

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Artes

Carrera de Artes Musicales

### Guía práctica para producción de refuerzo sonoro para ensambles


Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Licenciado  
en Instrucción Musical

**Autor:**

Luis Ismael Banegas Sanmartin

**Director:**

José Eduardo Urgilés Cárdenas

ORCID:  0000-0003-3786-5748

Cuenca, Ecuador

2023-05-08

## Resumen

El presente proyecto surge debido a las necesidades que los músicos enfrentan al poner en escena un concierto. Los recitales, como medio de difusión de la música, requieren del manejo de ciertos conocimientos y de un trabajo previo, como por ejemplo el llamado refuerzo sonoro; por lo tanto este proyecto se centra en la elaboración de una guía práctica acerca de cómo montar este refuerzo sonoro para la producción de sonido destinado a ser utilizado en ensambles musicales, con una serie de técnicas necesarias que abordan desde los requerimientos de los músicos, ajustes del sistema de sonido y algunos elementos para la mezcla. La metodología utilizada consistió en un análisis textual cualitativo con revisión bibliográfica y una metodología cuantitativa, mediante la cual se buscó información relacionada al tema y se emplearon programas para analizar el espectro sonoro, tomar y comparar muestras; con el fin de obtener resultados adecuados. Los resultados alcanzados muestran que establecer y seguir procesos facilitan el trabajo en un concierto, además de que con la aplicación de herramientas y conocimientos se puede lograr un trabajo armonioso entre músicos y técnicos de sonido con la finalidad obtener eficiencia y conciertos de calidad.

*Palabras clave:* sonido, mezcla, frecuencia, fase, optimización

### Abstract

This project is driven by the needs that musicians face when staging a concert. Recitals as a means of disseminating music requires certain knowledge and previous work, when sound reinforcement is needed, therefore it is a project focused on the elaboration of a practical sound reinforcement guide for the production of sound for musical ensembles, with a series of necessary techniques that deal with musicians' requirements, sound system settings and some elements for mixing. The methodology developed was through qualitative textual analysis with bibliographic review and a quantitative methodology, since information related to the topic was sought and programs were used to analyze the sound spectrum, take and compare samples in order to obtain adequate results. The results achieved show that establishing, following processes facilitate and lighten the work in a concert, with the application of tools and knowledge you can achieve harmonious work between musicians and sound technicians in order to obtain efficiency and quality concerts.

*Keywords:* sound, audio mixing, frequency, phase, optimization

## Índice de contenido

Introducción .....	13
Capítulo 1 .....	15
Fundamento Teórico de los Sistemas de Refuerzo Sonoro.....	15
1.1. Antecedentes Históricos.....	15
1.2. Sistemas de Refuerzo Sonoro.....	18
1.2.1 Subsistema PA (Public Address).....	19
1.2.2. Down Fill. ....	20
1.2.3. Front Fill.....	21
1.2.4. Out Fill. ....	22
1.2.5. Rear Fill.....	22
1.2.6. In Fill .....	23
1.2.7. Delays.....	23
1.2.8. Subsistema de Monitoreo.....	24
1.2.9. Subsistema Control FOH .....	24
1.3 Sistema Line Array.....	24
1.4 Arreglos de Subgraves.....	26
1.4.1 Arreglo Omnidireccional .....	26
1.4.2 Arreglo Cardioide .....	27
Capítulo 2 .....	29
Optimización y Calibración de un Sistema de Refuerzo Sonoro.....	29
2.1 Polaridad y Fase. ....	29
2.1.1 Polaridad.....	29
2.1.2 Fase.....	30
2.2 Breve Descripción y Manejo del Programa Smaart V7.....	32
2.2.1 La Ventana de fase .....	33
2.2.2 Localizador de Retardo (find) .....	34
2.2.3 Magnitud .....	34
2.2.4 Coherencia.....	35
2.3 Ajuste de Fase y Calibración de Respuesta Frecuencia.....	35
2.3.1 Ajuste de Fase del Subsistema P.A a Dos Vías. ....	35
2.3.2 Calibración de Respuesta de Frecuencia.....	40
Capítulo 3 .....	45

Micrófonos y Principios Generales de Mezcla.....	45
3.1 Micrófonos .....	45
3.1.1 Reseña Histórica del Micrófono.....	45
3.1.2 Características Técnicas.....	46
3.1.3 Caja Directa .....	49
3.2 Elementos Generales para la Mezcla.....	50
3.2.1 Estructura de Ganancia.....	50
3.2.2 Procesadores Dinámicos .....	51
3.2.3 Filtros y Ecualizador .....	53
3.3.4 Panorámica.....	55
3.2.5 Efectos.....	56
Capítulo 4 .....	57
Aplicación de los Fundamentos Teóricos en un Concierto en Vivo. ....	57
4.1 Proceso Previo al Concierto – Preproducción .....	57
4.1.1 Logística.....	57
4.1.2 Formato de Instrumentación.....	57
4.1.3 Características del Sistema Sonoro a Usarse. ....	58
4.1.4 Recursos Humanos.....	58
4.1.5 Rider Técnico.....	59
4.1.6 Características de los Micrófonos a Ser Usados. ....	61
4.1.7 Planificación de Toma de Muestras para Calibración .....	63
4.1.7.1 Elementos para la Toma de Muestras .....	63
4.2 Día del Evento - Producción.....	67
4.2.1 Calibración del Sistema de Sonido.....	67
4.2.1.1 Ajuste de Fase en PA.....	67
4.3 Parámetros Utilizados en la Mezcla. ....	77
4.3.1 Ecualizador. ....	77
4.3.2 Compresor. ....	79
4.3.3 Puertas de Ruido. ....	80
4.3.4 Polaridad.....	81
4.3.5 Efectos.....	81
4.3.6 Panorámica.....	81
4.4 Aspectos Importantes de Reajuste Durante el Show.....	82
Conclusiones .....	83

# UCUENCA

6

Recomendaciones ..... 85

Referencias..... 87

Anexos..... 92

## Índice de figuras

Figura 1. The Beatles - Primeras presentaciones. Fuente: Rendón, 2018.....	15
Figura 2. The Beatles - Sistema de audio. Fuente: Associated Newspapers Ltd. 2018. ....	16
Figura 3. Woodstock 1969. Fuente: Gómez, 2018. ....	17
Figura 4. Primeros sistemas de refuerzo sonoro – La muralla de sonido – 1974. Fuente: Anderson, 2015.....	17
Figura 5. Metallica en escenario 360, con arreglo de subgraves. Fuente: Sanz, 2018. ....	18
Figura 6. Cajas de subgraves. Fuente: Contreras, 2018 .....	19
Figura 7. Subsistema PA. Fuente: Cabello, 2012.....	20
Figura 8. Tiros del subsistema P.A. Fuente: Cabello, 2012.....	20
Figura 9. Subsistema de relleno Down fill. Fuente: Cabello, 2012.....	21
Figura 10. Subsistema de relleno Front fill. Fuente: Cabello, 2012.....	22
Figura 11. Subsistema Out fill. Fuente: Cabello, 2012.....	22
Figura 12. Subsistema rear fill. Fuente: Cabello, 2012. ....	23
Figura 13. Subsistema In fill. Fuente: Cabello, 2012. ....	23
Figura 14. Subsistema FOH. Fuente: Contreras, 2018.....	24
Figura 15. Predicción de respuesta de un arreglo de subgraves a 81 Hz.....	26
Figura 16. Predicción de la respuesta de frecuencia de un arreglo lineal con 2/3 de longitud de onda de 125Hz.....	27
Figura 17. Respuesta de un arreglo cardioide.....	27
Figura 18. Polaridad positiva (arriba) y polaridad negativa. Fuente: Sacerdoti, 2017. ....	29
Figura 19. Relación de un círculo con una onda sinusoidal completa. Fuente: Schreiber, 2017.....	31
Figura 20. Círculo de fase. Fuente: Schreiber, 2017. ....	31
Figura 21. Diagrama de conexiones para smart. Fuente: Acoustics, 2011.....	32
Figura 22. Curva de fase en función de transferencia. Fuente: Acoustics, 2011. ....	33
Figura 23. Gráfica de fase: señal retrasada. Fuente: Contreras, 2018. ....	33
Figura 24. Gráfica de fase: señal adelantada. Fuente: Contreras, 2018.....	34
Figura 25. Localizador de retraso (Find). Fuente: Acoustics, 2011.....	34
Figura 26. Magnitud / respuesta de frecuencia. Fuente: Acoustics, 2011.....	35
Figura 27. Nivel de coherencia. Fuente: Acoustics, 2011.....	35
Figura 28. Cruces de frecuencias. Fuente: Roda, 2009. ....	36
Figura 29. Fases solapadas. Fuente: Roda, 2009.....	36
Figura 30. Respuesta de frecuencia y fase. Fuente: Roda, 2009. ....	38
Figura 31. Captura de datos de la vía de Subgraves (Verde) y la vía de rango completo (Azul). Fuente: Roda, 2009. ....	39

Figura 32. Solapado de fase. Fuente: Roda, 2009. ....	39
Figura 33. Resultados del antes (Azul) y después del ajuste de fase. Fuente: Roda, 2009. ....	40
Figura 34. Objetivo de respuesta de frecuencia de L- ACOUSTICS. Fuente: Lively, 2023.. ....	40
Figura 35. Caída de frecuencias en ciertas áreas. Fuente: McCarthy 2009. ....	42
Figura 36. Respuesta de frecuencias semejantes. Fuente: McCarthy 2009. ....	42
Figura 37. Analizador en tiempo real (RTA). Fuente: Apple, 2018.....	44
Figura 38. Estructura interna de un micrófono dinámico. Fuente: Shure, 2009. ....	47
Figura 39. Estructura interna de un micrófono de condensador. Fuente: Shure, 2009. ....	47
Figura 40. Respuesta de frecuencia de un micrófono Shure SM 57. Fuente: Shure, 2019.. ....	48
Figura 41. Caja directa. Fuente: Whirlwind, 2019.....	50
Figura 42. Relación señal-ruido. Fuente: Sacerdoti, 2017.....	51
Figura 43. Puerta de ruido. Fuente: Behind the mixer, 2019. ....	51
Figura 44. Compresor. Fuente: Jon, 2017.....	52
Figura 45. Accionar de un compresor. Fuente: Muñoz, 2016. ....	53
Figura 46. Filtro paso alto. Fuente: Ramírez, 2012. ....	54
Figura 47. Ecualizador gráfico. Fuente: Cuevas, 2013. ....	54
Figura 48. Ecualizador paramétrico. Fuente: Roland, 2019.....	55
Figura 49. Panorámica. Fuente: Ingeniería Musical, 2018. ....	55
Figura 50. Stage plot.....	61
Figura 51. Respuesta de frecuencia del micrófono shure beta 52a. Fuente: Shure, 2023.. ....	61
Figura 52. Respuesta de frecuencia del micrófono shure sm 57. Fuente: Shure, 2023. ....	62
Figura 53. Respuesta de frecuencia del micrófono shure PG 98H. Fuente: Shure, 2023. ....	62
Figura 54. Respuesta de frecuencia del micrófono samson CO2. Fuente: Samson, 2019. ....	63
Figura 55. Respuesta de frecuencia del micrófono sennheiser e835. Fuente: Sennheiser, 2019.....	63
Figura 56. Micrófono DBX RTA-M. Fuente: Harman, 2019.....	64
Figura 57. Respuesta de frecuencia del micrófono DBX RTA-M. Fuente: Harman, 2019....	64
Figura 58. Interface Steinberg UR22. Fuente: Steinberg, 2019. ....	65
Figura 59. Smaart V7. ....	65
Figura 60. Área de muestreo para ajuste de fase.....	66
Figura 61. Área de muestreo para ajuste de respuesta de frecuencia.....	67
Figura 62. Datos para ajuste de fase. ....	68
Figura 63. Datos de subgraves. ....	69
Figura 64. Datos de las cajas del PA. ....	69
Figura 65. Señal de subgraves retrasada.....	70
Figura 66. Solapado de fase. ....	70



Figura 67. Antes y después de ajuste de fase.....	71
Figura 68. Muestras en diferentes puntos de la zona de audiencia.....	72
Figura 69. Muestras de la audiencia después de ajustar con el ecualizador.....	72
Figura 70. Respuesta de frecuencia de monitores.....	73
Figura 71. Corrección de respuesta de frecuencia de monitores.....	73
Figura 72. Micrófono en el bombo.....	74
Figura 73. Micrófono en la caja.....	74
Figura 74. Micrófono en caja inferior.....	75
Figura 75. Micrófono en hit hat.....	75
Figura 76. Micrófono en tom.....	76
Figura 77. Micrófono en el amplificador de guitarra.....	77

## Índice de tablas

Tabla 1. Diferentes patrones polares. Fuente: Shure, 2009. ....	49
Tabla 2. Recursos humanos .....	59
Tabla 3. Lista de canales. ....	60
Tabla 4. Parámetros de EQ.....	79
Tabla 5. Parámetros de compresor.....	80
Tabla 6. Parámetros de puertas de ruido. ....	81
Tabla 7. Parámetros de panorámica. ....	82

## Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico a mi padre, madre y hermana quienes han sido un pilar fundamental durante toda mi vida de estudiante, me apoyado de una manera constante en el maravilloso mundo de la música y el sonido.

## Agradecimiento

Agradezco a mi familia, que me han apoyado moral y económicamente durante toda mi carrera universitaria. A todos mis maestros, que me han aportado con conocimientos, en especial a Cristian Vallejo, José Urgilés; y a los alumnos que conforman los ensambles de rock de la Facultad de Artes de la Universidad de Cuenca por colaborar en el desarrollo del proyecto.

## Introducción

La música, por ser un arte y una forma de expresión, tiende a manifestarse en diferentes espacios y de diversas maneras con el objetivo de ser transmitida al público; siendo por ejemplo ejecutada en sitios como teatros, plazas, bares, entre otros. Quizá uno de los sitios más antiguos en donde fue compartida fue en el teatro griego, el cual podía albergar multitudes y estuvo diseñado para que las comunicaciones de los voceros y la música fueran transmitidas de una manera clara a los oyentes.

Con el pasar de los años el desarrollo tecnológico ha permitido una mayor difusión de la música a todo nivel, gracias a la radio, la televisión, y ahora gracias al internet y sus numerosas plataformas digitales; todo lo cual ha ayudado a que la música se difunda de una manera masiva, permitiendo esto el desarrollo de una industria musical. Sin embargo, la manera tradicional de transmisión de la música sigue siendo el formato de concierto o presentación en vivo, la cual se mantiene hasta nuestros días y cuyo objetivo es impactar de forma directa en la audiencia presente, para lo cual se requiere tener en cuenta y saber manejar, así como controlar, ciertos elementos técnicos que permiten una correcta transmisión del sonido integral del espectáculo; aspecto que es conocido como refuerzo sonoro.

El presente proyecto tiene como objetivo general la elaboración de una guía práctica para el desarrollo de refuerzo sonoro para ensambles, mediante la aplicación de diferentes técnicas y la articulación con conocimientos teórico-prácticos de producción musical. Como objetivos específicos de este trabajo, se han planteado los siguientes: fundamentar teóricamente los sistemas de refuerzo sonoro; argumentar teóricamente la optimización y calibración de un sistema de refuerzo sonoro; sustentar teóricamente los tipos micrófonos y principios de mezcla; aplicar los fundamentos teóricos en un concierto en vivo.

Al tratarse de una guía práctica se busca brindar un aporte informativo-teórico para personas que están involucradas en el ámbito del sonido, directamente a operarios de sonido, estudiantes de producción musical y músicos, con el objetivo de aportar técnicas útiles y prácticas; a la vez crear consciencia de que se debe manejar un mismo lenguaje entre músicos y técnicos, y también que existe un trabajo fundamental que tiene que ser llevado a cabo antes de un concierto.

La metodología empleada en este proyecto fue el análisis textual cualitativo mediante la revisión de bibliografía. Al aplicar este método no se tiene un proceso que se encuentre establecido y que conduzca a la generación de hipótesis y teorías (Osses Bustingorry,

Sánchez Tapia, & Ibáñez Mancilla, 2006), sino que se trata de una de una búsqueda bibliográfica que según Vilanova (2012) “es una recopilación sistemática de la información publicada relacionada con el tema”. Se realizó una revisión bibliográfica en diferentes sitios web oficiales de empresas que se encargan de la construcción de equipos para el refuerzo sonoro como *Meyer Sound*, *Dass Audio*, *Shure*, *Dbx*, *JBL*, *L-Acoustics*; así como también en libros y revistas que explican conceptos para entender el trabajo del refuerzo sonoro.

Se aplicó una metodología cuantitativa, que es una forma de recopilar y analizar datos, y que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas y matemáticas, para la aplicación de un programa de análisis en tiempo real (*real time analyzer*) de ajuste de sistemas, para obtener muestras, analizar y tomar una decisión que ajuste el equipo de refuerzo sonoro a las necesidades de recinto.

La organización de los capítulos se presenta de la siguiente manera:

- 1.- Fundamento teórico de los sistemas de refuerzo sonoro.
- 2.- Optimización y calibración de los sistemas de refuerzo sonoro.
- 3.- Micrófonos y principios generales de mezcla.
- 4.- Aplicación de los fundamentos teóricos en un concierto en vivo.

## Capítulo 1

### Fundamento Teórico de los Sistemas de Refuerzo Sonoro.

En este capítulo abordaremos diferentes aspectos que componen el refuerzo sonoro, tales como el registro histórico, el desarrollo tecnológico, las características de *line array*, los subgraves, entre otros elementos fundamentales para la creación de dicho sistema.

#### 1.1. Antecedentes Históricos.

El surgimiento de los sistemas de refuerzo sonoro se remonta al siglo pasado. Sin embargo, antes, ya los griegos mostraron conocimientos sobre acústica y diseño de recintos, por ejemplo, su teatro en forma de semicírculo con paredes reflectantes (López, 2009).

Según López (2009) el sistema de refuerzo sonoro se desarrolló a principios del siglo XX cuando surgió un interés masivo en la música y los conciertos; apareciendo así las primeras empresas de audio, inventos como los micrófonos dinámicos y los micrófonos de condensador. Así mismo, los grupos de música, especialmente los de Rock, influenciaron en la búsqueda y el desarrollo de tecnologías para satisfacer las necesidades y exigencias de los conciertos en vivo.



Figura 1. The Beatles - Primeras presentaciones. Fuente: Rendón, 2018

A inicios de los años 60, un sistema de refuerzo sonoro se caracterizaba por dos columnas de 4 altavoces de 12 pulgadas, con un peso, tamaño y costo elevado; por lo que existió inconvenientes en el transporte y manejo (López, 2009).

El objetivo de mejorar los sistemas de refuerzo sonoro, empezaron a utilizar sistemas divididos en rangos de frecuencias, que, a pesar de todo, tenían todavía ciertas falencias, como sonido saturado, falta de dinámica, de fidelidad y de realismo (López, 2009).



Figura 2. The Beatles - Sistema de audio. Fuente: Associated Newspapers Ltd. 2018.

A finales de la década de los 60 grandes grupos de música fusión como el Pop, Rock, R&B, representados por ejemplo por Santana, Eagles, Frank Zappa, entre otros, empezaron a requerir ciertas características de los sistemas de refuerzo sonoro (López, 2009).

Lo que expresa Fernando Díaz en una entrevista, en la década de los 60 al realizarse los primeros grandes festivales de música en vivo, como Monterrey en el 67 y Woodstock en el 69, se requería de un equipo de alta fidelidad y presión sonora alta, para cubrir el rango de escucha de la gran audiencia, por otro lado, López (2009) los sistemas de sonido generaban sonidos distorsionados y ásperos que ayudaban a las características de dichos géneros.





Figura 3. Woodstock 1969. Fuente: Gómez, 2018.

En los años 80 los sistemas de refuerzo sonoro empezaron a ser elevados o colocados a cierta altura del piso, éstos eran ubicados a manera de racimos (*clusters*) verticales semicilíndricos. El objetivo era organizar y direccionar el sonido para obtener la menor reverberación y aparentar la proyección del sonido de una sola fuente, con el fin de lograr una mayor fidelidad (Trade formación, 2017).

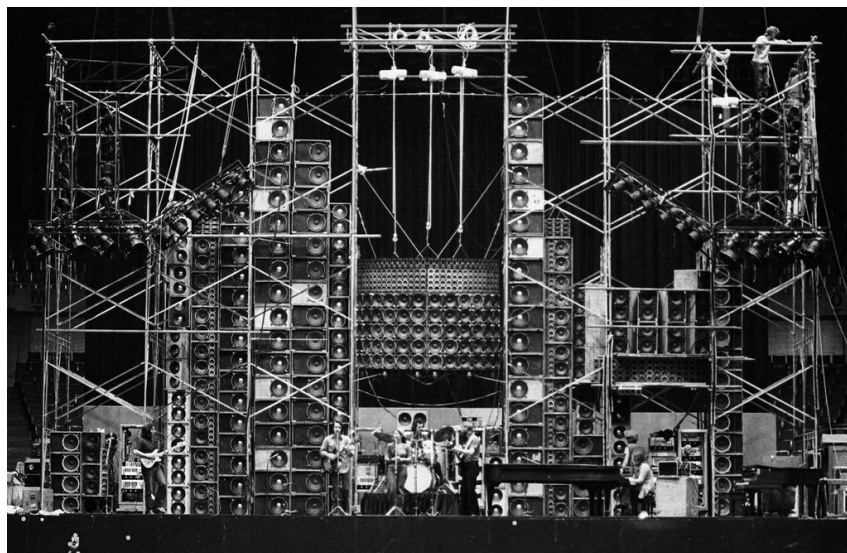


Figura 4. Primeros sistemas de refuerzo sonoro – La muralla de sonido – 1974. Fuente: Anderson, 2015.

En los años 90 se empezaron a utilizar sistemas de fuente lineal -inicialmente utilizados en iglesias, escuelas, entre otros para anuncios y música de fondo-, lo que permitió llevar los

espectáculos de música en vivo al siguiente nivel comercial (López, 2009). Los sistemas lineales para espacios grandes habían ya sido pensados en los años 50, pero la falta de innovaciones y recursos tecnológicos, así como la poca aceptación de éstos en los diferentes espacios, frustró su aparición hasta el surgimiento de nueva tecnología (Trade formación, 2017).

Ante esto, es importante recordar que un sistema de fuente lineal se caracteriza por la difusión amplia y homogénea, es decir que se puede escuchar lo más similar posible tanto cerca como lejos del sistema de refuerzo sonoro (López, 2009).

