

UNIVERSIDAD TÉCNICA PRIVADA COSMOS

“UNITEPC”

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE SONIDO



DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO SONORO PARA OBTENER COBERTURA HOMOGÉNEA DE SONIDO EN LA CONGREGACIÓN “ABBA PADRE”

**Proyecto de Grado presentado
para optar al título de
Licenciatura en Ingeniería de Sonido**

POSTULANTE: FRANCISCO ALEJANDRO CABA MARIACA
TUTOR: ING. MARTIN MARCELO LOZA GUTIERREZ

El Alto - La Paz - Bolivia

2020

DEDICATORIA

A mi padre Mario Caba (+) y a mi madre Elida Mariaca,
ejemplos de sabiduría, compromiso, responsabilidad y perseverancia porque ambos, con su ejemplo, consejos y apoyo me inculcaron los mejores valores morales y siempre me impulsaron a seguir adelante sin importar los obstáculos que pueda encontrar en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Mario Caba (+) y Elida Mariaca quienes, si no me hubiesen dado la vida no existiría este trabajo, y a toda mi familia por su complicidad.

Al director de carrera Ingeniero Álvaro Panozo, por su incansable trabajo y aliento antes, durante y finalización del trabajo.

A los docentes de la carrera, quienes en aulas y fuera de ellas incentivan a cosechar conocimientos y continuar en esta linda rama de la ingeniería.

Una mención especial a los Ingenieros Ignacio Zeballos de Acústica, Javier Flores de Hyla Records, Marcelo Navia de Borealis Audio y al Doctor Fernando Ross, por haber colaborado desinteresadamente en la elaboración de este proyecto.

Un reconocimiento al Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre” y en especial a Julio Talavera por la colaboración en la realización de este proyecto.

Un agradecimiento a mis amigos y colegas quienes sin su apoyo moral no hubiese logrado esto, en especial a Diego Mendoza que en un punto crítico de estudio me incentivó a culminar la carrera, con la frase “¿No piensas terminar?”

Y a todas las personas e instituciones que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I

1. CONSIDERACIONES GENERALES	2
1.1. Justificación	3
1.1.1. Justificación social.....	3
1.1.2. Justificación técnica.....	3
1.1.3. Justificación académica.....	4
1.2. Planteamiento del Problema	5
1.2.1. Descripción del problema.....	5
1.2.2. Identificación de la causa.....	5
1.2.3. Formulación del problema.....	6
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Delimitación	8
1.4.1. Delimitación espacial.....	8
1.4.2. Delimitación temporal.....	8
1.4.3. Delimitación de recursos financieros.....	8

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	10
2.1. Marco Referencial	10
2.2. Marco Conceptual	11
2.2.1. El sonido.....	11
2.2.2. Propiedades del sonido	11
2.2.2.1. Velocidad del sonido.....	11
2.2.2.2. Frecuencia.....	12
2.2.2.3. Periodo.....	13
2.2.2.4. Amplitud.....	14
2.2.2.5. Longitud de onda.....	14
2.2.2.6. Fase.....	16
2.2.2.7. Atenuación del sonido.....	18

2.2.2.8. Decibeles.....	19
2.2.3. Ruido.....	20
2.2.3.1. Ruido según intensidad.....	21
2.2.3.1.1. Ruido Continuo.....	21
2.2.3.1.2. El ruido impulsivo.....	21
2.2.3.2. Ruido según frecuencia.....	21
2.2.3.2.1. Ruido Marrón.....	21
2.2.3.2.2. Ruido Blanco.....	21
2.2.3.2.3. Ruido Rosa.....	21
2.2.4. Fundamentos Electroacústicos.....	22
2.2.4.1. Altavoces.....	22
2.2.4.1.1. Altavoz piezoeléctrico.....	22
2.2.4.1.2. Altavoz electrostático.....	22
2.2.4.1.3. Altavoz dinámico.....	23
2.2.4.1.4. Sensibilidad.....	23
2.2.4.1.5. Respuesta de frecuencia.....	23
2.2.4.1.6. Directividad.....	24
2.2.4.1.7. Cobertura.....	24
2.2.5. Nivel de presión sonora.....	24
2.2.6. Tipos de evento.....	25
2.2.6.1. Zonas de cobertura.....	26
2.2.7. Sistemas y Subsistemas.....	26
2.2.7.1. Sistemas Principales.....	26
2.2.7.2. Subsistemas.....	27
2.2.7.2.1. Sistemas de refuerzo frontal (Frontfill).....	27
2.2.7.2.2. Sistemas de refuerzo externo (Outfill).....	27
2.2.7.2.3. Sistemas de Retardo (Delay).....	28
2.2.7.3. Sistemas de bajos.....	28
2.2.7.3.1. Arreglo de sub-bajos End Fired.....	29
2.2.7.3.2. Arreglo de sub-bajos Gradiente.....	29
2.2.7.3.3. Arreglo de sub-bajos Agrupados Invertido (Stack).....	30
2.2.7.3.4. Sub-bajos en arco.....	31
2.2.8. Cadena electroacústica.....	32

2.2.8.1. Consola.....	32
2.2.8.2. Ecualesadores.....	33
2.2.8.2.1. Ecualesadores gráfcos.....	33
2.2.8.2.2. Ecualesadores Paramétrcos.....	33
2.2.8.3. Divisor de seáales.....	34
2.2.8.4. Amplificador de potencia.....	34
2.2.8.5. Procesadores.....	35
2.2.9. Programas Computacionales.....	35
2.2.9.1. Microsoft Excel Versión 2016.....	35
2.2.9.3. Programa de Medición Acústca: Smaart Live Versión 7.....	36
2.2.9.4. Programa de simulación acústca: Ease Focus Versión 3.....	38
CAPÍTULO III	
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	42
3.1. Tipo de Investigación.....	42
3.2. Diseño de Investigación.....	43
3.3. Método de Investigación.....	44
3.4. Técnicas y Herramientas.....	45
3.4.1. Observación directa.....	45
3.4.2. Investigación documental.....	46
3.5. Recolección de Datos.....	46
3.5.1. Realización de fichas técnicas y diagramas.....	47
3.5.2. Métodos para definir los puntos de medición para el diagnóstico.....	47
3.5.3. Método de la cuadrícula (o retícula).....	48
3.5.4. Método de zonas específicas.....	49
3.5.5. Instrumentos de medición.....	49
CAPÍTULO IV	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1. Diagnóstico.....	53
4.1.1. Etapa 1: Diagnóstico del lugar.....	53
4.1.2. Sub etapa A: Equipamiento.....	56
4.1.2.1. Descripción del estado físico del equipamiento.....	57

4.1.2.2. Reporte fotográfico del equipamiento	59
4.1.3. Sub etapa B: Instalación.	60
4.1.3.1. Descripción del flujo de la señal.....	60
4.1.3.2. Diagrama de flujo de señal	63
4.1.4. Sub etapa C: Funcionamiento.....	63
4.1.4.1. Relevamiento de la sala.	64
4.1.4.2. Reporte Fotográfico.....	64
4.1.4.3. Corte vista superior.....	66
4.1.4.4. Corte vista lateral.....	67
4.1.5. Medición.....	68
4.1.5.1. Puntos B1, B2, B3.	69
4.1.5.2. Puntos C1, C2, C3.	70
4.1.5.3. Puntos D1, D2, D3.....	72
4.1.5.4. Puntos E1, E2, E3.....	73
4.2. Etapa 2: Diseño del Sistema de Refuerzo Sonoro	75
4.2.1. Sub etapa A: Equipamiento.....	76
4.2.1.1. Propuesta 1: QSC K12.2.....	82
4.2.1.2. Propuesta 2: Yamaha DSR112.....	84
4.2.1.3. Propuesta 3: db Technologies Vio X12.....	86
4.2.2. Sub etapa B: Instalación.....	88
4.2.2.1. Diagrama del flujo de la señal de la nueva configuración.....	90
4.2.3. Instalación del sistema.....	90
4.2.4. Procesamiento de la señal.....	92
4.2.4.1. Procesador de audio digital Marani.....	92
4.2.4.2. Procesador de audio digital BSS.....	93
4.2.4.3. Pre configuración del procesador.....	93
4.2.5. Sub etapa C: Funcionamiento.....	94
4.2.5.1. Propuesta 1, QSC K12.2.....	95
4.2.5.2. Proyección a 4kHz.....	95
4.2.5.3. Proyección a 1kHz.....	96
4.2.5.4. Proyección a 500Hz.....	97

4.2.5.5. Propuesta 2, Yamaha DSR112	98
4.2.5.6. Proyección a 4kHz.....	98
4.2.5.7. Proyección a 1kHz.....	99
4.2.5.8. Proyección a 500Hz.....	100
4.2.5.9. Propuesta 3, db Technologies VioX12	101
4.2.5.10. Proyección a 4kHz.....	101
4.2.5.11. Proyección a 1kHz.....	102
4.2.5.12. Proyección a 500Hz.....	103
4.2.6. Instalación del sistema.....	104
4.2.6.1. Instalación en una parte.....	104
4.2.6.2. Instalación en tres partes.....	104
4.3. Presupuesto referencial	105
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA	110
ANEXOS.....	113
Anexo 1. Reporte Fotográfico Reuniones Habituales del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”	114
Anexo 2. Reporte Fotográfico de las Mediciones	115
Anexo 3. Cotizaciones de los Sistemas Propuestos.....	116
Anexo 4. Ficha Técnica de los Sistemas Propuestos.....	117
Anexo 5. Enlace de descarga.....	118

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Propagación del sonido en el aire,	11
Ilustración 2. Comparación de frecuencias bajas y altas	13
Ilustración 3. Amplitud vs grados de una onda sinusoidal donde se identifica el periodo .	13
Ilustración 4. Amplitud vs grados de una onda sinusoidal donde se identifica la amplitud.....	14
Ilustración 5. Amplitud vs grados de una onda sinusoidal donde se identifica la longitud de onda.....	15
Ilustración 6. Amplitud vs grados, suma de dos ondas con diferencia de 0°	16
Ilustración 7. Amplitud vs grados, suma de dos ondas con una diferencia de 90°	17
Ilustración 8. Amplitud vs grados, suma de dos ondas con una diferencia de 180°	17
Ilustración 9. Rueda de fase según variación de grados y su respectiva suma en db.	18
Ilustración 10. Ley del inverso cuadrado.	19
Ilustración 11. Disposición y predicción acústica de un arreglo de sub-bajos end fired. ...	29
Ilustración 12. Disposición y predicción acústica de un arreglo de sub-bajos gradiente. ...	30
Ilustración 13. Disposición y predicción acústica de un arreglo de sub-bajos agrupados invertido.....	30
Ilustración 14. Disposición y predicción acústica de un arreglo de sub-bajos en arco.....	31
Ilustración 15. Predicción acústica de un sistema de arreglo lineal de 4 cajas por lado.....	40
Ilustración 16. Predicción acústica de un sistema de arreglo lineal de 4 cajas por lado.....	40
Ilustración 17. Geolocalización de la congregación “abba padre”, vista superior.....	53
Ilustración 18. Equipo instalado en la congregación “abba padre”	59
Ilustración 19. Consola allen and heath instalada en la congregación “abba padre”	59
Ilustración 20. Instalación de los procesos y amplificación en la congregación “abba padre”	59
Ilustración 21. Monitores ml s/m de la congregación “abba padre”	59
Ilustración 22. Equipo instalado en la congregación “abba padre”	60
Ilustración 23. Equipo instalado en la congregación “abba padre”	60
Ilustración 24. Monitores peavey s/marca de la congregación “abba padre”	60
Ilustración 25. Escenario congregación “abba padre”	60

