD

El parámetro THD (*Total Harmonic Distortion*) indica la distorsión que tendrá una señal de audio al pasar por una cadena electroacústica, es decir, una

deformación de la forma de onda. Este fenómeno genera armónicos múltiplos de una frecuencia fundamental que se suman a la original (Miyara, 1999). Se expresa en un porcentaje entre la amplitud de dichos armónicos y la señal original (generalmente 1 kHz) mediante la siguiente fórmula:

$$THD = \frac{\text{armónicos}}{\text{fundamental}} * 100 \% \quad (\text{Ecuación 4})$$

Los armónicos generados, suelen ser agradables al oído ya que poseen alguna relación matemática con la frecuencia fundamental, es decir, son múltiplos de la señal original. El resultado de esta suma se conoce como “coloración”. Cuando la distorsión es excesiva se dice que el dispositivo entró en saturación.

2.2.4 Micrófonos

Un micrófono es un transductor que convierte ondas sonoras en vibración mecánica, esta vibración genera movimiento en un diafragma, el cual genera una señal eléctrica que representa a la señal acústica. Existen varios tipos de micrófonos, cada uno con su respectiva tecnología y métodos para realizar esta conversión acústica/mecánica/eléctrica, sin embargo, los más comunes son:

- Dinámicos.
- Condensadores.
- Cinta.

Cada micrófono tiene sus propias características sonoras, por lo que es importante saber interpretar las especificaciones brindadas por el fabricante para seleccionar la opción adecuada para un uso determinado.

Algunos de los parámetros más importantes son:

- Sensibilidad.
- Patrón polar.
- Impedancia.
- Respuesta en frecuencia.

- THD.
- Principio de transducción (dinámico, condensador o cinta).

A continuación, se presentan los micrófonos seleccionados para el presente estudio junto a sus patrones polares. En el caso de los multi patrón se opta por mostrar únicamente el modo cardioide.

2.2.4.1 Sennheiser e835

Micrófono dinámico, con patrón polar cardioide, diseñado para un uso en su mayoría vocal. Posee un efecto de proximidad mínimo que provee bajos consistentes y claros cuando una persona se acerca o aleja de la capsula.

Impedancia nominal: 350 Ω

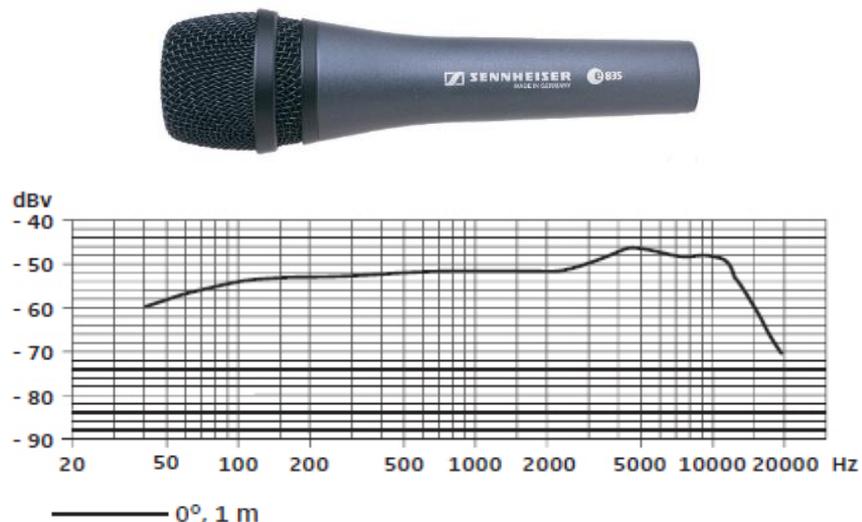


Figura 1. Sennheiser e835.
Tomado de (Sennheiser, 2018)

2.2.4.2 Sennheiser e902

Micrófono dinámico, con patrón polar cardioide. Diseñado para instrumentos de baja frecuencias como el bajo, bombo y tuba. Atenúa el rango medio para dar énfasis a las altas y bajas frecuencias.

Impedancia nominal: 350 Ω

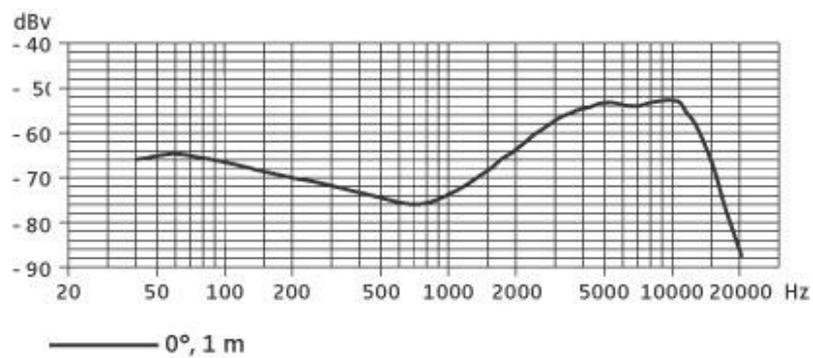


Figura 2. Sennheiser e902.
Tomado de (Sennheiser, 2018)

2.2.4.3 Shure SM57

Micrófono dinámico, con patrón polar cardioide. Considerado al estándar de la industria desde su lanzamiento en 1965, sus principales aplicaciones son: guitarra eléctrica, caja, toms, vientos y voces.

Impedancia nominal: 150 Ω

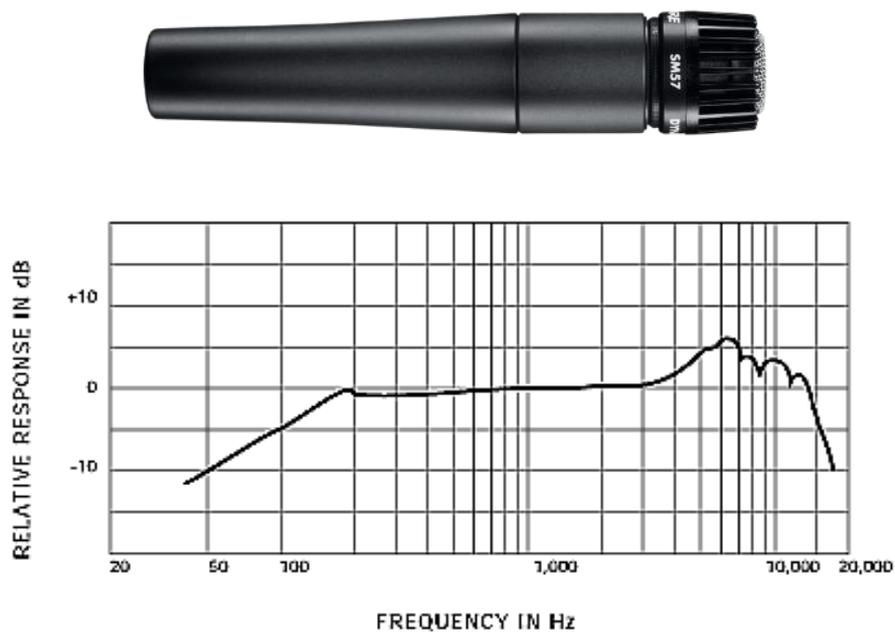


Figura 3. Shure SM57.
Tomado de (Shure, 2018)

2.2.4.4 Shure Beta 52

Micrófono dinámico, diseñado para instrumentos de baja frecuencia. Puede trabajar con niveles de presión sonora muy altos sin distorsionar, ofrece un gran aislamiento con respecto a otras fuentes gracias a su patrón polar supercardioide.

Impedancia nominal: 150 Ω

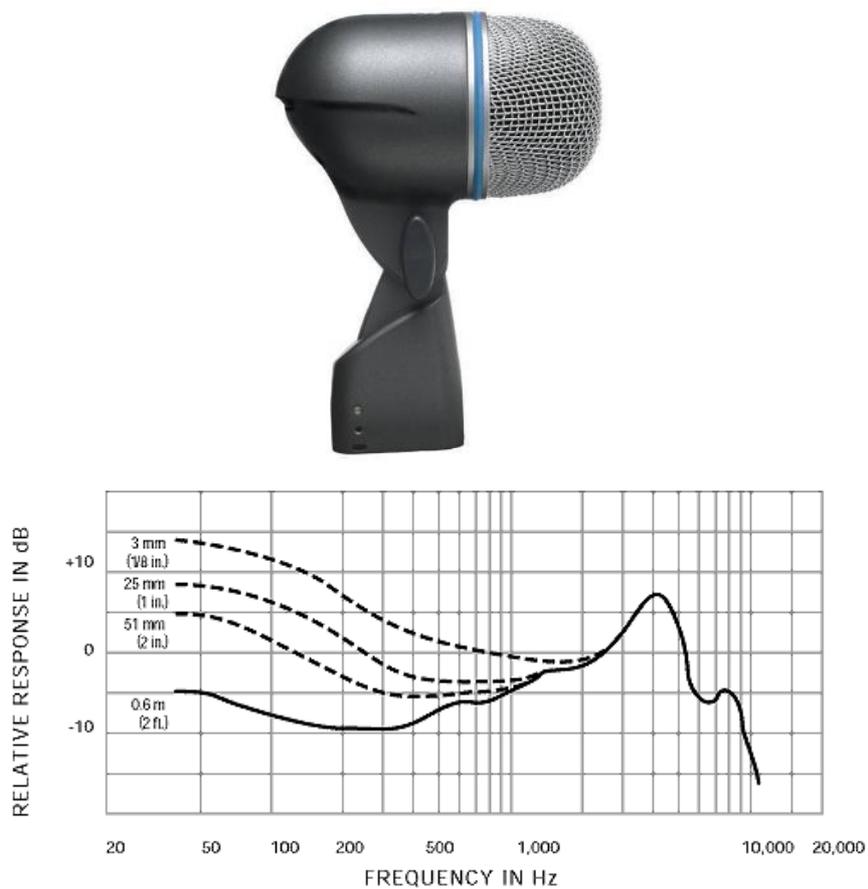


Figura 4. Shure Beta 52.
Tomado de (Shure, 2018)

2.2.4.5 AKG C414 XL II

Micrófono de condensador, permite seleccionar 9 patrones polares distintos para varias aplicaciones, por lo que es uno de los favoritos en estudios de grabación y en concierto.

Impedancia nominal: 200 Ω

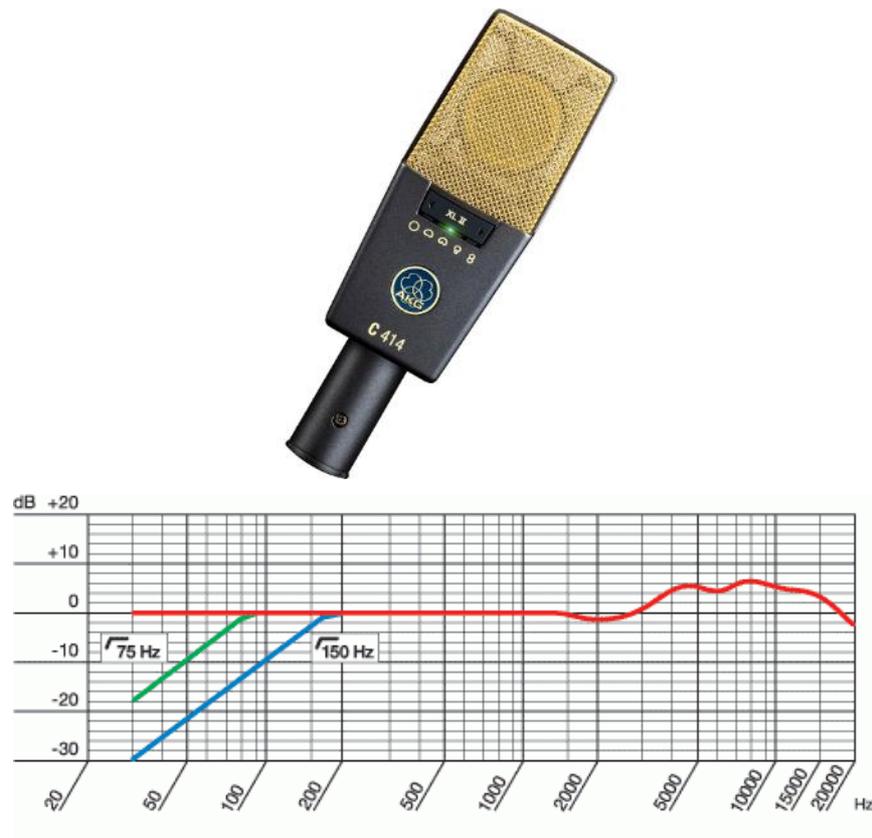


Figura 5. AKG C414 XL II.
Tomado de (AKG, 2018)

2.2.4.6 Neumann U87

Micrófono de condensador con tres patrones polares seleccionables. Posee respuesta de frecuencia plana y un ligero énfasis en la presencia, típicamente utilizado en estudios de grabación para varias aplicaciones como voces, guitarras, toms, *overhead*, *room*.

Impedancia nominal: 200 Ω



Figura 6. Neumann U87.
Tomado de (Neumann, 2018)

2.2.5 Preamplificador

El preamplificador, también conocido como previo, es un dispositivo electrónico que se encarga de elevar una señal con nivel de micrófono a nivel de línea con el menor ruido posible. Se busca que la señal amplificada sea fiel a la original o coloreada de alguna manera deseable. En el audio profesional se considera que la distorsión armónica (THD) debería estar debajo de 0,5% (Miyara, 1999). Sin embargo, es común encontrar modelos con un THD mucho mayor en la producción musical.

A nivel eléctrico, se recomienda que la impedancia de entrada del previo sea al menos 10 veces mayor que la del micrófono, esto para evitar una caída en la tensión de entrada.

A continuación, se presentan los preamplificadores seleccionados para el presente trabajo.

2.2.5.1 Neve 1073 DPA

El AMS Neve 1073 es una unidad de rack que incluye 2 preamplificadores diseñados por Rupert Neve. Fue de los primeros dispositivos en implementar una circuitería que emplea únicamente transistores, a esta tecnología generalmente se la considera más transparente que la valvular, es decir, que la coloración es menor. Posee impedancia de entrada variables de 300Ω (*Low Z*) y 1200Ω (*Hi Z*) en la entrada de micrófono.



Figura 7. AMS Neve 1073.
Tomado de (BSW, 2017)

Tabla 1.

Especificaciones técnicas AMS Neve 1073.

Impedancia de entrada	Línea	20 k Ω
	Micrófono	300 Ω (<i>Low Z</i>) y 1200 Ω (<i>Hi Z</i>)
THD + Ruido	Entrada -20 dBu a 600 ohm en 50 Hz a 10 kHz	< 0.07%

2.2.5.2 Universal Audio 6176

Este dispositivo es la combinación del preamplificador valvular Universal Audio 610 y el compresor Universal Audio 1176. Al funcionar con tubos de vacío es normal que presente una coloración mayor a la señal, la cual puede ser sutil o no, controlando la ganancia de este.



Figura 8. Universal Audio 6176.
Tomado de (Universal Audio, 2018)

Tabla 2.

Especificaciones técnicas Universal Audio 6176.

Impedancia de entrada	Línea	20 k Ω
	Micrófono	500 Ω (Low Z) y 2000 Ω (Hi Z)
THD + Ruido	Entrada -20 dBu a 600 Ω en 50 Hz a 10 kHz	< 0.5%

2.2.6 Conversión analógica - digital y digital – analógica

La conversión analógica/digital, es el proceso que transforma una señal de audio en un número finito de valores binarios, tomando muestras de la señal cada cierto tiempo, se obtiene una representación de la forma de onda que puede ser procesada en sistemas digitales.

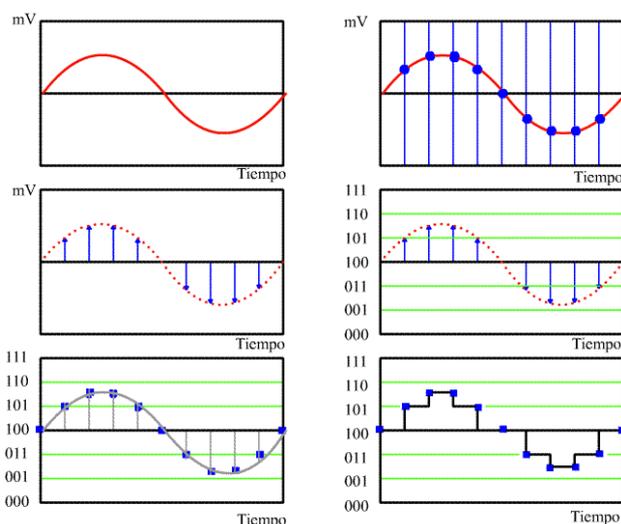


Figura 9. Conversión analógica/digital.
Tomado de (Carreras, s.f.)

La conversión digital/analógica consiste en transformar una señal digital binaria en un voltaje analógico, entre los principales parámetros que determinan la calidad de la conversión están la frecuencia de muestreo y profundidad de bits.

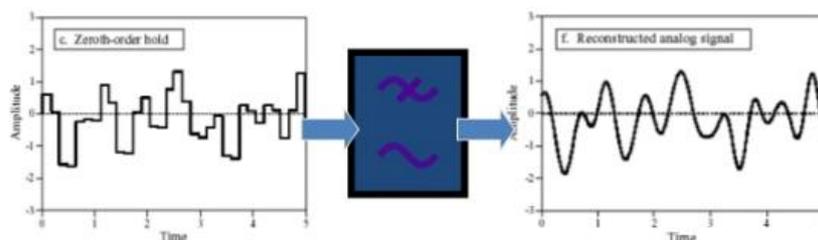


Figura 10. Conversión digital/analógica.
Tomado de (Slideshare, s.f.)

2.3. Software usado

A continuación, se indica el software utilizado para la investigación.

2.3.1 Smart

El programa Smart “System Measurement Acoustic Analysis Real-time Tool”, creada por la compañía Rational Acoustics, es una herramienta creada para ver el contenido frecuencial de cualquier señal tanto acústica como eléctrica de todo tipo de sistemas de sonido.