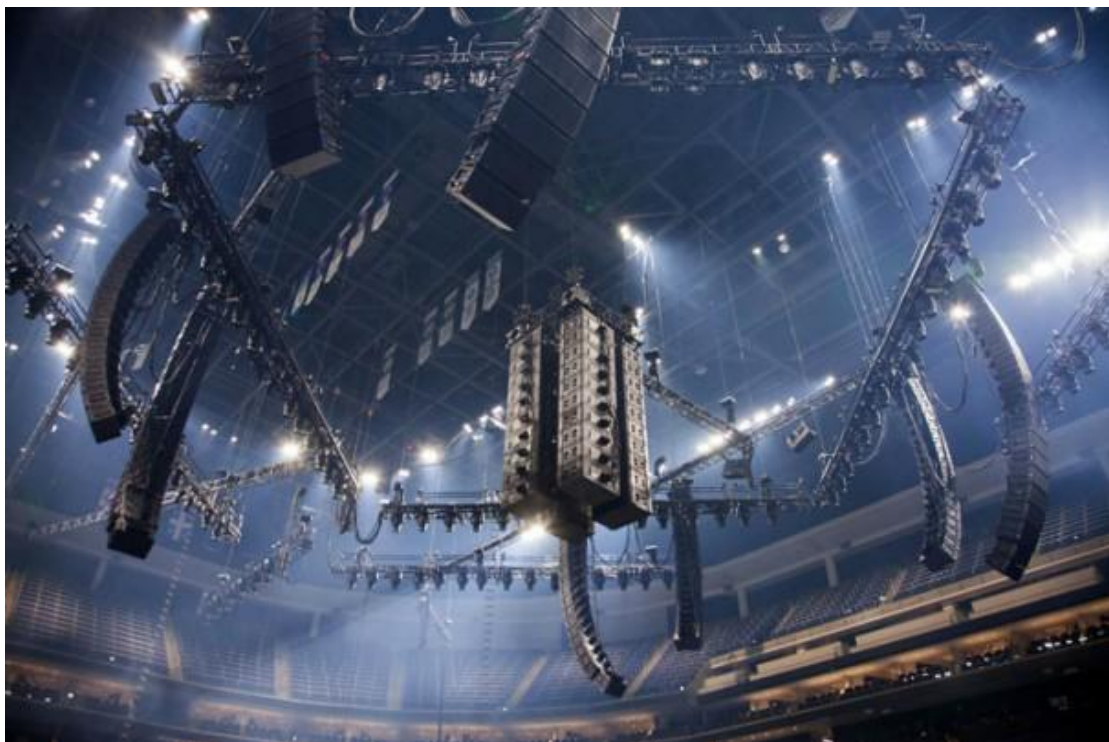


Figura 5. Metallica en escenario 360, con arreglo de subgraves. Fuente: Sanz, 2018.

## 1.2. Sistemas de Refuerzo Sonoro.

Un sistema de refuerzo sonoro es un conjunto de elementos electrónicos, acústicos que trabajan entre sí para transmitir y aumentar la presión sonora de una determinada fuente con una fidelidad para ser escuchada en una determinada audiencia (López, 2009).

En los sistemas de refuerzo sonoro encontramos subsistemas donde cada uno cumple funciones y tiene diferentes componentes; estos subsistemas están conectados entre sí, y son:

### 1.2.1 Subsistema PA (Public Address).

Es un sistema que está direccionado hacia una audiencia que cumple un rango de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz; sin embargo, se puede configurar su tiro, que puede ser largo, medio y largo (Cabello, 2012).

Está compuesto por dos tipos de cajas acústicas, siendo éstas las cajas de subgraves y las cajas de rango completo:

- **Cajas de subgraves.** - Se caracterizan por reproducir frecuencias de 20 Hz hasta 150 Hz, los diámetros de los altavoces varían de 12 a 21 pulgadas. Utilizan radiadores directos y diseños de reflexiones de bajos (Cuevas, 2017).



Figura 6. Cajas de subgraves. Fuente: Contreras, 2018

- **Cajas de Rango completo.** - Se caracterizan por tener altavoces de 10 a 12 pulgadas que reproducen frecuencias medias de 63 Hz a 4 kHz, y altavoces de 1 a 3 pulgadas que reproducen frecuencias altas de 4 kHz a 20 kHz (López, 2009).

Sus ángulos de cobertura de dispersión estrecha van desde 5 a 30 grados y de dispersión ancha de 40 a 100 grados (López, 2009).



Figura 7. Subsistema PA. Fuente: Cabello, 2012.

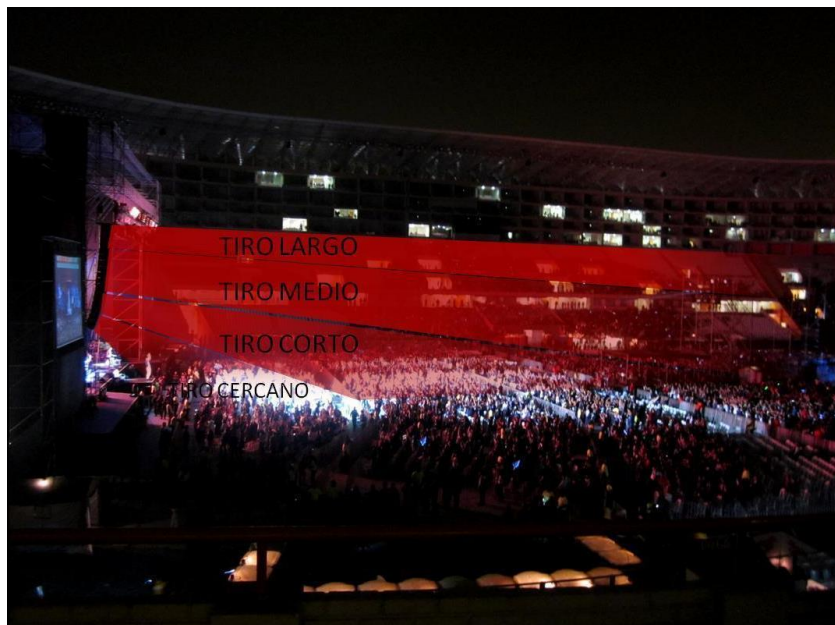


Figura 8. Tiros del subsistema P.A. Fuente: Cabello, 2012.

También se encuentran subsistemas de relleno para lograr una dispersión homogénea dentro del recinto; frecuentemente podemos encontrar:

### **1.2.2. Down Fill.**

Extensión vertical del subsistema PA, cajas de corto alcance con un ángulo de difusión menor. Se enfocan en cubrir áreas cercanas frente al escenario, frecuentemente se utiliza un retardo de señal para sincronizar con el subsistema principal (McCarthy, 2009).

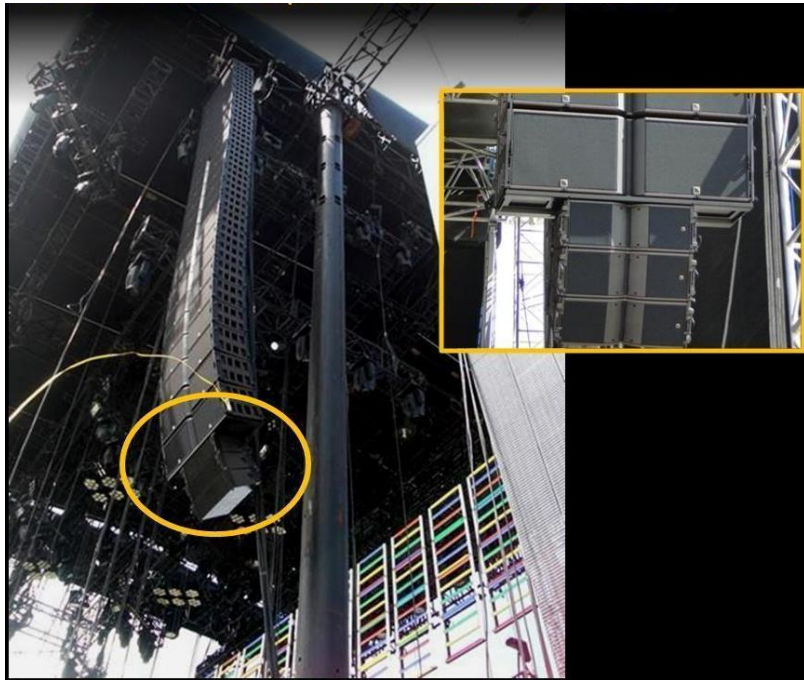


Figura 9. Subsistema de relleno Down fill. Fuente: Cabello, 2012.

### **1.2.3. Front Fill.**

Cubre las primeras filas del público, son cajas pequeñas con ángulos de difusión menor que cubren el área central frente al escenario, lo que no se logra con las cajas *down fill* (McCarthy, 2009).



Figura 10. Subsistema de relleno Front fill. Fuente: Cabello, 2012.

#### **1.2.4. Out Fill.**

Subsistema de cobertura lateral, que complementa al subsistema principal (Cabello, 2012).

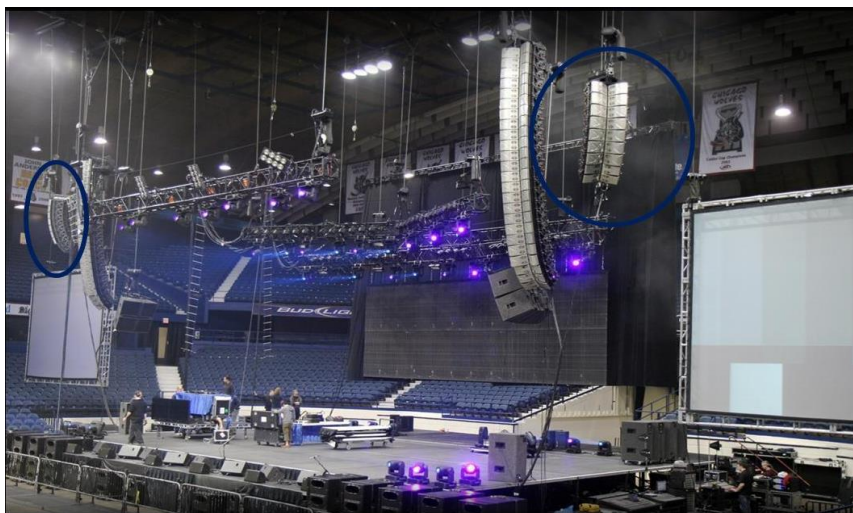


Figura 11. Subsistema Out fill. Fuente: Cabello, 2012.

#### **1.2.5. Rear Fill.**

Se direcciona atrás del subsistema principal, como un relevo del sistema y similares características del subsistema PA (Cabello, 2012).



Figura 12. Subsistema rear fill. Fuente: Cabello, 2012.

### **1.2.6. In Fill.**

Subsistemas laterales direccionados hacia las partes centrales frente al escenario, que cubren zonas que están fuera del alcance del subsistema principal (Cabello, 2012).



Figura 13. Subsistema In fill. Fuente: Cabello, 2012.

### **1.2.7. Delays.**

Son extensiones o relevos del subsistema PA, se utilizan para cubrir áreas más alejadas del escenario, que frecuentemente se ajustan con retrasos digitales para que esta señal se sume a la del PA principal (McCarthy, 2007).

### 1.2.8. Subsistema de Monitoreo.

Es un conjunto de elementos y dispositivos electro acústicos que va asociado directamente con el músico. Conformado por altavoces y consolas que van direccionados hacia los músicos ya sea sistemas de altavoces convencionales o sistemas *in-ears* (audífonos) (López, 2009).

Podemos encontrar diferentes áreas en los sistemas de monitores:

- *Front fill*. - Ubicados en la parte frontal del escenario, dirigido hacia los músicos (López, 2009).
- *Side fill*. - Son los altavoces que están ubicados en las partes laterales del escenario (Cuevas, 2018).
- *Drum fill*. - Se ubica a los costados o atrás de la batería (López, 2009).

### 1.2.9. Subsistema Control FOH.

FOH (*Front of House*) Es la consola principal que está ubicada a 20 o 30 metros al frente del escenario, por donde entran las señales de bajo nivel, se procesan y luego salen al subsistema P.A. o monitores (López, 2009).



Figura 14. Subsistema FOH. Fuente: Contreras, 2018.

## 1.3 Sistema *Line Array*

El *line array* es un grupo de elementos sonoros radiantes arreglados en línea recta, espaciados cercanamente que operan en fase e igual amplitud, donde cada elemento se junta para formar un solo sistema y lograr una cobertura vertical muy direccional. (Cuevas, 2018).



El principal objetivo del sistema *line array* es lograr una reproducción sonora lo más fiel posible al sonido original, y emitirla a la audiencia con una respuesta de frecuencia y un nivel de presión sonora adecuadas en toda el área (López, 2009).

En los últimos años el sistema *line array* ha tenido un crecimiento tecnológico bastante alto, por lo tanto, las ventajas que López (2009) identifica son varias:

- Mejor rendimiento de presión sonora a mayores distancias, por lo tanto, se utiliza hasta 16 veces menos potencia que los sistemas tradicionales obteniendo mayores resultados con menor energía eléctrica.
- Cobertura y uniformidad en la zona de audiencia por las características directivas, y debido a que el sistema se comporta como única fuente de sonido.
- Disminución del tiempo de montaje de equipo por ser más compactos y livianos.
- Niveles de presión sonora mayores con un número menor de cajas. (p 161)

Los principios de funcionamiento se remontan un siglo atrás con Auguste Jean Fresnel, en 1814, un estudioso en el campo de la óptica y los fenómenos provocados por los rayos de la luz polarizada (Cuevas, 2018). Fresnel descubrió que los rayos polarizados en un mismo plano o mismo origen se interfieren de manera negativa, pero cuando se encuentran ubicados perpendicularmente éstos se interfieren de manera positiva (López, 2009).

Por lo tanto, se llegó a la conclusión, que para obtener una mayor sumatoria en frecuencias la separación entre éstas debe ser menor que la mitad de la longitud de onda de la frecuencia más alta a reproducir (López, 2009).

En 1947 Harry F. Olson ya disputaba sobre teorías aplicadas a la acústica como líneas de subgraves, direccionalidad de las frecuencias graves, arreglos lineales, entre otros (Cuevas, 2018).

En 1992 el Doctor de origen francés, Christian Heil, sustenta en la AES (*Audio Engineering Society*), su estudio de "Fuentes sonoras irradiadas por fuentes múltiples de sonido", es entonces cuando se fabrican los primeros *line array* (Cuevas, 2018).

*Heil* (1992) toma una analogía de que cuando lanzamos una piedra al agua ésta generará ondas circulares progresivas, pero al botar varias piedras estas ondas provocan interferencias entre ellas, por lo tanto, no se generan ondas progresivas.

Como conclusión, si a todas estas piedras las juntamos en una bolsa y arrojamos al agua, esta genera con mayor energía y con ondas progresivas sin cancelarse (Cuevas, 2018).

## 1.4 Arreglos de Subgraves

Los subgraves son altavoces que reproducen frecuencias bajas de 20 Hz hasta 150 Hz, diámetros de altavoces de 12 a 21 pulgadas, se caracterizan por irradiarse de manera omnidireccional. (Cuevas, 2018).

### 1.4.1 Arreglo Omnidireccional.

Los arreglos de subgraves omnidireccionales irradian frecuencias a 360 grados que pueden ser molestos al momento de trabajar con altas presiones sonoras. Existen diferentes tipos de arreglos omnidireccionales, como L-R, en línea, juntos en el centro (McCarthy, 2007).

**1.4.1.1 Arreglo L - R.** Consiste en colocar subgraves en las partes extremas, uno a la izquierda y otro a la derecha del escenario, se caracteriza por ser omnidireccional y tener ciertas cancelaciones por la distancia e interferencia entre ellos (Sastrón, 2019). A continuación, se observa en la figura 15 de cómo reaccionan los subgraves con este tipo de arreglo:

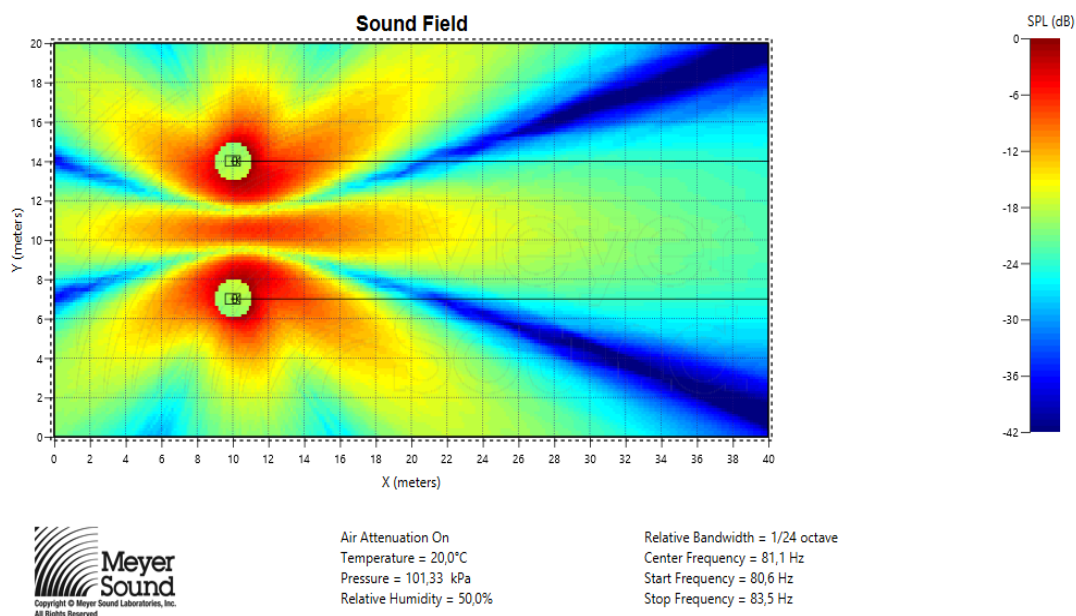


Figura 15. Predicción de respuesta de un arreglo de subgraves a 81 Hz.

En la figura 15 se observa que existen ciertas cancelaciones y suma de frecuencias en algunas zonas, obteniendo una difusión no homogénea.

**1.4.1.2 Arreglo en Línea.** Se caracteriza por colocar las cajas de subgraves a una distancia máxima de  $2/3$  de longitud de onda de la frecuencia más alta a reproducir (Sastrón, 2019).

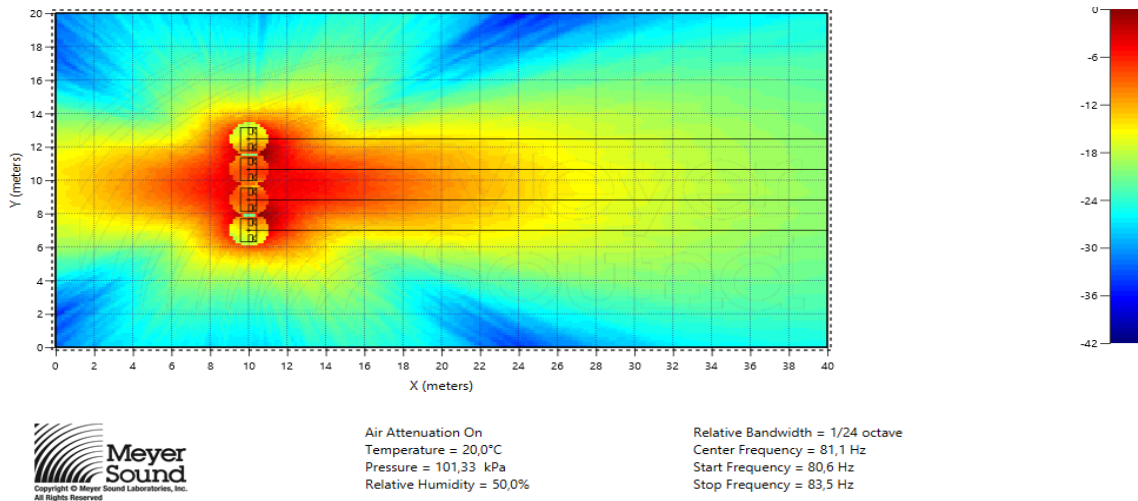


Figura 16. Predicción de la respuesta de frecuencia de un arreglo lineal con 2/3 de longitud de onda de 125Hz.

En la figura 16 se observa una respuesta de irradiación más pareja que la anterior, pero se encuentran cancelaciones a los costados alejados.

### 1.4.2 Arreglo Cardioide.

Se caracterizan por direccionar las frecuencias graves a través de cancelaciones positivas (McCarthy, 2009). Existen diferentes tipos de arreglos cardioides como *End fire*, *stack invertido*, entre otros.

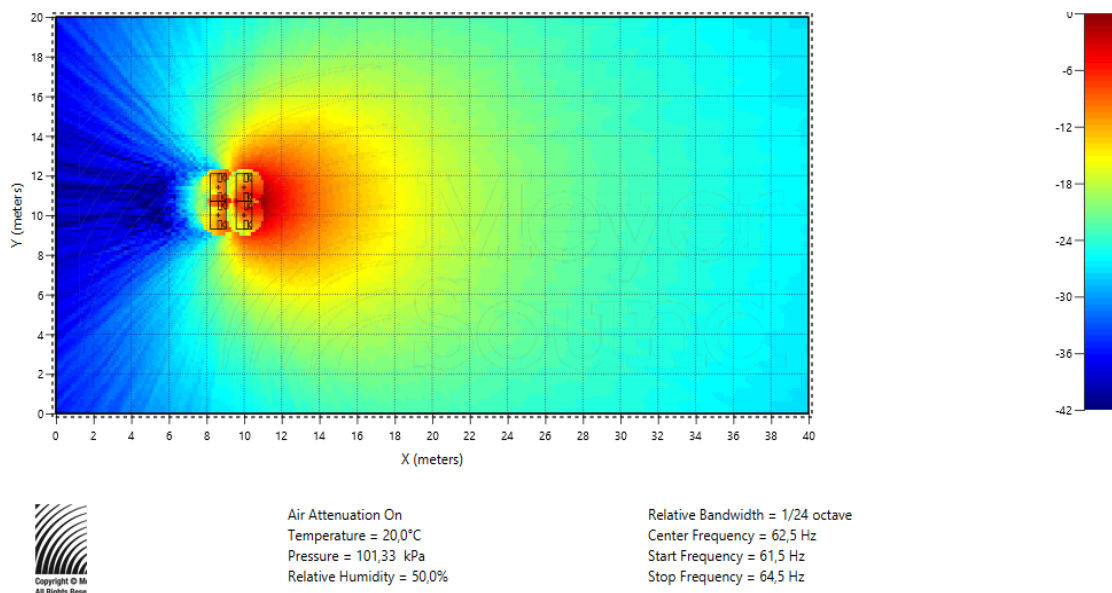


Figura 17. Respuesta de un arreglo cardioide.

En la figura 17 se observa una radiación de frecuencias graves de manera pareja y direccionada.

En definitiva, los arreglos de subgraves en algunos casos sirven para tener controladas y direccionadas las frecuencias graves, que servirán para diferentes aplicaciones.