Ilustración 26. Flujo de la señal de la cadena electroacústica de la congregación “abba padre”	63
Ilustración 27. Medición del recinto con el telemetro glm100c	64
Ilustración 28. Medición del recinto con el telemetro glm100c	64
Ilustración 29. Medición del recinto con el telemetro glm100c	64
Ilustración 30. Medición del recinto con el telemetro glm100c	64
Ilustración 31. Relevamiento de la sala de la congregación “abba padre”, vista superior .	66
Ilustración 32. Relevamiento de la sala de la congregación “abba padre”, vista lateral.....	67
Ilustración 33. Magnitud y fase, mediciones del espectro en los puntos b1, b2, b3	69
Ilustración 34. Mediciones del nps en el punto b1.....	70
Ilustración 35. Mediciones del nps en el punto b2.....	70
Ilustración 36. Mediciones del nps en el punto b3.....	70
Ilustración 37. Magnitud y fase, mediciones del espectro en los puntos c1, c2, c3.....	71
Ilustración 38. Mediciones del nps en el punto c1	71
Ilustración 39. Mediciones del nps en el punto c2.....	71
Ilustración 40. Mediciones del nps en el punto c3.....	71
Ilustración 41. Magnitud y fase, mediciones del espectro en los puntos d1, d2, d3.....	72
Ilustración 42. Mediciones del nps en el punto d1.....	73
Ilustración 43. Mediciones del nps en el punto d2.....	73
Ilustración 44. Mediciones del nps en el punto d3.....	73
Ilustración 45. Magnitud y fase, mediciones del espectro en los puntos e1, e2, e3.....	74
Ilustración 46. Mediciones del nps en el punto e1	74
Ilustración 47. Mediciones del nps en el punto e2.....	74
Ilustración 48. Mediciones del nps en el punto e3.....	74
Ilustración 49. Captura de pantalla del calculador rac.....	78
Ilustración 50. Nivel de refuerzo sonoro necesario o lrsn para la congregación “abba padre”	81
Ilustración 51. Flujo de la señal de la cadena electroacústica de la congregación “abba padre”	90
Ilustración 52. Pre configuración del sistema	94
Ilustración 53. Proyección del sistema qsc a 4khz vista superior	95

Ilustración 54. Proyección del sistema qsc a 4khz vista lateral	95
Ilustración 55. Proyección del sistema qsc a 1khz vista superior	96
Ilustración 56. Proyección del sistema qsc a 1khz vista lateral	96
Ilustración 57. Proyección del sistema qsc a 500hz vista superior	97
Ilustración 58. Proyección del sistema qsc a 500hz vista lateral	97
Ilustración 59. Respuesta de frecuencia comparativa en 5 puntos de la sala	98
Ilustración 60. Proyección del sistema yamaha a 4khz vista superior	98
Ilustración 61. Proyección del sistema yamaha a 1khz vista lateral	99
Ilustración 62. Proyección del sistema yamaha a 1khz vista superior	99
Ilustración 63. Proyección del sistema yamaha a 1khz vista lateral	99
Ilustración 64. Proyección del sistema yamaha a 500hz vista superior	100
Ilustración 65. Proyección del sistema yamaha a 500hz vista lateral	100
Ilustración 66. Respuesta de frecuencia comparativa en 5 puntos de la sala	101
Ilustración 67. Proyección del sistema db technologies a 4khz vista superior	101
Ilustración 68. Proyección del sistema db technologies a 4khz vista lateral	102
Ilustración 69. Proyección del sistema db technologies a 1khz vista superior	102
Ilustración 70. Proyección del sistema db technologies a 1khz vista lateral	102
Ilustración 71. Proyección del sistema db technologies a 500hz vista superior	103
Ilustración 72. Proyección del sistema db technologies a 500hz vista lateral	103
Ilustración 73. Respuesta de frecuencia comparativa en 5 puntos de la sala	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto para la toma de muestras	8
Tabla 2. Tabla de relación entre frecuencia, periodo y longitud de onda.....	16
Tabla 3. Valoración para la etapa de diagnóstico del equipamiento	47
Tabla 4. Listado del equipo actual de la congregación “abba padre”	57
Tabla 5. Descripción de los puntos según coordenadas y color	68
Tabla 6. Coeficientes de absorción según material de construcción	79
Tabla 7. Especificaciones sistema qsc	82
Tabla 8. Especificaciones sistema yamaha.....	84
Tabla 9. Especificaciones sistema db technologies	86
Tabla 10. Presupuesto referencial para la adquisición del equipamiento	105

RESUMEN

Todas las organizaciones indistintamente de su estructura, tamaño y finalidad atraviesan la difícil tarea de obtener el mejor rendimiento de los recursos que disponen, entre los cuales, los más relevantes son los financieros, los tecnológicos, los materiales y los humanos. Es así que los recursos tecnológicos que brindan una experiencia única deben estar enfocados a mejorar las condiciones de vida de los seres humanos.

El presente proyecto tiene como objetivo principal llevar a cabo un diseño electroacústico de refuerzo sonoro para el Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”, tomando en cuenta cada uno de los aspectos de diseño de refuerzo sonoro.

El trabajo se desarrolló bajo el esquema de dos etapas:

- a) Diagnóstico, el cual se divide en tres sub etapas: a.1) Equipamiento, que muestra un listado de todo el equipo actualmente instalado; a.2) Instalación, donde se realizó el relevamiento de la sala y las condiciones en que se encuentra instalado el equipo y a.3) Funcionamiento, en la cual se realizaron las mediciones del sistema actual.
- b) Diseño, que de la misma manera se ejecutó en tres sub etapas: b.1) Equipamiento, mediante la revisión de fichas técnicas se escogió los modelos más adecuados de acuerdo a la modelación del recinto y especificaciones técnicas de acuerdo al estudio teórico y experiencia obtenida; b.2) Instalación, mediante la cual se propone el tipo de instalación más recomendada incluyendo la configuración y presentación de un informe final del proyecto y b.3) Funcionamiento, mediante proyecciones virtuales del recinto con los sistemas escogidos, variando entre distintas opciones de configuraciones y posición, hasta llegar al objetivo específico que fue la obtención de una cobertura homogénea entre respuesta de frecuencia y nivel de presión sonora.

ABSTRACT

All organizations, regardless of their structure, size and purpose, go through the difficult task of obtaining the best performance from their available resources, among which the most relevant are financial, technological, material and human. Thus, the technological resources that provide a unique experience must be focused on improving the living conditions of human beings.

The main objective of this project is to carry out an electro-acoustic design of sound reinforcement at the Ministry of Family Restoration "Abba Padre", taking into account each of the aspects of sound reinforcement design.

The work was developed under the two-stage scheme:

a) Diagnosis, which is divided into three sub stages: a.1) Equipment, shows a list of all the equipment currently installed; a.2) Installation, where the survey of the room and the conditions in which the equipment is installed was carried out and a.3) Operation, in which the measurements of the current system were made.

b) Design, which in the same way was carried out in three sub-stages: b.1) Equipment, by reviewing technical sheets, the most appropriate models were chosen according to the modeling of the enclosure and technical specifications according to the theoretical study experience gained; b.2) Installation, through which the most recommended type of installation is proposed, including the configuration and presentation of a final project report and b.3) Operation, through virtual projections of the site with the chosen systems, varying between different options of configurations and position, to get the specific objective that was to obtain a homogeneous coverage between frequency response and sound pressure level.

INTRODUCCIÓN

Varios espacios que se utilizan para reuniones de congregaciones cristianas casi o nunca son edificados para este fin, y gracias a la buena fe de un feligrés utilizan, una casa, una sala u otro espacio donde puedan albergar a su concurrencia; por otro lado. también se puede observar que se requiere un sistema de sonido que sea capaz de reproducir no solo la voz del Pastor (persona que está a cargo del ministerio), sino también el grupo musical en vivo que está conformado por jóvenes que pertenecen a la misma congregación, dentro los cuales se incluye una batería acústica, un grupo de percusión acústica mayor y menor, dos guitarras eléctricas, una guitarra electroacústica, un bajo electrónico y un coro conformado por seis personas, las cuales utilizan la microfonía correspondiente.

Por lo tanto, se puede concluir que un espacio no adecuado requiere un tipo de tratamiento especial de refuerzo sonoro, de este modo lograr que las personas que participan en las actividades de la congregación puedan comprender mejor el mensaje del Pastor y la letra de las canciones, mismas que juegan un papel muy importante dentro del culto evangélico.

Adicionalmente tener una mala sensación sonora o una presión muy alta en refuerzo sonoro podrían causar fatiga y molestia entre los asistentes¹, quienes pasado un periodo de tiempo podrían decidir retirarse de la congregación por estos motivos.

Para conocer la importancia de este tipo de proyectos, se puede nombrar el trabajo de Cando y Utreras, donde se realizó un diseño para el Instituto Geográfico Militar de la ciudad de Quito-Ecuador (2007)², o a Rolan Reyes quien realizó una “Guía metodológica para el

¹ Miyara, F. (1999), Acústica y sistemas de sonido. ed. UNR Editora. Argentina

² Cando, C., Utreras, E. (2007). Tesis de Lic. en ingeniería en electrónica y telecomunicaciones. Escuela Politécnica Nacional. Estudio, planificación y diseño de sonorización del instituto geográfico militar. Ecuador.

diseño y optimización de un sistema de sonido en vivo” (2019)³, que menciona en su trabajo que sin importar el tamaño del recinto siempre se debe realizar un diseño sonoro para cualquier tipo de estos lugares donde se tiene sonido en vivo.

También se puede mencionar a Diego Sánchez de León, quien realizó un diseño para un salón de fiestas en su trabajo “Diseño del sistema de audio para una sala de fiestas típica” (2017)⁴, salón en el que se presentan distintos tipos de eventos mismo que se debe adecuar a cada uno de estos.

Estos estudios y diseños sobre sistemas de refuerzo sonoro en distintos ámbitos y países denotan la importancia de realizar este tipo de proyectos.

³ Reyes, R. (2019). Tesis de Lic. de ingeniería en sonido y acústica. Universidad de las Américas. Guía metodológica para el diseño y optimización de un sistema de sonido en vivo. Ecuador.

⁴ Sánchez de León, D. (2017). Proyecto de grado en Ingeniería de sonido e imagen. Escuela Técnica Superior de ingeniería y sistemas de telecomunicación. Diseño del sistema de audio de una sala de fiestas típicas. España.

CAPÍTULO

I

1. CONSIDERACIONES GENERALES

Desde 1925, año en que Chester Rice y Edward Kellog patentaron el “altavoz dinámico”, se buscó un elemento en la cadena electroacústica que sea capaz de reproducir la mayor cantidad de frecuencias posibles y que a su vez sea capaz de hacerlo con una diferencia mínima en su amplitud. De manera arbitraria se puede definir que la relación de nivel con respecto a la respuesta de frecuencia tenga una variación ideal de $\pm 3\text{dB}$, óptima $\pm 6\text{dB}$ y aceptable $\pm 10\text{dB}$.