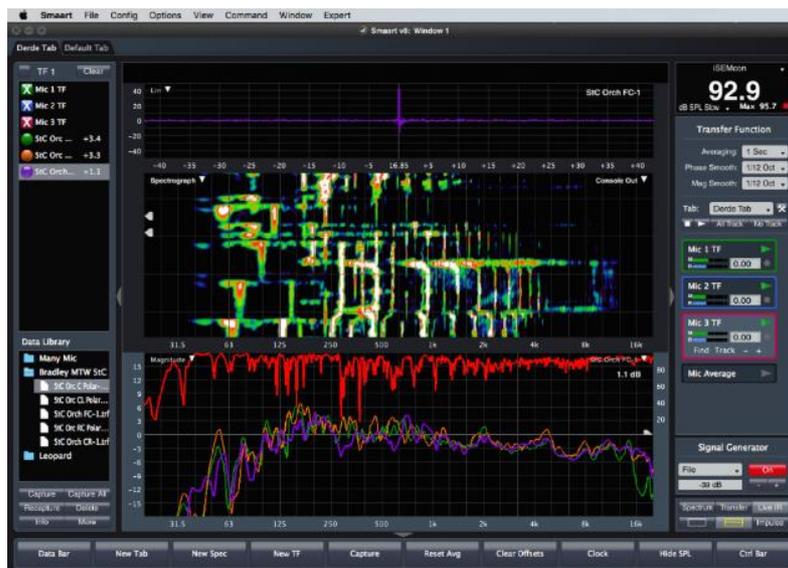


Figura 11. Ventana *transfer function* de Smart Acoustics.
Tomado de (Rational Acoustics, 2016)

Sus principales funciones son:

- Medición de sistema: analizador de dos canales. Permite visualizar cada uno de los canales independientemente y analizar su duración, nivel, contenido frecuencial. Adicionalmente se pueden comparar ambas señales (lo que sale vs lo que regresa) lo que permite analizar lo cambios que suceden en el camino, es decir, nos muestra visualmente el efecto que tienen los sistemas en las señales que pasan a través de ellos.
- Análisis acústico: herramienta utilizada para medir y determinar cómo adaptar el sistema de sonido a un recinto o viceversa.
- RTA: analizador en tiempo real que muestra el contenido frecuencial de una sala o sistema de audio. Permite identificar rápidamente problemas de acoples, respuesta del sistema en un recinto.

2.3.2 Pro Tools

Pro Tools es una DAW (*Digital Audio Workstation*) creada por la empresa AVID. Permite grabar, editar y mezclar varias pistas de audio simultáneamente. Actualmente es el estándar de la industria a nivel mundial y se puede encontrar en la mayoría de los estudios de grabación y post producción a nivel mundial.



Figura 12. Ventana de edición de Pro Tools.
Tomado de (ProToolerBlog, 2018)

3. CAPÍTULO III. METODOLOGIA

3.1 Equipamiento utilizado

Se utiliza un total de seis micrófonos cardioides, cada uno con sus características propias y usos recomendados. Cuatro micrófonos dinámicos y dos de condensador, buscando cubrir un amplio rango de aplicaciones posibles, tanto de palabra como música.

Adicionalmente se decide usar dos de los tres preamplificadores externos disponibles en el estudio CR3 de la UDLA, ya que uno de ellos no posee impedancia variable.

Una vez seleccionado el equipo se determinó las mediciones y grabaciones necesarias para poder analizar los parámetros eléctricos y sonoros resultantes del cambio de impedancia.



Figura 13. Micrófonos seleccionados.

3.1.1 Micrófonos dinámicos

Para este tipo de transducción se seleccionaron los siguientes micrófonos Shure SM57, Sennheiser e835, Shure Beta 52 y Sennheiser e902 como podemos apreciar en el primer capítulo en las figuras 1, 2, 5 y 6, la respuesta en frecuencia entre ellos es bastante similar, sin embargo, la impedancia de salida es muy diferente, por lo cual se espera encontrar resultados distintos.

3.1.2 Micrófonos de condensador

Para este tipo de micrófonos se seleccionaron el Neumann U87 y el AKG C414 XL II, al ser más sensibles que los de tipo dinámico e incorporar un circuito electrónico complejo por dentro, se espera que muestren con mayor facilidad variaciones en los resultados.

3.1.3 Preamplificadores seleccionados

Se opta por utilizar el canal uno del 1073 y la etapa de preamplificación del 6176 omitiendo la etapa de compresión, ya que ambos permiten cambiar la impedancia de entrada. El Universal Audio 710 fue descartado ya que posee un circuito híbrido entre válvulas y transistores que según el fabricante es transimpedancia, sin embargo, no fue posible encontrar información exacta sobre la existencia de variaciones en la impedancia debido a la combinación de estas dos tecnologías.



Figura 14. Preamplificadores externos CR3
Tomado de (Baez, 2016)

Observación: mientras se preparaban los equipos necesarios para medir, los previos se encendieron para calentarse y funcionar a temperatura constante durante las mediciones y grabación de muestras.

3.2 Parámetros a determinar y muestras auditivas

Para comenzar este estudio se determinó cual es la relación de impedancia existente para cada combinación micrófono-previo con la siguiente formula:

$$Relación = \frac{Z_{in\ previo}}{Z_{out\ micrófono}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

En segundo lugar, se mide el THD de cada combinación en modo *Hi Z* y *Low Z*, buscando si existe una variación considerable o no. Para ello se generó una señal de 1 kHz en Pro Tools con un nivel de -18 dBFS, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 15. Generador tono puro 1kHz a -18 dBFS.

Finalmente, se diseñó una encuesta con varias muestras de audio, cuya única variación es la impedancia de los previos, con el fin de determinar si las diferencias sonoras generadas por los equipos seleccionados anteriormente son perceptibles o no para el oído humano.

3.3 Condiciones y observaciones de medición

Con el fin de que las sean mediciones repetibles, se utiliza como referencia la “Normativa para determinar la sensibilidad en presión en comparación con micrófono patrón de laboratorio.” (UNE Normalización española, 2016) IEC 61094-1. En ella se establece que se debe utilizar una fuente que emita un tono puro de 1kHz, con un nivel de presión sonora de 94 dB dentro de una cámara anecoica, un ambiente donde no se refleja el sonido. Se utilizó el sonómetro para

comprobar que el nivel sea el indicado por la normativa. En la figura 16 se puede apreciar que el nivel de calibración inicial del sonómetro es de 94 dB.



Figura 16. Calibración inicial del sonómetro.

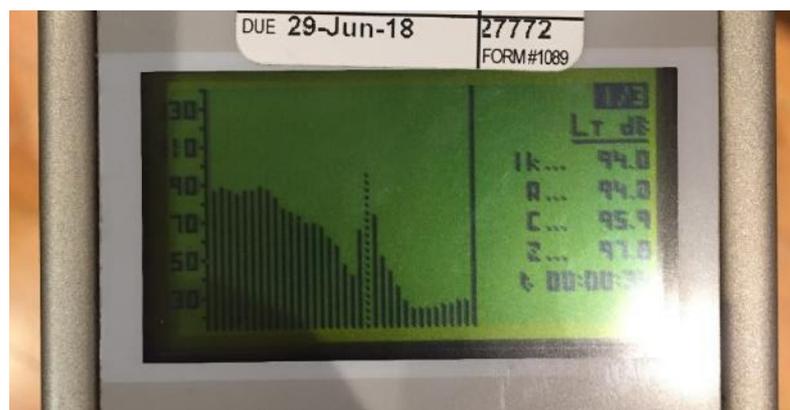


Figura 17. Pantalla calibración inicial del sonómetro.

Ya que en Ecuador no existe un recinto con tales características, se optó por utilizar el CR3 de la UDLA ya que su diseño acústico provee una zona libre de reflexiones (RFZ), lo más cercano a un ambiente anecoico disponible. En la

figura 17, se puede apreciar la existencia un espacio dentro de la sala donde no llegan reflexiones de primer orden. Los micrófonos se colocaron en la posición de la cabeza del ingeniero de audio.

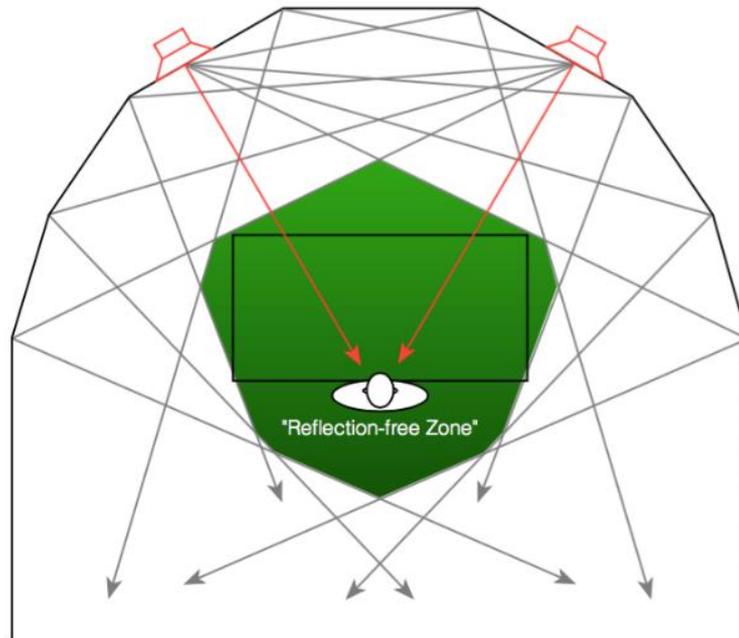


Figura 18. Reflection free zone.
Tomado de (Bang & Olufsen, 2015)

Para todas las mediciones en Smart se utilizó una interfaz de audio M-AUDIO Mobile Pre-USB de dos canales, donde el canal uno es el sistema micrófono-previo y el canal dos la referencia.



Figura 19. M-AUDIO Mobile Pre USB.
Tomado de (Asia pro sound, 2018)

3.4 Cadena electroacústica

La cadena electroacústica utilizada para el presente trabajo se puede apreciar en la figura 20.

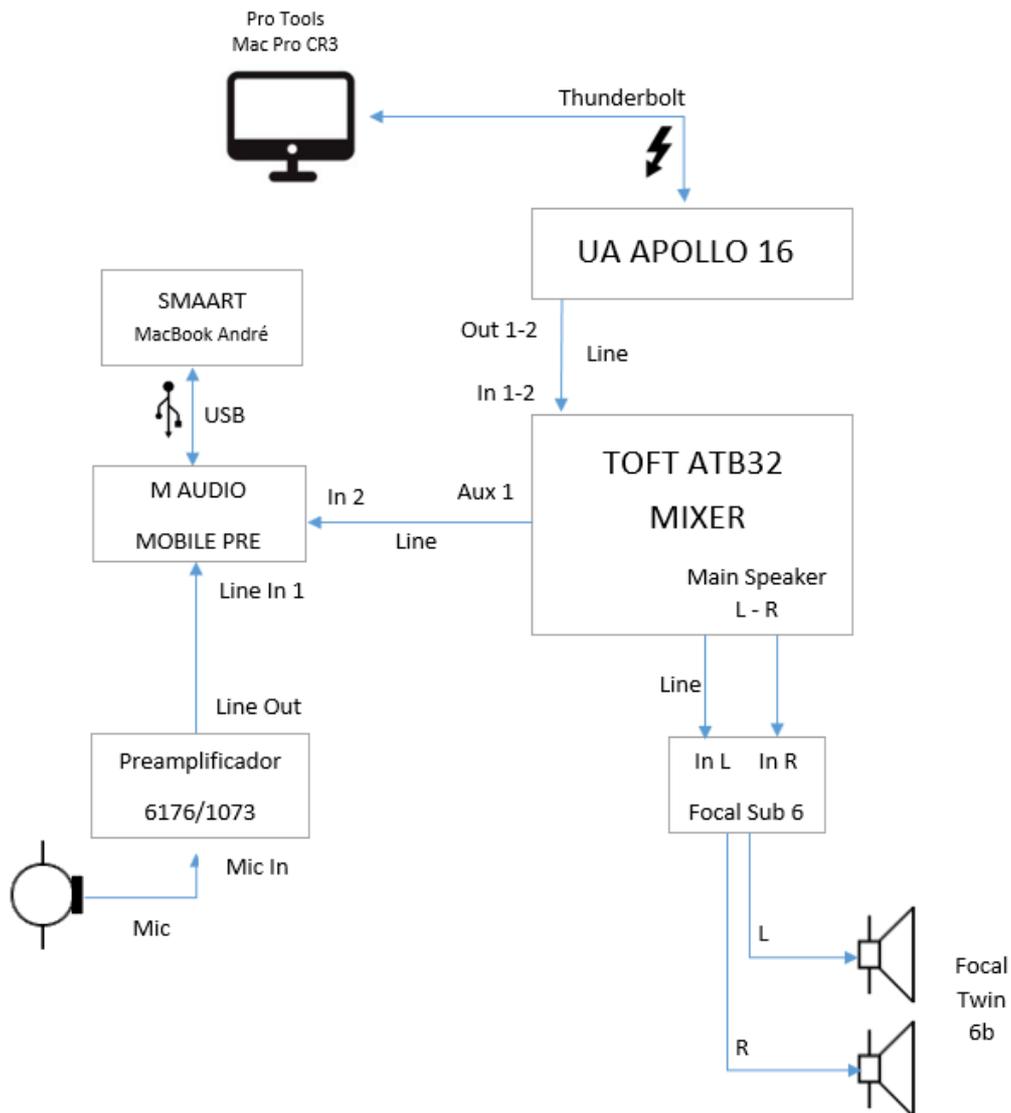


Figura 20. Cadena electroacústica

Observación: ya que las señales de ruido rosa y 1 kHz pasaron por la consola de audio Toft ATB-32 se debe considerar que todas las mediciones tienen la coloración de esta.

3.5 Proceso de medición THD

Con el sonómetro se comprueba si el nivel de presión sonora existente en la sala es 94 dB, sin embargo, el nivel máximo al que se pudo llegar sin una distorsión notable al oído fue de 92.3 dB. Este valor se utiliza para todas las mediciones, tal como se puede apreciar en la figura 21.

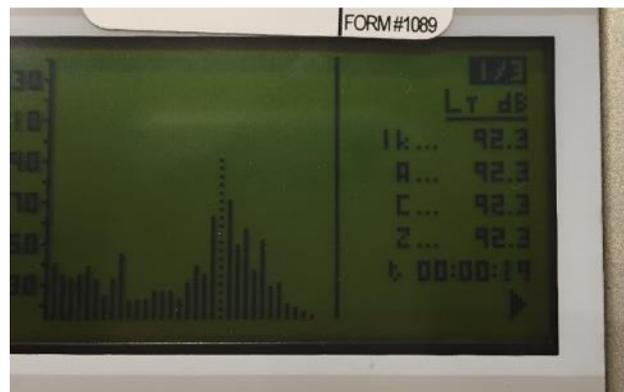


Figura 21. Nivel de presión sonora generado en la sala.

Con el fin de omitir el *patch* de audio, se conectaron los micrófonos directamente a los preamplificadores, utilizando el mismo cable para cada medición. Acto seguido se colocaron los micrófonos en la zona libre de reflexiones.



Figura 22. Micrófono en zona libre de reflexiones.

Se procedió a ajustar un nivel de ganancia del preamplificador en modo *Hi Z* a un valor óptimo donde no distorsione. En las figuras 23 y 24 se distinguir el nivel utilizado para en cada previo, el mismo nunca cambio y se utilizó para todos los micrófonos.



Figura 23. Niveles seleccionados Universal Audio 6176.



Figura 24. Niveles seleccionados AMS Neve 1073.

A continuación, se procede a medir con el RTA de Smart el tono puro de 1 kHz, verificando que el nivel en la sala sea el mismo para cada micrófono.



Figura 25. Comprobación de nivel 1 kHz.



Figura 26. Medición tono puro 1 kHz en Smaart.

Una vez obtenidas las mediciones, se exportan los datos a Excel. Se procede a cambiar la impedancia de entrada a *Low Z* y repetir el proceso para cada combinación micrófono-previo.

Observación: al conectar los micrófonos de condensador, el nivel de salida sube considerablemente ya que su sensibilidad es mayor, llegando a distorsionar digitalmente en la interfaz de medición mas no en el previo. Para solucionar este inconveniente, se ajustó el nivel en entrada de línea para que la medición en Smaart sea similar a la de los micrófonos dinámicos.

3.6 Medición de fase y magnitud

Se utilizó el medidor de dos canales de Smaart, para comprobar si existen alteraciones en la fase de la señal, para realizar esta medición un canal se generó ruido rosa a través de Pro Tools con un nivel de -18 dBFS. Para enviar una referencia se conectó la salida auxiliar 1 de la consola Toft ATB32 directamente al canal dos de la interfaz M-Audio.



Figura 27. Generador de ruido rosa a -18 dBFS.

En este caso los monitores pudieron generar un nivel de 93.5 dB dentro de la sala, se considera la ponderación C ya que se utiliza niveles de presión sonora elevados.

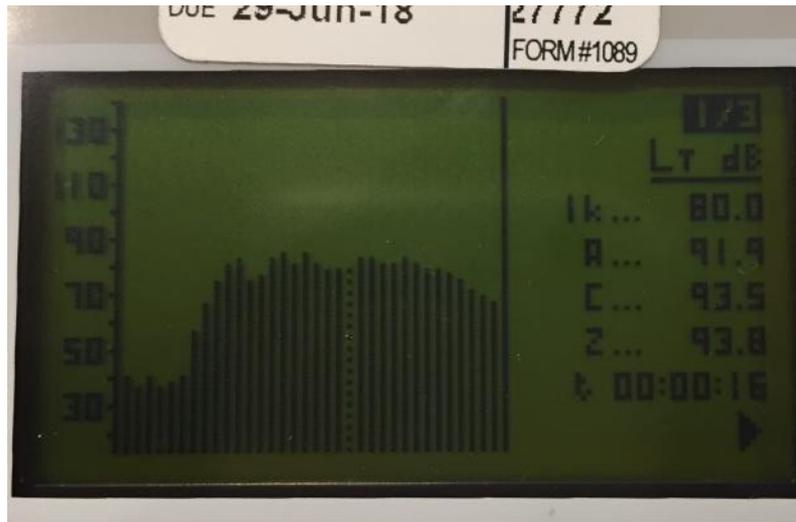


Figura 28. Nivel ruido rosa en la sala.