## Capítulo 2

### Optimización y Calibración de un Sistema de Refuerzo Sonoro.

En este capítulo se tratarán conceptos para el ajuste de fase y respuesta de frecuencia a través de la utilización del programa *Smaart* y los recursos necesarios con el fin de entender su funcionamiento y la aplicación en sistemas de refuerzo sonoro.

#### 2.1 Polaridad y Fase.

La polaridad y la fase tienen conceptos diferentes, pero están ligados el uno con el otro al momento de ajustar un sistema de refuerzo sonoro. Se pueden considerar las siguientes definiciones sobre lo que es polaridad y lo que es fase:

##### 2.1.1 Polaridad.

Sacerdoti (2017) el término polaridad que es utilizado en diferentes campos, así, por ejemplo, en el aspecto digital, se corresponde con el sistema binario 0 - 1, mientras que, respecto a la energía eléctrica, trabaja en base a direcciones: positivo - negativo, o de una dirección o en otra.

En aplicaciones de audio específicamente hablamos de la polaridad en los altavoces, cuando se menciona polaridad positiva el diafragma del parlante se mueve hacia delante, y en la polaridad negativa el diafragma se mueve hacia atrás (Sacerdoti, 2017). Sin embargo, McCartyhy debate que no podemos diferenciar la polaridad negativa o positiva al momento de escuchar.

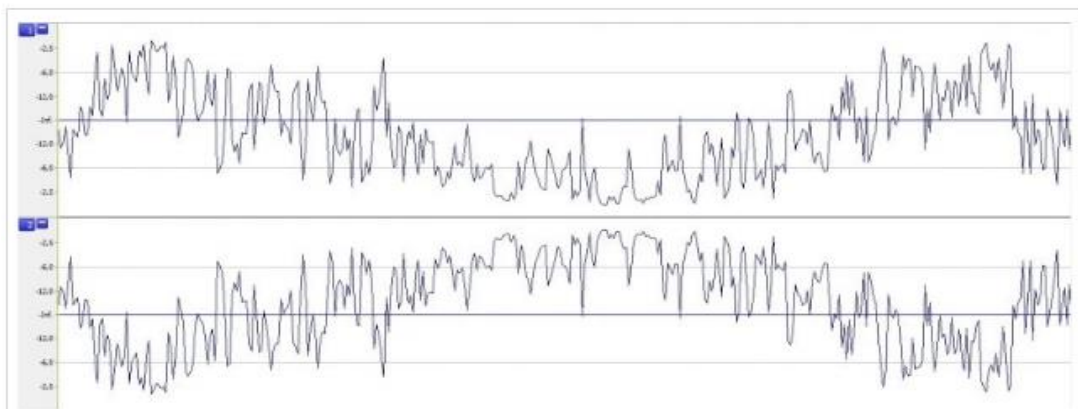


Figura 18. Polaridad positiva (arriba) y polaridad negativa. Fuente: Sacerdoti, 2017.

### 2.1.2 Fase.

Cuando hablamos de fase, nos referimos concretamente a la fase relativa<sup>1</sup>. Sacerdoti (2017) al explicar la fase, se hace referencia al tiempo, que se vincula a las ondas sinusoidales, que son oscilaciones cilíndricas; encadenándose esta fase a la posición de esta oscilación en grados. Se conecta con un círculo ya que tiene 360 grados que equivale a un periodo completo de una onda sinusoidal. Por ende, la velocidad de giro está ligada a la frecuencia que depende del tiempo (Sacerdoti, 2017).

La fase nos ayuda a saber cuántos ciclos o fracciones de ciclo han transcurrido en un determinado tiempo, cabe resaltar que la fase es una característica de las ondas y no es necesario que haya más de una señal para hacer un análisis (Schreiber, 2017).

Existen diferentes variables que pueden modificar la fase como la acústica y sus respectivas reflexiones, ecualización y distancia (Roda, 2009). Para entender cuánto tiempo toma completar una onda sinusoidal de 360 grados en relación a la frecuencia, nos basaremos en la siguiente fórmula:

$$T = \frac{1s}{frecuencia} \quad o \quad \frac{1000ms}{frecuencia}$$

En donde 1s es una constante y la frecuencia sería variable. Ejemplo: tenemos una frecuencia de 100 Hz, calcularemos en cuantos milisegundos demoraría completar un ciclo:

$$T = \frac{1000ms}{100Hz}$$

$$T = 10ms$$

Por lo tanto, 100Hz demora 10 ms para dar un ciclo completo.

---

<sup>1</sup> “La fase relativa es una medida de fracción de la longitud de onda que separa dos señales y se expresa en grados. Una longitud de onda de separación cero corresponde a 0 grados de fase relativa, mientras que una longitud de onda de un medio corresponde a 180 grados. Podemos recordar que el nivel relativo puede ir de 0Db a infinito. Por el contraste, la fase relativa es una función circular, limitada en su rango a no más de +-180(0-360) grados...” (McCarthy, 2009, pag. 91)

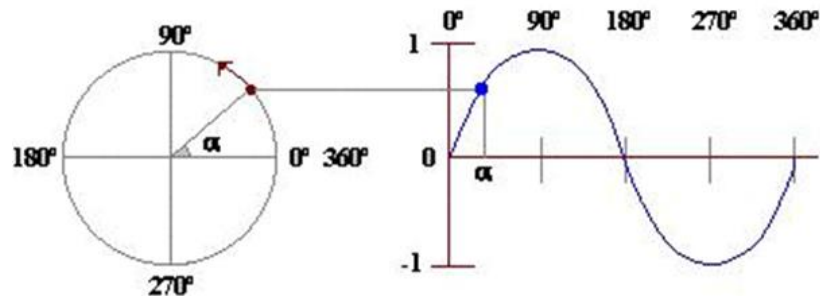


Figura 19. Relación de un círculo con una onda sinusoidal completa. Fuente: Schreiber, 2017.

Ahora, si interfieren dos señales, van a existir diferentes resultados de sumas o cancelaciones, que dependen de cuántos grados de fase o desfase tengan. En la siguiente figura se observa:

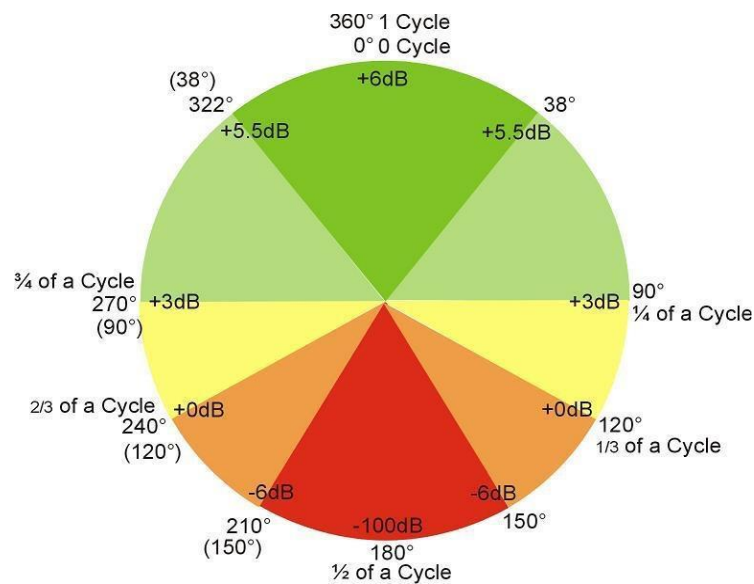


Figura 20. Círculo de fase. Fuente: Schreiber, 2017.

En la figura 20 se puede apreciar que cuando tenemos dos señales con una fase de  $0^\circ$  tendremos una suma de 6 dB, en cambio si tenemos un desfase de  $180^\circ$  tendremos una cancelación total. Si las mismas señales tienen un desfase de  $90^\circ$  o  $270^\circ$  tendremos una suma de 3 dB (Schreiber, 2017).

En conclusión, podemos decir que la fase y polaridad están relacionadas directamente, y que al sumar dos fuentes sonoras debemos tener en cuenta la fase para obtener la mayor suma de dB posibles, y por tanto un óptimo rendimiento del equipo.

## 2.2 Breve Descripción y Manejo del Programa *Smaart V7*

*Smaart* (*Sound Measurement Acustical Analyzer Real Time Tool*) es un programa de medición acústica que se utiliza para ajustes de sistemas para refuerzo sonoro. Relaciona dos señales, una de referencia (señal eléctrica interna) y la otra (señal acústica) obtenida a través de un micrófono del sistema de refuerzo sonoro (Acoustics, 2011).

En esta sección se abordan las funciones básicas de cómo utilizar, leer y los recursos para poder utilizar dicho programa.

Los recursos necesarios para el funcionamiento del software son:

- Computadora.
- Interface de mínimo dos canales con alimentación *phantom power*.
- Micrófono de medición.
- Cables respectivos.

A continuación, explicaremos las conexiones y configuración de la interface de sonido con el programa:



Figura 21. Diagrama de conexiones para *smaart*. Fuente: Acoustics, 2011.

En la figura 21 se observa que la interface de audio se conecta a la PC a través de cable USB o *firewire*, en la entrada número 1 de la interface se conecta el micrófono de medición, en la entrada número 2 la señal de referencia que a su vez sale de la interface. La salida física número 1 de la interface alimenta a una entrada de la consola para excitar al sistema de refuerzo sonoro (Acoustics, 2011).

El programa *Smaart V7* muestra diferentes ventanas de trabajo; en este caso nos centraremos en la función de transferencia, específicamente en el localizador de retardo, la ventana de fase, la magnitud, a su vez la coherencia y finalmente el impulso:



## 2.2.1 La Ventana de fase.

Acoustics (2011) dice que proporciona gráficos de la fase de una medición en función de transferencia, es decir analiza en grados la diferencia entre una señal de referencia y una de medición acústica. Muestra el tiempo relativo en función de la frecuencia, los cambios de fase debido a los filtros y polaridad. El diagrama de fase es circular englobando los  $360^\circ$  En la parte superior ( $180^\circ$ ) es el mismo punto que representa en la parte inferior ( $-180^\circ$ ), se debe interpretar de manera circular y continua. (p 23).



Figura 22. Curva de fase en función de transferencia. Fuente: Acoustics, 2011.

En caso de no estar ajustadas a tiempo tendremos gráficos de fase: la primera, gráficos descendentes, significa que la señal está retrasada, y la segunda, con gráficas ascendentes, la señal está adelantada en relación a la señal de referencia (Contreras 2018).

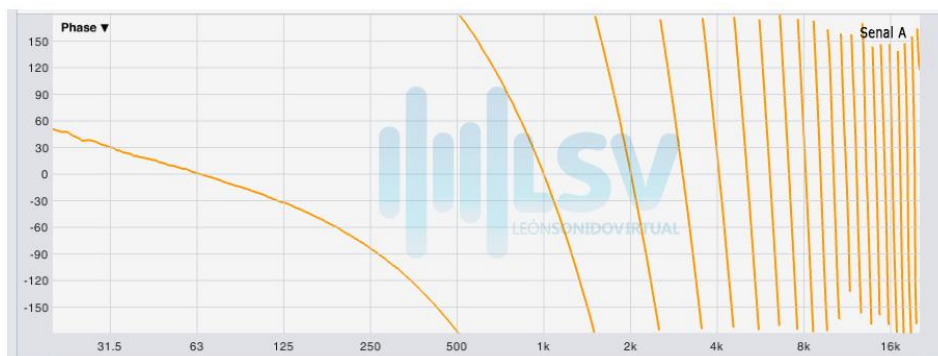


Figura 23. Gráfica de fase: señal retrasada. Fuente: Contreras, 2018.

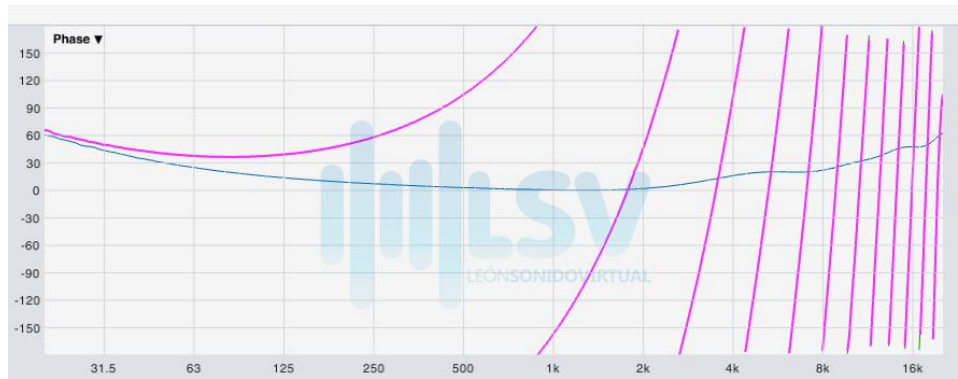


Figura 24. Gráfica de fase: señal adelantada. Fuente: Contreras, 2018.

### 2.2.2 Localizador de Retardo (*find*).

Al comparar dos señales en diferentes sistemas frecuentemente se generan retrasos de señal ya sea por procesos o por difusión acústica. Por ende, en *Smaart V7* existe un proceso para igualar las señales, tanto la de referencia con la de medición, a fin de tener coherencia en la fase. (Acoustics, 2011, p 26)

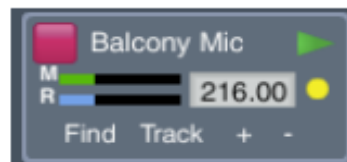


Figura 25. Localizador de retraso (Find). Fuente: Acoustics, 2011

### 2.2.3 Magnitud.

La ventana de magnitud se presenta la gráfica de la respuesta de frecuencia, que está determinada por la relación de la señal de referencia con la señal de referencia (ruido rosa<sup>2</sup>) en comparación de la respuesta tomada de los altavoces (Acoustics, 2011).

<sup>2</sup> Ruido rosa contiene cantidades iguales de energía en cada octava, el oído humano lo percibe como si tuviera una cantidad igual en todas las frecuencias (Marcillo, 1999).



Figura 26. Magnitud / respuesta de frecuencia. Fuente: Acoustics, 2011.

### 2.2.4 Coherencia.

Muestra la consistencia de los datos de la función de transferencia en la serie de mediciones y promedios, se expresa en porcentajes de 0% a 100%, siendo una data mala y datos consistentes respectivamente. Existen algunos factores que interfieren en la coherencia como:

- Problemas con el sistema de medición ya sea por no tener ajustado el retardo.
- Ruido ambiental que provoca la pérdida de la señal directa, por ejemplo: vientos fuertes.
- Exceso de reverberación.
- Reflexiones. (Acoustics, 2011, p 24)

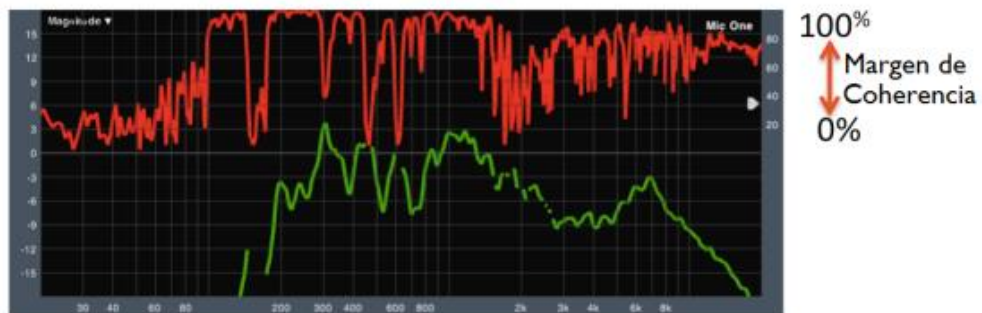


Figura 27. Nivel de coherencia. Fuente: Acoustics, 2011.

## 2.3 Ajuste de Fase y Calibración de Respuesta Frecuencia.

### 2.3.1 Ajuste de Fase del Subsistema P.A a Dos Vías.

Lo que se busca en los ajustes de fase es la mayor suma posible de presión sonora o que no exista cancelaciones en la zona de cruces entre dos fuentes sonoras. Cuando hablamos de cruces nos referimos a la interacción de frecuencias de dos fuentes

sonoras que están divididas en determinados rangos de frecuencias, que se los conoce como vías. (Roda, 2009, p 6)

En la figura 28 se observa, las frecuencias que están de color verde son la vía de frecuencias graves y las de color azul la vía de frecuencias agudas, y también veremos un cruce de frecuencias aproximadamente en 300 Hz (Roda, 2009).

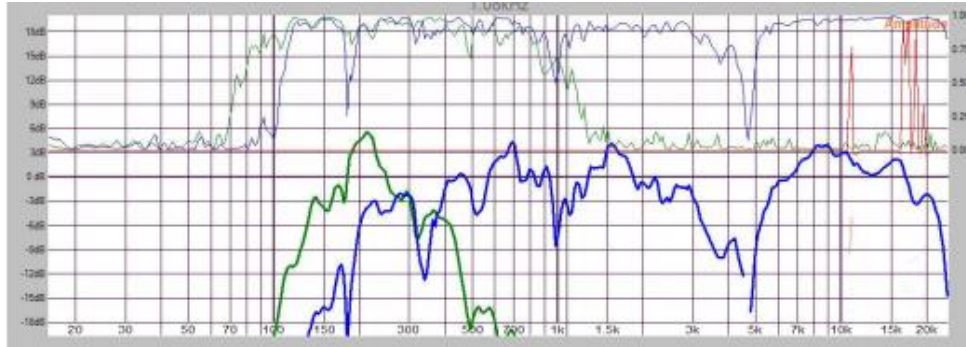


Figura 28. Cruces de frecuencias. Fuente: Roda, 2009.

Cuando se ajusta la fase de un sistema se determina cuando se solapan la una con la otra como se observa en la figura 29 (Roda, 2009).

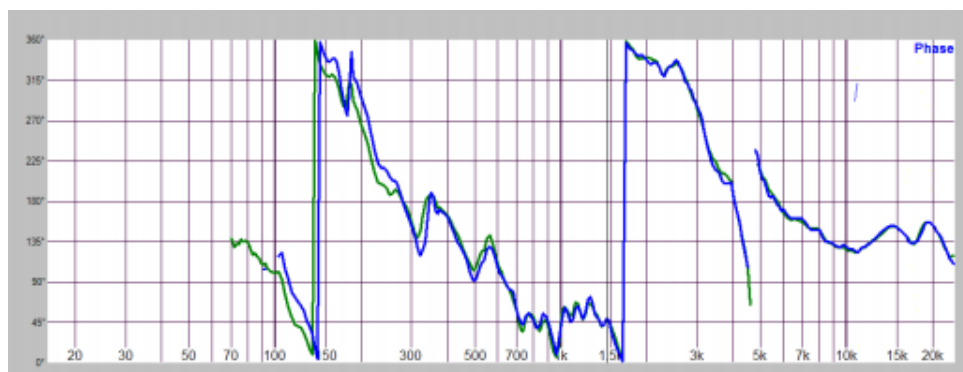


Figura 29. Fases solapadas. Fuente: Roda, 2009.

Roda (2009) nos explica que antes de proceder a ajustar la fase se debe tomar en cuenta algunas consideraciones para evitar errores:

- Cuando se añade un ecualizador<sup>3</sup> se cambia la fase, por lo tanto, no se debe ecualizar en zonas cercanas del corte de *crossover*<sup>4</sup>.
- Una vez ajustado no se debe mover los altavoces.

<sup>3</sup> Ecualizador: "conjunto de filtros que separa el rango de frecuencias en distintas bandas, permitiendo aplicar ganancia o atenuación en cada una de ellas" (López, 2009, pag. 75).

<sup>4</sup> "Los usuarios de lexicón audio consideran que un crossover es un equipo eléctrico que divide la señal en canales de baja frecuencia y de alta frecuencia para mandarlos a motores separados. Ese equipo más bien divisor espectral (o divisor de frecuencia) ..." (McCarthy, 2009, pag. 113).

- No cambiar de filtros de *crossover* una vez ya ajustado.
- Tener en cuenta la curva de coherencia.
- Se debe ajustar la fase a solo un lado (L o R) ya que se entiende que el lado contrario es una copia fiel tomando en cuenta que hablamos de un sistema de las mismas características. (pp 2-5)

Una vez entendidos algunos conceptos, Según Roda (2009) se debe seguir el siguiente procedimiento para ajustar en fase con el programa *Smaart* en la función de transferencia.

Tomando como ejemplo de un sistema de dos vías, es decir utilizar altavoces para frecuencias subgraves hasta 125 Hz y otro altavoz para reproducir frecuencias desde aproximadamente 45 Hz hasta 20 KHz, que lo llamaremos altavoz de rango completo:

1. Colocar el micrófono de medición frente a los altavoces, ya sea del lado R o L, aproximadamente a la mitad de toda el área a cubrir, siempre y cuando la coherencia sea bastante buena. Si elegimos el centro es para que la fase no cambie drásticamente al alejarnos hacia adelante o atrás (Roda, 2009).
2. Abrir la señal que contiene ruido rosa para que reproduzca el altavoz. Observar que la señal del micrófono tenga el mismo nivel que la señal de referencia y presionamos *FIND* para que se sincronicen las dos señales (Roda, 2009).
3. Revisar la respuesta de frecuencia, la fase y la coherencia en ventana de magnitud y fase. También observar posibles cancelaciones en zonas de cruces de frecuencias por la interacción entre los dos altavoces. En la figura 30 se observa una cancelación alrededor de 125 Hz que brinda información que los altavoces no están en fase y también datos de coherencia bajos. (Roda, 2009, p 24)

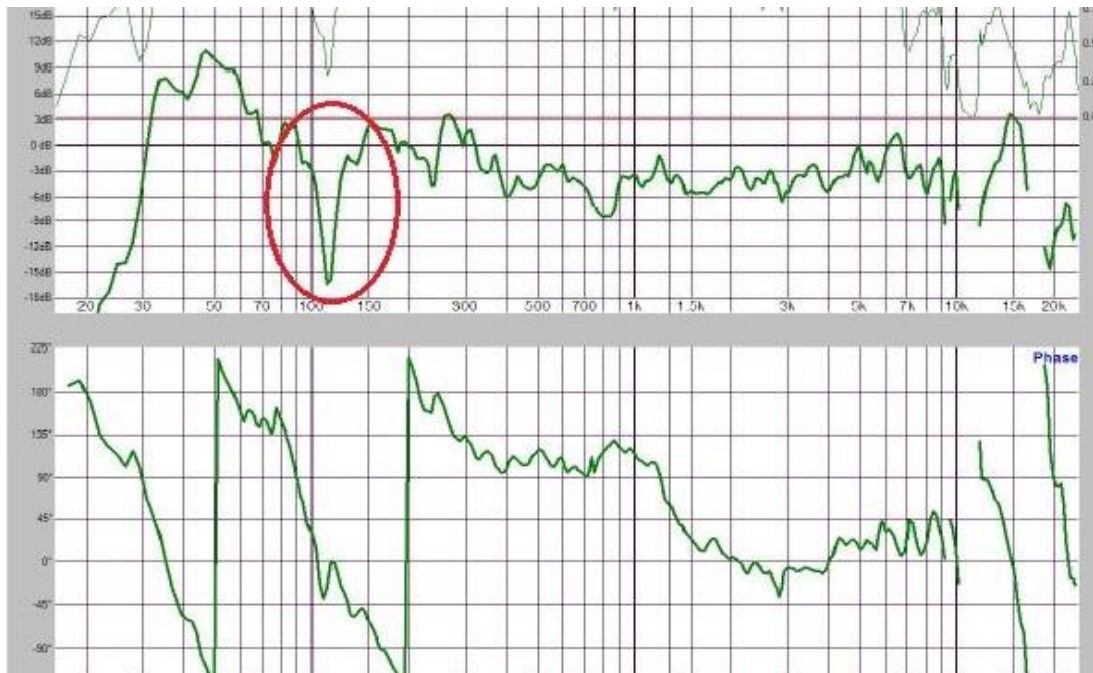


Figura 30. Respuesta de frecuencia y fase. Fuente: Roda, 2009.