Como ejemplo de la necesidad del uso de un altavoz dinámico se puede nombrar la referencia que hace Jonathan Gould sobre el concierto de los Beatles de 1964 en Washington DC, donde menciona que la multitud asistente era tan ruidosa que apenas se lograba escuchar el sistema de sonido⁵. Esta, entre muchas razones más, hicieron que el altavoz aparte de poder realizar la tarea de mantener una buena respuesta de frecuencia, también pueda generar un nivel de presión sonora muy alto antes de llegar a distorsionar. Se entiende por distorsión a la alteración de una señal que atraviesa un sistema cambiando involuntariamente su amplitud, fase o frecuencia.

Otro aspecto importante y beneficioso de un buen altavoz es mejorar la inteligibilidad de la palabra, para ayudar en la comprensión del mensaje que recibe la audiencia.

Por tanto un diseño de refuerzo sonoro, es definido como: *“la reproducción del sonido en una determinada área de audiencia mediante medios artificiales, que tienen como finalidad realizar una amplificación del sonido para obtener un nivel de presión sonora homogéneo (se consideran aceptables las diferencias de $\pm 6\text{dB}$) en todos los puntos del*

⁵ Gould, J. (2008). Can't buy me love, Britain and America. ed. Three Rivers Press. Estados Unidos.

recinto a sonorizar, además de asegurarle la inteligibilidad del mensaje a cada uno de los escuchas⁶”.

1.1. Justificación

1.1.1. Justificación social. Una de los cometidos de todo profesional es coadyuvar al desarrollo cotidiano de su congénere y partiendo de este punto, el conocimiento adquirido siempre ayudará directa o indirectamente a otro individuo mediante la realización de proyectos, mejorando su bienestar y desarrollo.

En este caso, el proyecto acercará a los miembros del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre” a que sean partícipes de la palabra del Señor. Asimismo se busca lograr con este proyecto mayor interacción y comunicación entre el Pastor, el grupo musical y la congregación.⁷

1.1.2. Justificación técnica. El refuerzo sonoro consiste en tomar una señal y amplificarla sin modificarla en su contenido, en términos más sencillos es lograr que un moderador llegue a una cantidad mayor de personas con un menor esfuerzo.

Del mismo modo se puede mencionar que la inteligibilidad de la palabra es uno de los puntos más críticos en el desarrollo dentro de los proyectos de refuerzo sonoro, puesto que tener una combinación de oradores y grupo en vivo requiere un tratamiento especial para lograr un tipo de amplificación coherente con estos requisitos, por tanto es imprescindible realizar el diseño previo a cualquier implementación, para que todos se sientan cómodos al momento de participar en las reuniones de la congregación.

⁶ Soundgirls, (2020). Consideraciones para realizar un diseño de refuerzo sonoro.
<https://soundgirls.org/consideraciones-para-realizar-un-diseno-de-refuerzo-sonoro/>

⁷ Abundis, F. (2013). El papel de las profesiones dentro de la dinámica de la vida social. México.

Tomando en cuenta estas consideraciones se realizó el diseño correspondiente previo a la adquisición y/o instalación del sistema de refuerzo sonoro, inicialmente mediante cálculos matemáticos, los cuales brindaran una apreciación objetiva de lo requerido, culminando con programas de predicción acústica para poder corroborar los datos obtenidos o visibilizar posibles errores subsanables antes de la implementación de un sistema de refuerzo sonoro.

1.1.3. Justificación académica. El universitario en el paso a ser profesional no solo debe demostrar conocimiento si no también aportar con su conocimiento a nuevas generaciones interesadas en la carrera de ingeniería de sonido, del mismo modo el presente trabajo permitirá a futuros profesionales tener proyectos de referencia para realizar otro tipo de estudios ya sean a nivel de pre grado o tomarlos en cuenta en post grado.

Simultáneamente el estudiante demuestra el conocimiento adquirido a lo largo de la carrera universitaria, en distintas ramas de la ingeniería de sonido, optando al título profesional.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Descripción del problema. En una visita previa al Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”, se pudo evidenciar que existen personas con molestias en la audición al momento de participar en las reuniones a causa del sistema actualmente instalado. Por ejemplo, cuando el Pastor indica que se levanten o tomen asiento, las personas que están en las primeras filas y escuchan claramente estas órdenes son las que actúan primero y las que están situadas en las últimas filas solo reaccionan al accionar de las primeras personas.

Por otra parte, a diferencia de las iglesias católicas, en las congregaciones cristianas el grupo musical en vivo tiene una gran relevancia dentro de la liturgia ya que es muy importante entender el texto de las alabanzas (cantos de carácter bíblico en los que se adora a Dios). Cuando el grupo en vivo actúa la incomodidad la sienten las personas de las primeras filas y esto se debe a que están a menor distancia de los altavoces, por ende, perciben con mayor nivel la sonorización del grupo y esto lastima sus oídos, en cambio los asistentes de las últimas filas están relativamente más cómodos porque el sonido no lastima sus oídos, sin embargo, tienen dificultad con la comprensión del mensaje musical al igual que las personas de las primeras filas.

1.2.2. Identificación de la causa. El desconocimiento sobre la existencia de ingenieros de sonido los cuales son especialistas en refuerzo sonoro y otras ramas, da lugar a la edificación e instalaciones deficientes o inapropiadas de espacios donde se llevan a cabo eventos de tipo religioso, causando incomodidad auditiva al realizar eventos en estos recintos.

Otro aspecto a tomar en cuenta es la adquisición de equipamiento el cual tiene una relación proporcional costo/calidad, esto a causa de la falta de asesoramiento técnico lo que

provoca que las congregaciones adquieran equipos de refuerzo sonoro que no son recomendables para su espacio y por tanto perjudiquen el desenvolvimiento de sus reuniones.

Basado en observaciones propias las congregaciones en general no cuentan con un diseño previo sobre la ubicación y el funcionamiento correcto del sistema de refuerzo sonoro y en su mayoría adquieren sistemas de sonido de bajo presupuesto, basándose en la recomendación del vendedor que no está capacitado, lo que provoca que el cliente (en este caso específico la congregación) posicione el sistema de forma estrictamente estética y no funcional.

1.2.3. Formulación del problema. ¿Cómo obtener una cobertura de respuesta de frecuencia y nivel de presión sonora homogénea en el Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general. Diseñar un sistema de refuerzo sonoro para obtener una cobertura de respuesta de frecuencia y nivel de presión sonora homogénea en el salón del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”, de la Ciudad de La Paz-Bolivia, mediante la proyección gráfica del sonido en el programa de predicción acústica Ease Focus para mejorar la interacción entre el Pastor, el grupo musical y la comunidad cristiana asistente al recinto.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el equipamiento actual y realizar el diagrama de flujo de señal del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”.
- Realizar el relevamiento del espacio de la sala de reuniones de la congregación “Abba Padre”.
- Medir el funcionamiento del sistema actualmente instalado en la congregación mediante el programa Smaart live.
- Calcular matemáticamente la cantidad necesaria del sistema de refuerzo sonoro para la sala de la congregación.
- Realizar la proyección gráfica de tres posibles sistemas de refuerzo sonoro, el nuevo diagrama de flujo de señal y la configuración recomendada.
- Realizar un glosario con las tres propuestas económicas de los sistemas propuestos para la congregación “Abba Padre”.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación espacial. El proyecto se desarrolló en la ciudad de La Paz, en la zona de Miraflores en inmediaciones de la plaza Villarroel sobre el carril de subida N°31 en instalaciones del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”.

1.4.2. Delimitación temporal. El diseño del sistema de refuerzo sonoro para el Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre” tuvo una duración de 5 meses dando inicio en el mes de junio realizando visitas regulares y concluyendo con la elaboración en octubre, lapso de tiempo equivalente a la gestión académica II-2020.

1.4.3. Delimitación de recursos financieros. El presupuesto utilizado para la toma de mediciones conllevó la compra de algunos equipos especiales y tuvo un costo de 9150 bolivianos detallados en la tabla 1.

*Tabla 1. Presupuesto para la toma de muestras
Fuente: Elaboración propia*

CAN	DESCRIPCIÓN EQUIPO/SERVICIO	MARCA/MODELO	UNIT Bs.	TOT Bs.
1	Computadora portátil i5, 4gb de memoria RAM 500gb de almacenamiento	Macbook Pro 2012	3500	3500
1	Telemetro láser	Bosch GLM100C	2100	2100
1	Sonómetro de clase 2 ponderación A	Genérico	750	750
1	Interface de audio	Focusrite 2i2	800	800
1	Micrófono de medición	dbx RTA-M	800	800
	Cableado en general	Genérico	500	500
	Viáticos al lugar del proyecto		200	200
1	Personal de apoyo		500	500
Costo Total Aproximado				Bs. 9150

CAPÍTULO

II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Marco Referencial

El diseño se define como la planeación de actividades o procesos a seguir para ejecutar un proyecto, obra o implementación. El trabajo de Cando y Utreras sobre el Diseño de megafonía para el Instituto Geográfico Militar de Quito muestra claramente que el diseño de un sistema de refuerzo sonoro es tan complejo y dependiente de varios factores controlables como no controlables, por lo tanto, si bien se puede aplicar un mismo método para un diseño no se puede repetir el mismo en dos espacios diferentes.

El trabajo de “Predicción de las condiciones acústicas del proyecto de remodelación del salón de asambleas El Trébol y recomendaciones para su mejoramiento”⁸, en Chile presentado por Juan Schmidt, realiza la propuesta de remodelación del espacio y un nuevo sistema de refuerzo sonoro a causa de la remodelación.

De la misma manera Rafael López, en su proyecto “Caracterización y optimización de un sistema de sonido profesional”⁹ menciona la importancia de conocer las principales características de funcionamiento de los sistemas individualmente y en conjunto.

Todas estas menciones comparten factores en común como, tener bases sólidas sobre sonido, el funcionamiento del sistema individual y conjuntamente, el análisis de los mismos sistemas mediante herramientas computacionales específicas y la aplicación de métodos que si bien no son recetas exactas para el diseño son puntos establecidos por sus autores a través de los años y experiencia.

⁸ Schmidt, J. (2015). Tesis en Ing. civil acústico. Universidad Austral de Chile. Predicción de las condiciones acústicas del proyecto de remodelación del salón de asambleas "El Trébol" y recomendaciones para su mejoramiento. Chile.

⁹ López, R. (2013). Tesis en Ing. de audio y sistemas. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica. Caracterización y optimización de un sistema de sonido profesional. España.

2.2. Marco Conceptual

Para realizar un diseño de refuerzo sonoro, es imprescindible conocer o repasar las bases fundamentales del sonido. Todo esto con el único fin de llegar a un diseño, correcto, realizable y funcional.

2.2.1. El sonido. Se define como una perturbación en la presión atmosférica causada por una fuente. Esta fuente genera energía que perturba las moléculas del medio a su alrededor las cuales oscilan en su posición de equilibrio como se muestra en la ilustración 1, transportando energía no materia es decir que no se desplazan; el medio a su vez debe tener características como elasticidad y masa por esta causa el sonido no puede producirse en el espacio.¹⁰



Ilustración 1. Propagación del sonido en el aire
Fuente: Zapata, F. (2018). Propagación del sonido: velocidad, medios, experimentos

2.2.2. Propiedades del sonido

2.2.2.1. Velocidad del sonido. La velocidad del sonido variará dependiendo de factores como la temperatura ambiente y la humedad, se simboliza con la letra “c”

¹⁰ Carrión, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. ed. UPC. España.

minúscula, se puede obtener de la fórmula $c=331.4+0.607*T$, donde “T” será la temperatura ambiente.