Al comparar fase se comprobó que la misma siempre fue constante y no hubo ningún cambio en todas las mediciones, por lo cual este parámetro no se discutió en el análisis de resultados.

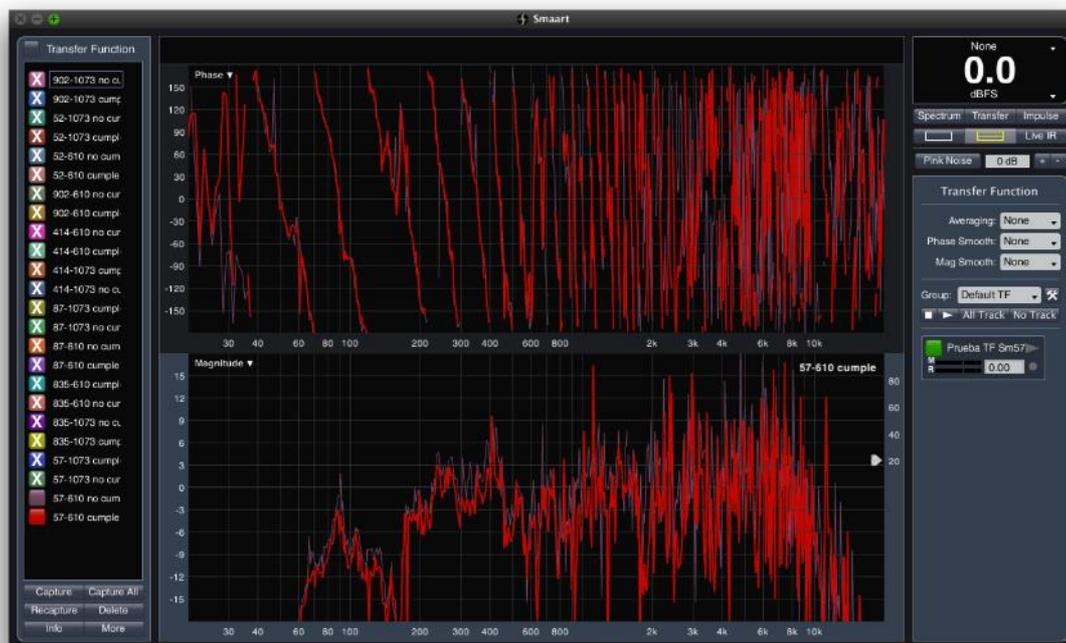


Figura 29. Medición de fase y magnitud.

3.7 Muestras de audio para encuestas

Se realizaron tres muestras de audio con diferentes instrumentos musicales, en este caso:

- Batería acústica.
- Guitarra eléctrica.
- Guitarra acústica.

Al igual que las mediciones de THD, se hicieron dos tomas del mismo pasaje musical, cuya única diferencia es la impedancia de entrada en modo *Hi Z* y *Low Z* en los previos. Aquí se pudo apreciar visualmente que al utilizar una baja impedancia en el previo el nivel es mayor. Sin embargo, los únicos cambios de amplitud apreciables al oído humano fueron las grabaciones realizadas con micrófonos dinámicos diseñados para captar baja frecuencia.

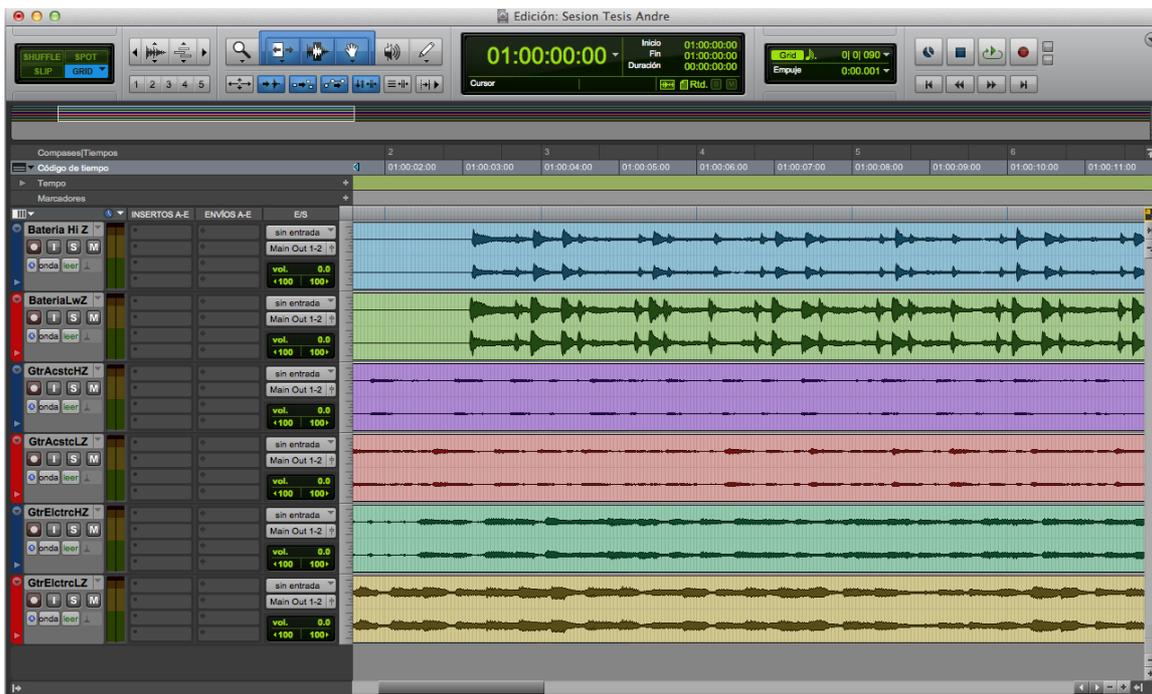


Figura 30. Formas de onda en Pro Tools.

En la figura 30 se aprecia que la amplitud es mayor en todos los casos cuando se utiliza el modo de baja impedancia (las pistas en rojo), para las encuestas los

niveles fueron igualados para evitar seleccionar directamente la que suene más fuerte.

3.7.1 Grabaciones batería

En las muestras auditivas de la batería, se opta por utilizar ambos canales del 1073 con un par de AKG C414 XL II de *overheads* en configuración A/B, apuntando a la caja de forma equidistante y el 6176 con el Shure Beta 52 para el bombo.



Figura 31. Microfonía de batería.



Figura 32. Niveles utilizados en grabación de batería.

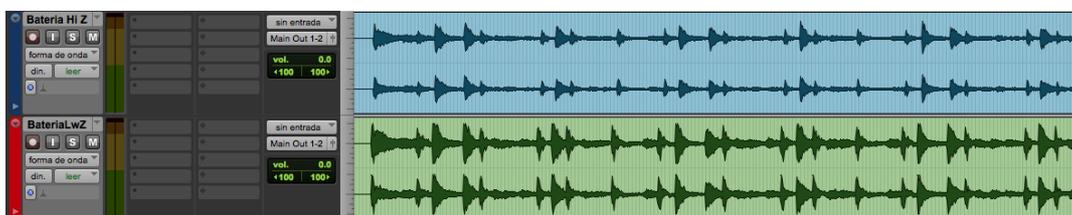


Figura 33. Formas de onda muestra batería.

Observación: Al cambiar la impedancia de entrada a *Low Z* en el 6176, se puede escuchar saturación considerable en la grabación del bombo.

3.7.2 Grabaciones guitarra eléctrica

Se utiliza el micrófono Shure SM57, ya que es el estándar de la industria para la grabación de guitarras eléctricas apuntando directamente a la mitad del cono, se opta por utilizar el 6176.



Figura 34. Microfonía guitarra eléctrica.



Figura 35. Niveles utilizados en grabación guitarra eléctrica.

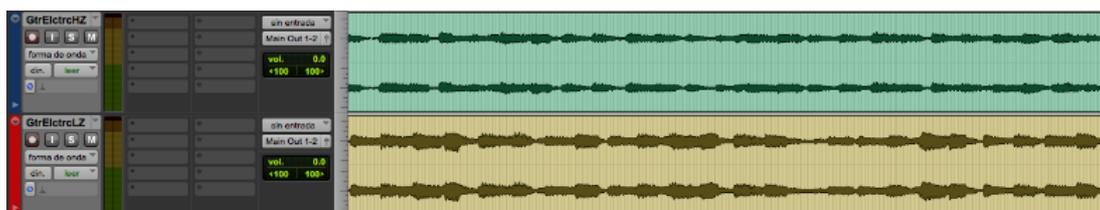


Figura 36. Formas de onda muestra guitarra eléctrica.

3.7.3 Grabaciones guitarra acústica

Para la grabación de guitarra acústica se utiliza una técnica estéreo, se opta por utilizar un par de AKG C414 XL II, donde uno apunta al traste 12 del diapasón para capturar el brillo de las cuerdas, y el segundo direccionado al puente para capturar de mejor manera la baja frecuencia del instrumento. Se utiliza ambos canales del 1073 para obtener una sonoridad y coloración similares.



Figura 37. Microfonía guitarra acústica.



Figura 38. Niveles utilizados en grabación guitarra acústica.

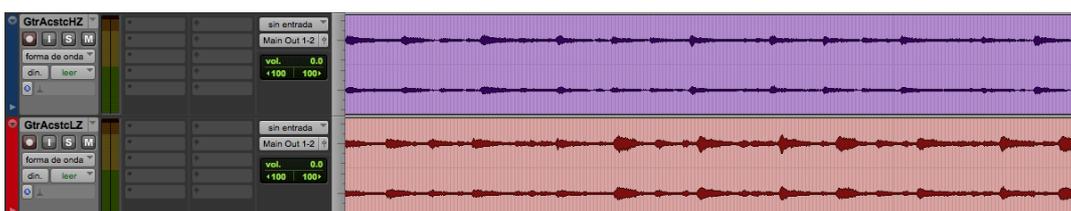


Figura 39. Formas de onda guitarra acústica.

4.CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Relaciones de impedancia

Tras exportar la información desde Smaart a Excel se procede a analizar todos los datos medidos. En la tabla 4 se puede apreciar que, al utilizar el 1073 nunca se llega a cumplir una diferencia de impedancia de al menos diez a uno, también se puede apreciar que al utilizar los micrófonos Sennheiser e835 y e902, en ambos previos tampoco se llega a cumplir esta relación debido a su impedancia de salida relativamente alta.

Tabla 3.

Relaciones de impedancia para Universal Audio 6176.

Relaciones de impedancia 6176						
	SM57 (150 Ω)	e835 (350 Ω)	U87 (200 Ω)	C414 (200 Ω)	Beta 52 (150 Ω)	e902 (350 Ω)
Low Z (500 Ω)	3,3	1,4	2,5	2,5	3,3	1,4
Hi Z (2200 Ω)	14,7	6,3	11,0	11,0	14,7	6,3

Tabla 4.

Relaciones de impedancia para AMS Neve 1073 DPA.

Relaciones de impedancia 1073						
	SM57 (150 Ω)	e835 (350 Ω)	U87 (200 Ω)	C414 (200 Ω)	Beta 52 (150 Ω)	e902 (350 Ω)
Low Z (300 Ω)	2,0	0,9	1,5	1,5	2,0	0,9
Hi Z (1200 Ω)	8,0	3,4	6,0	6,0	8,0	3,4

4.2 Comparación THD entre previos

El parámetro THD se considera de gran importancia ya que indica la carga armónica añadida a la señal de audio. Al comparar los previos seleccionados en las tablas 5 y 6 se puede apreciar que, el 6176 genera una mayor cantidad de armónicos que el 1073 en el 75% de los casos.

Tabla 5.
THD al usar Low Z

	6176	1073
SM57	0,13%	0,34%
e835	0,13%	0,04%
U87	0,12%	0,03%
C414	0,17%	0,08%
Beta 52	0,05%	0,10%
e902	1,60%	1,02%

Tabla 6.
THD al usar Hi Z

	6176	1073
SM57	0,21%	0,14%
e835	0,14%	0,08%
U87	0,91%	0,06%
C414	2,88%	0,05%
Beta 52	0,06%	0,07%
e902	1,91%	1,17%

Tras comparar ambos previos, se nota que en efecto la tecnología valvular genera una mayor cantidad de armónicos, sin embargo, este fenómeno puede ser o no útil dependiendo de la aplicación final de dichos dispositivos.

4.2.1 THD generado por Universal Audio 6176

En este dispositivo se puede apreciar que, en todos los casos cuando se cumple o se acerca a la relación de 10 a 1 de impedancia, el THD es mayor, siendo los micrófonos de condensador los que muestran una mayor variación.

Tabla 7.
THD generado por UA 6176.

THD 6176						
	SM57	e835	U87	C414	Beta 52	e902
Incumple relación	0,13%	0,13%	0,12%	0,17%	0,05%	1,60%
Cumple relación	0,21%	0,14%	0,91%	2,88%	0,06%	1,91%

En la tabla 7 se nota que el AKG C414 es el más sensible a la variación de impedancia, con una diferencia de 2,76%.

4.2.2 THD generado por AMS Neve 1073 DPA

En este dispositivo se puede apreciar que el porcentaje de variación del THD no sigue un patrón en particular. Sin embargo, en la tabla 8 se puede apreciar que, en el caso de los micrófonos dinámicos, los modelos e835 y e902 generan una mayor distorsión armónica cuando la relación 10 a 1 se acerca a la recomendada, cabe recalcar que estos modelos tienen una impedancia mayor que el resto de los micrófonos.

Tabla 8.
THD generado por Neve 1073.

THD 1073						
	SM57	e835	U87	C414	Beta 52	e902
Incumple relación	0,34%	0,04%	0,03%	0,08%	0,10%	1,02%
Cumple relación	0,14%	0,08%	0,06%	0,05%	0,07%	1,17%

En comparación al 6176, la diferencia de THD encontrada en los micrófonos de condensador son mínimas.

4.3 Variación de baja frecuencia

Para analizar el cambio en baja frecuencia (también conocido con las siglas LF por Low Frequency) se utiliza el rango de 16 Hz – 256 Hz, a continuación, se muestra en valor absoluto la diferencia en dB del nivel medido para todos los casos. Ya que los modelos U87 y C414 XL II poseen una respuesta de frecuencia plana podemos asumir que los cambios ocurridos en ellos son más precisos.

4.3.1 Baja frecuencia en Shure SM57

En el caso del 6176 encontramos en promedio 2,07 dB de diferencia y para el 1073 vemos 2,71 dB de diferencia. Considerando que de todas maneras este micrófono tiene un recorte en su respuesta de frecuencia en el área de subgraves, se puede considerar como una repercusión mínima.

Tabla 9.

Variación baja frecuencia SM57 y 6176.

LF SM57 - 6176			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-107,33	-104,61	2,72
32	-91,63	-95,43	3,8
64	-57,79	-56,08	1,71
128	-57,32	-57,22	0,1
256	-46,09	-44,03	2,06

Tabla 10.

Variación baja frecuencia SM57 y 1073.

LF SM57 - 1073			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-93,12	-98	4,88
32	-88,64	-90,67	2,03
64	-66,48	-65,13	1,35
128	-63,21	-59,56	3,65
256	-50,43	-48,75	1,68

4.3.2 Baja frecuencia en Sennheiser e835

En el caso del 6176 encontramos en promedio 5,79 dB de diferencia, con un cambio minúsculo de apenas 0,2 dB en 16 Hz. Para el 1073 encontramos en promedio 3,4 dB de diferencia, con una pequeña variación en 64 Hz de 0,1 dB. En este caso los resultados si varían considerablemente, sin embargo, al ser un micrófono de uso principalmente vocal, su respuesta en baja frecuencia recortada puede hacer los cambios no se aprecien en su totalidad y/o pasen a ser irrelevantes auditivamente hablando.

Tabla 11.

Variación baja frecuencia e835 y 6176.

LF e835 - 6176			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-104,95	-105,15	0,2
32	-93,03	-100,12	7,09
64	-54,9	-61,44	6,54
128	-56,89	-63,78	6,89
256	-41	-49,23	8,23

Tabla 12.

Variación baja frecuencia e835 y 1073.

LF e835 - 1073			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-104,56	-97,17	7,39
32	-106,34	-103,8	2,54
64	-76,6	-76,7	0,1
128	-69,64	-74,83	5,19
256	-57,63	-59,41	1,78

4.3.3 Baja frecuencia en Neumann U87

En el caso del 6176 encontramos un promedio de 3,59 dB de diferencia, también en 16 Hz se ve una variación considerable de 8,26 dB, sin embargo, al ser una frecuencia tan baja no va a ser perceptible para el oído humano. Para el 1073 encontramos en promedio 2,69 dB de diferencia, en 32 Hz se ve una variación grande de 6,11 dB.

En este caso la variación general todavía se considera mínima a nivel auditivo, sin embargo, la región de subgraves donde se encuentran las mayores diferencias normalmente suelen ser percibidas en el cuerpo humano como vibración, por lo que en géneros musicales con gran cantidad de baja frecuencia puede ser determinante esta variación.

Tabla 13.

Variación baja frecuencia U87 y 6176.

LF U87 - 6176			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-92,82	-101,08	8,26
32	-83,95	-85,44	1,49
64	-52,34	-51,53	0,81
128	-51,23	-47,54	3,69
256	-38,79	-42,53	3,74

Tabla 14.

Variación baja frecuencia U87 y 1073.

LF U87 - 1073			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-111,83	-109,89	1,94
32	-97,27	-103,38	6,11
64	-62,62	-66,51	3,89
128	-66,76	-65,59	1,17
256	-54,15	-53,78	0,37

4.3.4 Baja frecuencia en AKG C414 XL II

En el caso del 6176 encontramos en promedio 4,09 dB de diferencia, en la tabla 15 se nota una gran variación de aproximadamente 9,62 dB en 128 Hz y de 9,01 dB en 256 Hz respectivamente, esta parte del espectro si es discernible para el oído humano. En el 1073 encontramos una diferencia promedio de 5,08 dB, se ve un gran cambio de 9,57 dB en 16 Hz y 5,56 dB en 32 Hz respectivamente. En este previo los mayores cambios se presentan en la sección de subgrave, por lo

que en aplicaciones musicales pueden ser relevantes para la toma de decisiones.

Tabla 15.

Variación baja frecuencia C414 y 6176.