4. Se cierra la vía de rango completo y se captura de los datos de la vía de subgraves sin volver a presionar *FIND* (Roda, 2009).
5. Omitir la vía de subgraves y nuevamente capturar datos del altavoz de rango completo sin presionar *FIND* atrás (Roda, 2009). En la figura 31 se observa un desfase de aproximadamente  $135^{\circ}$  en la zona de subgraves.

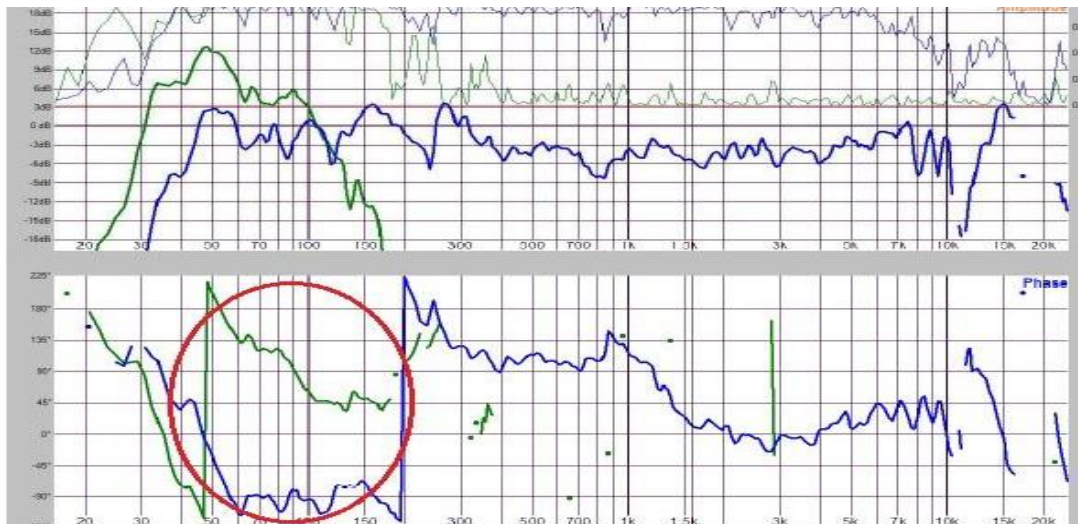


Figura 31. Captura de datos de la vía de Subgraves (Verde) y la vía de rango completo (Azul). Fuente: Roda, 2009.

6. Una vez determinado que altavoz está atrasado o adelantado con referencia a la fase, tendremos que aplicar un proceso de retraso (*delay*) a la señal adelantada atrás (Roda, 2009). En el ejemplo de la figura 30 se indica que el altavoz de los subgraves está adelantado por lo tanto se aplica retraso de señal para que se solape la fase, como veremos en la figura 32.

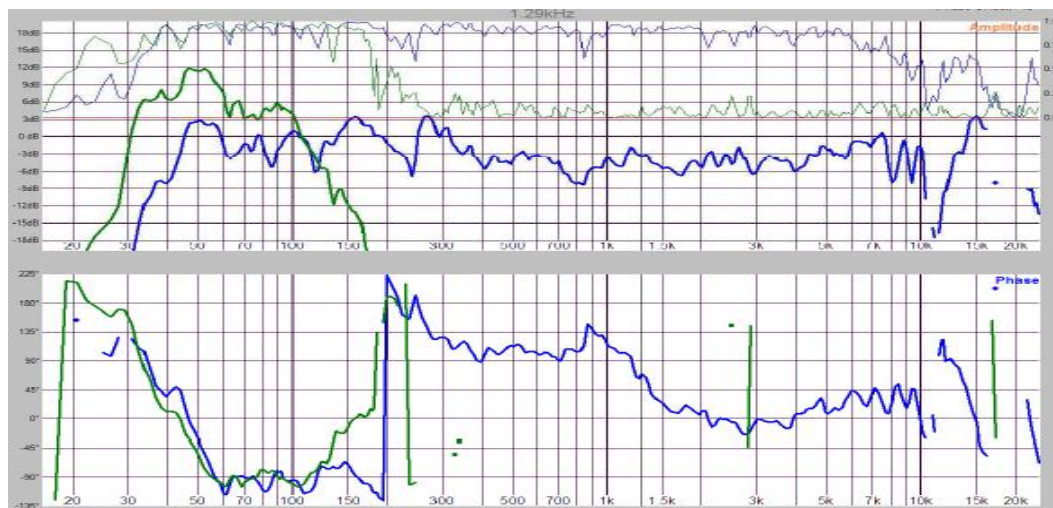


Figura 32. Solapado de fase. Fuente: Roda, 2009.

7. Presionar *FIND* y capturar nuevas tomas de la señal ya aplicado el retraso de señal para ver los resultados. En la figura 33 se observa que se tiene una suma significativa en el área de graves, también se evidencia una mejora en la coherencia alrededor de 125 Hz (Roda, 2009).

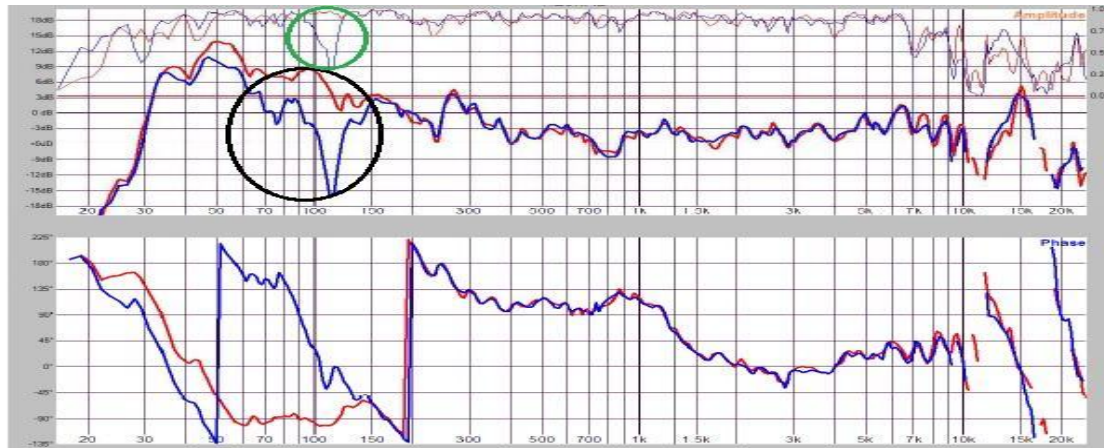


Figura 33. Resultados del antes (Azul) y después del ajuste de fase. Fuente: Roda, 2009.

## 2.3.2 Calibración de Respuesta de Frecuencia

**2.3.2.1 La Respuesta de Frecuencia.** - Es la relación entre la intensidad sonora y la frecuencia. Indica la fidelidad con la que reproduce sonidos de un altavoz (López, 2009).

Según López (2009) lo ideal sería una respuesta de frecuencia plana, pero esta se ve afectada ya sea por la construcción, calidad de sus materiales o la acústica del recinto, que posiblemente introduciría algunas atenuaciones o sumas en algunas frecuencias. Un altavoz se considera de alta calidad cuando la respuesta de frecuencia tiene una variación de 6dB en el rango audible de 20Hz a 20KHz. (p 104)

Por otro lado, Lively (2023) en su publicación dice que la respuesta plana no es siempre la mejor opción, muchas veces ese objetivo se modifica por el tiempo reverberación de una sala. Diferentes fabricantes de sistemas reconocidos utilizan una respuesta de frecuencia que no es plana, a continuación, observamos un objetivo de L-Acoustics (Lively, 2023) :

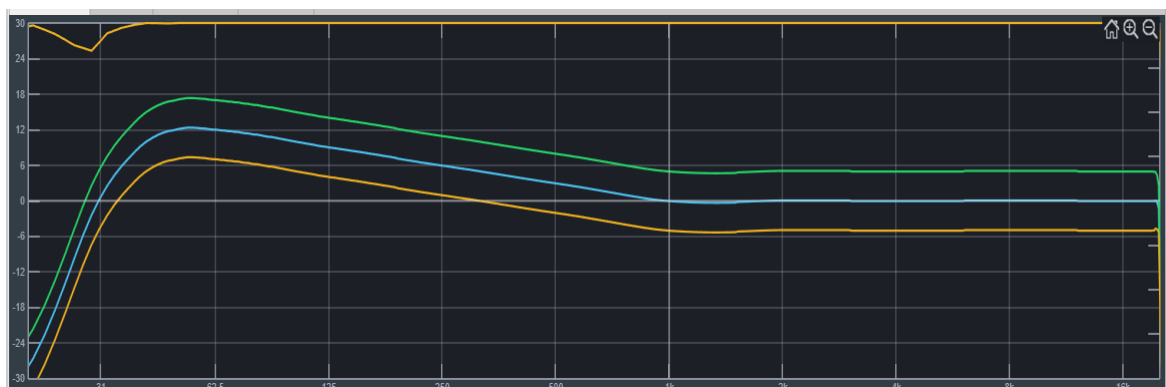


Figura 34. Objetivo de respuesta de frecuencia de L- ACOUSTICS. Fuente: Lively, 2023.



**2.3.2.2 La Calibración.** - Es un proceso de ajuste de los parámetros de un sistema en una determinada situación. También se lo llama alineación o alineamiento. Esta alineación debe ser medida en el sitio y tomar las respectivas acciones (McCarthy, 2009).

Los objetivos universales de una calibración del sistema según McCarthy (2009) son:

- Variabilidad de nivel, espectral y rango de picos (igual sonoridad en toda el área a cubrir).
- Coherencia (inteligibilidad, sonido directo/reverberación, claridad).
- Capacidad de potencia máxima (suficiente presión sonora).
- Control de la imagen sonora. (p. 472)

Igualmente podemos encontrar diferentes factores que alteran la calibración de sistemas como:

- Distribución de la transmisión del sonido directo.
- Suma altavoz/altavoz.
- Suma altavoz/sala.
- Condiciones dinámicas como la humedad, temperatura y audiencia (McCarthy, 2009).

Para mejorar la calibración y la toma de decisiones hay cinco aspectos importantes que se deben tomar en cuenta al momento de calibrar:

1. Optimización de la posición de los altavoces, ángulo de enfoque y apertura que se lo puede hacer a través de software de predicción acústica del sistema.
2. Optimización de la acústica de la sala.
3. Ajuste de nivel dependiendo de la distancia y tiros de los altavoces.
4. Ajuste del retraso de señal (*delay-phase*).
5. Ajuste de ecualización. (McCarthy, 2009, p 473)

**2.3.2.3 Calibración de Respuesta de Frecuencia de un Subsistema P.A.** - Al momento de ajustar la respuesta de frecuencia tenemos que tomar algunas consideraciones al momento de usar los ecualizadores, ya que al moverlos estaríamos afectando a toda el área de audiencia de una manera positiva o negativa (McCarthy, 2009).

Se conoce que el sonido no es igual en todas partes, por lo que para la calibración se utilizará una técnica de promedio espacial para tomar varias muestras en diferentes zonas, tomando muestras con una posición del micrófono “*on-axis*”, por otro lado, con el micrófono “*off-axis*”, tendremos datos diferentes y este promedio representará a la mayoría del área a cubrir. Existen diferentes técnicas para la calibración como promedio espacial, en este caso detallaremos promedio espacial óptico. (McCarthy, 2009, pp 472-484)

McCarthy (2009) indica que el promedio espacial óptico consiste en tomar varias muestras en diferentes áreas en las que se va a ubicar la audiencia y sobreponer estos trazos capturados para comparar. También con esta técnica podríamos saber si los altavoces están cubriendo el área suficiente, caso contrario deberíamos reubicarlas para cubrir toda el área. Una vez obtenidos datos más coherentes procedemos a la toma de decisiones para ecualizar el subsistema. (p 484)

Veremos en la figura 35 datos obtenidos de un sistema que está mal direccionado, con ello una caída en ciertas frecuencias en ciertas áreas, en cambio en la figura 36 observaremos un sistema bien direccionado que en la mayoría de muestras arroja resultados semejantes, pudiendo entonces procederse a una ecualización (McCarthy, 2009).

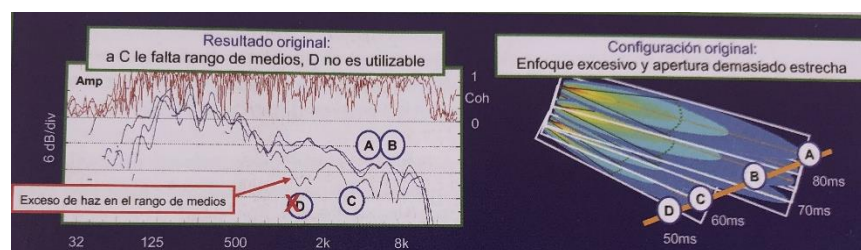


Figura 35. Caída de frecuencias en ciertas áreas. Fuente: McCarthy 2009.

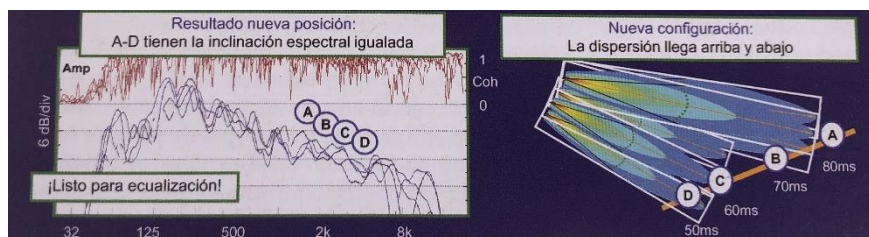


Figura 36. Respuesta de frecuencias semejantes. Fuente: McCarthy 2009.

### 2.3.2.4 Calibración de Respuesta de Frecuencia de un Subsistema de Monitoreo de

**Piso.** - Los monitores de piso generalmente tienen elevadas presiones de sonido ya que estos deben superar el nivel de ruido del escenario. También otro punto importante es que los micrófonos se sitúan a no más de dos metros de distancia de los monitores y con éstos se sitúan posibles *feedbacks* o retroalimentaciones. También debe ser con altavoces de alta fidelidad con una respuesta de frecuencia altamente lineal (López, 2009, pp 61-66).

Por el hecho que los monitores estarán más cerca de los micrófonos y generalmente los altavoces están. para saber la sensibilidad de un altavoz, que hace referencia a la presión

sonora, la cual consiste en medir a 1 metro con 1 watt de potencia (1W/1m) (Das Audio, 2018).

Para proceder a la calibración con *Smaart* nos valemos de la función de transferencia; procedemos con los siguientes pasos según Das Audio (2018):

1. Colocar el micrófono de medición en *on-axis* a 1 metro del altavoz.
2. Abrir la señal que contiene ruido rosa para que reproduzca el altavoz. Observamos que la señal del micrófono tenga el mismo nivel que la señal de referencia y presionamos *FIND* para que se sincronicen las dos señales.
3. Medimos la respuesta de frecuencia, la coherencia y observaremos posibles cancelaciones o incremento.
4. Procedemos a actualizar de una manera coherente para obtener una respuesta de frecuencia adecuada. (Das Audio, 2018).

**2.3.2.5 Control de Retroalimentación.** - La retroalimentación también se la conoce como acople o *feedback*, y hace referencia al fenómeno de excitación o sobresalida de frecuencias que se genera entre una entrada y una salida de audio (Torres, 2013).

Por ejemplo, entre un micrófono y un monitor, el monitor reproduce lo que el micrófono transmite y nuevamente este sonido vuelve a entrar por el micrófono, entonces se produce un acople (Torres, 2013).

Es posible que al eliminemos posibles *feedbacks* al calibrar la respuesta de frecuencia del altavoz, pero existen otros factores que pueden atribuir a la producción de acoples (Torres, 2013).

Posibles causas de *feedback*:

- Exceso de ganancia
- Sobre ecualización
- Altavoces con demasiada ganancia de salida
- Excesiva reverberación del recinto
- Patrón polar del micrófono
- Distancia corta entre micrófono y altavoz
- Respuesta de frecuencia de micrófonos y altavoces
- Mal manejo de micrófono (Torres, 2013)

Formas para evitar la retroalimentación. Estos procedimientos ayudarán a tener un escenario más limpio (Jolal, 2010):

- Utilizar micrófonos direccionales.
- Utilizar una ganancia de entrada adecuada.

- Acercar el micrófono a la fuente sonora para reducir la ganancia de entrada.
- Situar correctamente los micrófonos con respecto a los altavoces.
- Disminuir la ganancia de salida de los altavoces.
- Utilizar Ecuadores.
- Utilizar controladores de *feedback* automáticos.
- Direccional los altavoces. (Jolal, 2010).

Otra herramienta útil para identificar el acople es una aplicación de RTA (*Real Time Analyzer*) o analizador de espectro en tiempo real, que sirve para medir el nivel de frecuencias (Cuevas, 2013). Una vez identificado la frecuencia se procede a hacer un corte en el ecualizador.



Figura 37. Analizador en tiempo real (RTA). Fuente: Apple, 2018.

## Capítulo 3

### Micrófonos y Principios Generales de Mezcla.

En este capítulo se aborda las principales características de los micrófonos y los diferentes parámetros que existen en los procesadores de señal como los compresores, puertas de ruido, ecualizadores y efectos.

#### 3.1 Micrófonos

Los micrófonos son importantes en cualquier actuación en vivo o para grabaciones en estudio, ya que tienen una influencia importante en la calidad de audio que se obtiene (Shure, 2011).

Se encargan de captar el sonido que emanan diferentes fuentes sonoras como los instrumentos musicales o la voz humana, entre otros, para transmitirlos de manera eléctrica a una consola o un conversor de análogo - digital. Un micrófono es un transductor acústico-mecánico-eléctrico, su función es la de convertir diferentes variaciones de presión acústica que se presenten en su membrana, en una variación de tensión eléctrica (López, 2009, p 120).

Un transductor es un dispositivo que transforma una energía en otra, en este caso de acústica a eléctrica (Shure, 2011).

##### 3.1.1 *Reseña Histórica del Micrófono.*

El hombre ha desarrollado el procesamiento de señal durante varios años, ha explorado varios elementos con el fin de comunicarse a cientos de kilómetros de distancia obteniendo el teléfono, revolucionando el tema de comunicaciones, con base a esto nació el micrófono (Sánchez & Millán, 2014).

El micrófono es un artefacto que capta las señales, amplifica y transfiere de un lugar a otro, se conformaba de dos varillas delgadas que transmitían las vibraciones hacia los oídos, siempre con la expectativa de ganar calidad y generar una réplica exacta de la fuente sonora (Sánchez & Millán, 2014).

El desarrollo del micrófono se le atribuye a Graham Bell, ya que se le otorga las patentes del desarrollo del teléfono y del primer micrófono líquido en 1876, no se descarta que otras personas también atribuyeron a su desarrollo.

Se puede destacar los siguientes:

- Micrófono de carbón – David Edward Hughes 1878
- Micrófono de condensador – Edward Christopher Wenthe 1916
- Micrófono dinámico – Marcony Sykes, Alain Blumlein 1923 – Shure 1934
- Micrófono de cinta – Walter H. Scholtky, Erwin Gerlach 1920 – Harry E Olson 1931
- Micrófono inalámbrico – Reg. Moores 1949-John F. Stephens, Herbert McClelland 1951
- Micrófono digital – Elmer Baum 1983

Al tener un gran desarrollo el micrófono se usa en varias aplicaciones como, la radio, televisión, cine, grabaciones, eventos de pequeña y gran magnitud. (Sánchez & Millán, 2014)

### **3.1.2 Características Técnicas.**

Los micrófonos tienen diferentes características técnicas que deben conocerse para darles un uso adecuado y conveniente, ayudando a maximizar la captura del sonido deseado, minimizar la captura de sonidos no deseados y proporcionar una ganancia adecuada antes de una retroalimentación (Shure, 2011). A continuación, nombraremos las propiedades más representativas:

**3.1.2.1. Principio Operativo.** - El tipo de transductor que utiliza o la manera de transformar el sonido en energía eléctrica. Que puede ser:

**3.1.2.1.1 Micrófonos Dinámicos.** - Se componen de diafragma (membrana), bobina e imán, los cuales conforman un generador eléctrico pequeño. La membrana se mueve con las ondas de sonido y excita la bobina, que está rodeada de un campo magnético que es el imán. Al producirse movimiento en este campo magnético se genera energía eléctrica. Los micrófonos dinámicos resultan ser económicos y resistentes, proporcionan excelente calidad de sonido en diferentes instrumentos; además de que manejan presiones de sonido elevadas, también resisten la humedad y temperaturas extremas. (Shure, 2011, p 5)

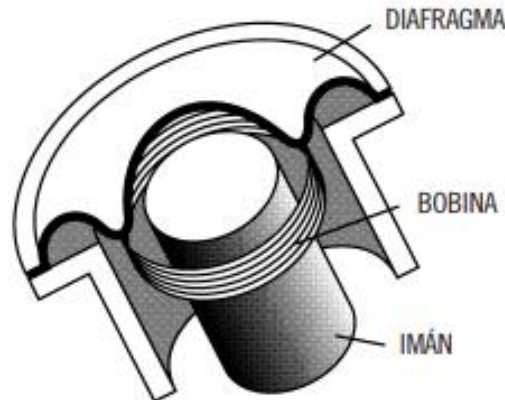


Figura 38. Estructura interna de un micrófono dinámico. Fuente: Shure, 2009.