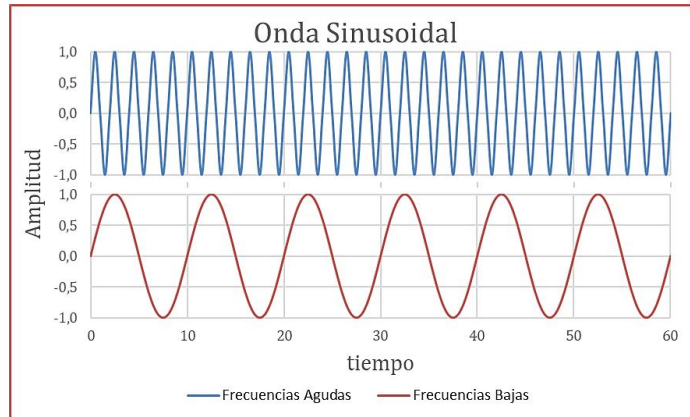
Habitualmente se usa $c=340\text{m/s}$ como el valor de velocidad de sonido a una temperatura constante de 20°C , sin embargo, para tener mayor precisión en los datos se debe realizar el cálculo de “c”, cuando la temperatura ambiente varié. Por ejemplo, en la ciudad de La Paz-Bolivia, la temperatura ambiente varía entre 0°C y 25°C , lo que indica que el sonido no viajara a la misma velocidad por lo tanto existirá una velocidad en la mañana cuando se hace una prueba de sonido, y otra en la noche cuando se lleva a cabo el concierto.

2.2.2.2. Frecuencia. Su unidad es el Hertz en honor a Heinrich Rudolf Hertz, su abreviatura según el sistema métrico internacional es Hz.

La frecuencia es el número de oscilaciones por segundo, mientras más seguidas sean las oscilaciones la frecuencia será mayor (frecuencias agudas), y mientras menos frecuentes sean estas oscilaciones las frecuencias serán menores (frecuencias bajas) como se muestra en la ilustración 2. El rango audible del ser humano en promedio esta entre 20Hz a 20000Hz, sin embargo, existen frecuencias más altas a 20000Hz y son denominadas Ultrasonido, por otra parte también existen las frecuencias por debajo de 20Hz las cuales son denominadas infrasonidos.¹¹

De una manera general se podría clasificar las frecuencias audibles en tres grupos. Las frecuencias bajas que están comprendidas entre 20Hz a 100Hz, las frecuencias medias que están en un rango de 100Hz a 1000Hz y las frecuencias altas o agudas que estarán entre 1000Hz a 20000hz. Para efectos prácticos se usará 1kHz que es la abreviación de 1000Hz.

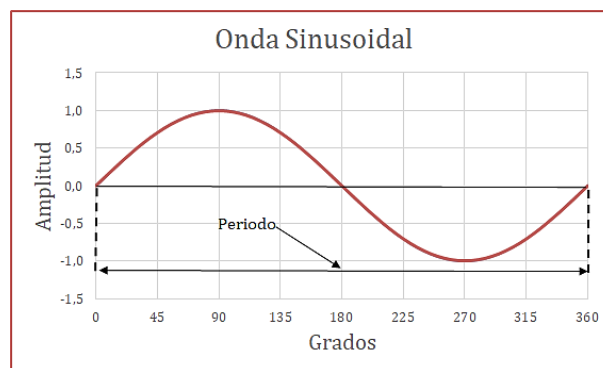
¹¹ Cando, C., Utreras, E. (2007). Tesis de Lic. en ingeniería en electrónica y telecomunicaciones. Escuela Politécnica Nacional. Estudio, planificación y diseño de sonorización del instituto geográfico militar. Ecuador.



*Ilustración 2. Comparación de frecuencias bajas y agudas
Fuente: Elaboración propia.*

2.2.2.3. Periodo. El periodo es el tiempo que transcurre para completar un ciclo una onda (ilustración 3). Su unidad es el segundo “s”, cuando se trabaja con frecuencias muy altas su valor será muy pequeño por lo tanto es conveniente manejarlo en la unidad de milisegundos, se puede calcular el periodo de cualquier frecuencia como la inversa de esta, es decir $1/f$, luego multiplicarla por mil para obtener el valor en milisegundos.¹²

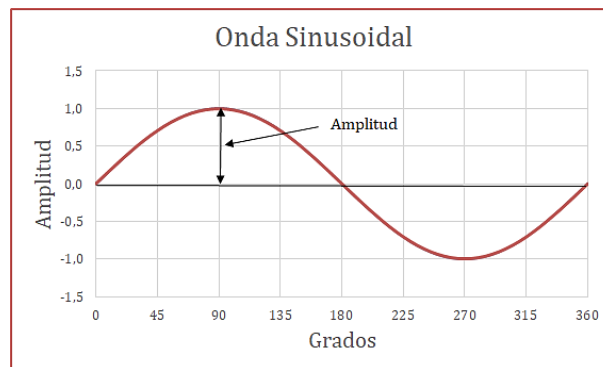
Por ejemplo, para hallar el periodo de la frecuencia de 2kHz, se debe dividir uno entre dos mil, de este modo obtenemos 0,0005 segundos, y multiplicando por mil se obtendrá 0,5 milisegundos o lo que es lo mismo 0,5ms.



*Ilustración 3. Amplitud vs Grados de una onda sinusoidal donde se identifica el periodo
Fuente: Elaboración propia.*

¹² García, M., Martínez, E. (2016). Tesis de Lic. en ingeniería de comunicaciones y electrónica. Instituto Politécnico Nacional. Aislamiento, acondicionamiento, y refuerzo sonoro del auditorio Telmex Universidad. México.

2.2.2.4. Amplitud. La amplitud es el punto máximo que alcanza una onda sinusoidal, es decir que sucede cuando mayor energía tiene dicha onda. No hay que confundir amplitud con nivel aun que están relacionadas ya que al aumentar la amplitud de una señal incrementará su nivel de energía.¹³



*Ilustración 4. Amplitud vs Grados de una onda sinusoidal donde se identifica la amplitud
Fuente: Elaboración propia*

2.2.2.5. Longitud de onda. La longitud de onda es un parámetro muy importante en sonido, y tiene una estrecha relación con los aspectos fundamentales del sonido como frecuencia y velocidad del sonido.

Se define como el tamaño que ocupa en metros una onda sinusoidal dependiendo de la frecuencia entre dos puntos en el mismo instante de tiempo, es decir se puede medir entre dos puntos máximos, mínimos o de equilibrio.¹⁴ (Ilustración 5)

Se simboliza con la letra griega Lambda " λ " y se calcula mediante la división de la velocidad del sonido " c " entre la frecuencia " f ", por ejemplo, si se requiere la longitud de onda para 100Hz y se considera una temperatura de 20°C se obtendrá una velocidad del sonido de 340m/s, y por lo tanto un resultado de 3,4m.

¹³Casadevall, D. (s.f.). Introducción a la acústica.

<https://www.acusticaweb.com/articulos/articulos/acca/introducci-la-acca.html>.

¹⁴ Carrión, A. (1998). Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. ed. UPC. España.

Del mismo modo se puede observar que, la relación entre la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales, es decir que mientras mayor sea la frecuencia menor será el tamaño de la longitud de onda.

Este parámetro es muy útil e importante para realizar arreglos de sub bajos como se verá en el punto 2.2.7.3. Sistemas de bajos.

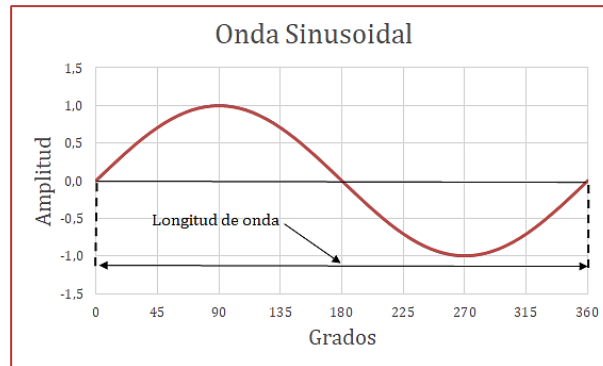


Ilustración 5. Amplitud vs Grados de una onda sinusoidal donde se identifica la Longitud de onda.
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 2 se presenta en la parte horizontal una relación por tercios de octava de: frecuencia, periodo y longitud de onda y en la parte vertical su relación por octava de los mencionados parámetros.

Mencionada tabla está realizada para que sea fácil recordar las 31 bandas solamente memorizando las tres primeras frecuencias denominadas como “F1” a la de 20Hz, acompañados de su respectivo periodo denominado “P1” y su longitud de onda “ λ_1 ”; la segunda como “F2” a la frecuencia de 25Hz que del mismo modo está acompañada de su periodo como “P2” y respectiva longitud de onda “ λ_2 ” y finalmente la frecuencia “F3” para 31,5Hz, que de la misma manera la acompaña su periodo “P3” y su longitud de onda “ λ_3 ” posteriormente cuando que se lea en vertical simplemente se debe duplicar la frecuencia anterior de este modo se podrá recordar el resto de las 30 bandas. que se encuentran generalmente en los equipos de audio.

Tabla 2. Tabla de relación entre Frecuencia, Periodo y Longitud de onda
Fuente: Elaboración propia

Frecuencias por tercio de octava									
Frecuencias por octava	F1	P1	$\lambda 1$	F2	P2	$\lambda 2$	F3	P3	$\lambda 3$
	20	50,00 ms	17,177 m	25	40,00 ms	13,742 m	31,5	31,75 ms	10,906 m
	40	25,00 ms	8,589 m	50	20,00 ms	6,871 m	63	15,87 ms	5,453 m
	80	12,50 ms	4,294 m	100	10,00 ms	3,435 m	125	8,00 ms	2,748 m
	160	6,25 ms	2,147 m	200	5,00 ms	1,718 m	250	4,00 ms	1,374 m
	315	3,17 ms	1,091 m	400	2,50 ms	0,859 m	500	2,00 ms	0,687 m
	630	1,59 ms	0,545 m	800	1,25 ms	0,429 m	1000	1,00 ms	0,344 m
	1250	0,80 ms	0,275 m	1600	0,63 ms	0,215 m	2000	0,50 ms	0,172 m
	2500	0,40 ms	0,137 m	3150	0,31 ms	0,107 m	4000	0,25 ms	0,086 m
	5000	0,20 ms	0,069 m	6300	0,16 ms	0,055 m	8000	0,13 ms	0,043 m
	10000	0,10 ms	0,034 m	12500	0,08 ms	0,027 m	16000	0,06 ms	0,021 m
	20000	0,05 ms	0,017 m						

2.2.2.6. Fase. La fase se define como el tiempo que transcurre entre dos ondas en llegar al mismo punto, es decir que si dos ondas de 1Hz con un valor inicial de 1, tienen una diferencia de 0° , tendrán una diferencia de 0s por lo tanto no tendrán diferencia y la onda resultante será una suma perfecta, es decir del doble de la amplitud inicial, en total la onda resultante tendrá un valor de 2, como se muestra en la ilustración 6.¹⁵

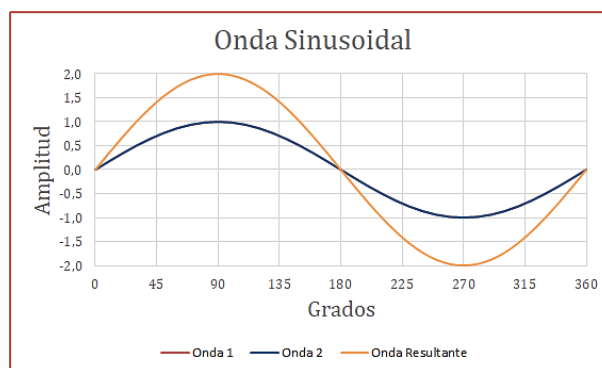


Ilustración 6. Amplitud vs Grados, Suma de dos ondas con diferencia de 0°
Fuente: Elaboración Propia

¹⁵ Cando, C., Utreras, E. (2007). Tesis de Lic. en ingeniería en electrónica y telecomunicaciones. Escuela Politécnica Nacional. Estudio, planificación y diseño de sonorización del instituto geográfico militar. Ecuador.