LF C414 - 6176			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-104,26	-104,33	0,07
32	-93,16	-92,94	0,22
64	-61,41	-62,96	1,55
128	-64,14	-73,76	9,62
256	-51,26	-60,27	9,01

Tabla 16.

Variación baja frecuencia C414 y 1073.

LF C414 - 1073			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-105,15	-114,72	9,57
32	-103,61	-98,05	5,56
64	-53,41	-56,23	2,82
128	-57	-60,85	3,85
256	-48,4	-52,01	3,61

4.3.5 Baja frecuencia en Shure Beta 52

En el caso del 6176 encontramos un promedio 5,97 dB de diferencia, y para el 1073 encontramos 4,23 dB. En ambos previos existe una variación considerable en diferentes frecuencias, al comparar las tablas 17 y 18 encontramos que, el 6176 tiene una variación de 12,8 dB en 128 Hz, esta frecuencia se considera parte de los graves, mientras que el 1073 provoca una variación de 13,8 dB en 32 Hz, esta frecuencia se encuentra en la zona de subgraves. La selección de una impedancia u otra dependerá enteramente de la coloración final que se le quiera dar al audio.

Tabla 17.

Variación baja frecuencia Beta 52 y 6176.

LF Beta 52 - 6176			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-106,89	-101,2	5,69
32	-83,83	-86,66	2,83
64	-68,15	-64,35	3,8
128	-63,57	-76,37	12,8
256	-58,88	-63,61	4,73

Tabla 18.

Variación baja frecuencia Beta 52 y 1073.

LF Beta 52 - 1073			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-90,71	-90,92	0,21
32	-80,5	-94,3	13,8
64	-65,75	-66,06	0,31
128	-66,7	-71,25	4,55
256	-60,99	-63,31	2,32

4.3.6 Baja frecuencia en Sennheiser e902

En el caso del 6176 encontramos un promedio de 4,03 dB de diferencia, y para el 1073 encontramos 3,95 dB en promedio. Al igual que el Beta 52 los cambios ocurren en diferentes frecuencias, por lo que la selección de impedancia dependerá de la coloración deseada.

Tabla 19.

Variación baja frecuencia e902 y 6176.

LF e902 - 6176			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-108,31	-109,81	1,5
32	-97,65	-103,31	5,66
64	-74,78	-69,53	5,25
128	-68,33	-74,37	6,04
256	-60,23	-61,95	1,72

Tabla 20.

Variación baja frecuencia e902 y 1073.

LF e902 - 1073			
Frecuencia (Hz)	Nivel Zin < 10Zout (dB)	Nivel Zin ≥ 10Zout (dB)	Diferencia (dB)
16	-97,31	-97,69	0,38
32	-77,32	-77,92	0,6
64	-52,94	-58,71	5,77
128	-60,85	-64,17	3,32
256	-52,58	-62,28	9,7

4.4 Análisis RTA y espectrógrafo

En todas las mediciones realizadas se nota una diferencia que, aunque mínima, está presente en todos los casos, cuando la impedancia de entrada del previo baja, el nivel de salida aumenta. Cabe recalcar que el único caso donde fue considerable el cambio de nivel auditivamente fue en los micrófonos de baja frecuencia, es decir el Shure Beta 52 y el Sennheiser e902.

En la figura 40 se puede apreciar la escala de colores empleada por el espectrógrafo, donde los colores de la izquierda significan menor intensidad y los de la derecha mayor intensidad.



Figura 40. Espectro de colores.
Tomado de (Teslatronica, s.f.)

A continuación, se presenta las variaciones de nivel medidas con Smart para cada combinación micrófono-previo de forma visual.

Observación: al examinar los gráficos de las mediciones se denota que en todos los casos existe una cancelación en el área de 125 Hz – 150 Hz., este fenómeno

se debe a las primeras reflexiones que tienen en la consola de audio o mesas de grandes dimensiones (Hodas, 1994) que normalmente se encuentran frente a la posición de escucha

4.4.1 Espectrograma Shure SM57 con 6176

Al comparar el espectrógrafo de las figuras 41 y 42 se denota que al usar el modo *Low Z* el nivel es mayor ya que en general el color pasa a un anaranjado más intenso, la respuesta en frecuencia se mantiene similar, con la excepción de un ligero pico que se crea alrededor del 90 Hz.



Figura 41. Espectro SM57 y 6176 Hi Z.

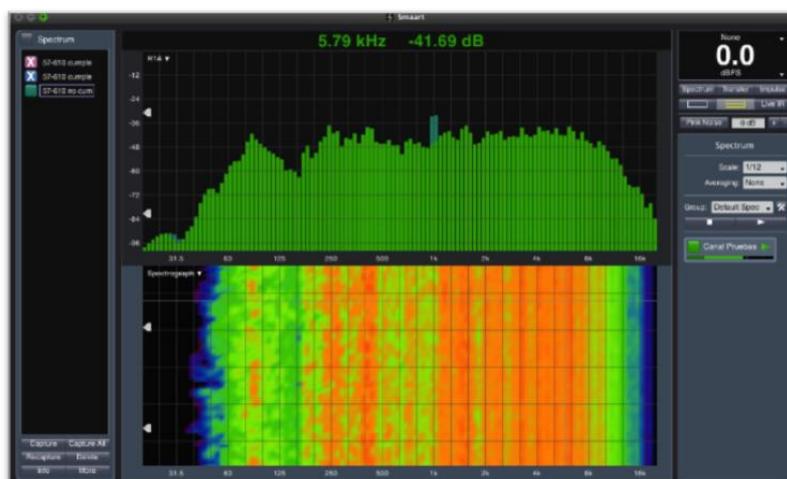


Figura 42. Espectro SM57 y 6176 Low Z.

4.4.2 Espectrograma Shure SM57 y 1073

Al relacionar las figuras 43 y 44 vemos que el nivel de salida también es mayor en el modo *Low Z*, sin embargo, en comparación al 6176 la variación en este previo es menor.



Figura 43. Espectro SM57 y 1073 Hi Z.

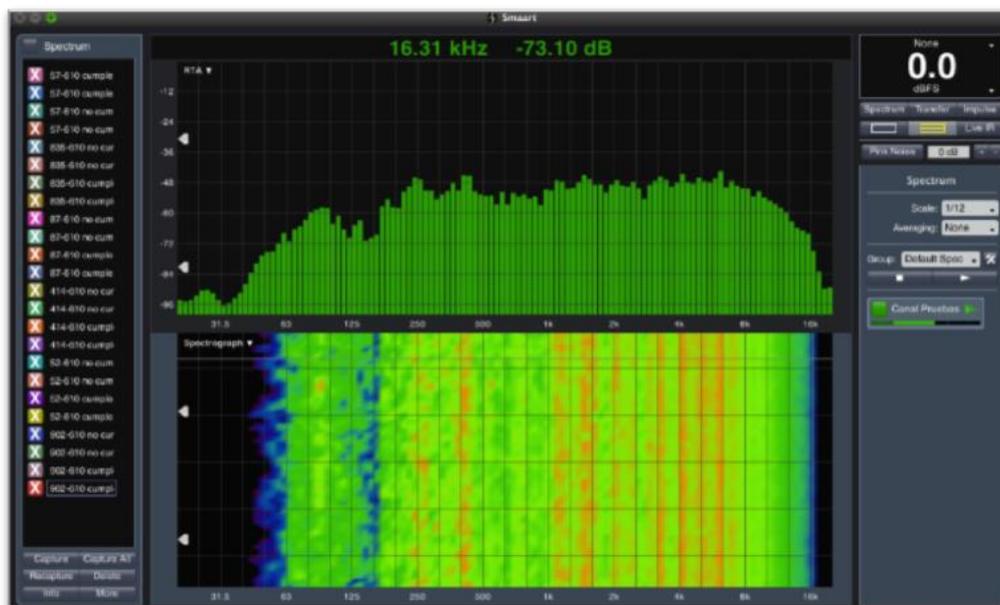


Figura 44. Espectro SM57 y 1073 Low Z.

4.4.3 Espectrograma Sennheiser e835 y 6176

Al igual que el caso anterior, cuando se usa el modo *Low Z* el nivel registrado es mayor, con la particularidad de que en este caso la gráfica del RTA se asemeja bastante a la respuesta en frecuencia publicada por el fabricante, además se puede apreciar un énfasis en el área de 3 kHz – 5 kHz donde se encuentra la inteligibilidad del habla humana.

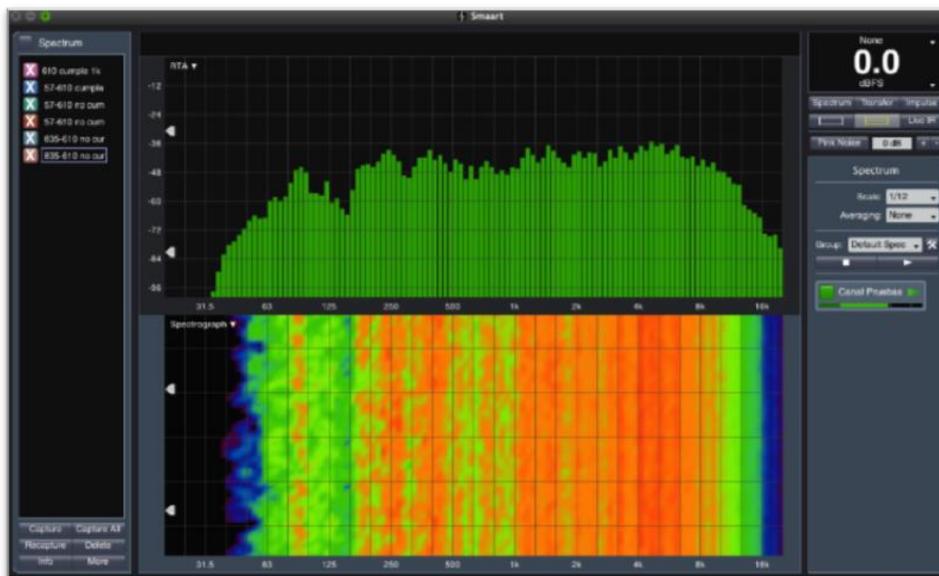


Figura 45: Espectro e835 y 6176 Hi Z.



Figura 46. Espectro e835 y 6176 Low Z.

4.4.4 Espectrograma Sennheiser e835 y 1073

Como se indica en la figura 48, el nivel de salida sube levemente al usar el modo *Low Z*, se puede ver que en 4 kHz el color cambia sutilmente a naranja, el nivel registrado en 200 Hz es más constante, además de un ligero desplazamiento en la parte de los subgraves, sin embargo, por el tipo de micrófono empleado posiblemente sea el ruido de fondo eléctrico.

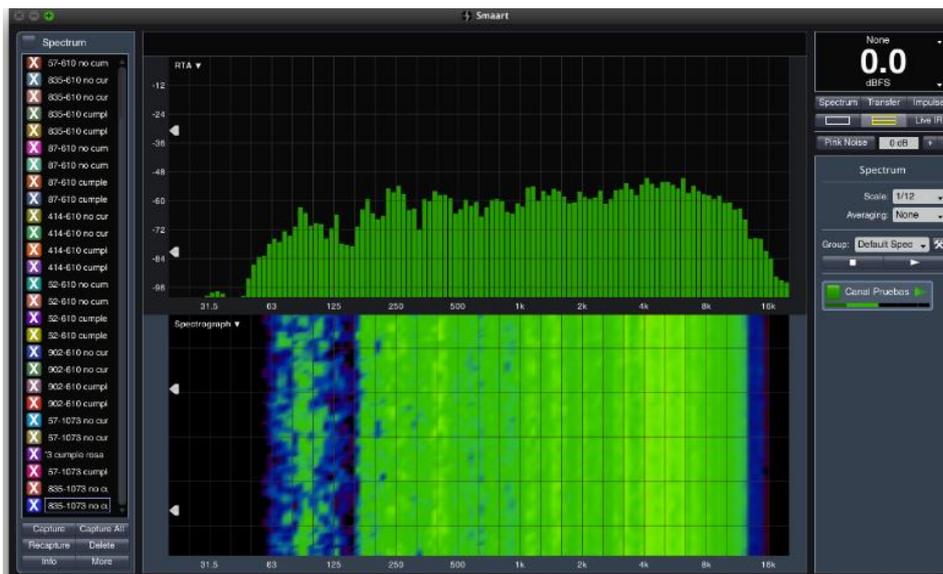


Figura 47. Espectro e835 y 1073 Hi Z.

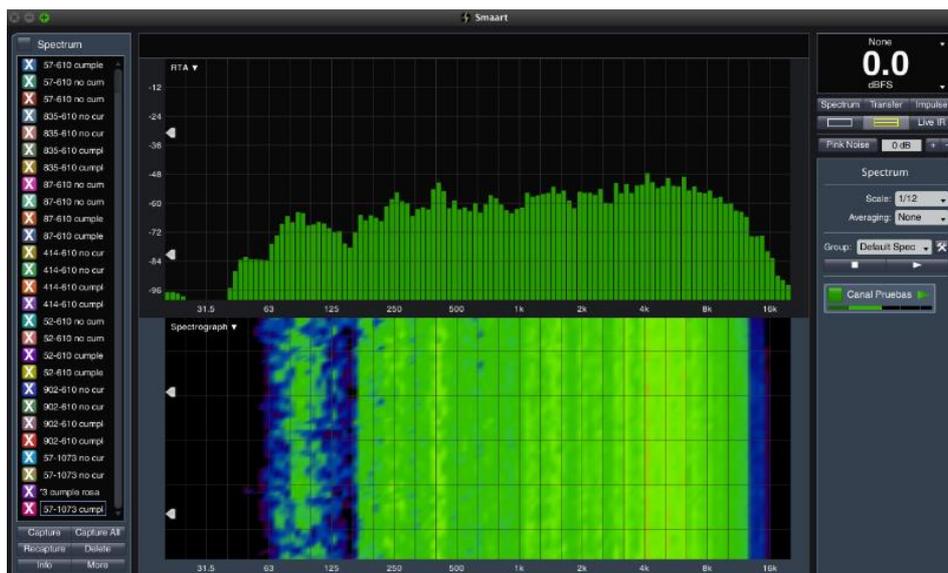


Figura 48. Espectro e835 y 1073 Low Z.

4.4.5 Espectrograma Neumann U87 y 6176

En esta ocasión el cambio de nivel es muy notorio debido a la alta sensibilidad de los micrófonos de condensador, en la examinar la figura 50 saltan a la vista ciertos eventos puntuales en la región de 300 Hz – 400 Hz.

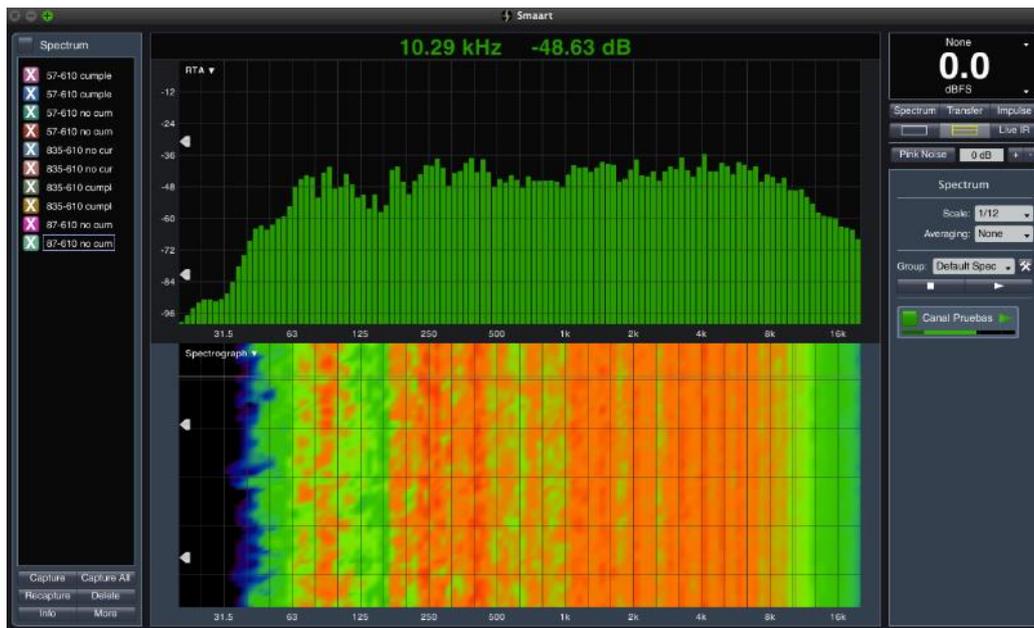


Figura 49. Espectro U87 y 6176 Hi Z.

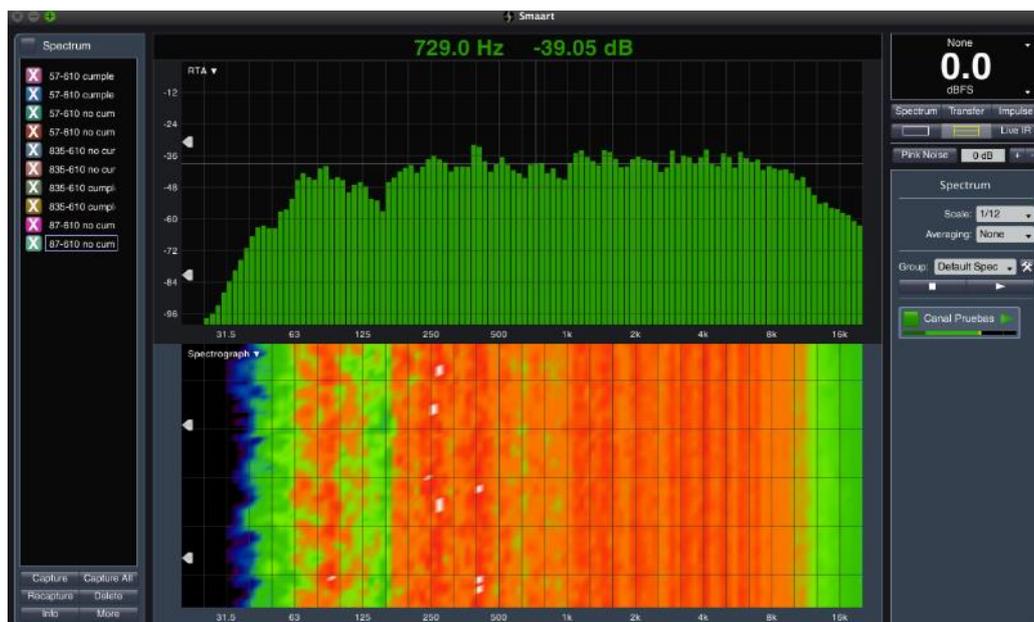


Figura 50. Espectro U87 y 6176 Low Z.