**3.1.2.1.2 Micrófonos de Condensador.** – Contienen como base un diafragma cargado eléctricamente y una placa posterior que conforma un capacitador sensible a la presión sonora. Al capacitador se lo conoce como condensador y tiene la capacidad de almacenar voltaje. Al cargarle con energía eléctrica ésta crea un campo eléctrico entre el diafragma y la placa posterior, siendo sensible a las ondas de sonido y con ello existiendo una variación de espacio entre estos, lo que genera dicha señal eléctrica. Los micrófonos de condensador son más complejos que los dinámicos y al ser más costosos, no resisten a condiciones extremas de humedad y temperatura, tienen un rango de respuesta de frecuencia plana y más amplio. (Shure, 2011, p 5)

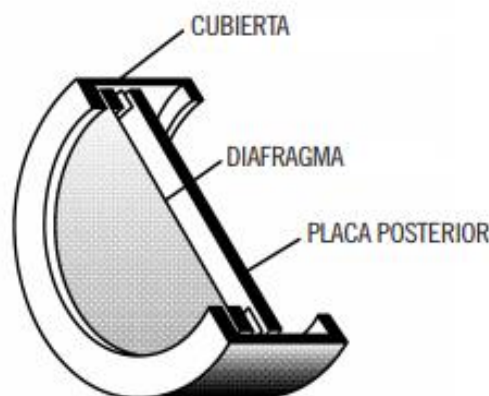


Figura 39. Estructura interna de un micrófono de condensador. Fuente: Shure, 2009.

**3.1.2.2 Alimentación.** - Es importante observar la parte técnica de los micrófonos ya que algunos necesitan una alimentación eléctrica para funcionar, como los de condensador

(*phantom power*), generalmente se administra desde la consola o mesa de mezcla (López, 2009).

La alimentación *phantom* es un voltaje de corriente continua de 12 a 48 voltios que viaja a través del cable de audio (XLR) que se conecta al micrófono. El *phantom power* no afecta a los micrófonos dinámicos ya que posee un límite de energía eléctrica para prevenir daños. (Shure, 2011, p 6)

**3.1.2.3 Sensibilidad.** - Indica la capacidad para transformar la presión sonora en tensión eléctrica, es decir, cómo reacciona ante un estímulo; viene expresada en decibeles (dB) (López, 2009).

**3.1.2.4 Respuesta de frecuencia.** - La variación de la sensibilidad con respecto a cada frecuencia es expresada en forma gráfica; en su eje horizontal está representada la frecuencia con escala logarítmica y en el eje vertical los decibeles (López, 2009).

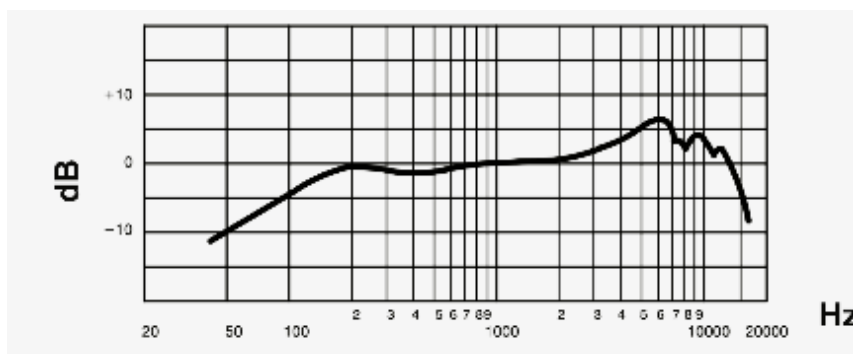


Figura 40. Respuesta de frecuencia de un micrófono Shure SM 57. Fuente: Shure, 2019.

**3.1.2.5 Directividad.** - Según López (2009) trata de la respuesta de frecuencia ante una fuente sonora en función al ángulo del mismo, teniendo en cuenta que cuando el micrófono está en eje (*on-axis*) con la fuente, tendrá la respuesta máxima. La forma de expresar la direccionalidad de un micrófono es a través del diagrama polar, que indica la respuesta en los diferentes ángulos de cobertura, Podemos clasificarla de la siguiente forma:

1. **Omnidireccional.** - Responden de igual manera en todos los ángulos.
2. **Bidireccional.** - Máxima respuesta *on-axis* en la parte posterior como anterior.
3. **Direccional.** - Mayor respuesta en una sola dirección, atenúa ingreso de fuentes sonoras que están fuera del eje (*off-axis*). Se cataloga de la siguiente manera:



- **Cardioide.** - Máximo rechazo al ingreso de fuente sonora a 180°.
- **Supercardioide.** - Más directivo que el cardioide en *on-axis*, pero con menor aceptación en 120° y 240°, más tolerancia en 180°.
- **Hipercardioide.** - Mayor directividad con gran rechazo en ángulos laterales y menor rechazo en 180°. (pp 22-23)






CARACTERÍSTICAS	OMNI DIRECCIONAL	CARDIOIDE	SUPERCARDIOIDE	HIPER CARDIOIDE	BI DIRECCIONAL
PATRÓN DE RESPUESTA POLAR					
ÁNGULO DE COBERTURA	360°	132°	115°	105°	90°
ÁNGULO DE MÁXIMO RECHAZO (ángulo nulo)	—	180°	126°	110°	90°
RECHAZO POSTERIOR (con relación al frente)	0	25 dB	12 dB	6 dB	0
SENSIBILIDAD AL SONIDO AMBIENTAL (con relación al omni)	100%	33%	27%	25%	33%

Tabla 1. Diferentes patrones polares. Fuente: Shure, 2009.

### 3.1.3 Caja Directa.

La caja directa o DI (*direct injection*) es un dispositivo que ofrece las siguientes funciones:

- Convertir de alta a baja impedancia, por ejemplo, la salida de un bajo eléctrico.
- Transformar de señal no balanceada a balanceada, ayudando a cubrir mayores distancias sin pérdida de señal.
- Obtener un buen aislamiento, permitiendo que no ingresen interferencias ni ruidos. (López, 2009, pp140-141)



Figura 41. Caja directa. Fuente: Whirlwind, 2019.

### 3.2 Elementos Generales para la Mezcla.

En esta sección se abordan el uso y las funciones de diferentes elementos básicos, ya que en una mezcla no es posible estandarizar los parámetros porque cada pista necesita diferentes procesos según las necesidades y gustos de la persona. La mezcla es un proceso de postproducción, en donde el Ingeniero, en base a su experiencia, comunicación con el artista, y gusto musical, puede lograr balances y procesos adecuados para llegar a un resultado homogéneo (Jon, 2017).

#### 3.2.1 Estructura de Ganancia.

La estructura de ganancia es el aprovechamiento de la amplitud, rango dinámico entre la señal y ruido; es decir tener una señal con un nivel adecuado, si éste es excesivo se obtendrán distorsiones, al contrario, un nivel bajo se escuchará ruidos en la señal (Jon, 2016). Una estructura de ganancia adecuada ayudará a tener buenos niveles, señal clara y limpia, un proceso de mezcla más sencillo y que todos los equipos funcionen de una manera eficiente (Jon, 2016).

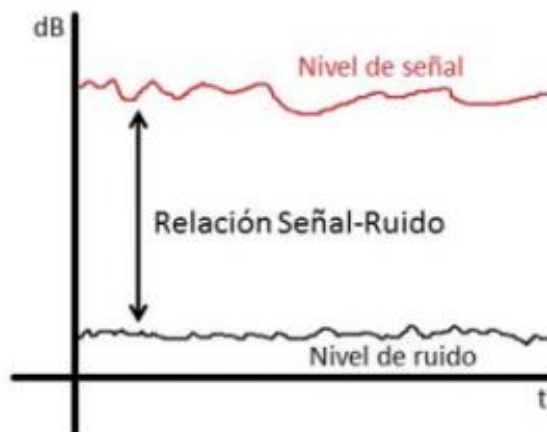


Figura 42. Relación señal-ruido. Fuente: Sacerdoti, 2017.

### 3.2.2 Procesadores Dinámicos

**3.2.2.1 Puertas de Ruido (*noise gate*).** - El objetivo de este procesador es enmudecer el canal cuando los niveles son bajos para eliminar ruidos de fondo (Withe, 2008). A continuación, veremos los parámetros más comunes que un autor dice:

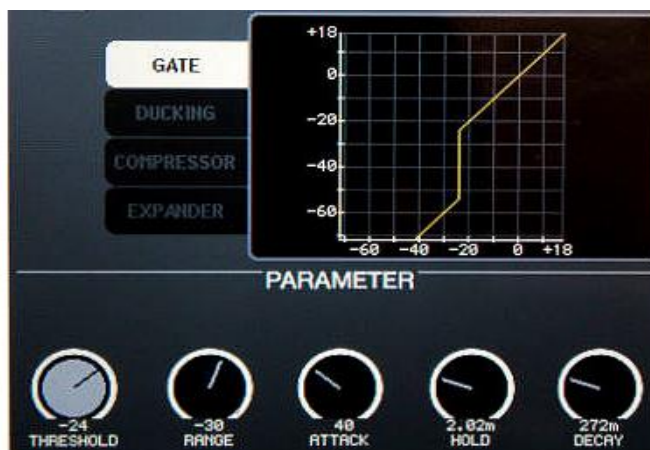


Figura 43. Puerta de ruido. Fuente: Behind the mixer, 2019.

- **Umbral (*threshold*).** - Es el nivel que se determina cuando va a actuar la puerta de ruido. Los niveles bajos de entrada cierran la puerta; caso contrario, en niveles elevados, abren la puerta de ruido con relación a dicho umbral.
- **Ataque (*attack*).** - Es el tiempo en el que demora en abrirse la puerta de ruido desde que supera el umbral. Generalmente son tiempos extremadamente cortos, que se los expresa en milisegundos.

- **Sustento (*hold*).** - Es el tiempo extra en que se mantiene abierta la puerta desde que el nivel de señal haya decaído con el umbral mínimo.
- **Relajación (*release - decay*).** - Es lo contrario del ataque, es decir es el tiempo en que demora en cerrar la puerta desde el umbral. (Withe, 2008, pp 3 – 7)

**3.2.2.2 Compresor.** - La función de un compresor es reducir el rango dinámico de una señal que sobrepasa cierto nivel de umbral que se establece. Generalmente se usa para reducir picos indeseados, mantener niveles, dar coloración a la señal (White, 2008). A continuación, el autor relata el funcionamiento de los controles más comunes de un compresor:



Figura 44. Compresor. Fuente: Jon, 2017.

- **Umbral (*threshold*).** - Nivel en el que actúa el compresor, es decir ejerce cuando el nivel sobrepasa el nivel seleccionado caso contrario no ejecuta.
- **Ataque (*attack*).** - Es el tiempo que tarda en reaccionar después de sobrepasar el umbral.
- **Sustento (*hold*).** - Este control adhiere un tiempo extra de compresión cuando la señal pasa bajo el umbral. Éste puede suavizar el sonido si establecemos tiempos largos cuando tenemos picos demasiado seguidos como en canciones con tempos rápidos.
- **Relajación (*release*).** - Es el tiempo que tarda en dejar de actuar el compresor una vez sobrepasado el umbral. Con parámetros largos de tiempo se mantiene la compresión, en el caso contrario, con tiempos cortos la señal se comprime menos.

- **Relación de compresión (*Ratio*).** - Este parámetro indica cuánto se va a comprimir la señal, es decir cuánta ganancia se disminuye según la relación. Esta relación se expresa de la siguiente manera 2:1, 3:1, 4:1, etc. Por ejemplo, si existe una relación de 3:1, y una señal que sobrepasa el umbral 3 dB, éste actuará y disminuirá a 1dB la señal.
- **Ganancia de salida (*Output gain*).** - Este parámetro sirve para compensar el nivel perdido durante la compresión. (White, 2008, pp 3-10)

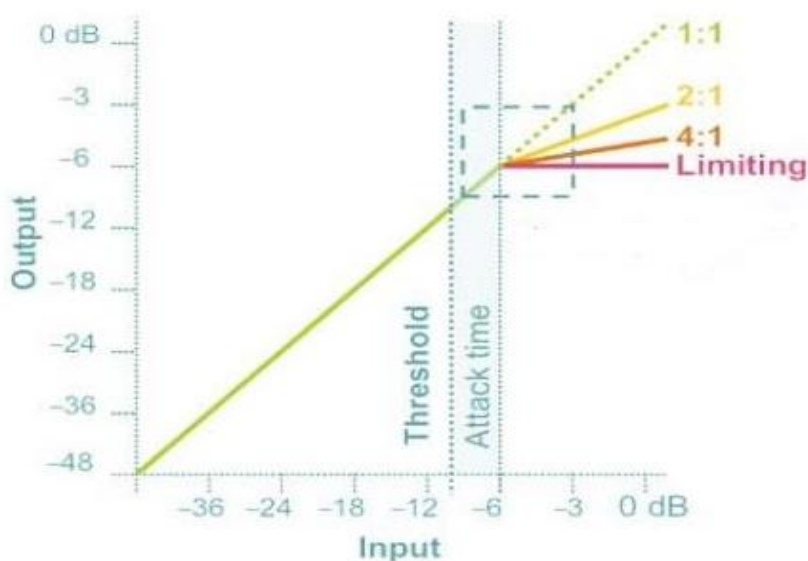


Figura 45. Accionar de un compresor. Fuente: Muñoz, 2016.

### 3.2.3 Filtros y Ecuador

**3.2.3.1 Filtros.** - Contreras (2015) dice que la función es filtrar o atenuar frecuencias. Por otra parte, White (2008) detalla que existen diferentes tipos de filtros, en este caso veremos dos tipos:

- **Filtro paso alto (*high pass filter*).** - Atenúa frecuencias bajas o deja pasar frecuencias agudas desde el punto de corte. Generalmente se encuentra como HPF.

- **Filtro paso bajo (*low pass filter*).** - Deja pasar frecuencias graves o atenúa frecuencias agudas que dependen de la frecuencia de corte seleccionada. Se encuentra como LPF. (pp 9-11)

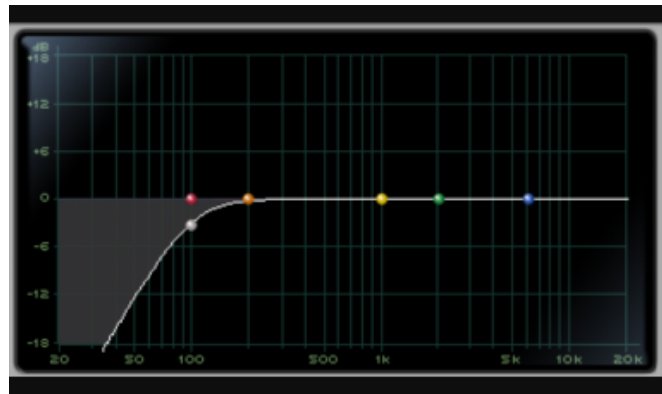


Figura 46. Filtro paso alto. Fuente: Ramírez, 2012.

**3.2.3.2 Ecuador (Eq).** - White (2008) concluye que la función principal de un ecualizador es atenuar o agregar ganancia a diferentes frecuencias según las necesidades. Existen diferentes tipos de ecualizadores como ecualizadores gráficos, semi paramétricos, paramétricos, entre otros. En este punto abordaremos los siguientes:

- **Ecuador gráfico.** - Se atribuye su nombre a que los potenciómetros están colocados de manera horizontal. Existen desde 5 a 31 potenciómetros, los más usados en refuerzo sonoro son de 31 bandas. Permiten atenuar o reforzar frecuencias determinadas de 6 a 15 dB (Cuevas, 2013).



Figura 47. Ecuador gráfico. Fuente: Cuevas, 2013.

- **Ecuador paramétrico.** - Atenúan o realizan diferentes frecuencias elegidas por el operador, generalmente de bandas limitadas. Existen tres potenciómetros para cada banda, que son el ancho de banda (Q), la frecuencia (freq) y la ganancia (*gain*) (Cuevas, 2013).

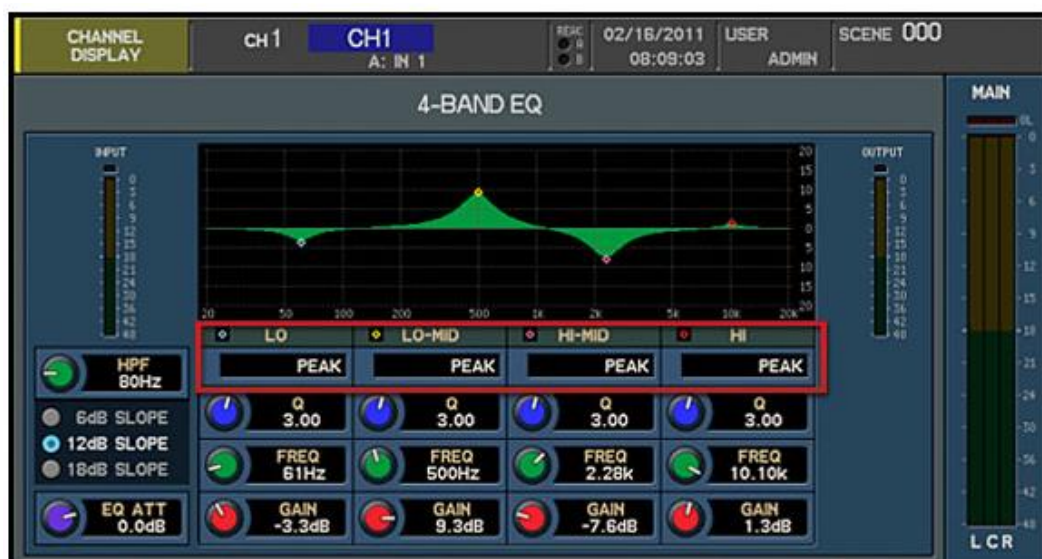


Figura 48. Ecuador paramétrico. Fuente: Roland, 2019.

### 3.3.4 Panorámica.

En su publicación titulada “Introducción a la mezcla profesional”, Miechi (2007) describe:

La panorámica sirve para distribuir y ubicar las diferentes fuentes sonoras en un plano estéreo con la finalidad de dar un espacio. La panorámica debe coincidir con la imagen visual de la ubicación de las fuentes sonoras. Generalmente los instrumentos que se ubican al centro de la panorámica tendrán una participación más destacada; se debe evitar panorámicas exageradas para evitar baches en el centro. (p 5)

En la figura 48 se observa una panorámica del rock:

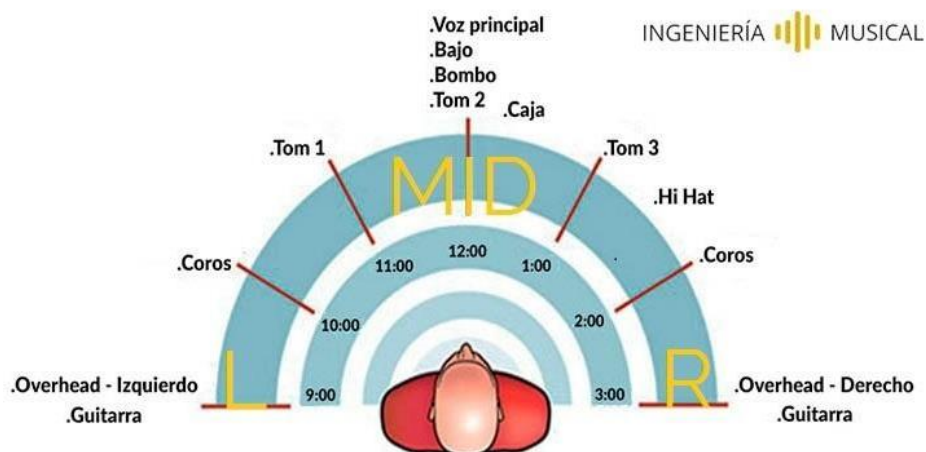


Figura 49. Panorámica. Fuente: Ingeniería Musical, 2018.

### 3.2.5 Efectos.

Existen diferentes tipos de efectos como: espacialidad, tiempo, modulación, espectrales, entre otros (Miechi, 2007). En esta sección nos centraremos en los efectos de espacialidad y de tiempo:

**3.2.5.1 Efectos de Espacialidad.** - Miechi (2007) relata que el ser humano no está acostumbrado a percibir los instrumentos secos, por lo tanto, para darle esa sensación de que está dentro de un ambiente es necesario colocarle ciertos efectos artificiales de reverberación.

- **Reverberación.** - Se usa para dar una simulación artificial de un espacio acústico, con la finalidad de dar cercanía, lejanía, grandeza, o simular una sala pequeña, a una fuente sonora (Ingeniería Musical, 2018)

### 3.2.5.2 Efecto de Tiempo

- **Delay.** - Es un efecto que reproduce la señal extra después de un determinado tiempo. Generalmente se usa para abrir la imagen estéreo a instrumentos principales como las voces, también para crear diferentes sensaciones, y dar usos de manera creativa a través de las repeticiones (Jon, 2017).



## Capítulo 4

### Aplicación de los Fundamentos Teóricos en un Concierto en Vivo.

En el presente capítulo se abordan los elementos previos, durante y después de la puesta en escena de un concierto en vivo con dos bandas de rock que poseen el mismo formato, así como la descripción de las diferentes etapas ejecutadas para poner en marcha dicho concierto:

#### 4.1 Proceso Previo al Concierto – Producción

##### 4.1.1 Logística

En este punto se abordó las siguientes actividades:

1. Acercamiento a la banda. - se conoció su estilo, instrumentación, tipo de monitores a usar por cada músico.

2. Permisos para el uso del teatro del campus Yanuncay a las autoridades competentes.

3. Gestión de energía eléctrica.

4. Número de personas a asistir, lo cual se predijo un aproximado de 150 personas que caben en el teatro.

5. Publicidad, a través de redes sociales.

##### 4.1.2 Formato de Instrumentación.

El formato usado en la experimentación práctica es un concierto de una banda de rock que utiliza diferentes instrumentos que se complementan para reproducir un rango de frecuencias de 20 Hz a 18 KHz aproximadamente.

Instrumentación usada:

- Bombo 22 pulgadas.
- Caja 14 pulgadas.
- *Hi hat*.
- Tom 12 pulgadas.
- Tom de piso 14 pulgadas.
- Tom de piso 16 pulgadas.
- Set de platillos (2 *Crash* - *Crash ride* - *China*).

- Bajo eléctrico.
- Guitarra eléctrica (2).
- Sintetizador.
- Voz (2)

### 4.1.3 Características del Sistema Sonoro a Usarse.

Luego de un análisis de las características instrumentales y de estilo de la banda, se llegó a la conclusión de usar un subsistema PA de rango completo es decir 20hz a 20KHZ, por lo que algunos instrumentos tienen sus frecuencias fundamentales (bombo y bajo eléctrico) están ubicados en un rango de subgraves es decir de 20 Hz A 100 Hz y otros instrumentos como las guitarras, platillos, sintetizadores y voces se ubican en un rango de frecuencia mayores a 100 Hz. Sin olvidar que cada instrumento tiene sus armónicos esenciales que dan el timbre característico.

Se usó un subsistema PA de dos vías, siendo la primera vía de subgraves de 20 Hz a 100 Hz con un altavoz de 18 pulgadas y la segunda vía de 100hz a 20 KHz caracterizado por 2 altavoces de 10 pulgadas y uno de 3 pulgadas.