Por el contrario, si las ondas de 1Hz tienen una diferencia de 90° tendrán una diferencia de 25ms y la suma será de la mitad, entonces, si se tiene dos ondas con un valor inicial de 1 y una diferencia de 90° entre ambas ondas, la onda resultante de la suma será de 1,5 como muestra la ilustración 7.

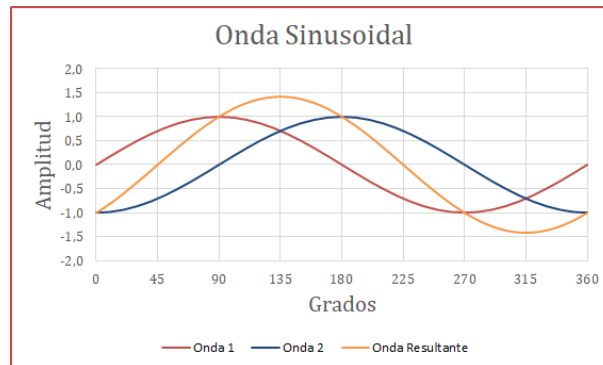


Ilustración 7. Amplitud vs Grados, Suma de dos ondas con una diferencia de 90° .
Fuente: Elaboración Propia

Es importante aclarar que, si bien los grados afectan directamente a la frecuencia, el tiempo afectará de distinta manera de acuerdo a la frecuencia ya que no es lo mismo retrasar 1ms para una onda senoidal de 1kHz, la cual se retrasará un ciclo completo, que el mismo 1ms para 500Hz la cual tendrá un retraso de medio ciclo, en tal caso lo que obtendremos en 1kHz será una cancelación por que se estará retrasando 180° (ilustración 8), y para la frecuencia de 500Hz una suma de 90° .

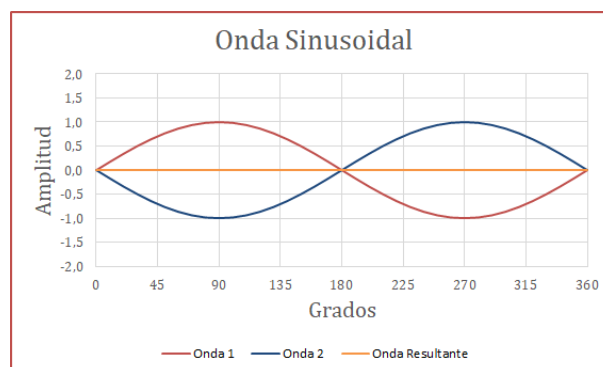


Ilustración 8. Amplitud vs Grados, Suma de dos ondas con una diferencia de 180° .
Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 9, se encuentra la denominada Rueda de Fase la cual complementa las sumas y restas según la variación de grados, y su respectiva suma en decibeles de dos señales.

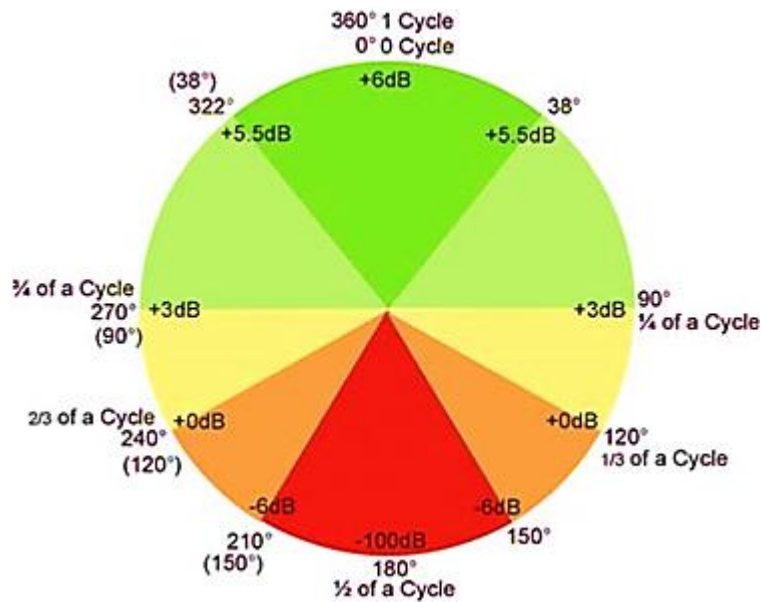


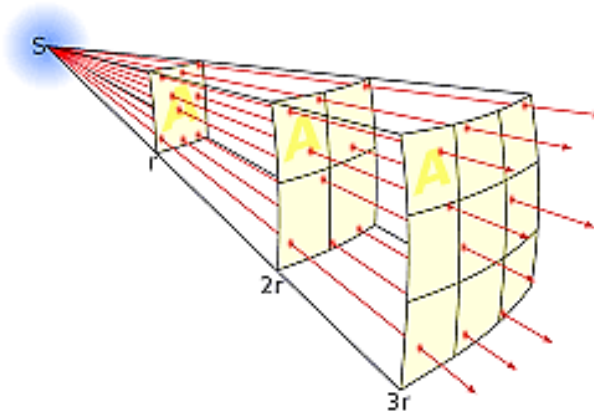
Ilustración 9. Rueda de fase según variación de grados y su respectiva suma en dB.
Fuente: Krieg, M. (2017). La fase y el filtro peine.

2.2.2.7. Atenuación del sonido. Al ser el sonido una onda mecánica que se transporta por un medio, se regirá por las leyes de la física, entre ellas la ley de la conservación de energía. Entre estas leyes se encuentra la ley del inverso del cuadrado, la cual indica que al doblar la distancia inicial se decrementará la energía a la mitad, esta ley esta descrita en la Ecuación 1 y en la ilustración 10.¹⁶

Ecuación 1

$$20 * \log\left(\frac{2 * R_1}{R_1}\right) = 6dB$$

¹⁶ Casadevall, D. (s.f.). Introducción a la acústica.
<https://www.acusticaweb.com/articulos/articulos/acca/introducci-la-acca.html>.



*Ilustración 10. Ley del inverso cuadrado.
Fuente: Casadevall, D. (s.f.). Introducción a la acústica.*

2.2.2.8. Decibeles. El decibel por excelencia es la unidad de medida del sonido, su nombre se debe a Alexander Graham Bell, su unidad en principio es el Bel de símbolo B, pero por las magnitudes tan voluminosas que maneja, posteriormente se definió que se usara la décima parte del Bel, es entonces que la unidad de medida en sonido se transformó en decibel siendo su unidad el dB, esto se debe a que el decibel es básicamente una comparación entre dos magnitudes, pudiendo estas ser magnitudes voluminosas representadas de manera logarítmica en un número mucho más corto y manejable.

Se debe entender que, esto es muy útil ya que el sonido al ser una onda que presenta su amplitud como una presión en la atmosfera, para que el ser humano perciba esta señal se debe producir una perturbación de $2 \cdot 10^{-5}$ Pa o lo que es lo mismo 0,00002 Pa, entendiendo que este dato es el umbral de audición del ser humano, como tal este rango es demasiado extenso ya que el otro extremo será el umbral del dolor que está en los 100 Pa, considerando que esta escala es lineal.¹⁷

¹⁷ Carrión, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. España. Edicions UPC.

Hasta el momento se ha trabajado de este modo, haciendo cálculos linealmente, pasando ahora al campo logarítmico, el cual no es más que la compresión de números muy grandes y tomando en cuenta la escala lineal anterior, se podrá mencionar el mismo ejemplo de suma de dos señales con una diferencia de 0° y de valor 1 y su resultante que será 2, pasando este dato a logarítmico obtendremos la equivalencia en decibeles dado por la fórmula 2: la cual multiplica veinte por el logaritmo base diez por la división de la unidad a comparar sobre la unidad de referencia.

Ecuación 2

$$\text{dB} = 20 * \log\left(\frac{U_1}{U_R}\right)$$

Despejando la ecuación anterior se obtendrá:

$$6\text{dB} = 20 * \log_{10}\left(\frac{2}{1}\right)$$

Entonces desde ahora siempre que se hable de duplicar la energía ya no se mencionara que 1+1=2 si no que 1+1=6dB siempre y cuando se duplique la energía o la magnitud en el mismo instante de tiempo con diferencia de 0°.

2.2.3. Ruido. El ruido tiene varias acepciones y de manera amplia se puede interpretar como algo que no es agradable al oído, de una manera más científica es la suma de ondas de distintas frecuencias y distintas amplitudes ya que se irán mezclando las frecuencias fundamentales y sus armónicos, desde este punto se puede interpretar varias formas de ruido.¹⁸

¹⁸ Cando, C., Utreras, E. (2007). Tesis de Lic. en ingeniería en electrónica y telecomunicaciones. Escuela Politécnica Nacional. Estudio, Planificación y Diseño de sonorización del instituto geográfico militar. Ecuador.

2.2.3.1. Ruido según intensidad. Este tipo de ruido se basa en fluctuaciones en el nivel de su espectro pudiendo ser periódicas o no.

2.2.3.1.1. Ruido Continuo. El ruido continuo es un ruido que no tiene fluctuaciones mayores a 5db en el tiempo, es decir que tienen una continuidad en su reproducción siendo su variación en la reproducción continua.

2.2.3.1.2. El ruido impulsivo. El ruido impulsivo es aquel que tiene una duración en el tiempo muy corta, y que su nivel variara de igual manera en un tiempo muy corto.

2.2.3.2. Ruido según frecuencia. Existen tres tipos de ruido según su contenido espectral, es decir que según su variación en la amplitud de sus frecuencias se determinaran en dichos tres tipos. También se puede mencionar que en general estos ruidos son artificiales y son generados por un programa de computadora o un simple generador de señales. Estas señales de prueba se usan generalmente en mediciones acústicas, aunque en los últimos años se han generalizado en el análisis y calibración de sistemas de refuerzo sonoro.

2.2.3.2.1. Ruido Marrón. Este tipo de ruido es de los menos conocidos y no es muy común en análisis sin embargo es uno de los ruidos que se generan con más facilidad en la naturaleza. Se caracteriza por su contenido de frecuencias medias y graves. En general tiene una variación de -6dB cada que se duplica la frecuencia.

2.2.3.2.2. Ruido Blanco. El ruido blanco, denominado así por su similitud con la luz, es un ruido con un contenido espectral plano, es decir que sus fluctuaciones no son mayores a 3db y conservan un equilibrio entre todas las frecuencias,

2.2.3.2.3. Ruido Rosa. El ruido rosa de igual manera se lo referencia por su similitud con la luz, y es el más utilizado en refuerzo sonoro, se caracteriza por tener un nivel general estable y fluctuaciones de amplitud menores a 3db y tienen una diferencia de -3db con

relación a las frecuencias graves cada que decae duplicando la frecuencia hacia las frecuencias agudas.