4.4.6 Espectrograma Neumann U87 y 1073

Aunque similar al previo anterior, al comparar las figuras 51 y 52 se observa que al usar el modo *Low Z* el aumento de nivel no es tan grande, además se puede observar un aumento focalizado en el área de 31,5 Hz – 40 Hz.

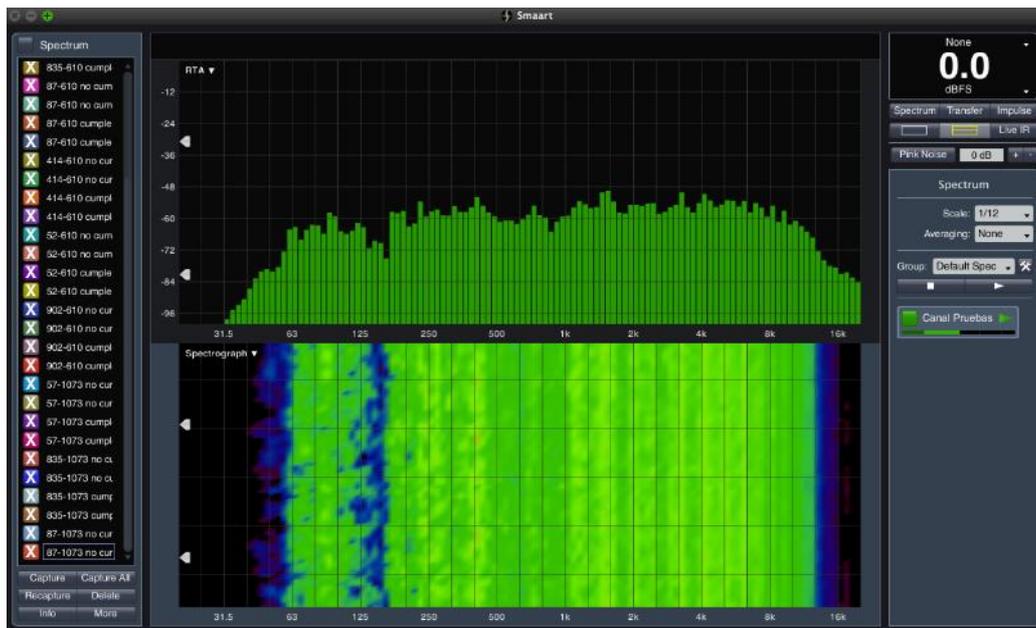


Figura 51. Espectro U87 y 1073 Hi Z.

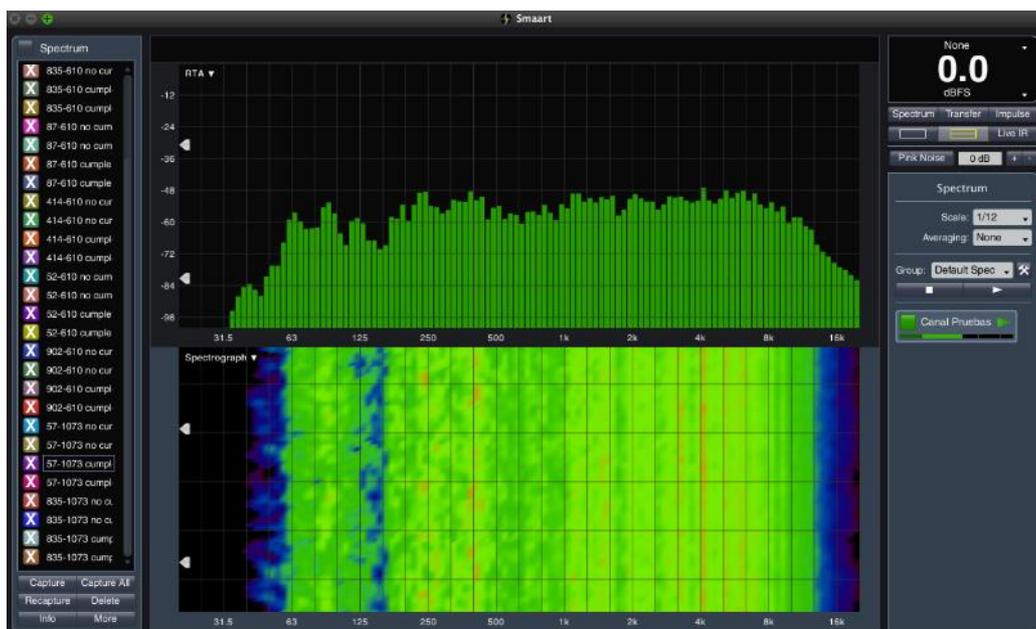


Figura 52. Espectro U87 y 1073 Low Z.

4.4.7 Espectrograma AKG C414 XL II y 6176

En esta combinación se obtiene una respuesta en frecuencia bastante plana, al comparar las figuras 53 y 54 se distinguen algunas concentraciones en 90 Hz, 250 Hz y 400 Hz respectivamente.

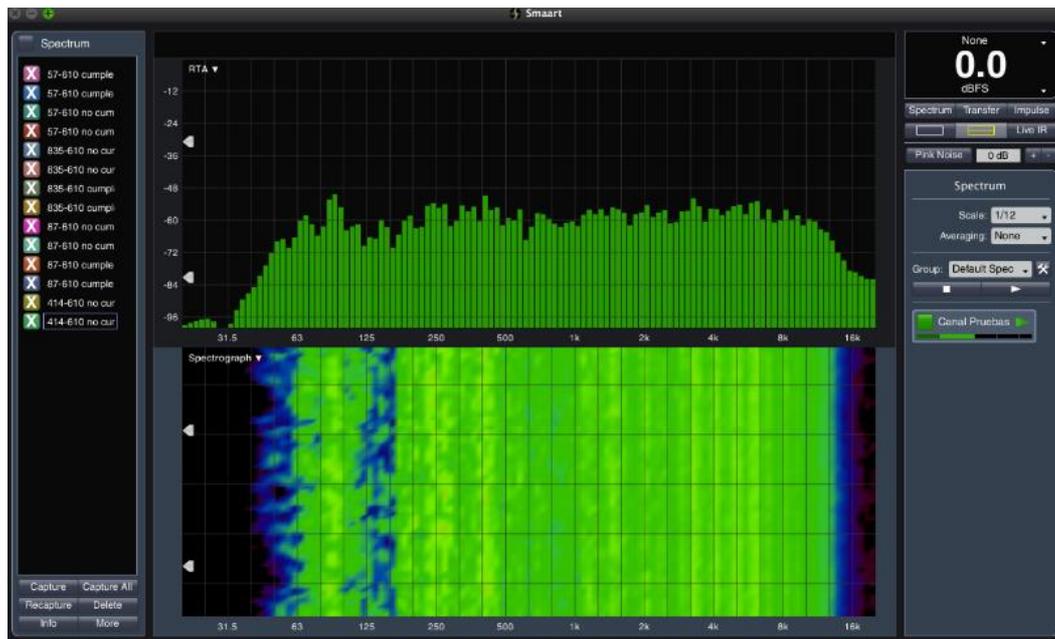


Figura 53. Espectro C414 y 6176 Hi Z.

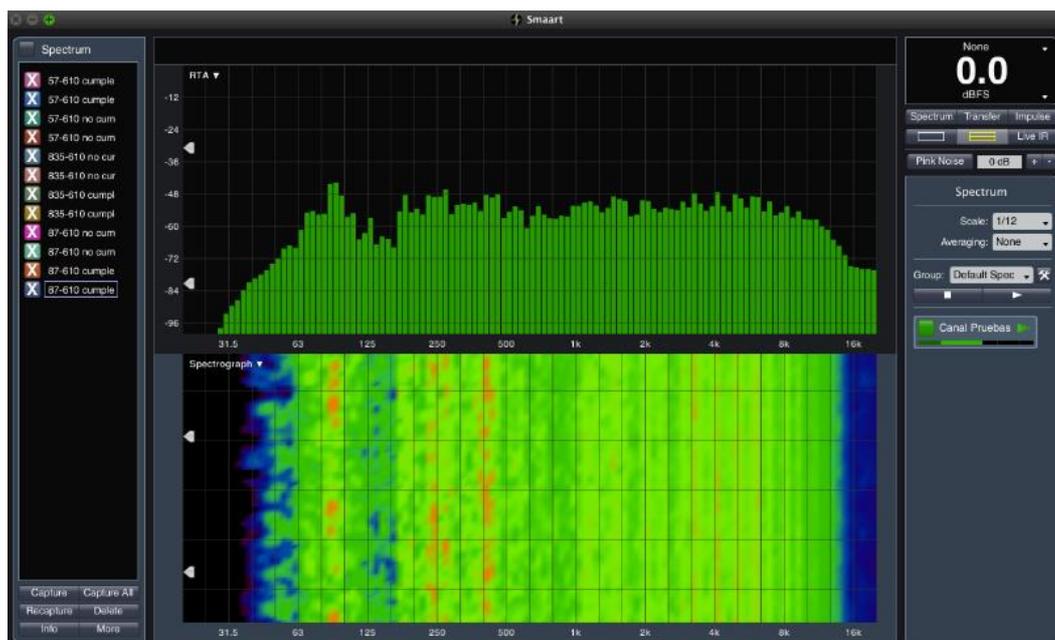


Figura 54. Espectro C414 y 6176 Low Z.

4.4.8 Espectrograma AKG C414 XL II y 1073

En esta ocasión se repiten las concentraciones del previo anterior, con la diferencia que es más notorio un realce en la región de 4 kHz – 6 kHz, el cual se puede ver claramente en la respuesta de frecuencia de este micrófono.

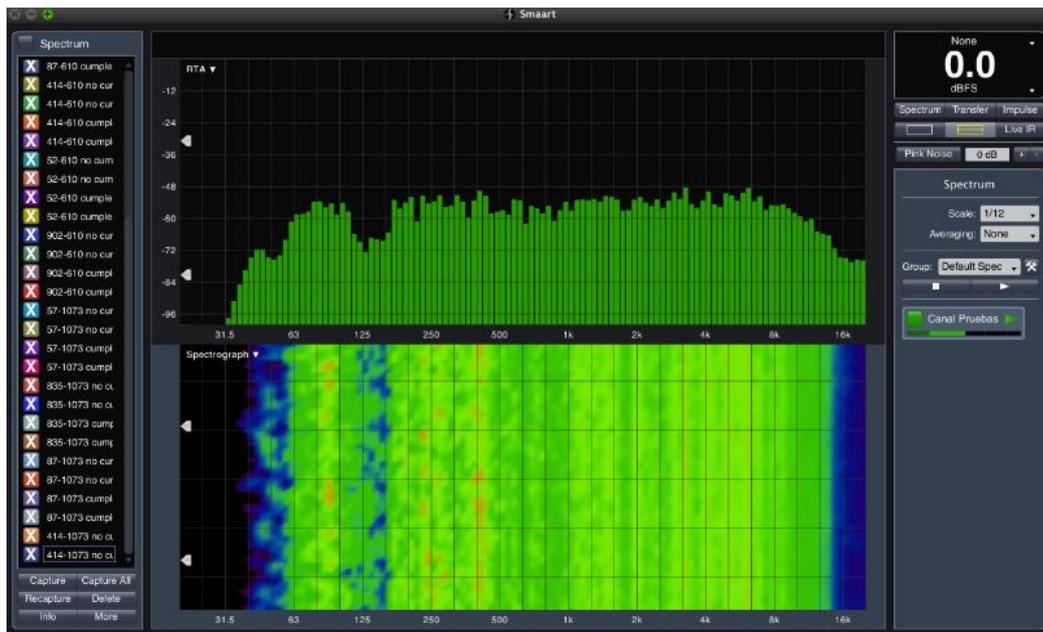


Figura 55. Espectro C414 y 1073 Hi Z.

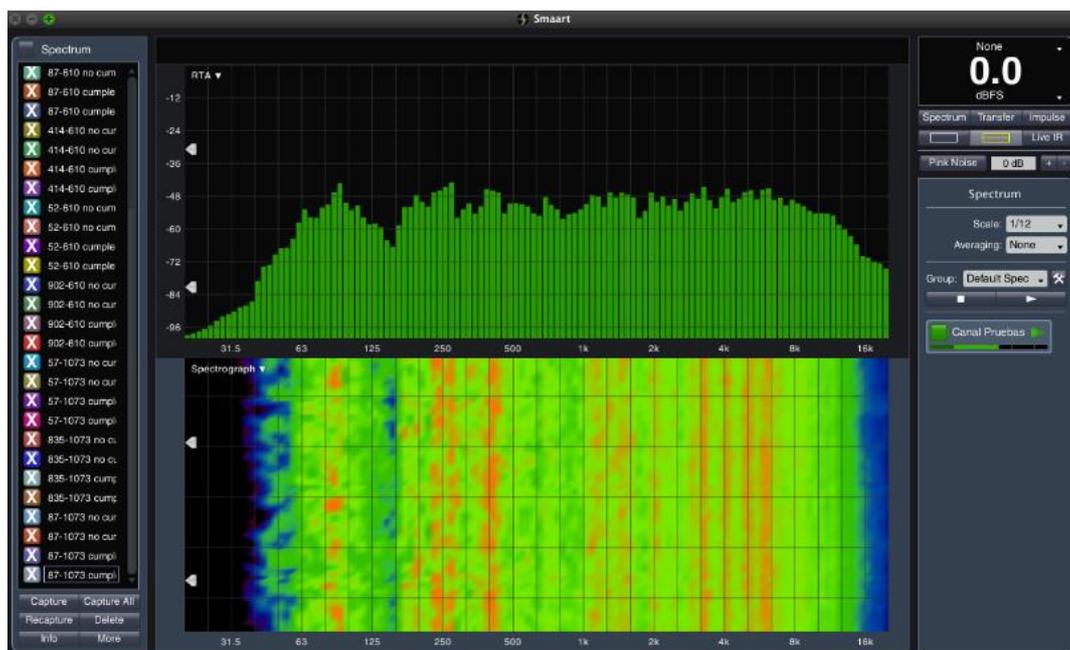


Figura 56. Espectro C414 y 1073 Low Z.

4.4.9 Espectrograma Shure Beta 52 y 6176

Como se mencionó anteriormente en el segundo capítulo, los cambios de nivel más notorios al oído se dieron durante las mediciones y grabaciones hechas con micrófonos enfocados a capturar baja frecuencia. En la figura 57 se nota claramente un nivel bajo especialmente en el área de 150 Hz – 1kHz donde el espectrograma tiene a mostrar colores azules, sin embargo, según la figura 58 al utilizar el modo *Low Z* el espectrógrafo en esa región pasa a tener una coloración verde mucho más constante, además se nota que el área de 4 kHz pasa a tener una coloración naranja debido al diseño a la respuesta en frecuencia propia del micrófono.

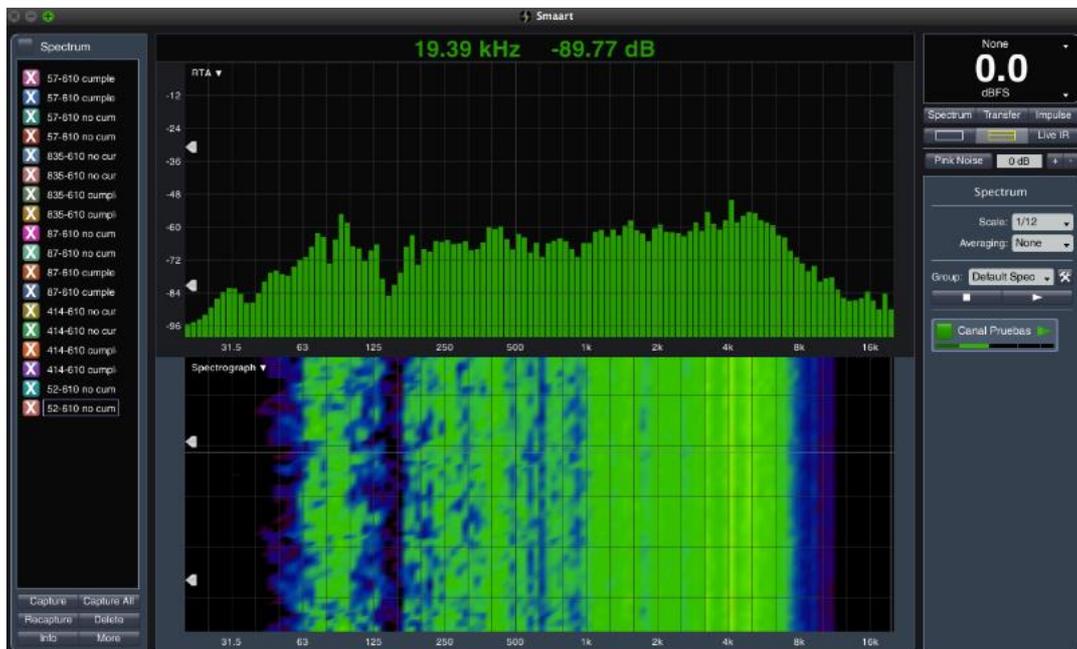


Figura 57. Espectro Beta 52 y 6176 *Hi Z*.