En el subsistema de monitores se usó directamente los amplificadores de los instrumentos como son las guitarras, bajo y sintetizador, porque el escenario fue de un tamaño pequeño y los músicos estaban relativamente cerca y podían escucharse entre ellos; para las voces se usó dos cajas de rango completo que se caracterizan por tener un altavoz de 15 pulgadas y otro de 1,5 pulgadas, para el instrumentista de percusión se usó un sistema de monitoreo personal (*in ears*).

### 4.1.4 Recursos Humanos

Descripción	Actividad	Número de personas
Técnico de escenario	Encargado del transporte, montaje, desmontaje de equipos y asistencia a músicos durante las pruebas de sonido, solucionar cualquier percance en el escenario.	3
Técnico de sonido	Encargado de los aspectos técnicos del equipo, ajuste de sistemas, asistencia a músicos, pruebas de sonido, actuar ante	1

	cualquier problema a lo referente al sistema de refuerzo sonoro.	
--	--	--

Tabla 2. Recursos humanos

### 4.1.5 Rider Técnico

Un *rider* técnico consiste en un documento en el cual se determinan las necesidades de un artista para poner en marcha su *show*. Generalmente van detallados requisitos como: escenario, *stage plot*, amplificación, luces, pantallas, *backline*, *catering*, transporte, alojamiento, entre otros (Pinillos, 2008).

En este punto se aborda requerimientos de amplificación, *backline*, *stage plot*:

- Amplificación. - Refiere a las necesidades de parlantes, consolas, micrófonos y conexiones.
- *Backline*. - Requisitos de amplificadores e instrumentos.
- *Stage plot*. - Ubicación de los diferentes instrumentos, amplificadores y monitores.

#### 4.1.5.1 Rider Técnico Empleado.

##### Sistema de refuerzo sonoro.

- Rango de frecuencias de 20Hz a 20KHz
- El sistema de P.A en fase con una respuesta frecuencia plana en todo el recinto.
- El Sistema de monitoreo de piso con una respuesta de frecuencia plana.

##### Equipo para PA

- 4 cajas RCF HDL 20 (2 por lado).
- 2 subgrave QSC KW 18 (1 por lado).

##### Equipo para la sala (FOH)

- Consola digital de 24 canales Allen & Heat SQ6.
- Ubicado a 15 metros a frente del escenario.

##### Listado de canales

CANAL	INSTRUMENTO	MICROFONO / D.I.
1	Bombo	Shure Beta 92a
2	Caja arriba	Shure SM 57
3	Caja abajo	Shure Pg 98H
4	Hi - Hat	Shure SM57
5	Tom 1	Shure SM 57

6	Tom 2	Shure SM 57
7	Tom de piso	Shure SM 57
8	OH L	Samson CO2
9	OH R	Samson CO2
10	Bajo	D.I.
11	Guitarra L	Shure SM 57
12	Guitarra R	Shure SM 57
13	Sintetizador	D.I.
14	Voz	Sennheiser e835
15	Voz	Sennheiser e835

Tabla 3. Lista de canales.

**Monitoreo**

- Mezcla 1: *Front-fill* izquierdo (1 monitor de piso) JBL PRX 615.
- Mezcla 2: *Front-fill* derecho (1 monitor de piso) JBL PRX 615.
- Mezcla 3: *Drum-fill (in ears)*

**Salidas físicas para tomas de señales**

- Mezcla 1: salida 1
- Mezcla 2: salida 2
- Mezcla 3: salida 3
- Subgraves: salida 14
- PA (L&R - principal): salida L -15, R – 16

**Backline**

- Un amplificador de bajo AMPEG BA12.
- Un amplificador de guitarra *Laney LX120 Twin*.
- Un amplificador Marshall *Valvestate S80*.
- Bombo de 22 pulgadas.
- Caja de 14 pulgadas.
- Tom de 12 pulgadas.
- Tom de piso de 14 pulgadas.
- Tom de piso de 16 pulgadas.
- Un amplificador de teclado LANEY.

## Stage Plot

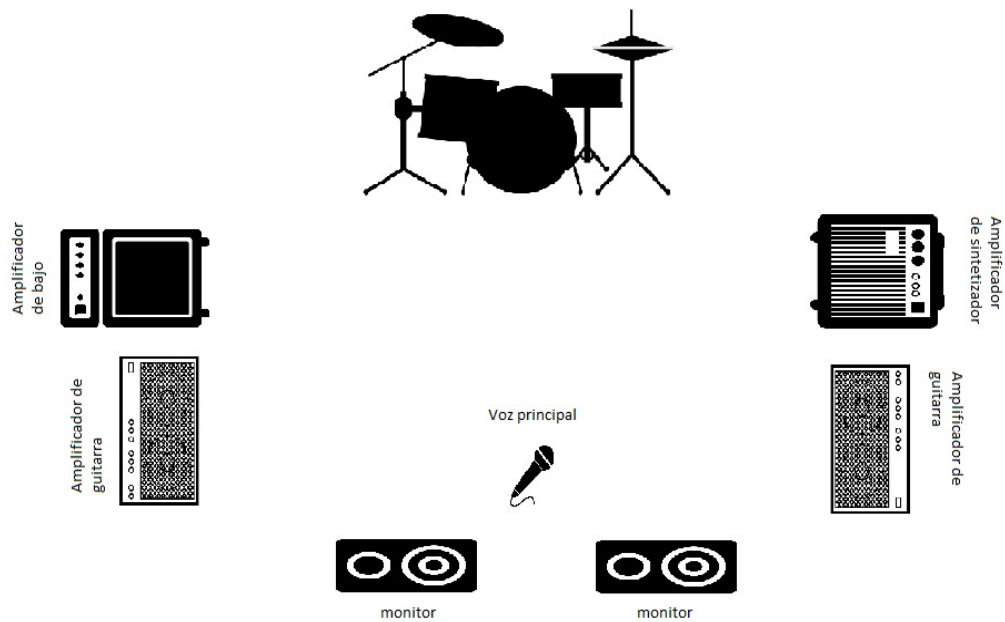


Figura 50. Stage plot.

### 4.1.6 Características de los Micrófonos a Ser Usados.

4.1.6.1 Shure Beta 52a.- Usado para registrar el sonido de bombo por las siguientes características:

- Micrófono dinámico.
- Patrón polar supercardioide.
- Respuesta de frecuencia de 20 Hz a 10 KHz, optimizada para bombo e instrumentos graves.
- Rendimiento a altas presiones sonoras. (Shure, 2023)

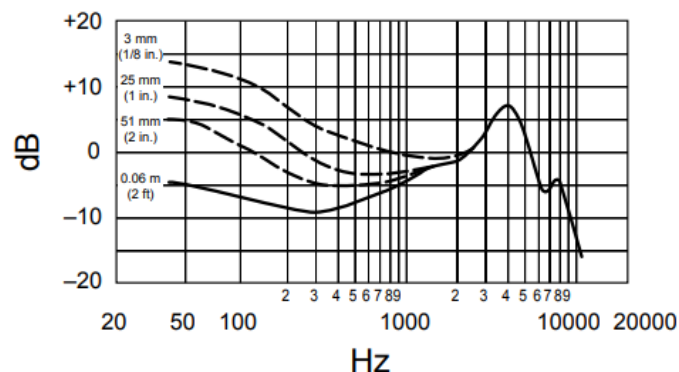


Figura 51. Respuesta de frecuencia del micrófono shure beta 52a. Fuente: Shure, 2023.

**4.1.6.2 Shure Sm 57.-** Aprovechado en diferentes fuentes sonoras como: *hit-hat*, tom, tom de piso, amplificadores de guitarra por las siguientes características que enuncia Shure (2023):

- Micrófono dinámico.
- Patrón polar cardioide.
- Respuesta de frecuencia de 40 Hz a 15 KHz.
- Diseñado para instrumentos de percusión e instrumentos amplificados.

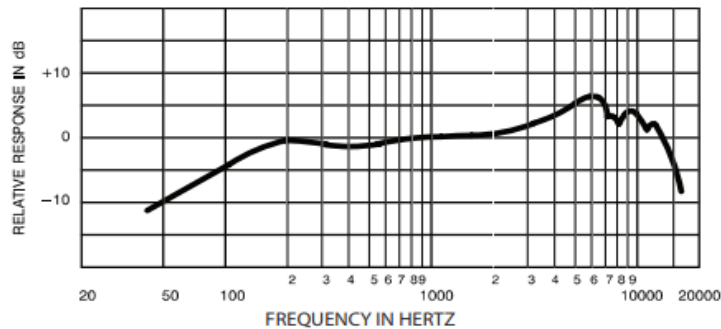


Figura 52. Respuesta de frecuencia del micrófono shure sm 57. Fuente: Shure, 2023.

**4.1.6.3 Shure Pg 98H.-** Empleado en el redoblante para obtener sonidos agudos de la bordona del redoblante. Con las siguientes características que testimonia Shure (2023)

- Micrófono de condensador.
- Patrón polar cardioide.
- Respuesta de frecuencia de 60 Hz a 20 KHz.

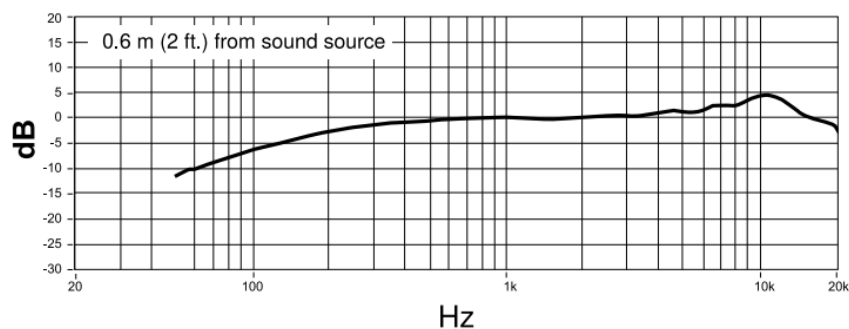


Figura 53. Respuesta de frecuencia del micrófono shure PG 98H. Fuente: Shure, 2023.

**4.1.6.4 Samson CO2. -** Aplicado en los *overheads* del *kit* de batería para captar los sonidos agudos de los patillos. Samson (2019) dice que tiene las siguientes características:

- Micrófono de condensador.
- Patrón polar cardioide.

- Respuesta de frecuencia de 40 Hz a 20 KHz.
- Generalmente para captar sonidos de guitarra acústica, piano, *hi-hat*, *overheads*. (pp 6-7)

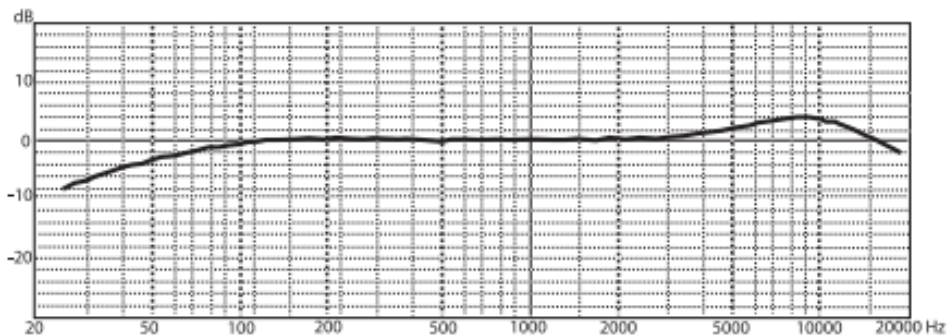


Figura 54. Respuesta de frecuencia del micrófono samson CO2. Fuente: Samson, 2019.

**4.1.6.5 Sennheiser e835.-** Usado para captar sonidos de voces. Sennheiser (2019) asevera las siguientes características

- Micrófono dinámico.
- Patrón polar cardioide.
- Respuesta de frecuencia de 40 Hz a 16 KHz.
- Fabricado para aplicar en voces.

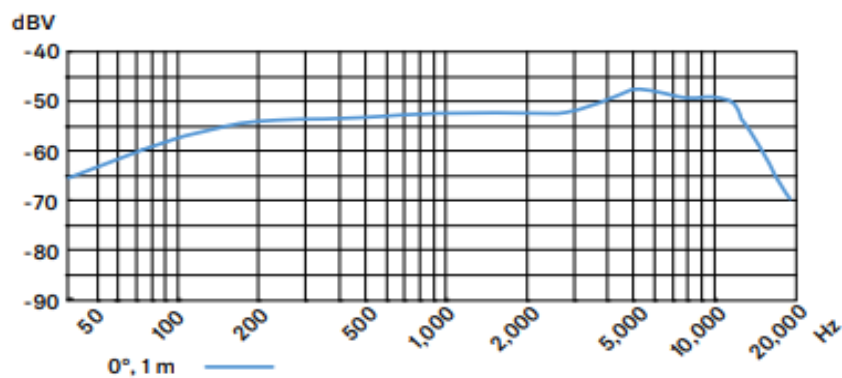


Figura 55. Respuesta de frecuencia del micrófono sennheiser e835. Fuente: Sennheiser, 2019

## 4.1.7 Planificación de Toma de Muestras para Calibración

### 4.1.7.1 Elementos para la Toma de Muestras

- **Micrófono**

Se utilizó un micrófono de análisis de audio en tiempo real (RTA) de la marca DBX, de la serie RTA-M, que según Harman (2019) tiene las siguientes características:



Figura 56. Micrófono DBX RTA-M. Fuente: Harman, 2019.

- Patrón polar: Omnidireccional.
- Respuesta de frecuencia: 20hz - 20Khz.
- Voltaje de funcionamiento: alimentación fantasma de 9V - 52 VDC.
- Sensibilidad: -63 dB + -3 dB (0 dB = 1V / microbar 1,000 Hz indicado por circuito abierto) (Harman, 2019).

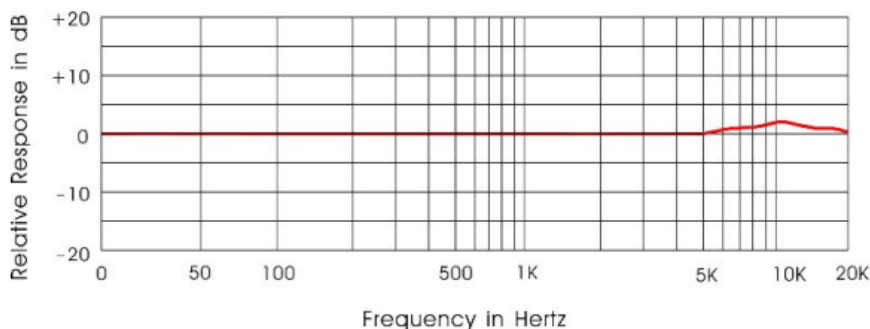


Figura 57. Respuesta de frecuencia del micrófono DBX RTA-M. Fuente: Harman, 2019.

#### - Interface de audio

Se empleó una interface de audio de dos canales de entrada y dos canales de salida de la marca Steinberg la serie UR22, con las siguientes características:

- Conexión a pc: UBS 2.0.
- Conversores: 24 bits/192 kHz de clase A.
- Alimentación: *phantom power* (Steinberg, 2019).





Figura 58. Interface Steinberg UR22. Fuente: Steinberg, 2019.

- Programa

Se utilizó el programa de análisis en tiempo de la marca *Rational Acoustics, Smart*, versión 7.

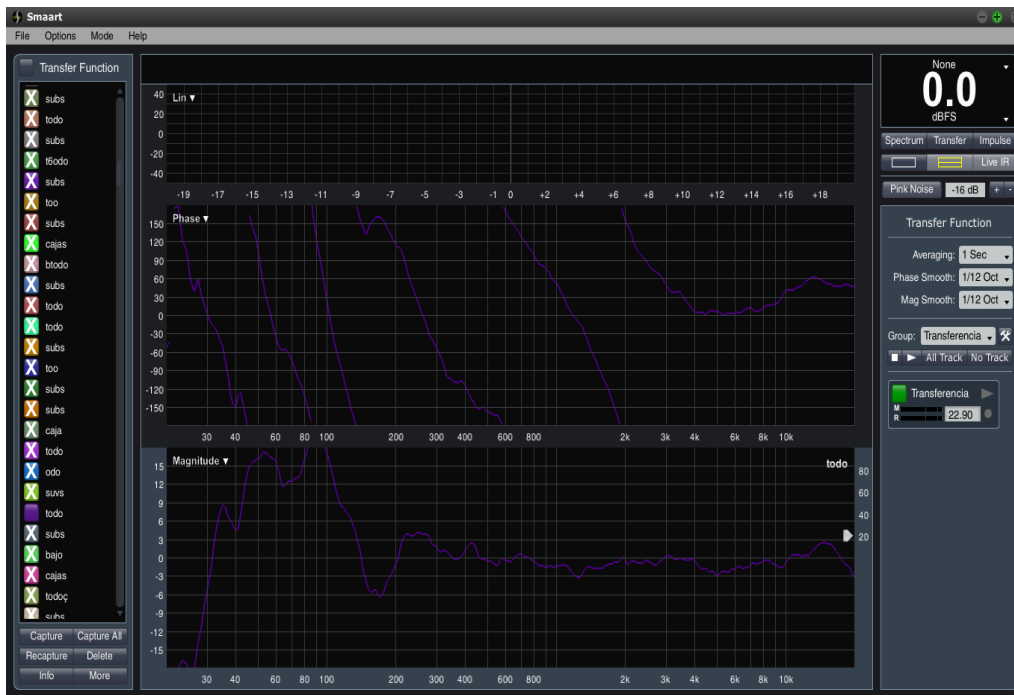


Figura 59. Smart V7.

4.1.7.2 Área de Muestreo

- Muestreo para ajuste de fase en PA

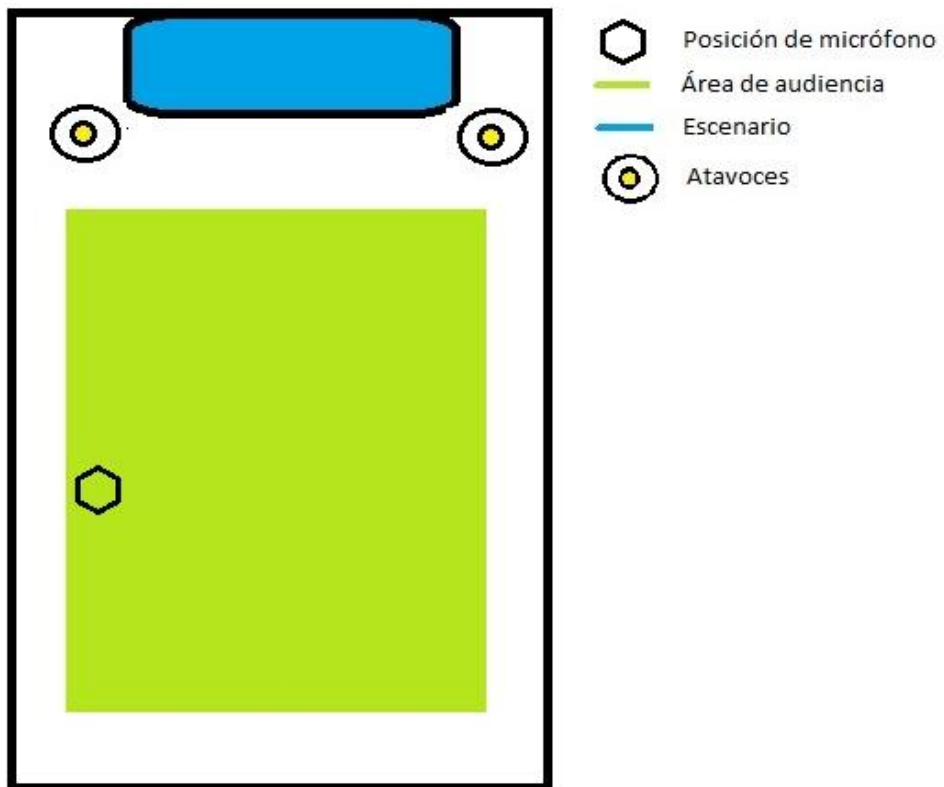


Figura 60. Área de muestreo para ajuste de fase.

- Muestreo para ajuste de respuesta de frecuencia en PA

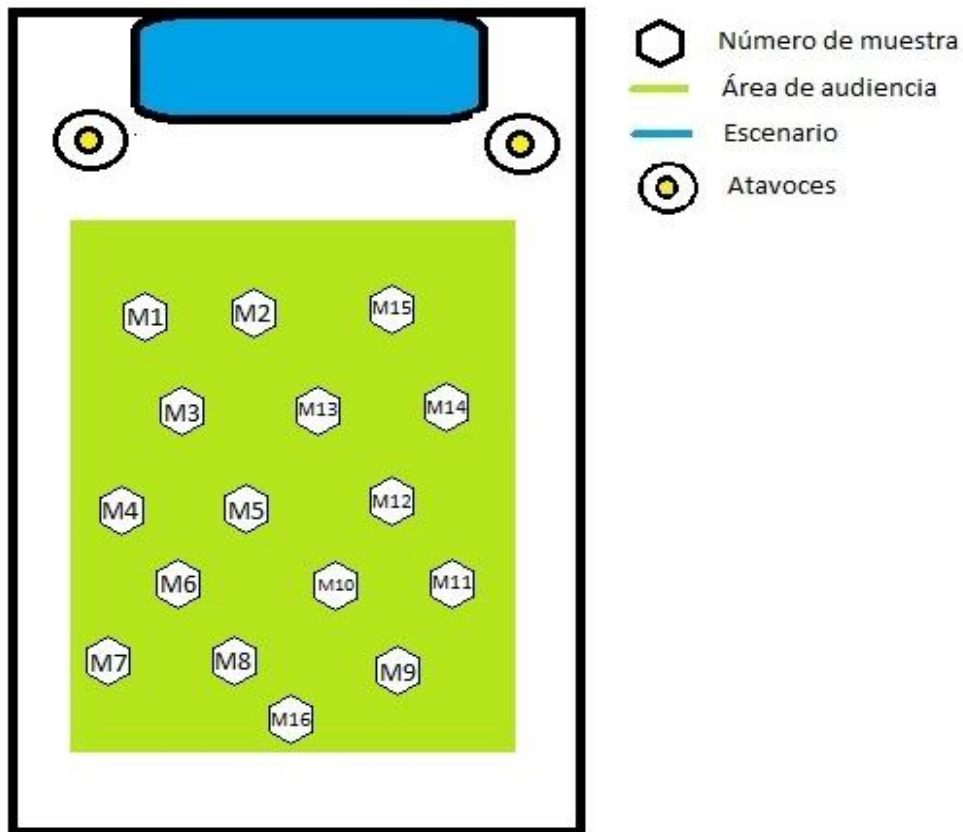


Figura 61. Área de muestreo para ajuste de respuesta de frecuencia.