2.2.4. Fundamentos Electroacústicos

2.2.4.1. Altavoces. Existen muchos tipos de altavoces, desde 1877 año en que se crearon los primeros altavoces pequeños para el recién llegado teléfono, los altavoces se fueron desarrollando a través de los años y fueron siendo diseñados de distintos tipos de materiales y formas, entre los más conocidos se pueden encontrar a los altavoces electrostáticos, altavoz piezoeléctrico y el más destacado y utilizado en la actualidad el altavoz dinámico o también conocido como altavoces de bobina móvil.

Todos los altavoces fueron diseñados con la misma intención de poder generar la mayor cantidad de frecuencias posibles, con el mayor nivel sonoro posible sin que lleguen a distorsionar, a continuación, se describen con sus principales diferencias.¹⁹

2.2.4.1.1. Altavoz piezoeléctrico. La construcción del altavoz piezoeléctrico está basada en la función que tienen algunos cristales de deformarse al entrar en contacto con energía eléctrica, dichas deformaciones se traducen en vibraciones las cuales son muy pequeñas y son las que generan la sonorización, la masa del diafragma es muy ligera lo que lo hace muy delicado e incapaz de reproducir un rango amplio de frecuencias.

2.2.4.1.2. Altavoz electrostático. El altavoz electrostático también conocido como altavoz de cinta, es uno de los mejores altavoces en cuanto a calidad se refiere ya que es capaz de generar con gran fidelidad frecuencias medias y agudas, debido a su construcción que consta de dos placas polarizadas, por un lado una placa polarizada con iones positivos y por la otra una placa polarizada con iones negativos, los cuales al entrar en contacto con la

¹⁹ Pérez, J., Delgado, M. (s.f.). Altavoces. España.

energía eléctrica producen una impresión del diafragma de poliéster el cual genera mayor o menor energía eléctrica, este tipo de construcción hace que el altavoz tenga un peso bastante ligero, sin embargo este altavoz no tiene la capacidad de soportar grandes potencias.

2.2.4.1.3. Altavoz dinámico. El altavoz Dinámico o también llamado altavoz de bobina móvil está construido por un imán que tiene gran atracción magnética, en su interior se encuentra una bobina que generalmente está construida por un filamento de cobre el cual al entrar en contacto con la energía eléctrica produce un movimiento positivo o uno negativo dando así paso a la generación de energía acústica, este altavoz tiene la característica de manejar grandes potencias eléctricas sin embargo no es capaz de reproducir un gran rango del espectro audible.

Independientemente del tipo de altavoz, todos comparten características que generalmente las proporciona el fabricante mediante una hoja de datos técnicos, datos que son medidos en laboratorios específicos y con ciertas normas de calidad, y por tal motivo su conocimiento es de vital importancia.

2.2.4.1.4. Sensibilidad. La sensibilidad es la capacidad del transductor de convertir energía eléctrica en energía acústica, generalmente se la expresa en decibelios y es la relación de la medición de 1W a 1m de distancia sobre su eje, dicho de paso mientras mayor sea la sensibilidad del altavoz mayor será su potencia o eficiencia.

2.2.4.1.5. Respuesta de frecuencia. La respuesta de frecuencia es otro parámetro muy importante del altavoz, ya que este brindará la información del rango de frecuencia en que funciona mejor, generalmente viene dada por una gráfica de amplitud contra frecuencia.

Si bien existe muchas maneras de obtener esta curva, del mismo modo es muy complicada, ya que cada fabricante verá la mejor manera de presentar su producto, pero por

lo general se mide con un micrófono en un recinto controlado (cámara anecoica) a 1 metro de distancia para lograr discriminar cualquier interacción con la sala para obtener una respuesta pura del altavoz, del mismo modo se presentan con variaciones en la amplitud de la gráfica entre $\pm 3\text{dB}$, siendo este parámetro muy exigente y solo lo brindan las empresas de altavoces de alta fidelidad, $\pm 6\text{dB}$ esta es la variación en la respuesta de frecuencia más aceptable y la gran mayoría de fabricantes brinda un dato referenciado a este nivel, y por último está $\pm 10\text{dB}$ la cual será la más débil y mínimo aceptable para que un altavoz se considere medianamente profesional.

2.2.4.1.6. Directividad. La directividad está más relacionada con la construcción de la caja que alberga al altavoz, la cual dependiendo de su construcción será capaz de ayudar a direccionar de mayor o menor forma la energía que radia el altavoz. En general, esta cobertura está dada en las especificaciones de los altavoces y viene dada en grados horizontalmente y verticalmente. Sus valores se expresan con la letra Q, y mientras más alto sea el valor de Q mayor directividad tendrá el altavoz.

2.2.4.1.7. Cobertura. La cobertura está estrechamente relacionada con la directividad, ya que será la capacidad de cubrir una zona con una o la combinación de varias fuentes, es decir si se asemeja a una lámpara reflectora, todo lo que esté dentro del campo iluminado tendrá cobertura y todo lo que esté fuera del campo iluminado no tendrá cobertura.

2.2.5. Nivel de presión sonora. Según Carrión “la presión sonora constituye la manera más habitual de expresar la magnitud de un campo sonoro. La unidad de medida es el Newton/metro² (N/m^2) o Pascal (Pa)”²⁰. Como se mencionó en el punto 2.2.2.8. debido a la cantidad de dígitos que manipula se considera manejar la escala logarítmica. Como se vio

²⁰ Carrión, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. ed. UPC. España.

el decibel relaciona dos potencias, sin embargo, es una confusión común intentar calcular con la misma fórmula una diferencia de voltaje, ya que según la ley de Ohm la potencia se relaciona como el voltaje elevado al cuadrado sobre la resistencia, dejando así la siguiente ecuación 3:

Ecuación 3

$$\text{dB} = 20 * \log\left(\frac{V_1}{V_R}\right)$$

Pepe Ferrer en su libro “Configuración y ajuste de sistemas de sonido”, indica *“En el mundo del audio vamos a tener que trabajar y operar con relaciones logarítmicas que tienen distintos valores de referencia, así que a continuación vamos a mostrar los más comunes”*²¹.

- dBW: son dB de potencia, con un valor de referencia de 1W
- dBm: son dB de potencia, con un valor de referencia de 1mW
- dBV: son dB de tensión, con un valor de referencia de 1V_{RMS}
- dBu: son dB de tensión, con un valor de referencia de 0,775V con una resistencia de 600Ω que disipa una potencia de 1mW
- dB_{FS}: son dB de tensión referidos al valor numérico que puede aceptar un equipamiento digital de audio
- dB_{SPL}: son dB de presión sonora referenciados sobre el umbral mínimo de audición humana.

2.2.6. Tipos de evento. Debido al tipo de espacio donde se realizan eventos podemos clasificarlos en dos:

²¹ Ferrer, P. (2014). Configuración y ajuste de sistemas de sonido. Ed. Altaria. España.

- a) Eventos en espacios abiertos: En los cuales, si bien no se tendrá interacción de una pared o un techo, se lidiará con el clima propio de cada espacio, estos factores serán el viento, humedad, temperatura, entre otros, los cuales afectarán la forma de transmisión del sonido.
- b) Eventos en espacios cerrados: Este tipo de espacios si bien discriminan las condiciones climáticas, lidian con un problema mayor, la acústica propia de cada sala, ya que casi ninguno de estos lugares está diseñados o acondicionados para realizar eventos, el principal enemigo será la reverberación de la sala, el cual muchas veces no puede ser corregido por diversos factores o por simple desconocimiento.

2.2.6.1. Zonas de cobertura. Las zonas de cobertura estarán definidas por el tipo de evento que se realizará en este caso si se tiene un campo muy grande o un escenario muy ancho seguramente se deberá usar subsistemas para reforzar a los sistemas principales y de acuerdo a estos refuerzos se podrá definir qué zonas se podrán cubrir con mayor sonoridad o con mayor inteligibilidad o un conjunto de ambos.

2.2.7. Sistemas y Subsistemas. Los sistemas pueden ser un único altavoz o un conjunto de varios altavoces divididos en grupos, de cualquier manera, la intención principal de estos sistemas es sonorizar un evento, es claro que mientras más grande sea el evento, mayor será el reto ya que conllevará realizar sub divisiones de espectros y ajustes para formar que varios sistemas funcionen en conjunto y satisfagan a los asistentes.

2.2.7.1. Sistemas Principales. Los sistemas principales PA (*Public Adress*) que hace un tiempo pasaron a ser denominados como FOH (*Front of House*), son encargados de cubrir la mayor parte del espacio a sonorizar, se manejan en configuración de izquierda y derecha o sus siglas en inglés LR, en muchos casos este sistema será el único ya que será suficiente

para los requerimientos del evento, se debe tener mucho cuidado al escoger, montar y operar estos sistemas ya que serán los que manejen la mayor carga frecuencial.

2.2.7.2. Subsistemas. Los subsistemas son aquellos que ayudan a cubrir los lugares que por directividad propia del sistema principal LR no se logran cubrir, es decir si se tiene un escenario con una boca de 20 metros montado en un estadio en la parte de una recta hacia las graderías y el sistema principal tuviera una directividad de 80° grados horizontales y 60° verticales y una separación de 20 metros que sería la misma de la boca del escenario, las personas que están situadas en medio posiblemente estén fuera de cobertura y esto dificultará su comprensión del evento.

Según Davis existen diferentes tipos de subsistemas los cuales serán explicados a continuación²².

2.2.7.2.1. Sistemas de refuerzo frontal (Frontfill). Estos sistemas generalmente son de gama pequeña, pero de la misma marca y serie del sistema principal, estarán ubicados a menor distancia y generalmente no estarán colgados, estos son encargados de reforzar la parte central de un escenario como se explicó antes en el ejemplo del estadio en una separación de 20 metros estos cubrirán la parte central entre 5 a 10 metros, se debe tener cuidado al momento de calibrar estos sistemas, ya que no deben sobrepasar los 10dB en relación al sistema principal del mismo modo se debe calcular precisamente el retardo para evitar confusión en la procedencia del sonido.

2.2.7.2.2. Sistemas de refuerzo externo (Outfill). Estos sistemas se encargan de cubrir la parte externa a la cual el sistema principal no puede llegar, pudiendo ser éstos de la misma marca y modelo que los del sistema principal, pero en menor cantidad, estos altavoces

²² Davis, D. (2013). Sound system engineering. ed. Focal Press. Estados Unidos.

estarán ubicados y serán requeridos cuando el evento tenga un espacio más ancho que largo. Recurriendo al mismo ejemplo del estadio donde el escenario está montado en la parte de una de las rectas hacia las graderías, en este caso se debe cubrir no solamente la parte de las graderías sino también la parte de las curvas norte y sur, de tal modo que los sistemas de refuerzo externo estarán dirigidos hacia estas zonas, del mismo modo se debe configurar el sistema en relación al sistema principal tanto en nivel como en retardo.