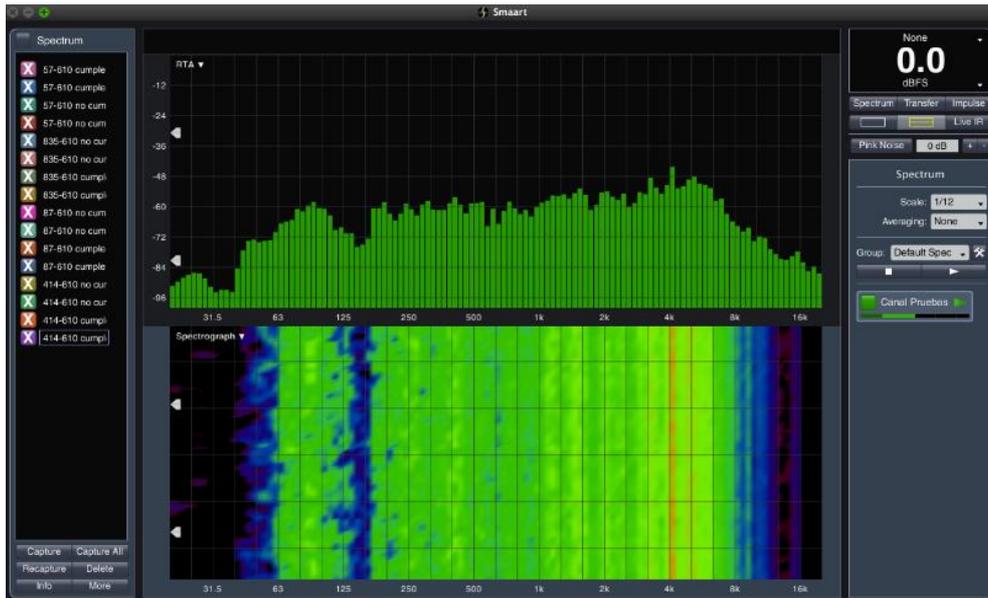


Figura 58. Espectro Beta 52 y 6176 Low Z.

4.4.10 Espectrograma Shure Beta 52 y 1073

La variación encontrada con el 1073 es prácticamente igual a la del previo anterior, una atenuación en el rango 200 Hz – 1 kHz de las frecuencias medias, un realce entre 4 kHz – 5 kHz, en ambos casos por encima de 8 kHz el nivel es bajo.

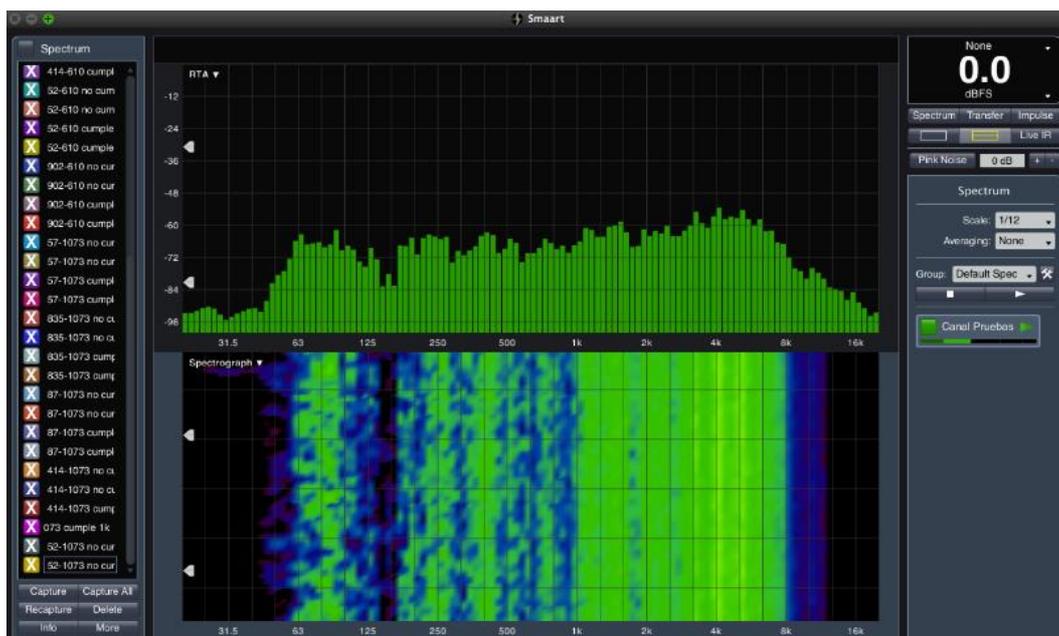


Figura 59. Espectro Beta 52 y 1073 Hi Z.

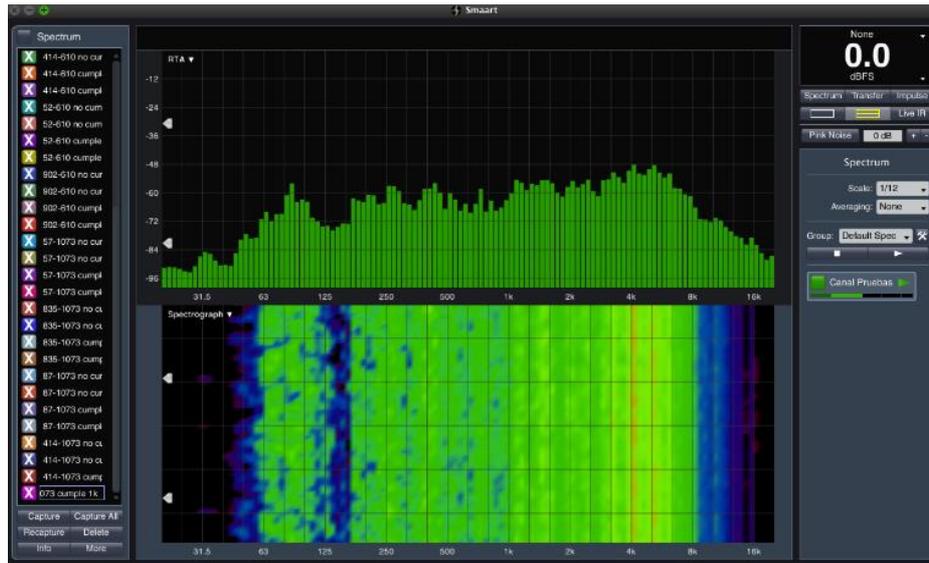


Figura 60. Espectro Beta 52 y 1073 Low Z.

4.4.11 Espectrograma Sennheiser e902 y 6176

En este caso particular podemos apreciar que el RTA muestra una figura prácticamente idéntica a la respuesta en frecuencia indicada en el primer capítulo, figura 2. Además, el cambio de nivel producto de utilizar el modo Low Z es bastante notable en el área entre 500 Hz y 1 kHz, donde hay una atenuación considerable de las frecuencias medias, gracias al diseño del mismo micrófono.

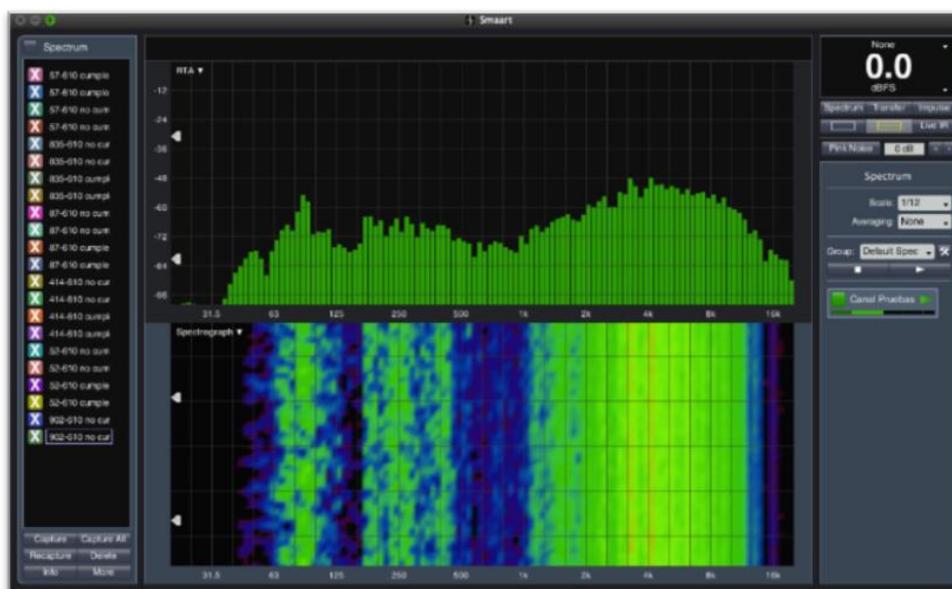


Figura 61. Espectro e902 y 6176 Hi Z.

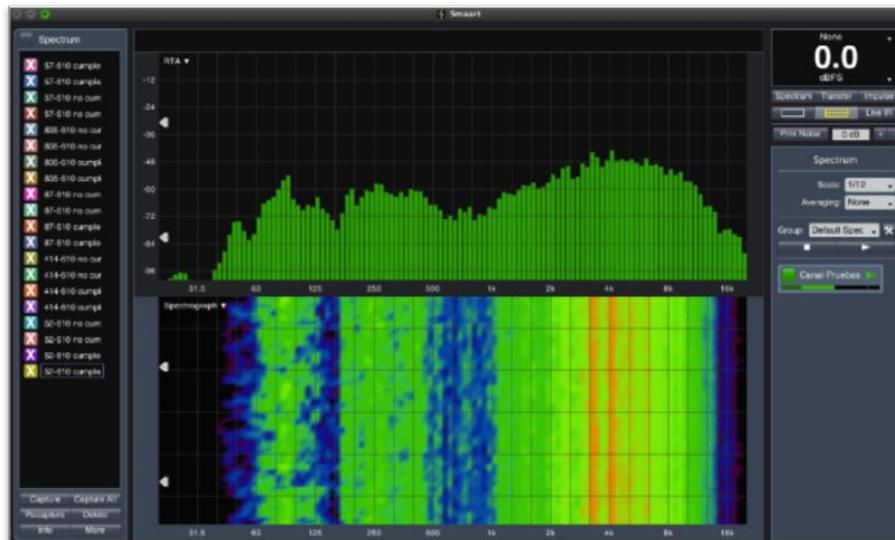


Figura 62. Espectro e902 y 6176 Low Z.

4.4.12 Espectrograma Sennheiser e902 y 1073

Con este previo el RTA ya no muestra una respuesta en frecuencia tan exacta como el previo anterior, lo cual indica que la interacción entre estos dispositivos es mayor, además al analizar el espectrógrafo se visualiza claramente que por encima de 8 kHz el nivel es prácticamente nulo, a diferencia del 6176 donde esta caída ocurre alrededor de los 12 kHz

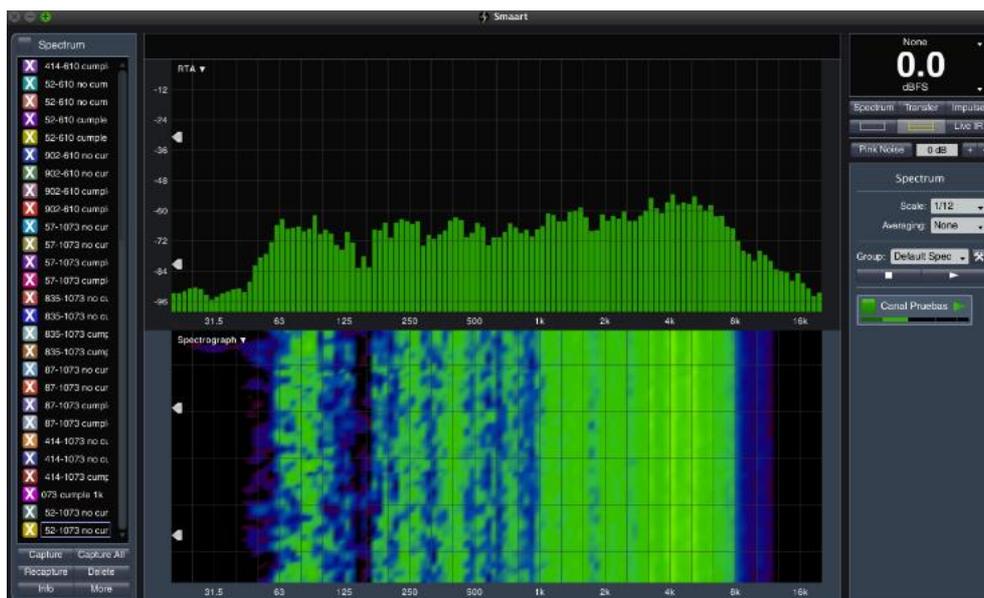


Figura 63. Espectro e902 y 1073 Hi Z.

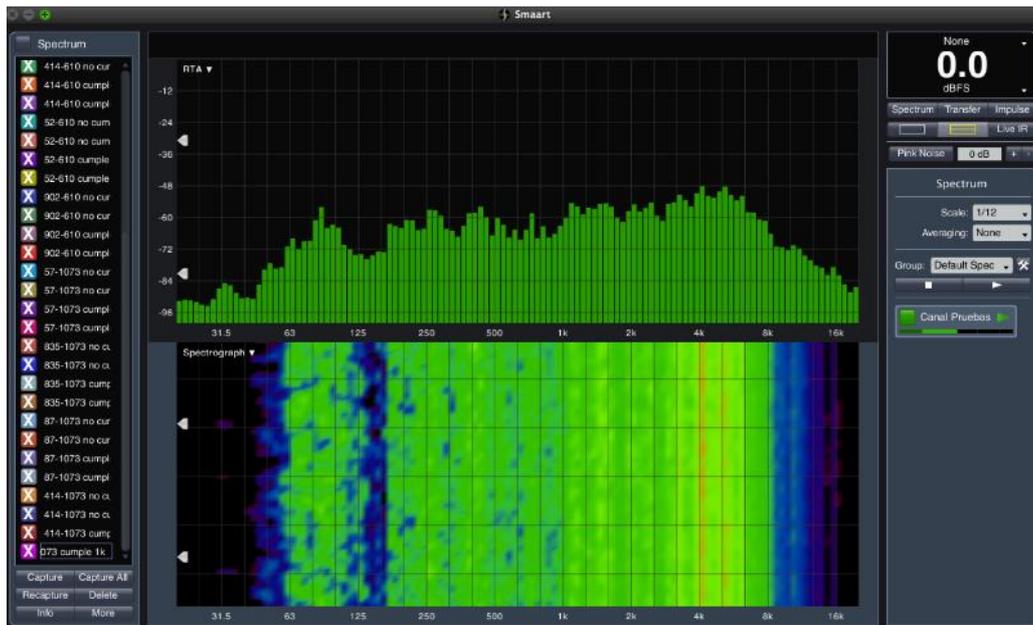


Figura 64. Espectro e902 y 1073 Low Z.

4.5 Resultados encuestas

A continuación, se analizan los resultados de 62 encuestas realizadas a estudiantes y profesionales del campo de ingeniería en sonido y producción musical.

Observación: Ya que las encuestas se hicieron en su mayoría mediante internet, enviando un formulario a través de Google Forms y los archivos de audio en formato .wav a 24 bits/44.1 kHz mediante Google Drive, la mayoría de los participantes utilizaron un dispositivo personal para juzgar la calidad de las muestras de audio, por lo que se debe considerar que existe cierta incertidumbre en la veracidad de las respuestas obtenidas.

En la figura 65 se puede apreciar un 79% de los participantes, consideran tener experiencia utilizando preamplificadores o al menos conocer teóricamente el funcionamiento de ellos.

¿Tiene usted experiencia utilizando preamplificadores o conocimiento teórico de sus funciones y/o aplicaciones?

62 respuestas

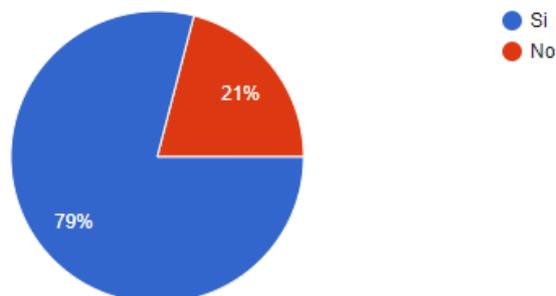


Figura 65. Representación gráfica que indica conocimiento sobre preamplificadores.

Según la figura 66, encontramos que entre los participantes existe una marcada preferencia por los equipos analógicos sobre los digitales.

Según la creencia popular, el equipo analógico suena mejor que el digital al generar una mayor cantidad de armónicos ¿Está usted de acuerdo con esta creencia?

62 respuestas

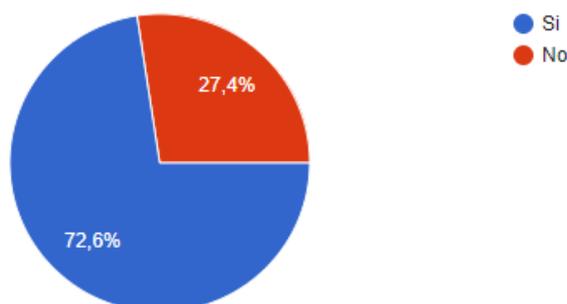


Figura 66. Representación gráfica que indica creencia sobre equipo análogo vs digital.

Aunque en menor cantidad, la mayoría de las personas se inclinan directamente por utilizar preamplificadores de tubos, incluso sin saber si el contexto de dicha grabación es habla normal o música.

Si usted debe escoger entre utilizar un preamplificador a tubos o uno a transistores para la grabación de una voz ¿Tiene preferencia por alguna de estas tecnologías?

62 respuestas

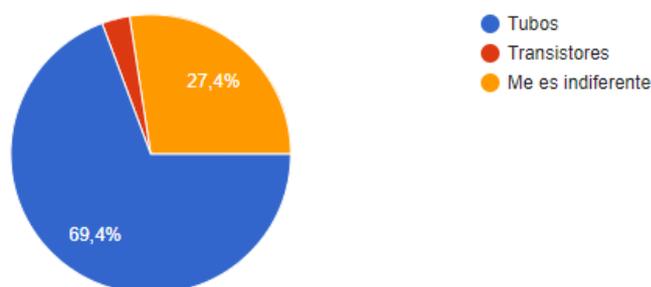


Figura 67. Representación gráfica que indica preferencia sobre tubos vs transistores.

A su vez, en la figura 68 distinguimos que un 61,3% de los participantes consideran que el parámetro THD es importante en la toma de sus decisiones.

El parámetro THD (Distorsión armónica total) ¿Es relevante para usted, o es influyente en su toma de decisiones?