## 4.2 Día del Evento - Producción

Después de haber realizado el transporte del equipo al lugar del concierto, se procedió a ubicar el subsistema de PA direccionado hacia el público, los amplificadores y monitores como se observó en el *Stage plot*, con sus respectivas conexiones de energía eléctrica y cables de audio, tomándonos 3 horas para realizar el montaje del equipo. Se procedió a hacer las siguientes actividades antes de la prueba de sonido:

### 4.2.1 Calibración del Sistema de Sonido

#### 4.2.1.1 Ajuste de Fase en PA

En el PA se caracterizó por un sistema de dos vías, por lo tanto, para ajustar la fase de los altavoces de PA de rango completo con respecto a altavoces de subgraves, el micrófono de medición se ubicó en la parte izquierda - central, como observamos en la figura 60. Usamos

solo el lado L y en eje (*on-axis*) con el fin tener mayor coherencia en la toma de muestras. Por lo tanto, seguimos en siguiente proceso:

- Enviamos ruido rosa a las cajas y los subgraves.
- Ajustamos el retardo entre la señal de referencia y la señal obtenida con el micrófono (*Find delay*).
- Hicimos una captura de los datos, obteniendo resultados negativos, es decir no se encuentran en fase, claramente se nota que al en 87,9 Hz una cancelación. Figura 62.

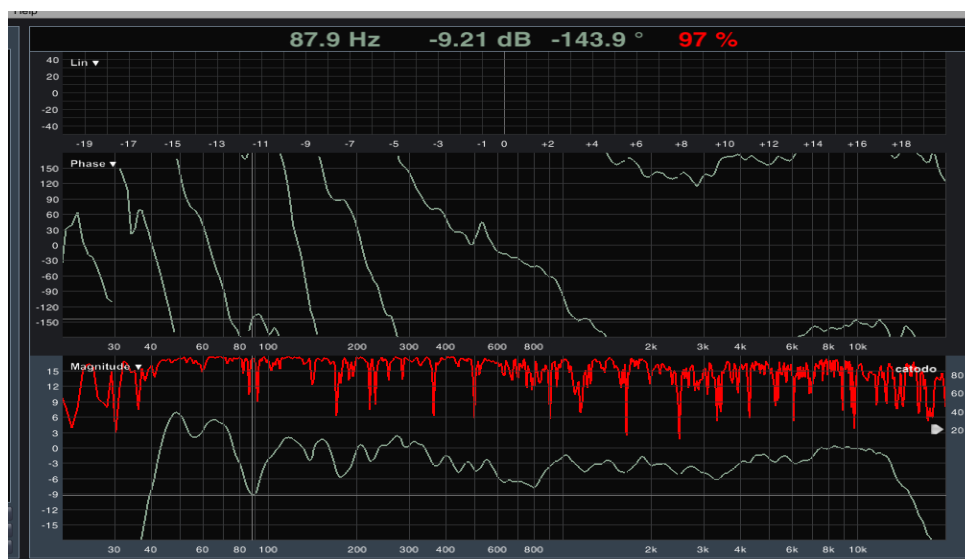


Figura 62. Datos para ajuste de fase.

- Obtuvimos datos de los subgraves y presionamos *Find*.

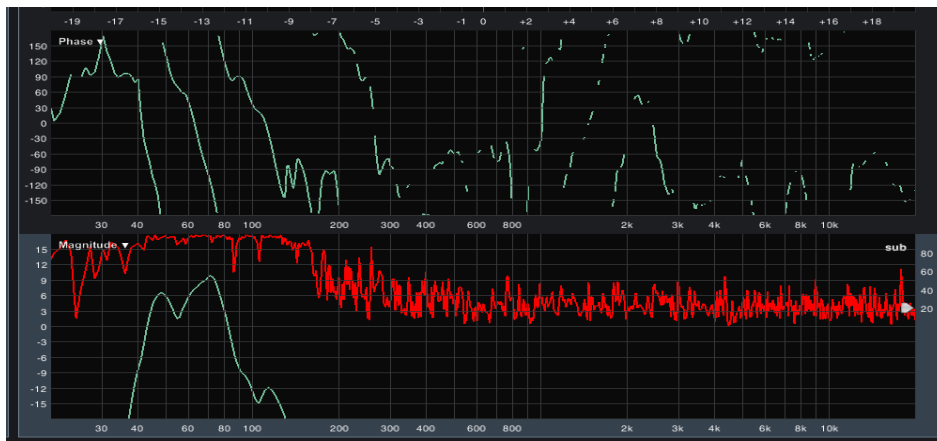


Figura 63. Datos de subgraves.

- Obtenemos datos de las cajas del PA.

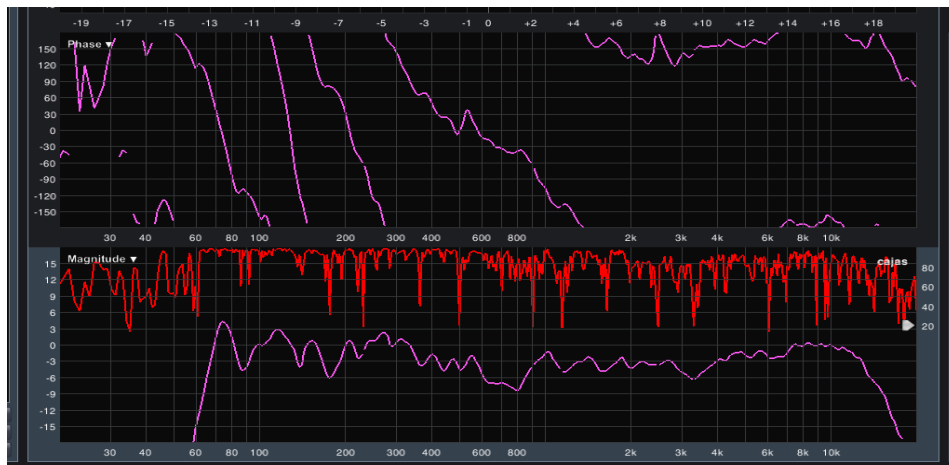


Figura 64. Datos de las cajas del PA.

- Se comparó los datos obtenidos de los subgraves y las cajas del PA, se observó que los subgraves tenían un retraso con relación a las cajas del PA. Figura 65.

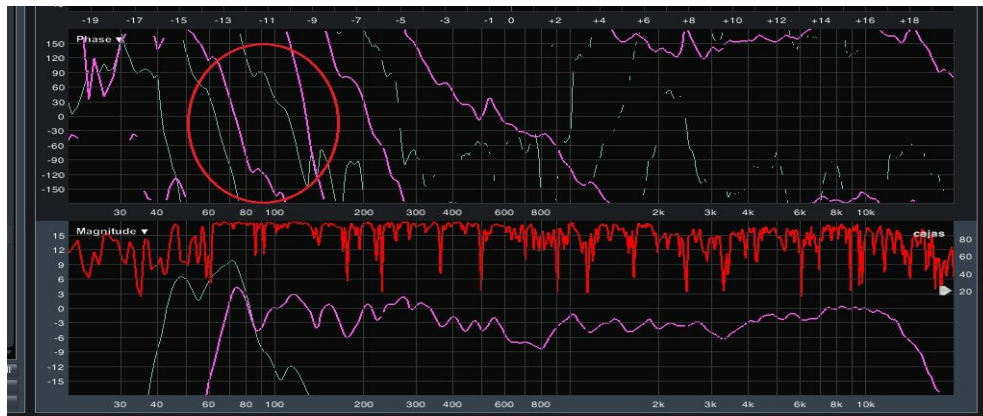


Figura 65. Señal de subgraves retrasada.

- Se aplicó un retraso de la señal de las cajas del PA, siendo un retraso de 2,8 milisegundos. En la figura 66 se observa el solapado de fase.

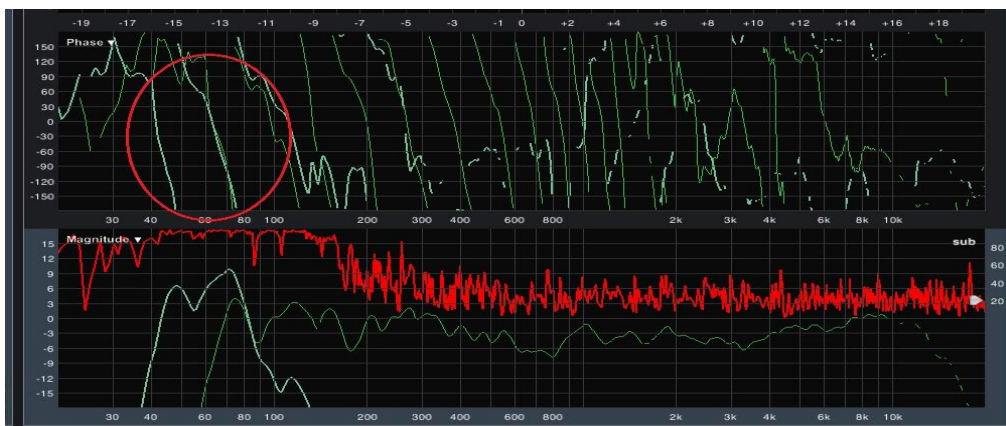


Figura 66. Solapado de fase.

- Una vez aplicado el retraso de señal se obtuvo resultados positivos con una suma de aproximadamente 9 dB en 87,9 Hz como se observa en la figura 67.

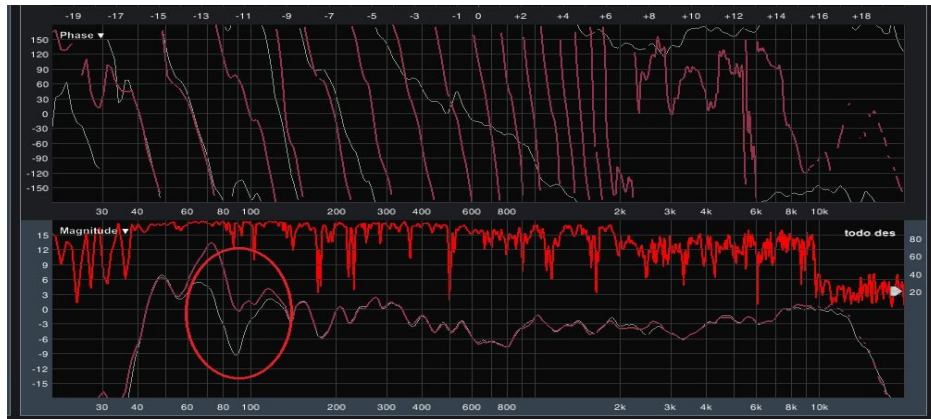


Figura 67. Antes y después de ajuste de fase.

**4.2.1.2 Ajuste de Respuesta de Frecuencia de PA.** - En el ajuste de respuesta de frecuencia del PA se obtuvo 16 muestras (figura 61) en toda el área de audiencia con la finalidad de saber cómo responde el sistema PA en todo el auditorio. En la figura 68 observamos que la respuesta de frecuencia es bastante similar en la zona de audiencia, no obstante, en tomas más cercanas tenemos más frecuencias graves y medias por el hecho del efecto de proximidad, y en algunas zonas observamos coherencias bajas y trazos de fase rotas, debidas posiblemente a las reflexiones de las paredes y piso el auditorio, que provocaron cancelaciones y sumas.

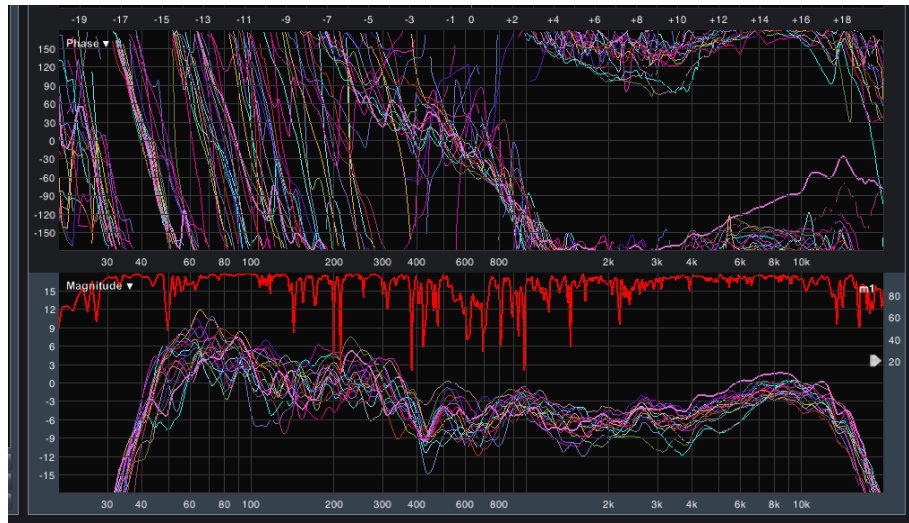


Figura 68. Muestras en diferentes puntos de la zona de audiencia.

Una vez analizados estos puntos, se procedió a ajustar la respuesta de frecuencia a través de un ecualizador gráfico de 31 bandas obteniendo el resultado lo más plano posible en frecuencias superiores a 100 Hz, esto se observa en la figura 69.

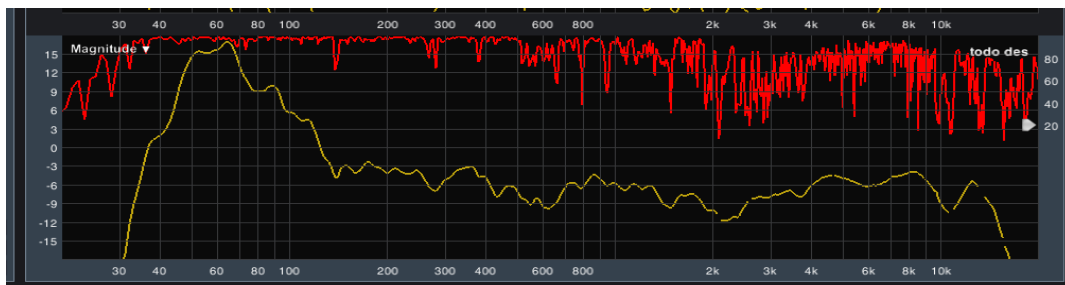


Figura 69. Muestras de la audiencia después de ajustar con el ecualizador.

#### 4.2.1.3 Ajuste de Respuesta de Frecuencia de Monitores de Piso.

Para obtener datos de la respuesta de frecuencia ubicamos el micrófono de RTA en eje a un metro de distancia del altavoz obteniendo el resultado que se observa en la figura 70. Se observa que los dos monitores respondieron de una manera similar con respecto a la frecuencia y una coherencia aproximada al 99%.



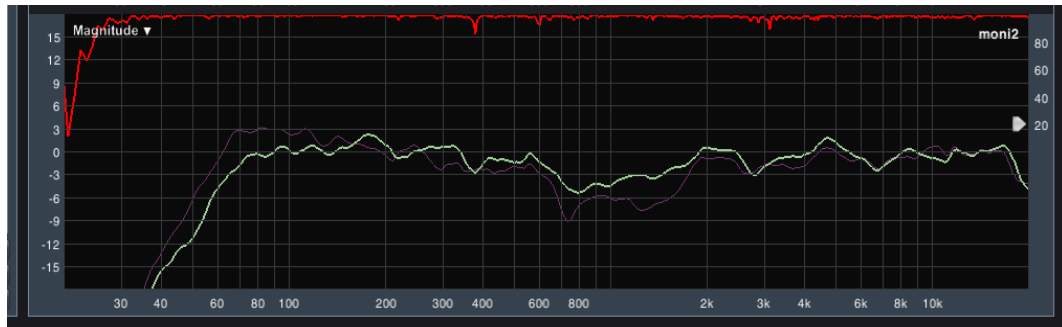


Figura 70. Respuesta de frecuencia de monitores.

Luego de aplicar una ecualización correctiva con un ecualizador gráfico de 31 bandas, se obtuvo una respuesta bastante plana (figura 71), con el fin de evitar posibles *feedbacks* durante la prueba de sonido y show.

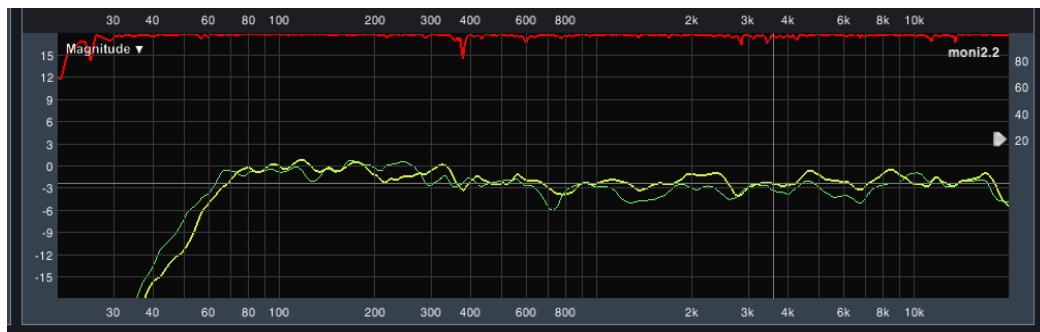


Figura 71. Corrección de respuesta de frecuencia de monitores.

#### 4.2.1.4 Posicionamiento de Micrófonos

**Bombo.** - Se ubicó el micrófono en el orificio el parche resonante, introducido la mitad con la finalidad de obtener graves y la pegada del parche y la vaqueta (*on-axis*).



Figura 72. Micrófono en el bombo.

**Caja arriba.** - Se colocó el micrófono a un costado del instrumento apuntando desde el aro hacia el centro del parche con el objetivo de captar los graves, pegada del parche y la vaqueta. Se aprovecha del patrón polar cardioide del micrófono (*on-axis*).



Figura 73. Micrófono en la caja.

**Caja abajo.** - Se colocó el micrófono en el bordo del redoblante, pero el micrófono direccionado hacia las cimbbras de la caja para obtener el sonido agudo característico (*on-axis*).



Figura 74. Micrófono en caja inferior.

**Hit hat.** - Se ubicó directamente en la fuente, direccionado desde el extremo hacia el centro (*off-axis*).



Figura 75. Micrófono en hit hat.

**Toms.** - Directamente en la fuente, direccionado desde la parte exterior hacia la mitad del parche (*off-axis*).



Figura 76. Micrófono en tom.

**OH.** - Los micrófonos se posicionaron en la parte superior de la batería, direccionados al centro de la batería, para captar los platillos y el ambiente que genera toda la batería.

**Bajo, sintetizador.** - No se utilizó micrófonos, en este caso se tomó la señal directa del instrumento mediante caja directa dividiendo la señal la una hacia el amplificador y la otra directa a la consola.

**Guitarras.** - Los micrófonos fueron posicionados entre el centro y el extremo del altavoz del amplificador (*on-axis*).



Figura 77. Micrófono en el amplificador de guitarra.

**Voces.** - Fueron captada directamente la voz hacia el micrófono, lo más cerca posible para evitar filtraciones de otros instrumentos (*on-axis*).

#### 4.3 Parámetros Utilizados en la Mezcla.

Los parámetros usados en la mezcla dependen tanto de las características de la fuente sonora como de las de su envolvente. Cuando hablamos de envolvente del sonido nos referimos a los tiempos de ataque, decaimiento, sostenimiento y relevo que tiene cada sonido en particular. Luego de haber obtenido una ganancia adecuada del instrumento, los procesos de hicieron en el siguiente orden:

1. Ganancia
2. Ecuilizar
3. Comprimir
4. Puertas de ruido
5. Polaridad
6. Efectos
7. Panorámica

##### 4.3.1 Ecuilizador.

Se utilizó filtros de corte de graves y filtros paramétricos para atenuar frecuencias resonantes y otras para realzar ciertas frecuencias para obtener el timbre deseado.

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>HIGH PASS</b>	<b>FRECUENCIA (Hz)</b>	<b>GAIN (dB)</b>	<b>Q</b>
<b>Bombo</b>		4780	1,6	$\frac{1}{4}$ 0,2
		136	-2	$\frac{1}{6}$ 0.13
		391	-12	$\frac{2}{3}$ 0,55
		5390	12,9	$\frac{1}{4}$
<b>Caja arriba</b>	100Hz	188	4,6	$\frac{1}{4}$
		521	-4,9	$\frac{1}{4}$ 0,2
		846	-2,4	1/9
		928	-5,8	$\frac{1}{6}$ 0,13
<b>Caja abajo</b>	178 Hz	766	-4,5	$\frac{1}{4}$ 0,2
		1,62	-7,9	1/9
<b>Hit-hat</b>	359 Hz	447	-6,6	$\frac{1}{3}$
		1120	-3,3	$\frac{1}{4}$ 0,2
		4900	-2,9	1/9
<b>Tom 1</b>	93,8 Hz	574	-4,9	$\frac{1}{3}$ 0,3
		4890	3,3	$\frac{1}{4}$
<b>Tom 2</b>	88 Hz	267	-7,8	$\frac{1}{4}$ 0,2
		653	-9,1	$\frac{1}{4}$
		2880	-7	$\frac{1}{4}$
<b>Tom de piso</b>	72,6 Hz	188	-4,9	1/9
		574	-9,1	$\frac{1}{3}$ 0,3
<b>OH L</b>	167 Hz	574	-5,3	$\frac{1}{3}$ 0,3
		4650	-5,8	1/9
<b>OH R</b>	167 Hz	522	-7,4	$\frac{1}{3}$ 0,3
		6200	-2,9	1/6
<b>Bajo</b>		6940	2,9	$\frac{1}{4}$ 0,3
		134	3,7	$\frac{1}{6}$
		391	-4,5	$\frac{1}{4}$
<b>Guitarra L</b>	100 Hz	241	2	$\frac{1}{3}$

		695	-3,3	¼
		3030	-3,3	1/9
		6810	-5	¼
<b>Guitarra R</b>	100 Hz	292	2	¼
		522	-4,1	¼ 0,2
		3030	-3,7	¼
		6190	-4,1	1/9
<b>Sintetizador</b>	100 Hz	-	-	-
<b>Voz</b>	129 Hz	242	-2,8	¼ 0,13
		563	-5,4	1/9
		1020	-4,1	¼
		2790	4,1	¼
<b>Voz</b>	129Hz	200	-4,5	1/6
		519	-4,9	¼ 0,2
		1210	-2,4	¼ 0,13
		2750	3,7	¼

Tabla 4. Parámetros de EQ.

### 4.3.2 Compresor.

Se usó un canal extra con el fin de realizar una compresión paralela al canal del bombo. La compresión paralela consiste en reajustar los parámetros con otros más elevados, con el objetivo de reducir picos con el objetivo de sumar más dB del canal deseado.