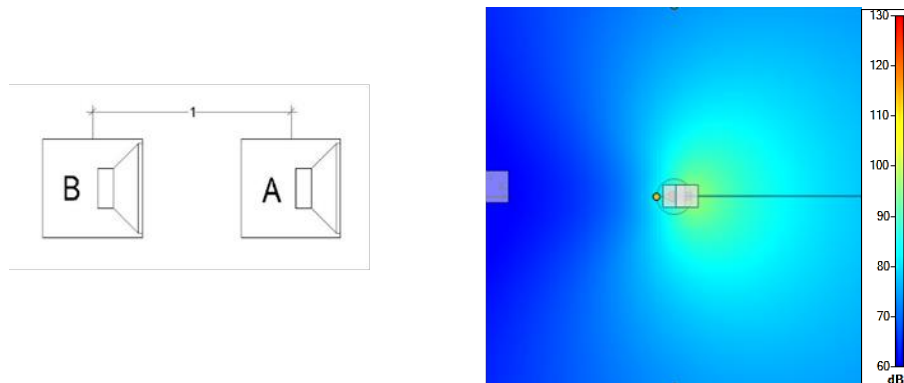
2.2.7.2.3. Sistemas de Retardo (Delay). Los sistemas de retardo de su traducción del inglés “*delay*” ayudarán en campos que son más largos que anchos en el mismo caso de un escenario montado en un estadio pero ahora el sistema principal está montado en el arco sur y se debe cubrir 100 metros de cancha, el sistema principal muy probablemente no será capaz de sonar con una inteligibilidad buena a más de 50 metros por lo tanto se debe reforzar a partir de esos 50 metros hasta los 100 metros, estos sistemas en general son de la misma marca, modelo y en la misma cantidad que los del sistema principal, de igual manera que los anteriores se debe calibrar en nivel y retardo correspondiente.

2.2.7.3. Sistemas de bajos. Los sistemas de bajos, sub-bajos, sub graves o definidos con otra categorización están encargados de reforzar la parte de graves que generalmente les falta a los sistemas principales LR, refuerzos frontales, refuerzos externos u otros, si bien pueden ir de igual manera en una configuración LR. con el paso de los años se popularizó realizar arreglos de sub-bajos, mediante los cuales se pretende ganar energía en la parte de la audiencia y restar en la parte de escenario, o bien minimizar las interacciones con la sala. En las siguientes descripciones se realizará una ejemplificación con dos altavoces denominados A y B, a una frecuencia de 85Hz y una velocidad del sonido de 340m/s, si bien

el ejemplo toma solo dos altavoces el modelo puede ser replicado en serie con varios arreglos montados en línea.

En este sentido como se mencionó en el apartado de propiedades de sonido, en este punto es donde tener una base sólida ayudara a entender y configurar de mejor manera los arreglos de sub-bajos, ya que tienen relación muy estrecha con la longitud de onda, periodo, y fase²³.

2.2.7.3.1. Arreglo de sub-bajos End Fired. Este tipo de arreglo requiere que el altavoz “A” este delante del altavoz “B” su separación será definida por $\lambda/4$ de la frecuencia escogida de 85Hz, de la cual su $\lambda/4$ será 1m, por lo tanto, su retardo entre altavoces será de 2,94ms el cual se le aplicará al altavoz “A”, se puede observar en la ilustración 11 su disposición y su funcionamiento en el que muestra claramente la cancelación en la parte trasera de los altavoces direccionando la mayor parte de la energía hacia adelante.

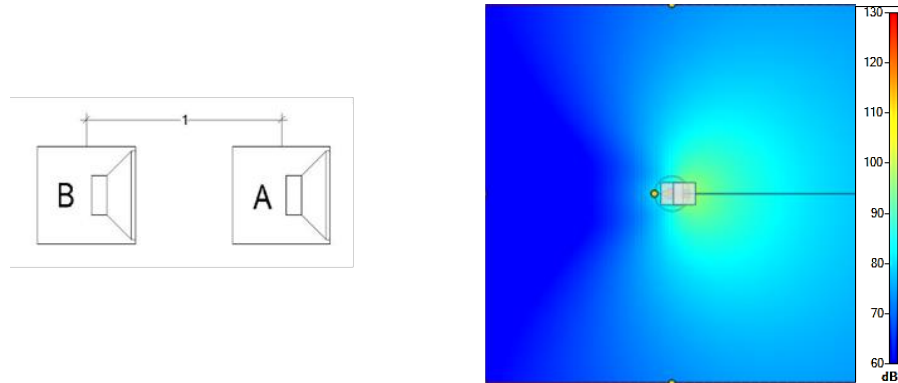


*Ilustración 11. Disposición y predicción acústica de un arreglo de sub-bajos End Fired.
Fuente: Elaboración propia.*

2.2.7.3.2. Arreglo de sub-bajos Gradiente. Del mismo modo que en el anterior caso se usará un altavoz delante del otro, con la diferencia que el proceso se aplicará sobre el altavoz “B” y además de añadir el retardo de 2.94ms también se le debe aplicar una inversión de polaridad, del mismo modo en la ilustración 12 se puede apreciar la cancelación en la

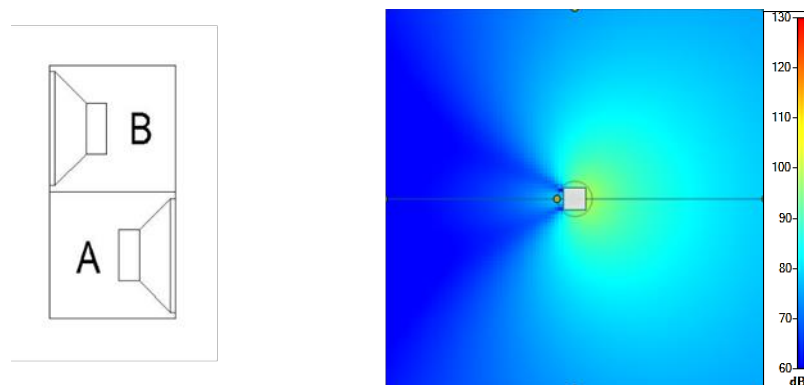
²³ García, M. (2015). Tesis de Lic. en ingeniería de sonido. Universidad San Buenaventura. Diseño y construcción de un sistema de arreglo subwoofers cardioide activo con control digital de señal con el propósito de mejorar problemas modales en salas de escucha pequeñas. Colombia.

parte trasera, con la diferencia que este arreglo modifica de mayor manera la respuesta de frecuencia del altavoz “A”.



*Ilustración 12. Disposición y predicción acústica de un arreglo de sub-bajos Gradiente.
Fuente: Elaboración propia.*

2.2.7.3.3. Arreglo de sub-bajos Agrupados Invertido (Stack). Este tipo de arreglo de sub-bajos se lo puede montar en locaciones con menor espacio, ya que utiliza un altavoz encima del otro, la principal diferencia es que primero se debe igualar los niveles de altavoz “A” con respecto al “B” dejando claro que siempre es mejor disminuir el nivel al altavoz “B” que aumentar el nivel al altavoz “A” esto con el fin de evitar daños al altavoz “A”, posteriormente del mismo modo se debe aplicar un retardo igual de 2,94ms e invertir la polaridad, todo este proceso se lo debe aplicar al altavoz “B”. Del mismo modo se puede ver en la ilustración 13 la cancelación en la parte trasera del arreglo.



*Ilustración 13. Disposición y predicción acústica de un arreglo de sub-bajos Agrupados invertido.
Fuente: Elaboración propia.*

2.2.7.3.4. *Sub-bajos en arco*. Esta es una de las configuraciones más complejas, ya que se debe realizar un cálculo mayor, sin embargo en esencia este arreglo se utiliza por su capacidad de mayor direccionamiento y control sobre las frecuencias bajas, una característica que posee es el emparejamiento de los altavoces de manera concéntrica es decir que se irán uniendo del centro hacia los extremos del arco de este modo los altavoces centrales serán “A” los siguientes serán “B” los siguientes serán “C” y “D” respectivamente y así sucesivamente, como se puede notar requerirá una cantidad mayor de canales de procesamiento, y el cálculo de retardo se lo realizara de acuerdo a la separación de los altavoces centrales y desde los altavoces del extremo que sería “D” se aplicara un retardo de 2,94ms luego a “C” se le aplicara $2.94/2$ y a “B” $2.94/4$ llegando a “A” el cual no tendrá ningún retardo. En la ilustración 14 se puede apreciar un arreglo con 4 altavoces sin embargo solo se usa “A” y “B” y sus respectivos espejos, y se puede apreciar cómo se direcciona mejor el lóbulo generado por las frecuencias bajas, sin embargo, no tiene cancelación en la parte trasera, lo cual se puede corregir combinando esta técnica con otra de las anteriormente mencionadas.

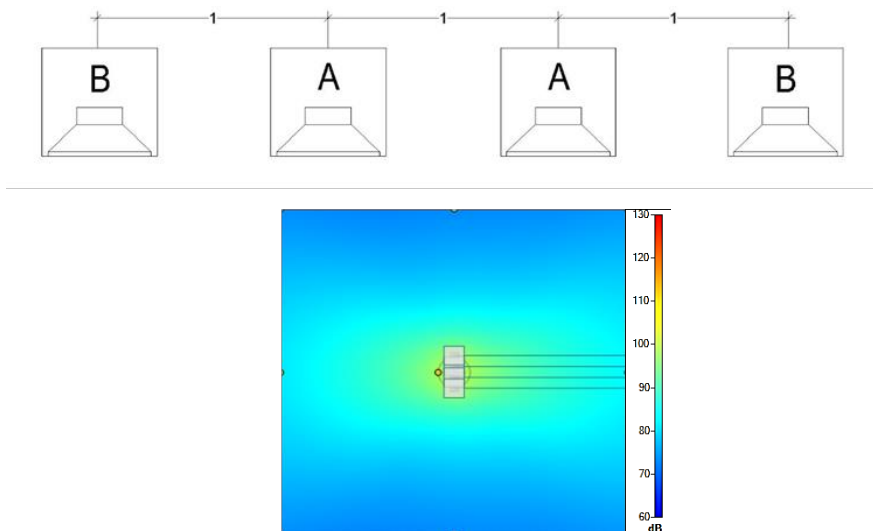


Ilustración 14. Disposición y predicción acústica de un arreglo de sub-bajos en arco.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.8. Cadena electroacústica. Así llamada porque dentro de ésta comprenden todos y cada uno de los elementos desde que se convierte una señal acústica en eléctrica con un nivel de voltaje pequeño hasta la reconversión de la misma señal eléctrica en acústica con una amplitud de voltaje muy alta.

Dentro de la cadena electroacústica podemos encontrar una gran variedad de equipos análogos y digitales de los cuales se realizará una corta descripción.

2.2.8.1. Consola. La consola o mezcladora ya sea análoga o digital tiene como función principal agrupar o sumar varias señales y conducir las a través de un canal maestro (master), la mayoría de las consolas tendrán cinco etapas:

- a) Etapa de pre amplificador: se encuentran los conectores de entrada que pueden ser de tipo XLR, TRS/TS, RCA u otros, comprendiendo también de esta parte un control de ganancia que se asemejara a una llave de paso de energía la cual ayuda a nivelar la señal entrante para no tener saturación en el resto del proceso.
- b) La etapa de la ecualización: está comprendida en la mayoría de las consolas análogas o analógicas de 4 filtros que generalmente serán agudos, medios, medios graves y bajos, por otro lado, las consolas digitales tienen un ecualizador paramétrico el cual constan de las mismas cuatro bandas, pero con un mayor control, es decir que se compondrán en las cuatro bandas más un ancho de banda y un selector de frecuencia a parte de la ganancia de cada frecuencia.
- c) La tercera etapa será la de auxiliares, esta etapa comprende envíos extras a la mezcla principal generalmente se usan para hacer envíos a los monitores y otros dispositivos que pueden ser de grabación o monitoreo sin alterar la mezcla principal, existe una gran variedad desde 1 hasta 24 auxiliares y variarán entre señales mono, y estéreo.