62 respuestas

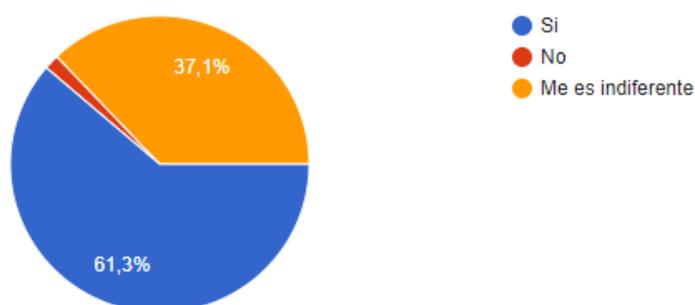


Figura 68. Representación gráfica que indica relevancia de THD en encuestados.

Aunque importante para más de la mitad de los encuestados, según la figura 69 no podemos afirmar contundentemente que la impedancia es un parámetro influyente para los encuestados.

El parámetro impedancia (si el preamplificador permite variarlo) ¿Es relevante para usted, o es influyente en su toma de decisiones?

62 respuestas

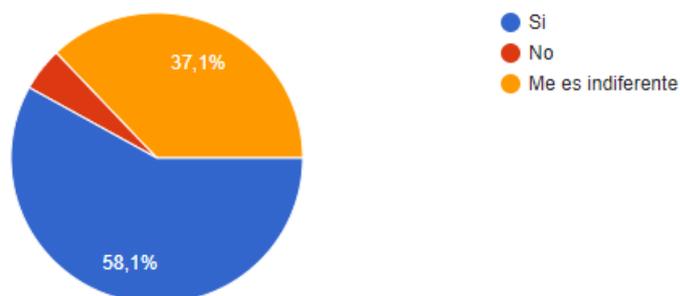


Figura 69. Representación gráfica que indica relevancia sobre la impedancia en encuestados.

4.6 Análisis de resultados para las muestras auditivas

Los participantes seleccionaron entre dos opciones la muestra de su mayor agrado, en la tabla 21 se indica a detalle la combinación micrófono-previo utilizada en cada medición y su respectivo THD.

Tabla 21.

Detalle de las muestras auditivas utilizadas en encuesta.

Resultados				
Nombre	Impedancia seleccionada	Micrófono/s seleccionado	Previo/s seleccionado	THD
Batería muestra 1	Hi Z	AKG C414 XL II - Overheads	1073	0,05%
	Hi Z	Shure Beta 52 - Bombo	6176	0,06%
Batería muestra 2	Low Z	AKG C414 XL II - Overheads	1073	0,08%
	Low Z	Shure Beta 52 - Bombo	6176	0,05%

Guitarra eléctrica muestra 1	<i>Hi Z</i>			0,21%
		Shure SM57	6176	
Guitarra eléctrica muestra 2	<i>Low Z</i>			0,13%
Guitarra acústica muestra 1	<i>Low Z</i>			0,08%
		AKG C414 XL II	1073	
Guitarra acústica muestra 2	<i>Hi Z</i>			0,05%

4.7 Comparación de resultados entre encuestas y mediciones

4.7.1 Muestras batería

En las grabaciones de batería, 35 de los 62 encuestados prefirieron la muestra 2, es decir el modo *Low Z*, en la tabla 21 mencionada anteriormente podemos ver que la combinación C414 - 1073 utilizada para *overheads* genera un mayor THD, ya que estas pistas tienen mayor nivel en la mezcla final se espera que esta sea variación la dominante, mientras que la combinación Beta 52 - 6176 genera una menor cantidad de THD. Cabe recalcar que, en esta configuración el previo 6176 comenzó a saturar de manera muy notable, mas no desagradable al oído.

¿Cuál muestra prefiere usted?

62 respuestas

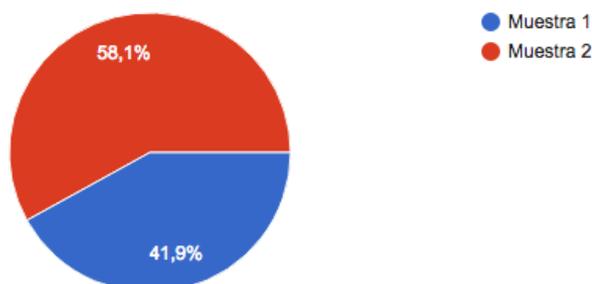


Figura 70. Representación gráfica que indica la muestra preferida en batería.

¿Por qué le gusto más dicha muestra?

62 respuestas



Figura 71. Representación gráfica que indica motivos de la selección en batería.

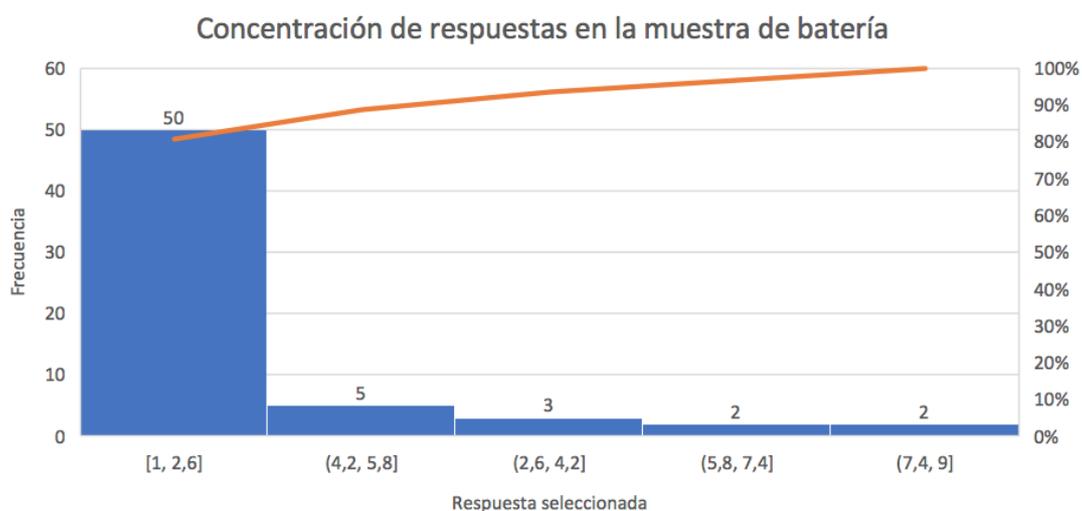


Figura 72. Histograma de respuestas en muestras de batería.

Tabla 22.

Codificación de respuestas en muestras de batería.

Codificación	Etiqueta	Cuenta de Respuesta	% Relativo	% Acumulado
1	Tiene más armónicos	22	35,48%	35,48%
2	Tiene más baja frecuencia	28	45,16%	80,65%
3	Tiene menos baja frecuencia	2	3,23%	83,87%
4	Tiene menos armónicos	5	8,06%	91,94%
5	Mejor definición de armónicos	1	1,61%	93,55%
6	Auditivamente se siente un poco más consistente y con más cuerpo.	1	1,61%	95,16%
7	Se definen mejor los rangos de frecuencia	1	1,61%	96,77%
8	Mejor definición, sonido más vivo.	1	1,61%	98,39%
9	No lo sé	1	1,61%	100,00%
	Total	62	100,00%	

Según la figura 71, se puede apreciar que existen dos opciones con una marcada preferencia, “Tiene más baja frecuencia” y “Tiene más armónicos”. En la tabla 22 se identifica que 2 de las 9 opciones disponibles (el 22,22%) acumulan más del 80% de las respuestas, lo que en términos estadísticos se asemeja a la técnica del Pareto también conocida como el principio 80-20, a grandes rasgos indica que el 80% de una población apoya un 20% de las opciones, mientras que el 20% restante de dicha población se inclina por el resto de las posibilidades (Minitab Inc, 2017). Al comparar estos resultados con las mediciones encontramos que en efecto se genera una mayor cantidad de armónicos con esta configuración, así mismo, en la tabla 16 encontramos que las variaciones en baja frecuencia para el 1073 son bastante notables. Las mediciones concuerdan con la percepción de los participantes.

4.7.2 Muestras guitarra eléctrica

En las muestras de guitarra eléctrica, 37 de los 62 encuestados prefirieron la muestra 2, es decir el modo *Low Z*, en la tabla 21 se identifica que la combinación SM57 - 6176 genera una menor cantidad de THD.

¿Cuál muestra prefiere usted?

62 respuestas

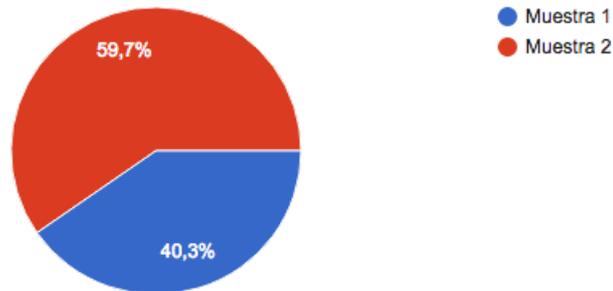


Figura 73. Representación gráfica que indica la muestra preferida en guitarra eléctrica.

¿Por qué le gusto más dicha muestra?

62 respuestas

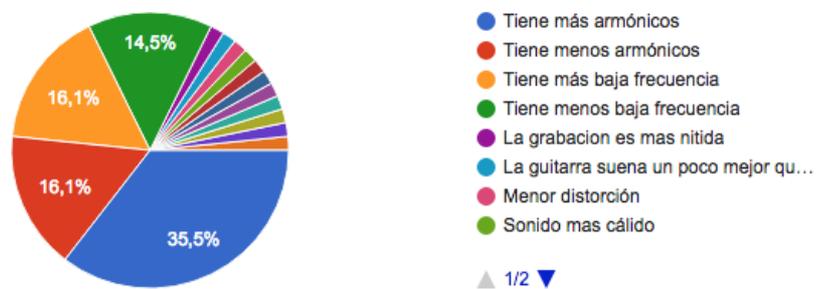


Figura 74. Representación gráfica que indica motivos de la selección en guitarra eléctrica.

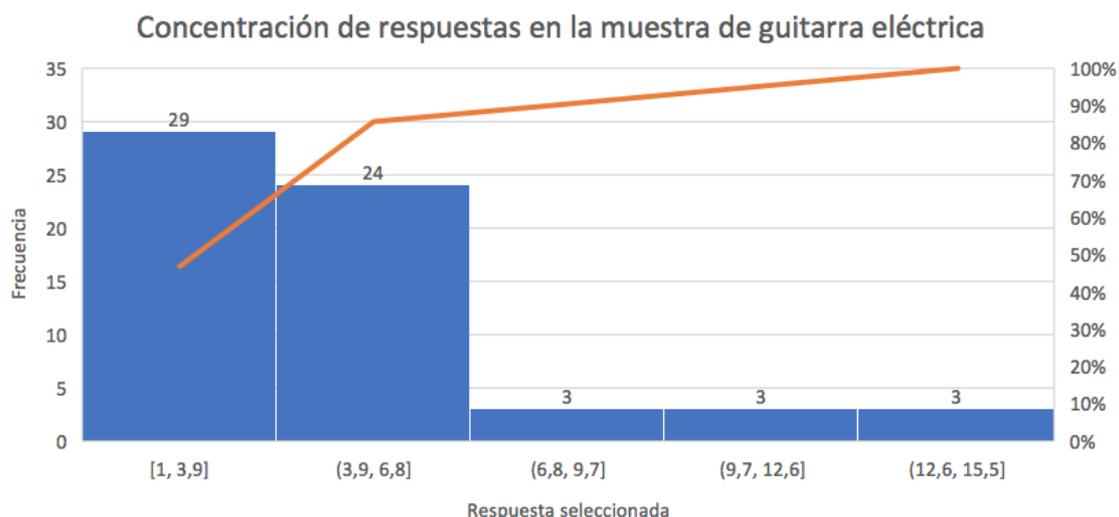


Figura 75. Histograma de respuestas en muestras de guitarra eléctrica.

Tabla 23.

Codificación de respuestas en muestras de batería

Codificación	Etiqueta	Cuenta de Respuesta	% Relativo	% Acumulado
1	Tiene menos armónicos	10	16,13%	16,13%
2	Tiene más baja frecuencia	10	16,13%	32,26%
3	Tiene menos baja frecuencia	9	14,52%	46,77%
4	Tiene más armónicos	22	35,48%	82,26%
5	La grabación es más nítida	1	1,61%	83,87%
6	La guitarra suena un poco mejor que la segunda	1	1,61%	85,48%
7	Menor distorsión	1	1,61%	87,10%
8	Sonido más cálido	1	1,61%	88,71%
9	Tiene más definición	1	1,61%	90,32%
10	Tiene menos armónicos y menos distorsión	1	1,61%	91,94%
11	Tiene más calidez el sonido, pero la segunda es más útil para mezcla por la presencia de medios	1	1,61%	93,55%
12	No hay mayor diferencia, sin embargo el sonido	1	1,61%	95,16%

	es ligeramente más definido.			
13	La distorsión suena más pura	1	1,61%	96,77%
14	Suena un poco más limpio	1	1,61%	98,39%
15	No lo sé	1	1,61%	100,00%
	Total	62		

Para la guitarra eléctrica, la opción con mayor preferencia por parte de los encuestados es “Tiene más armónicos”, lo cual contrasta con la medición. En la tabla 23 encontramos que un 82,26% de los participantes optaron por las opciones planteadas originalmente, mientras que el 17,74% restante dieron su propia opinión, por ende, este grupo probablemente tiene mayor experiencia tratando con el sonido de una guitarra eléctrica y consideran una o más variables no tratadas en esta investigación.

4.7.3 Muestras guitarra acústica

En el caso de la guitarra acústica, 32 de los 62 encuestados prefirieron la muestra 1, es decir el modo *Low Z*, en la tabla 21 apreciamos que la combinación C414 - 1073 utilizada para el par estéreo genera un mayor THD. Considerando que el porcentaje de encuestados que optó por cualquiera de las dos muestras, se evidencia un porcentaje relativo del 50% en ambos casos, lo que indica una posible elección al azar, mas no una efectuada bajo criterios objetivos afines a la investigación.

¿Cuál muestra prefiere usted?

62 respuestas

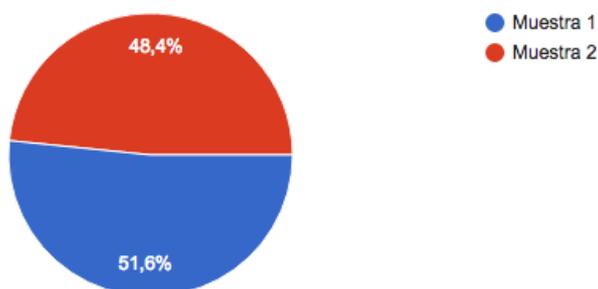


Figura 76. Representación gráfica que indica la muestra preferida en guitarra acústica.

¿Por qué le gusta más dicha muestra?

62 respuestas

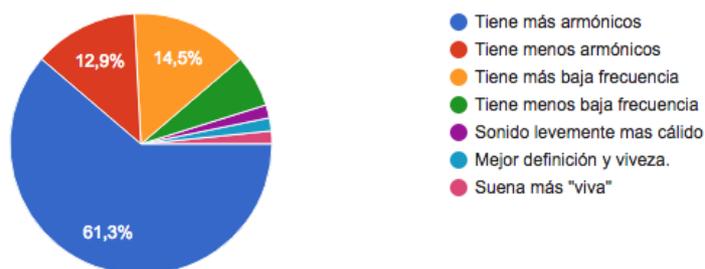


Figura 77. Representación gráfica que indica motivos de la selección en guitarra acústica.

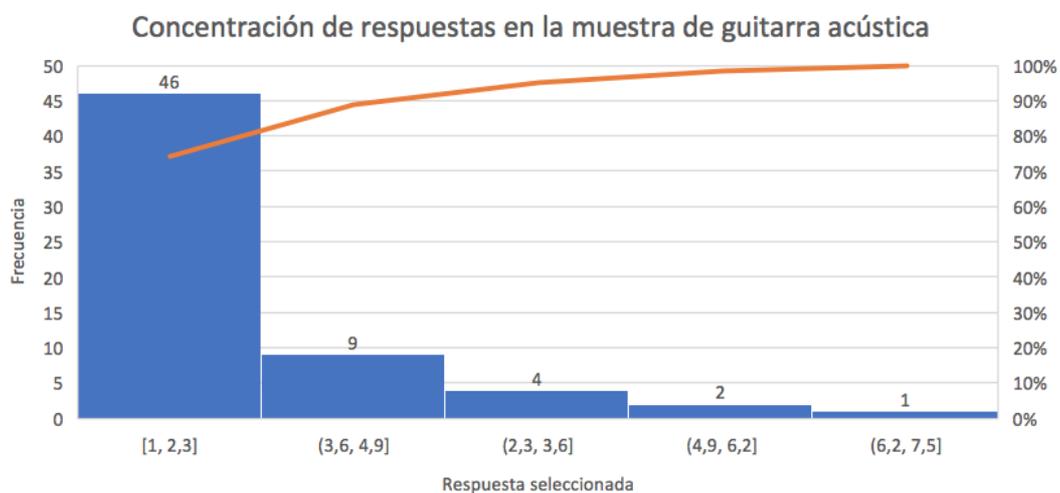


Figura 78. Histograma de respuestas en muestras de guitarra acústica.

Tabla 24.

Codificación de respuestas en muestras de guitarra acústica.

Codificación	Etiqueta	Cuenta de Respuesta	% Relativo	% Acumulado
1	Tiene más armónicos	38	61,29%	61,29%
2	Tiene menos armónicos	8	12,90%	74,19%
3	Tiene menos baja frecuencia	4	6,45%	80,65%
4	Tiene más baja frecuencia	9	14,52%	95,16%
5	Sonido levemente más cálido	1	1,61%	96,77%
6	Mejor definición y viveza.	1	1,61%	98,39%
7	Suena más "viva"	1	1,61%	100,00%
Total		62		

En concordancia con las mediciones, un 61,29% de los encuestados optaron por la opción "Tiene más armónicos". Es decir, hubo una preferencia por la grabación con mayor aporte armónicos añadidos por el previo.

4.8 Análisis económico

Se presenta un presupuesto aproximado de los equipos e investigador/a necesarios para realizar esta investigación, considerando los precios netos de cada dispositivo, omitiendo el costo de importación, aranceles e impuestos en Ecuador. Según la tabla 25 se requiere aproximadamente \$40000 dólares americanos para realizar este trabajo de manera independiente, lo cual no es factible. Por otro lado, al optar por alquilar las instalaciones de un estudio ya establecido con el mismo equipo o similar, el presupuesto necesario se reduce a tan solo \$720 dólares americanos.