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>THRESHOLD (dB)</b>	<b>ATTACK (ms)</b>	<b>RELEASE (ms)</b>	<b>RATIO</b>	<b>GAIN (dB)</b>
<b>Bombo</b>	-6.5	10.1	113	7:1	5
<b>Caja arriba</b>	-14	9.33	88.6	4.7:1	3
<b>Caja abajo</b>	-16.3	9.11	83.4	3:1	1
<b>Hit-hat</b>	-16	16,2	96	4.5:1	0
<b>Tom 1</b>	-10,4	11,3	96	4:1	2,2
<b>Tom 2</b>	-14,7	15,8	96	4:1	0
<b>Tom de piso</b>	-12,4	10,9	93.1	4:1	2,5

OH L	-16,3	22,9	101	3:1	0
OH R	-16,3	22,9	101	3:1	0
Bajo	-4,7	37,4	178	5:1	1,7
Guitarra L	-8,8	81,3	164	4:1	0
Guitarra R	-9,6	77,8	162	4:1	0
Sintetizador	-13,1	32,4	146	4:1	0
Voz	-11,6	42,7	173	5:1	4
Voz	-15,8	41,7	173	5:1	4
Bombo compresión paralela	-15	8,58	96	12:1	5
Master L R	-3,6	13	65,5 ms	2:1	0

Tabla 5. Parámetros de compresor.

### 4.3.3 Puertas de Ruido.

INSTRUMENTO	THRESHOLD (dB)	ATTACK (ms)	HOLD (ms)	RELEASE (ms)
Bombo	-16	0	161	130
Caja arriba	-24,9	0	122	169
Caja abajo	-11	0	150	131
Hit-hat	-5,6	0	150	112
Tom 1	-0,9	0	150	76,8
Tom 2	0,3	0	85	89,6
Tom de piso	.0,6	0	95,5	117
OH L	-	-	-	-
OH R	-	-	-	-
Bajo	-32,4	0	150	200
Guitarra L	-13,7	0	150	200
Guitarra R	-13,7	0	150	200
Sintetizador	-32,9	0	150	200
Voz	-14,5	0	150	231



Voz	-8	0	150	200
-----	----	---	-----	-----

Tabla 6. Parámetros de puertas de ruido.

#### 4.3.4 Polaridad.

La polaridad empleada a la mayoría de instrumentos fue normal excepto a los *Overheads*, donde se aplicó polaridad invertida ya que así se pudo obtener sumas en la caja.

#### 4.3.5 Efectos.

Fueron aplicados filtros paso alto en 200 Hz y filtro paso bajo en 6000 Hz, y se emplearon en proporciones adecuadas, son los siguientes efectos:

- **Room live drums.** - Aplicado a toda la percusión excepto al bombo.
- **Room small.** - Aplicado a guitarras y sintetizador.
- **Plate vocal.** - Aplicado a voces
- **Stereo Tap delay.** - Aplicado a voces

#### 4.3.6 Panorámica.

INSTRUMENTO	IZQUIERDA (%)	CENTRO	DERECHA (%)
Bombo		C	
Caja arriba		C	
Caja abajo		C	
Hit-hat			25
Tom 1			40
Tom 2	15		
Tom de piso	50		
OH L	100		
OH R			100
Bajo		C	
Guitarra L	30		
Guitarra R			30
Sintetizador			15
Voz		C	

Voz		C	
-----	--	---	--

Tabla 7. Parámetros de panorámica.

#### 4.4 Aspectos Importantes de Reajuste Durante el Show

Luego de realizarse la prueba de sonido, la mayoría de los parámetros quedan ajustados, no obstante, durante el show los intérpretes tienden a tocar su instrumento más fuerte o a su vez a elevar el nivel de salida de los amplificadores, a moverse lo micrófonos, entre otros, por lo tanto, se reajustaron los siguientes aspectos durante la presentación:

- La ganancia de entrada de algunos canales como bombo, caja y bajo.
- La posición de micrófonos, porque se mueven durante el show.
- Niveles de salida en guitarras cuando los intérpretes realizan solos.
- Ecuación con el fin de que sobresalga el instrumento deseado.
- Panorámica durante solos.

## Conclusiones

En este proyecto se consiguió abordar principios fundamentales sobre el manejo de refuerzo sonoro y consecuente el concierto en vivo. Puntualmente se pueden destacar las siguientes conclusiones:

Los sistemas de refuerzo sonoro han tenido un desarrollo importante para la puesta en escena de la música, ya que con la aplicación de sistemas *line array* se puede obtener mayor presión sonora con una respuesta de frecuencia más similar en el área de audiencia.

- En los subsistemas de graves se puede aplicar diferentes arreglos con el fin de direccionar las frecuencias graves de tal manera que se puede obtener un escenario libre de frecuencias graves.
- Aplicando programas de análisis en tiempo real como el programa *Smaart*, se puede lograr mayor desempeño del equipo de refuerzo sonoro, a su vez eliminando posibles *feedbacks* y reflexiones cuando se realiza conciertos en lugares cerrados.
- Los micrófonos permiten realizar un trabajo eficiente ya que, por sus variadas características, como respuesta de frecuencia y patrón polar, nos permiten utilizar diferentes micrófonos en cada instrumento con el fin de obtener unas tomas de alta fidelidad y más limpias de ruidos.
- En los conciertos se puede obtener los mismos recursos que en un estudio de grabación, ya que se cuenta con diferentes procesos como compresores, puertas de ruido, ecualizadores y efectos.
- A través del ajuste en fase de los subgraves con las cajas de rango completo obtuvimos una suma de 6 decibeles en el área de cruce de frecuencias.
- En el ajuste de respuesta de frecuencia en el área de audiencia pudimos obtener resultados positivos al saber que el subsistema PA estaba con una respuesta de frecuencia más parecida en toda la sala así teniendo que hacer pocos ajustes con el ecualizador gráfico.
- Pudimos concluir que en la sala donde se realizó el concierto se cuenta con una buena suma de frecuencias graves debajo de 100hz, por lo que fue menester trabajar los subgraves a la mitad del nivel total.
- Con la aplicación de diferentes técnicas para el control de *feedbacks* en monitores de piso, hemos logrado controlar las retroalimentaciones durante la prueba de sonido y el concierto.

- Al tener elaborado un *stage plot* adecuado para la banda, pudimos contar con un escenario limpio de cables, usar los amplificadores como monitores sin tener que enviar los de piso. En este caso sólo se envió la voz de los cantantes a los monitores de piso.
- Se obtuvo sumas considerables en el cuerpo de la caja al invertir la polaridad de los *overheads*.
- Se usó monitores personales para el baterista, lo cual nos ayudó a tener muestras libres de ruido de la batería.

### Recomendaciones

En el proyecto se consiguió abordar principios fundamentales sobre el manejo de refuerzo sonoro y consecuente el concierto en vivo. Puntualmente se pueden destacar las siguientes recomendaciones:

- Los sistemas de refuerzo sonoro generan grandes presiones sonoras por lo tanto se debe tomar en cuenta las recomendaciones y leyes que rigen ciertos organismos para controlar cuantos dB de presión sonora se debe aplicar.
- Al ajustar la respuesta de frecuencia en un sistema de sonido en lugares cerrados no siempre la respuesta plana es lo idóneo, pero es un buen punto de inicio para luego hacer correcciones necesarias.
- Siempre se debe ajustar los sistemas de refuerzo sonoro ya que nunca vamos a encontrar recintos con las mismas características acústicas.
- Tomar en cuenta que el sonido cambia de velocidad en función de la temperatura y con ello la transmisión a través del aire por lo tanto tendremos reducción de presión sonora en frecuencias agudas.
- Al iniciar en el mundo del audio se utiliza analizadores en tiempo real para observar los posibles *feedback* pero se recomienda desarrollar el oído para no prescindir de ellos.
- Utilizar los micrófonos adecuados para cada instrumento según sus características tímbricas y dinámicas.
- Al tomar los diferentes sonidos de los instrumentos, se debe ajustar desde la fuente las características tímbricas para usar menos los recursos como ecualización, puestas de ruido, entre otros.
- Tener elementos de buena calidad, ya que todo afecta en la cadena de audio, ya sea micrófonos, instrumentos, cables, entre otros.
- Se debe tener una muy buena comunicación entre los técnicos y los músicos para poder resolver diferentes problemas a la hora del show.
- Siempre realizar una prueba de sonido antes del show para resolver problemas a tiempo
- En lugares cerrados de debe apuntar los sistemas de refuerzo sonoro lo más posible hacia la zona de audiencia para evitar las reflexiones, también trabajar a niveles bajos.
- Utilizar sistemas de monitoreo personal para evitar contaminación de otras fuentes sonoras.

- Al mezclar en vivo evitar panorámicas muy exageradas excepcionado algunos instrumentos, porque la mayor cantidad de audiencia escucha en mono y muy poco público realmente escucha estéreo.

## Referencias

- Acoustics, R. (2011). *Getting Started with Smaart v7: Basic Setup and measurement*. Recuperado el 05 de Marzo de 2019, de Rational Acoustics: <https://downloads.rationalacoustics.com/documentation/smaart-v7/Getting-Started-with-Smaart-v7.4.pdf>
- Anderson, B. (27 de Julio de 2015). *VICE*. Recuperado el 27 de noviembre de 2018, de <https://www.vice.com/es/article/kwjz4y/la-muralla-de-sonido-968>
- Associated Newspapers Ltd. (26 de Noviembre de 2018). *MailOnline*. Obtenido de <https://www.dailymail.co.uk/news/article-3300379/Rare-baseball-signed-Beatles-final-tour-U-S-set-fetch-100-000-auction.html>
- Apple. (2018). *Apple Inc.* Recuperado el 22 de mayo de 2019, de <https://itunes.apple.com/bo/app/rta-audio/id525165390?mt=8>
- Behind the mixer*. (2019). Recuperado el 10 de Julio de 2019, de <https://www.behindthemixer.com/audio-gating-guide/>
- Cabello, P. (15 de Abril de 2012). *Paul Cabello Ingeniería en Sonido*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de <http://paulcabello.blogspot.com/2012/04/>
- Castillo, A. (2011). *Guía metodológica para la realización de espectáculos al aire libre*. Quito.
- Contreras, R. (21 de Diciembre de 2018). *Leon Sonido Virtual*. Obtenido de Ramiro Contreras L: <http://www.leonsonidovirtual.com.ar/trabajos/#!>
- Cuevas, J. A. (11 de Junio de 2018). *Revista ISP Música*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2018, de <http://www.ispmusica.com/audio-directo/didactica-directo-audio/1942-todo-sobre-el-line-array.html>
- Cuevas, J.A. (2 de Noviembre de 2013). *Revista ISP música*. Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de <http://www.ispmusica.com/audio-directo/didactica-directo-audio/1957-mediciones-sonido.html>
- Cuevas, J. (2 de Noviembre de 2013). *Isp Música*. Recuperado el 10 de Julio de 2019, de <http://www.ispmusica.com/audio-directo/didactica-directo-audio/1955-el-uso-de-ecualizadores-en-directo.html>

Cuevas, J. (2 de Agosto de 2017). *Isp Música*. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <https://www.ispmusica.com/audio-directo/didactica-directo-audio/1943-arreglos-de-subgraves.html>

Das audio. (2018). *Das audio*. Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de <https://www.dasaudio.com/faq-2/acustica-y-vibracion/que-es-la-sensibilidad-de-un-altavoz/>

Data, G. (2009). *Consideraciones generales sobre mezcla de audio*. Rosario - Argentina.

Roda, J. L. (2009). *Ajustes de fases entre subgraves y unidades de medios-agudos*. DAS audio, Departamento de ingeniería.

Gómez, J. (26 de Noviembre de 2018). *Sobre Fotos*. Obtenido de <https://sobrefotos.com/2009/08/16/woodstock-1969-haz-el-amor-y-no-la-guerra/>

Harman. (2019). *DBX*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de <https://dbxpro.com/en/products/rta-m>

*Ingeniería musical*. (15 de Marzo de 2018). Recuperado el 25 de Julio de 2019, de <https://www.ingenieriamusical.net/mezcla-y-masterizacion/mezcla-para-mejorar-calidad-de-audio/>

Jolal. (10 de Septiembre de 2010). *Artesonoro*. Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de <http://www.artesonoro.com.mx/2010/09/7-formas-de-evitar-el-feedback-en-vivo.html>

Jon, H. (4 de Junio de 2016). *Audio Producción*. Recuperado el 19 de Junio de 2019, de <https://www.audioproduccion.com/estructura-de-ganancia-apropiada-al-mezclar/>

Jon, H. (26 de Enero de 2017). *Audio Producción*. Recuperado el 19 de Junio de 2019, de <https://www.audioproduccion.com/mezcla-y-mastering/>

Jon, H. (14 de Julio de 2017). *Audio Producción*. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de <https://www.audioproduccion.com/efectos-audio-una-pequena-guia/>

Jon, H. (6 de Agosto de 2017). *Audio Producción*. Recuperado el 10 de Julio de 2019, de <https://www.audioproduccion.com/guia-la-compresion-entiende-funciones/>

Lively, N. (20 de Marzo de 2023). *Sound design live*. Obtenido de <https://www.sounddesignlive.com/sound-system-setup-why-subwoofer-crossover-alignment-is-critical/>

López, D. (2009). *Ingeniería en sonido - Sistemas de sonido en directo*. Madrid: Starbook.



- Marcillo, O. (1999). *Aplicación de ondillas a la reproducción de ruido en señales de audio*. Quito.
- McCarthy, B. (2007). *Sistemas de sonido: Diseño y Optimización*. Sevilla - España: Alvalena.
- McCarthy, B. (2009). *Sistemas de sonido: Diseño y optimización*. Sevilla - España: Editorial Alvalena.
- Mas, C. P. (1999). *Manual de Sonorización en Directo*. Barcelona: Música y Tecnología S.L.
- Merino, J. P. (9 de Octubre de 2018). *Definición.de*. Obtenido de <https://definicion.de/guia/>
- Miechi, P. J. (2007). *Teoría y aplicaciones de la reverberación*. Rosario - Argentina.
- Miechi, P. J. (2007). *Introducción a la mezcla profesional*. Rosario - Argentina.
- Molina, J. O. (2013). *Grabación, Mezcla y Masterización de una obra interpretada por la orquesta Filharmónica de la Universidad de Valencia*. Gandia.
- Muñoz, L. (15 de Noviembre de 2016). *Isp Música*. Recuperado el 10 de Julio de 2019, de <http://www.ispmusica.com/audio-directo/didactica-directo-audio/1954-procesando-la-dinamica.html>
- Oyarbide, M. d. (2005). *ABC sobre ecualizadores y filtros*. Rosario - Argentina.
- Osses Bustingorry, S., Sánchez Tapia, I., & Ibáñez Mansilla, F. M. (2006). Investigación Cualitativa en Educación: hacia la generación de teoría a través del proceso analítico. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 32(1).<https://doi.org/10.4067/S0718-07052006000100007>
- Pinilla, E. G. (2009). *Sonido en vivo 1*. Rosario - Argentina.
- Pinilla, E. G. (2009). *Sonido en vivo 2*. Rosario - Argentina.
- Pinilla, E. G. (2009). *Sonido en vivo 3*. Rosario - Argentina.
- Pinillos, E. (3 de Julio de 2008). *Word Reference*. Obtenido de <https://forum.wordreference.com/threads/rider-t%C3%A9cnico.1020615/>
- Quelal, C. G.-K. (2018). *Elaboración de una guía metodológica que recopile técnicas de mezcla para sonido en vivo, tomando como base las presentaciones que ofrece el equipamiento de refuerzo sonoro que posee la Universidad de las Américas*. Quito.

- Ramírez, M. d. (7 de Mayo de 2012). *Microfusa*. Recuperado el 10 de Julio de 2019, de <https://www.microfusa.com/magazine/blog/el-filtro-pasa-altos-en-la-mezcla>
- Rendón, R. (26 de Noviembre de 2018). *M80RADIO*. Obtenido de <http://www.m80radio.com/2018/la-primera-actuacion-los-beatles-the-cavern-35939.html>
- Roland. (2019). Recuperado el 10 de Julio de 2019, de [https://proav.roland.com/es/articles/m-480\\_4\\_band\\_advanced\\_parametric\\_eq/](https://proav.roland.com/es/articles/m-480_4_band_advanced_parametric_eq/)
- Sacerdoti, E. (9 de Junio de 2017). *Equaphon University*. Obtenido de <http://www.equaphon-university.net/fase-y-polaridad/>
- Sacerdoti, E. (12 de Enero de 2017). *Equaphon University*. Recuperado el 19 de Junio de 2019, de <http://www.equaphon-university.net/estructura-de-ganancia/>
- Sánchez, A., & Millán, A. (27 de Mayo de 2014). *Diffusion magazine*. Recuperado el 22 de Marzo de 2023, de <https://www.diffusionmagazine.com/index.php/biblioteca/categorias/historia/365-historia-del-microfono>
- Samson. (2019). *Samson Tech*. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de [http://www.samsontech.com/site\\_media/legacy\\_docs/C02\\_owman\\_v1s.pdf](http://www.samsontech.com/site_media/legacy_docs/C02_owman_v1s.pdf)
- Sanz, A. (26 de Noviembre de 2018). *Digital av magazine*. Obtenido de <https://www.digitalavmagazine.com/2016/02/25/metallica-y-los-meyer-sound-leo-inauguran-quebec-arena-con-un-tm-array-en-circulo/>
- Sastrón, J. (25 de Enero de 2019). *Producciones el Sótano*. Obtenido de <https://www.produccioneselotano.com/arreglos-subgraves-ejemplo-real/>
- Sennheiser. (2019). *Sennheiser*. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de <https://en-us.sennheiser.com/live-performance-microphone-vocal-stage-e-835>
- Schreiber, M. K. (19 de Marzo de 2017). *Mijakrieg*. Obtenido de <http://mijakrieg.blogspot.com/2017/03/la-fase-y-el-filtro-de-peine.html>
- Shure. (2011). *Refuerzo de sonido en vivo*.
- Shure. (9 de Marzo de 2023). *Shure*. Obtenido de [https://pubs.shure.com/guide/BETA52A/es-ES?\\_gl=1\\*stah6a\\*\\_ga\\*ODExNDM2MjgyLjE2Nzg0MDMwMTc.\\*\\_ga\\_DB3CR9SF0C\\*](https://pubs.shure.com/guide/BETA52A/es-ES?_gl=1*stah6a*_ga*ODExNDM2MjgyLjE2Nzg0MDMwMTc.*_ga_DB3CR9SF0C*)

MTY3ODQwMzAxNi4xLjEuMTY3ODQxNjY3My4zMC4wLjA.&\_ga=2.75972893.928259916.1678403017-811436282.1678403017

Shure. (9 de Marzo de 2023). *Shure*. Obtenido de [https://pubs.shure.com/guide/SM57/en-US?\\_gl=1\\*149r1m4\\*\\_ga\\*ODExNDM2MjgyLjE2Nzg0MDMwMTc.\\*\\_ga\\_DB3CR9SF0C\\*MTY3ODQwMzAxNi4xLjEuMTY3ODQxNjg4NC41OS4wLjA.&\\_ga=2.180300332.928259916.1678403017-811436282.1678403017](https://pubs.shure.com/guide/SM57/en-US?_gl=1*149r1m4*_ga*ODExNDM2MjgyLjE2Nzg0MDMwMTc.*_ga_DB3CR9SF0C*MTY3ODQwMzAxNi4xLjEuMTY3ODQxNjg4NC41OS4wLjA.&_ga=2.180300332.928259916.1678403017-811436282.1678403017)

Shure. (9 de Marzo de 2023). *Shure*. Obtenido de <https://pubs.shure.com/guide/PGA98H/en-US>

Steward, G. (9 de febrero de 2017). *Pro Tools Production*. Recuperado el 10 de Julio de 2019, de <https://www.protoolsproduction.com/dynamic-processing-dyn3-expander-gate/>

Steinberg. (2019). *Steinberg*. Recuperado el 16 de septiembre de 2019, de [https://es.steinberg.net/es/productos/interfaces\\_de\\_audio/serie\\_ur/modelos/ur22.html](https://es.steinberg.net/es/productos/interfaces_de_audio/serie_ur/modelos/ur22.html)

Torres, V. (5 de Febrero de 2013). *Tecnoiglesia*. Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de <https://tecnoiglesia.com/2013/02/como-eliminar-la-retroalimentacion-de-audio-feedback-con-ecualizacion/>

Trade Formación. (18 de Julio de 2017). *Coloquio de sonido en vivo con Fernando Diaz*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2020, [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=WT9jcH0f0J8>

Vilanova, J. C. (2012). Revisión bibliográfica del tema de estudio de un proyecto de Investigación. *Radiología*, 54(2), 108-114. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2011.05.015>

Whirlwind. (2019). *Whirlwind usa*. Recuperado el 11 de junio de 2019, de <http://whirlwindusa.com/catalog/black-boxes-effects-and-dis/direct-boxes/imp2>

White, P. (2008). *Técnicas avanzadas para el uso de compuertas*. Rosario.

White, P. (2008). *Técnicas avanzadas de compresión*. Rosario - Argentina.

## Anexos

Anexo A.- Equipos empleados durante el concierto en vivo.

Imagen 1. Consola Allen&Heat SQ6 para FOH y monitores.



Imagen 2. Sistema para PA RCF HDL20.



Imagen 3. Subgraves QSC KW 181 para PA.



Imagen 4. Audio rack Allen&Heat AB168.



Imagen 5. Monitores de piso JBL PRX 615.



Imagen 6. Amplificador de guitarra Marshall Valvestate S80.



Imagen 7. Amplificador de guitarra Laney LX120 Twin.



Imagen 8. Micrófono para voces SENHEISER e835.



Imagen 9. Set de micrófonos empleados.



Imagen 10. Panorámica del escenario.





Anexo B.- Técnicas de micrófono empleado en diferentes instrumentos.

Imagen 11. Micrófono en el bombo.



Imagen 12. Micrófono en la caja 1.



Imagen 13. Micrófono en las cimbras de la caja 2.



Imagen 14. Micrófono en el tom 1.



Imagen 15. Micrófono en el tom 2



Imagen 16. Micrófono en el tom 3.



Imagen 17. Micrófono en el Hi Hat.



Imagen 18. Micrófono ON- AXXIS en el amplificador de guitarra.



Imagen 19. Micrófono en el amplificador de guitarra.



Anexo C.- Extractos de audios de la mezcla durante el concierto, que fueron grabados en el master de la consola.

1.- Afuera - Caifanes

<https://www.dropbox.com/s/mv4hhkhbbqbxg86/Audio%201.wav?dl=0>

2.- Detroit rock city - Kiss

<https://www.dropbox.com/s/x9tr2ksb9h7j0xi/Audio%202.wav?dl=0>

3.- Are you gonna go my way – Lenny Kravitz

<https://www.dropbox.com/s/p5aemcohcjog659/Audio%203.wav?dl=0>

4.- Inmensidad – Ensamble de rock de la Facultad de Artes (Universidad de Cuenca)

<https://www.dropbox.com/s/cl0py4ogenpb2up/Audio%204.wav?dl=0>

5.- Aces high – Iron Maiden

<https://www.dropbox.com/s/hh406xakc8mgi0a/Audio%205.wav?dl=0>