Tabla 25.

Detalle de costo de equipos utilizados para investigación.

Equipo	Tipo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Shure SM57		1	\$ 99,00	\$ 99,00
Shure Beta 52	Micrófonos	1	\$ 189,00	\$ 189,00
Sennheiser e835		1	\$ 99,95	\$ 99,95

Sennheiser e902		1	\$ 199,95	\$ 199,95
AKG C414 XL II		1	\$ 1.099,99	\$ 1.099,99
Neumann U87		1	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
Universal Audio 6176	Preamplificador	1	\$ 2.499,00	\$ 2.499,00
AMS Neve 1073 DPA		1	\$ 2.595,00	\$ 2.595,00
Universal Audio Apollo 16	Interfaz de audio	1	\$ 2.999,00	\$ 2.999,00
M-Audio Mobile Pre USB		1	\$ 80,00	\$ 80,00
TOFT ATB 32	Consola de estudio	1	\$ 8.499,99	\$ 8.499,99
Focal Twin 6B	Monitores de estudio	2	\$ 1.899,00	\$ 3.798,00
Focal Sub6 11"		1	\$ 1.899,00	\$ 1.899,00
Sonometro CESVA	Sonómetro	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
Pedestales de micrófono K&M	Accesorios	3	\$ 89,99	\$ 269,97
Cable XLR - XLR 3 metros		1	\$ 12,99	\$ 12,99
MacBook Pro	Computadoras	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Mac Pro		1	\$ 2.899,00	\$ 2.899,00
Fender Stratocaster mexicana		1	\$ 600,00	\$ 600,00
Taylor Acustica	Instrumentos musicales	1	\$ 499,00	\$ 499,00
Bateria Mapex Mars Series		1	\$ 599,00	\$ 599,00
Platillos		4	\$ 300,00	\$ 1.200,00
Fender Hot Rod Deville		1	\$ 1.099,99	\$ 1.099,99
Total				\$ 39.437,83

Tabla 26.

Detalle de costo alquiler de equipo en un estudio.

Rubro	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Hora de alquiler de estudio de grabación	12	\$ 30,00	\$ 360,00
Hora de trabajo del investigador	12	\$ 20,00	\$ 240,00
Alimentación por día	2	\$ 20,00	\$ 40,00
Transporte por día	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Gastos imprevistos	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Total			\$ 720,00

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Como resultado de esta investigación se determinó que modificar la impedancia de entrada en un preamplificador cambia la cantidad de armónicos que este genera y el nivel de salida. Se encontró que la variación de la carga armónica no es igual para todos los casos, mientras que en la diferencia de nivel se halla un patrón en común, cuando la impedancia de entrada del previo disminuye (*Low Z*), la amplitud de la señal de salida es mayor, este fenómeno fue mucho más evidente en el 6176 ya que permite seleccionar entre 500 y 2200 Ω , con una diferencia de 1700 Ω entre ambas opciones, mientras que el 1073 permite variar entre 300 y 1200 Ω , ofreciendo una diferencia de tan solo 900 Ω .

Según las preguntas generales de la encuesta, la mayoría de los participantes afirman tener preferencia por sonidos con una mayor cantidad de armónicos, sin embargo, al compararlas con los resultados de las muestras auditivas se denota que existe dificultad para diferenciar claramente el cambio de THD. Esto debido a la diferencia de sistemas de audio utilizados por cada individuo para juzgar las muestras.

Con el cambio de impedancia, las variaciones de nivel ocurridas con micrófonos diseñados para capturar baja frecuencia (Shure Beta 52 y Sennheiser e902) fueron los más evidentes al oído, en concordancia con las mediciones, los espectrogramas muestran que la mayor variación se da en el rango de las frecuencias medias (250 Hz – 2kHz), donde el oído humano tiene una mayor sensibilidad.

Estadísticamente hablando, al analizar los resultados de las encuestas en ningún caso se encontró una distribución normal o tendencia marcada en la selección de una determinada muestra. Este fenómeno se atribuye a que los encuestados utilizaron diferentes entornos y sistemas de reproducción, por ende, cada uno

tomo su decisión bajo sus propias condiciones de escucha, gracias a esto la incertidumbre aumenta y no es posible afirmar con seguridad el porcentaje de participantes capaces de percibir las diferencias sonoras.

En cuanto a baja frecuencia, no se encontró una variación constante en ese rango del espectro, por el contrario, cada combinación micrófono-previo muestra refuerzos y/o atenuaciones en diferentes frecuencias.

El porcentaje de THD obtenido en esta investigación es significativamente mayor al indicado por los fabricantes de los dispositivos utilizados en los manuales de usuario, ya que no se considera únicamente el equipo solo sino toda una cadena electroacústica y la interacción de los componentes electrónicos dentro de esta.

Existe una creencia especialmente entre guitarristas donde se alega que los equipos que utilizan tubos de vacío suenan mejor que los que usan transistores, la evidencia mostrada anteriormente indica que al comparar el THD producido por ambos previos encontramos que, el 6176 cuyo funcionamiento se basa en tubos de vacío, genera una mayor cantidad de armónicos que el 1073 que funciona con transistores. Según la encuesta, un total de 43 personas (es decir un 69,4%) optarían por utilizar esta tecnología incluso sin saber el resultado final de una grabación, por lo cual podemos afirmar que dicha creencia sigue siendo relevante hasta el día de hoy.

Las muestras de batería presentaron una mayor similitud entre mediciones y encuestas, en su mayoría los participantes seleccionaron correctamente las variaciones de carga armónica y baja frecuencia. Al ser un instrumento percusivo posee transientes muy marcadas en su forma de onda, es decir, un cambio de nivel sustancialmente grande en un tiempo extremadamente pequeño. En efecto, según la anatomía del oído humano es más fácil distinguir cambios leves en esta clase de eventos cortos que aquellos que tienen mayor duración.

En el caso de la guitarra eléctrica, al agregar distorsión de cualquier tipo a la señal (overdrive o fuzz por ejemplo), la cantidad de armónicos incrementa enormemente, ya que se utilizó un sonido de tipo “crunch” distorsionado por el amplificador, el aporte a la carga armónica generado por el previo pasa a ser prácticamente nulo, esto ocasiono que la mayoría de encuestados no pueda discernir de forma estadísticamente relevante la diferencia sonora debida al cambio de impedancia.

Debido a la propia construcción de las guitarras acústicas, se consideran un instrumento que de por sí ya genera una cantidad importante de armónicos, a diferencia de una guitarra eléctrica con amplificador, el nivel de presión sonora generado por el propio instrumento es considerablemente menor, en consecuencia, se debe utilizar una ganancia más alta en los previos, ocasionando que las variaciones del THD sean percibidas más fácilmente por los participantes.

5.2 Recomendaciones

Al ser un trabajo desarrollado en un lapso reducido, se utilizó únicamente una unidad de cada micrófono, con el fin de dar un mayor sustento a los resultados obtenidos en un futuro se puede repetir los procesos detallados en este documento con varias unidades del mismo micrófono (los 10 SM57 del CR3 por ejemplo), para conocer el aporte a la variación de THD debido a los ligeros cambios físicos existentes en estos dispositivos.

Se encontró un fenómeno acústico en la posición de escucha del estudio de grabación CR3, existe una cancelación aproximadamente en el rango de 125 Hz a 150 Hz creada por primera reflexión en la consola TOFT ATB 32, esto se debería tener en consideración cuando se realicen trabajos de mezcla o escucha crítica en esta sala. Se recomienda cambiar la ubicación de la consola con el fin de eliminar esta reflexión, no obstante, al hacer esto se pierde el control del

estudio lo cual afecta notablemente la productividad de quien utilice esta configuración.

En el análisis de datos de la encuesta se encontró que algunas personas utilizan términos como “cálido”, “vivo”, “pura”, “definido”, “consistente” para describir su percepción de un sonido, ya que la interpretación de estas palabras en el contexto de grabación de instrumentos musicales puede variar entre cada persona, instrumento y/o rango de frecuencias, se recomienda evitar respuestas abiertas ya que estas son palabras ambiguas cuya interpretación por parte de otra persona puede tener un significado diferente al descrito, además de aumentar la incertidumbre al aumentar las opciones. En caso de necesitar utilizar la opción de plantear una respuesta propia, de ser posible, se aconseja preguntar al encuestado que quería decir exactamente y comprobar si su elección puede ser encasillada o no dentro de las sugeridas por el autor de la encuesta.

Se sugiere realizar las encuestas de apreciación auditiva en un solo lugar bajo las mismas condiciones de monitoreo para todos los encuestados, con ello se pretende disminuir la interferencia de factores ajenos y así obtener una mayor veracidad en la información recopilada.

REFERENCIAS

- Aimo Suvanto , M. (2016). *Temperature compensated microphone*, Recuperado el 27 de mayo de 2018 de: <https://www.google.com/patents/US9247331>
- AKG. (2018). Foto micrófono C414, Recuperado de: <https://www.ake.com/Microphones/Condenser%20Microphones/C414XLS.html>
- AMS Neve. (2005). *User manual 1073DPA & 1073DPD Mic Pre-Amplifier*. 1073DPA & 1073DPD Mic Pre-Amplifier, Recuperado el 10 de mayo de 2018 de: <https://ams-neve.com/wp-content/uploads/2016/03/1073dpadpdusermanual-1.pdf>
- Asia pro sound. (2018). Foto M-Audio *Mobile Pre Usb*, Recuperado de: <https://asiaproound.com/m-audio-mobile-pre-2gen>
- Baez, A. (2016). Trabajos de titulación, Repositorio Digital Universidad De Las Américas, Recuperado el 6 de mayo de 2018 de: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5996>
- Bang & Olufsen. (2015). Foto zona libre de reflexiones, Recuperado de: <http://www.tonmeister.ca/wordpress/category/bang-olufsen/page/7/>
- BSW. (2017). Foto pre amplificador 1073, Recuperado de: <https://www.bswusa.com/Preamps-Neve-1073DPA-P4122.aspx>
- Rabfis15. (s.f.). Foto conversión A/D. Recuperado de: <http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/41/tema17/tema17-3.htm>
- Eargle, J. (2012). *The Microphone Book: From Mono to Stereo to Surround*. Oxford, Inglaterra: Focal Press.
- Fechner. (1860). *Elements of psychophysics*. En Fechner, *Elements of psychophysics*. Michigan, Estados Unidos.
- Slideshare. (s.f.). Conversión D/A, Recuperado de: <https://es.slideshare.net/gluzardo/sesion-04-d-igitalizacion-de-senales-parteeii>

- Hodas, B. (1994). *Speaker Placement and Acoustic Environment*. *Mix Magazine*, Recuperado el 12 de mayo de 2018 de: <http://www.bobhodas.com/speaker-placements-acoustic-effects.php>
- Levitt. (1971). *Transformed up-down methods in psychoacoustics*. (págs. 466-477). Recuperado el 16 de junio de 2018 de: <http://bdml.stanford.edu/twiki/pub/Haptics/DetectionThreshold/psychoacoustics.pdf>
- Lewis, J. (2013). *Understanding microphone sensitivity*, Recuperado el 19 de mayo de 2018 de: <http://www.digikey.tw/Web%20Export/Supplier%20Content/invensense-1428/pdf/invensense-understanding-microphone-sensitivity.pdf>
- McCormick, & Rumsey. (2008). *Sonido y grabación. Introducción a las técnicas sonoras*. Madrid, España: Omega Ediciones.
- Minitab Inc. (2017). Elementos básicos de un diagrama de Pareto, Recuperado el 10 de mayo de 2018 de: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-topics/pareto-chart-basics/>
- Miyara, F. (1999). Acústica y sistemas de sonido. En F. Miyara, *Acústica y sistemas de sonido* (pág. 80). Rosario, Argetina: Editorial de la universidad nacional de rosario urquiza.
- Neumann. (2018). Foto micrófono U87, Recuperado de: <https://en-de.neumann.com/u-87-ai>
- ProToolerBlog. (2018). Ventana de edición Pro Tools, Recuperado de: <http://protoolerblog.com/2016/06/14/pro-tools-12-5-1-update/>
- Rational Acoustics. (2016). Foto pantala principal Smaart, Recuperado de: <http://www.rationalacoustics.es/>
- Reitbauer, C., Rainer, H., Noisternig, M., Rettenbacher, B., & Graf, F. (2012). *A System for multichannel Audio Streaming Over Ethernet*, Recuperado el 27 de mayo de 2018 de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01161015/document>
- Self, D. (2011). *Audio Power Amp Design Handbook*. Recuperado el 25 de junio de 2018 de:

<https://pdfs.semanticscholar.org/1375/ec0b3f02e765fd493437363e90abcf2c65bd.pdf>

- Sennheiser. (2018). Foto micrófono e835, Recuperado de: <https://es-mx.sennheiser.com/live-performance-microphone-vocal-stage-e-835>
- Sennheiser. (2018). Foto micrófono e902, Recuperado de: <https://en-us.sennheiser.com/instrument-microphone-kick-drums-bass-guitar-tuba-bass-e-902>
- Shure. (2018). Foto micrófono Sm57, Recuperado de: <http://www.shure.es/productos/microfonos/sm57>
- Shure. (2018). Foto micrófono Beta 52, Recuperado de: http://www.shure.es/productos/microfonos/beta_52a
- Stroe, O. (2011). *Valve vs. solid-state microphone preamplifier: a comparative study*, Recuperado el 3 de mayo de 2018 de: <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/31353/1/Stroe.pdf>
- Suvanto, M. V. (2016). *Temperature compensated microphones Patente nº US9247331*, Recuperado el 3 de mayo de 2018 de: <https://patents.google.com/patent/US9247331>
- Tang, Z.-L. (1999). *Low noise microphone preamplifier*, Recuperado el 3 de junio de 2018 de: <https://patents.google.com/patent/US6275109>
- Teslatronica. (s.f.). Foto espectro de colores, Recuperado de: <http://teslatronica.blogspot.com/p/color.html>
- Turnbull, R. R. (2012). *Auto bias microphone system for use with multiple loads and method of forming same*. Recuperado el 25 de junio de 2018 de: <https://www.google.com/patents/US8243956>
- UNE Normalización española. (2016). Micrófonos de medida. Parte 1: Especificaciones de los micrófonos patrones de laboratorio, Recuperado el 22 de mayo de 2018 de: http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=NC&codigo=TI_TIPO=CEI@NU_CODIGO=61094@NU_PARTE=1@NU_SUBPARTE=0@TX_RESTO=:2000#.WxCuykgvwdU
- Universal Audio. (2009). 6176 Manual, Recuperado el 6 de mayo de 2018 de: http://synthpalace.com/SynthPDFs/6176_manual.pdf

Universal Audio. (2018). Manual de usuario UA 6176, Recuperado el 6 de mayo de 2018 de: <https://www.uaudio.com/hardware/6176.html>

ANEXOS



Figura 79. Medición e835 junto a sonómetro.



Figura 80. Ubicación de las capsulas Sennheiser e835 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala



Figura 81. Ubicación de las capsulas U87 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.



Figura 82. Medición U87 junto a sonómetro.



Figura 83. Ubicación de las capsulas C414 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.



Figura 84. Patrón polar cardioide C414



Figura 85. Filtros desactivados C414



Figura 86. Medición C414 junto a sonómetro.



Figura 87. Ubicación de las capsulas Beta 52 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.



Figura 88. Medición Beta 52 junto a sonómetro.



Figura 89. Medición e902 junto a sonómetro.



Figura 90. Ubicación de las capsulas e902 y sonómetro para comprobar nivel presión sonora en la sala.



Figura 91. Patrón polar cardioide U87



Figura 92. Atenuador desactivado U87



Figura 93. Filtro pasa altos desactivado U87



Figura 94. Proceso de medición con MacBook Pro y M-Audio Mobile Pre USB



Figura 95. Proceso de grabación de guitarras eléctricas

Encuesta tesis sobre relaciones de impedancia

Nombre:

Edad:

Encierre la respuesta de su elección en un círculo

1) ¿Tiene usted experiencia utilizando preamplificadores o conocimiento teórico de sus funciones y/o aplicaciones?

- Sí

- No

2) Según la creencia popular, el equipo analógico suena mejor que el digital al generar una mayor cantidad de armónicos ¿Está usted de acuerdo con esta creencia?

- Sí

- No

3) Si usted debe escoger entre utilizar un preamplificador a tubos o uno a transistores para la grabación de una voz ¿Tiene preferencia por alguna de estas tecnologías?

- Tubos

- Transistores

- Me es indiferente

4) El parámetro THD (Distorsión armónica total) ¿Es relevante para usted, o es influyente en su toma de decisiones?

- Sí

- No

- Me es indiferente

5) El parámetro impedancia (si el preamplificador permite variarlo) ¿Es relevante para usted, o es influyente en su toma de decisiones?

- Sí

- No

- Me es indiferente

Muestra Batería

A continuación, se presentarán 2 grabaciones de una batería acústica. Seleccione la opción que sea de su agrado.

a) ¿Cuál muestra prefiere usted?

- Muestra 1

- Muestra 2

b) ¿Por qué le gusta más dicha muestra?

- Tiene más armónicos

- Tiene menos armónicos

- Tiene más baja frecuencia

- Tiene menos baja frecuencia

Otra: _____

Muestra Guitarra Eléctrica

A continuación, se presentarán 2 grabaciones de una guitarra eléctrica. Seleccione la opción que sea de su agrado.

a) ¿Cuál muestra prefiere usted?

- Muestra 1

- Muestra 2

b) ¿Por qué le gusto más dicha muestra?

- Tiene más armónicos

- Tiene menos armónicos

- Tiene más baja frecuencia

- Tiene menos baja frecuencia

Otra: _____

Muestra Guitarra Acústica

A continuación, se presentarán 2 grabaciones de una guitarra acústica. Seleccione la opción que sea de su agrado.

a) ¿Cuál muestra prefiere usted?

- Muestra 1

- Muestra 2

b) ¿Por qué le gusto más dicha muestra?

- Tiene más armónicos

- Tiene menos armónicos

- Tiene más baja frecuencia

- Tiene menos baja frecuencia

Otra: _____