- d) La cuarta etapa se denomina mezcla y ruteo, en la cual tendremos generalmente un potenciómetro deslizable que maneja el nivel que deseamos enviar a la salida final o también llamado *master*, también tendrá varios botones de asignación para enviar a matrices, subgrupos o al mismo *master* o un canal de envíos central o mono.
- e) Por último, la quinta etapa será la de *masters*, que igual están comprendidas por botones rotatorios y potenciómetros deslizables los cuales tendrán el control absoluto de la salida principal y de cada salida auxiliar pudiendo ser de igual manera mono o estéreo.

2.2.8.2. Ecualizadores. Los ecualizadores se pueden dividir en dos, ecualizadores gráficos y ecualizadores paramétricos.

2.2.8.2.1. Ecualizadores gráficos. Son los más antiguos y generalmente están contruidos por filtros con frecuencias y anchos de banda definidos dejando así la única posibilidad de manipular la ganancia de dicha frecuencia, pueden venir por octavas mayormente conocidos cómo ecualizadores de 15 bandas y por tercio de octava generalmente conocidos como de 31 bandas. En ambos casos se los puede encontrar simples o de doble canal.

2.2.8.2.2. Ecualizadores Paramétricos. Dentro de los ecualizadores paramétricos existen por lo menos 3 variaciones de este tipo de ecualizador, siendo el primero el ecualizador semiparamétrico el cual tiene una banda de control de frecuencias agudas la cual sólo puede manipular la ganancia de una frecuencia definida en un rango de 1kHz a 10kHz, las frecuencias medias que brindan dos potenciómetros uno para controlar el nivel de la frecuencia y otro para seleccionar la frecuencia, por último la banda de frecuencias bajas que vendrá definida por el fabricante dejando sólo el control del nivel de dicha frecuencia.

Asimismo, se tiene los ecualizadores paramétricos, los cuales en las 4 bandas que poseen generalmente las consolas dan la opción de contar con un control de nivel de frecuencia, un selector de frecuencia y un ancho de banda de dicha frecuencia. Se lo puede encontrar mayormente en procesos digitales en los cuales se puede escoger cuántas bandas usar dependiendo de la capacidad de nuestra máquina, recordando que se puede contar por banda los controles de cada frecuencia siendo un control de nivel, un selector de frecuencia y un ancho de banda de la frecuencia.

2.2.8.3. Divisor de señales. El divisor de señales es un filtro capaz de dividir una señal entrante (en este caso el rango audible de 20Hz a 20kHz), en rangos de frecuencias específicos, generalmente se lo encuentra de 2 vías el cual es capaz de dividir en agudos y bajos, el de 3 vías el cual puede dividir en frecuencias agudas, medias y bajas y por último el de 4 vías los cuales mantienen las vías de bajos y agudos y dividen la banda de medios en dos grupos, medios agudos y medios bajos.

Este divisor de señal nos permite filtrar las frecuencias agudas, medias o graves y enviarlas a un amplificador o a un altavoz capaz de reproducir estas frecuencias. Por lo general da un punto de cruce entre las dos divisiones, en equipos análogos solo podemos escoger la frecuencia y no así su pendiente, y otro control para el nivel de cada banda. En el caso de divisores digitales podemos escoger el tipo la frecuencia de cruce y sus respectivas pendientes siendo variable entre filtros Butterworth, Linkwitz-Riley, Bessel. de primer, segundo, tercer y hasta cuarto orden.

2.2.8.4. Amplificador de potencia. El amplificador de potencia es un multiplicador que recibe una señal de voltaje muy pequeña en su entrada, la multiplica y nos entrega una señal de voltaje más alta. la principal variación que tendrán entre amplificadores de distintas

marcas será la distorsión a la mayor amplificación que pueda entregar, dicho de otra manera, el amplificador es capaz de desarrollar la mayor multiplicación sin llegar a una distorsión.

2.2.8.5. Procesadores. Con el paso de los años varios de estos equipos mencionados anteriormente fueron absorbidos por un solo equipo digital el cual de una manera eficaz puede realizar los mismos procesos como ser ecualización, limitación, compresión, compuerta de ruido, división de frecuencias, incluso llegando a tener la etapa de amplificación dentro de este equipo, de igual manera se pueden encontrar de distintas marcas y modelos y definirán su funcionamiento o su calidad de acuerdo a la capacidad de entregarnos una señal modificada con la menor distorsión posible. Con el paso de los años se fueron convirtiendo en aliados estratégicos ya que en principio evitan errores por cableado en un gran porcentaje, del mismo modo ayudan a no tener ampulosos y pesados equipos, y finalmente se tiene la gran ventaja de tener procesos de mayor complejidad y la posibilidad de trabajar fuera de línea o realizar pre configuraciones dentro del mismo procesador.

2.2.9. Programas Computacionales. Actualmente el contar con un computador ayuda de manera sustancial en el ahorro de tiempo en la realización de proyectos, ya que mediante estos equipos se pueden realizar cálculos complejos y simulaciones en tiempo real del funcionamiento de los equipos o materiales pre escogidos, dentro de estos programas contamos con: hojas de cálculos, dibujo, predicción y medición acústica.

2.2.9.1. Microsoft Excel Versión 2016. Microsoft Excel es una hoja de cálculo desarrollada por *Microsoft* para *Windows*, *macOs*, *Android* e *iOS*. Cuenta con cálculo, herramientas gráficas, tablas dinámicas y un lenguaje de programación macro llamado Visual Basic para aplicaciones.

Para el desarrollo de los cálculos del proyecto se utilizó: a) Grafico XY (Dispersión), también son conocidos como gráficos XY y su función principal es la de mostrar la relación que existe entre los valores numéricos de diferentes series de datos sobre los ejes de coordenadas XY. b) Histogramas de Frecuencia Acumulada, son una representación gráfica de una o más variables en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. Y su propia digitalización de datos es decir que se introdujeron las formulas correspondientes para obtener una automatización de cálculo.

2.2.9.2. Programa de dibujo arquitectónico Autocad versión 2013. El Diseño Asistido por ordenador (DAO), más conocido por sus siglas en ingles CAD (*Computer Aided Design*), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que ingenieros, arquitectos y otros profesionales del diseño utilizan en el desarrollo de su trabajo. Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo de dos dimensiones 2D y modeladores en tres dimensiones 3D. Las herramientas 2D se basan en entidades vectoriales, como puntos y líneas, que se operan a través de una interfaz gráfica. Los modeladores 3D añaden superficies y sólidos²⁴. Utilizado en la realización de los planos del espacio del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”.

2.2.9.3. Programa de Medición Acústica: Smaart Live Versión 7. Una de las herramientas indispensables de hoy en día para cualquier técnico/ingeniero de sonido son los programas de medición acústica, estos programas se encargan de brindar una interfaz gráfica mediante la cual se puede observar el comportamiento de un sistema de sonido en tiempo real, existen varias opciones entre marcas y modelos, sin embargo, un estándar a la

²⁴ López, L. (2013). Autocad 2013. <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/autocad-2013/informatica-dibujo-tecnico/16421#:~:text=El%20Dise%C3%B1o%20Asistido%20por%20Ordenador,el%20desarrollo%20de%20su%20trabajo.>

fecha es el programa *Smaart Live* de la marca Rational Acoustic. los cuales diseñaron una interfaz bastante intuitiva, con distintas posibilidades de medición.

Entre sus principales características está la posibilidad de realizar análisis de doble canal basados en la FFT (*Fast Fourier Transform*), sin embargo, no está destinado a reemplazar la audición autocrítica o la experiencia, sino que la aplicación inteligente de esta plataforma de medición a las tareas de configuración, en la búsqueda y solución de problemas, y en la optimización de sistemas, da al usuario varias ventajas significativas.

En principio cuenta con tres partes y tipos de medición.

Espectro, conocido como RTA (*Real Time Analyser*), muestra un análisis del espectro por bandas, frecuencias en octavas o por tercios de octavas, del mismo modo se puede calibrar para a través del micrófono tener una medición de nivel de presión sonora.

Impulso, mide la respuesta impulsiva del sistema analizado, pudiendo mostrar los datos en forma lineal o logarítmica.

Y la más importante para el desarrollo del proyecto es la Función de Transferencia, la cual realiza los cálculos mediante un FFT de doble canal el cual permite comparar dos señales una de referencia y una de medición, es la principal diferencia entre el RTA de modo que se puede ver los cambios y la fase relativa mediante la cual se puede ver el tiempo de arribo de las señales.

Sus principales características para realizar las medidas son.

Frecuencia de muestreo que Según el teorema de Nyquist para hallar la frecuencia de muestreo se debe duplicar la frecuencia más alta a reproducir para evitar errores de interpretación de la máquina.

Otro punto es el Tamaño de FFT el cual brindara mayor o menor resolución para la visualización gráfica, ya que proveerá un mayor número de datos a analizarlo que del mismo modo dependiendo de la maquina tardara más o menos,

FPPO (*Fixed Point Per Octave*). Esta configuración indicará como se desea visualizar el gráfico, vale decir que mientras más alto sea el valor mayor información se obtendrá ya que realiza el cálculo logarítmicamente, pero mayores datos no siempre serán mejores indicadores, esto dependerá de que es lo que se quiere analizar.

Del mismo modo permite configurar el número de promedio, el suavizado de fase y magnitud que se puede interpretar como, cuantos datos mostrará el analizador.

Además de todas estas configuraciones ya mencionadas, *Smaart Live* provee dentro del mismo programa un generador de tonos, el cual puede ser configurado para enviar ruido rosa, blanco, tonos puros, o directamente música, lo cual es muy útil ya que sin abandonar el programa podemos analizar varios tipos de señal a la vez²⁵.

2.2.9.4. Programa de simulación acústica: Ease Focus Versión 3. Ease Focus 3, es un programa de simulación acústica gratuito desarrollado por la marca alemana AFMG, la cual tiene una gran reputación realizando programas de simulación acústica de gran precisión para modelar en tres dimensiones sistemas de arreglo lineal, sistemas convencionales y arreglos de sub bajos, gracias al soporte de las mejores marcas del mundo este *software* puede ofrecer una gran librería de altavoces en distintas marcas y sus respectivos modelos.

Los profesionales dedicados al diseño de sistemas de refuerzo sonoro tienen la posibilidad mediante este programa de encontrar la mejor configuración y disposición del equipamiento, además este programa ofrece herramientas como, ubicación de varias zonas de audiencia y

²⁵ <https://www.rationalacoustics.com/support/800456-Smaart-v7-Documentation>

hasta 40 fuentes de sonido distintas, auto-alineación, ecualización virtual y muestra de detalles de los análisis de cobertura, nivel de presión sonora y respuesta de frecuencia, en vistas de corte superior y vista lateral.

El programa es capaz de realizar sumas coherentes en todo el espectro audible, ancho de banda o una frecuencia definida por el usuario, además se puede seleccionar ponderaciones para realizar dichas simulaciones, todo esto gracias a los archivos gll, patentados por la marca. Debido a su gran demanda en el mundo del audio tiene soporte para varios idiomas y una vez terminada la configuración es posible generar un archivo de informe en formato pdf para llevar a cabo una instalación rápida del sistema.

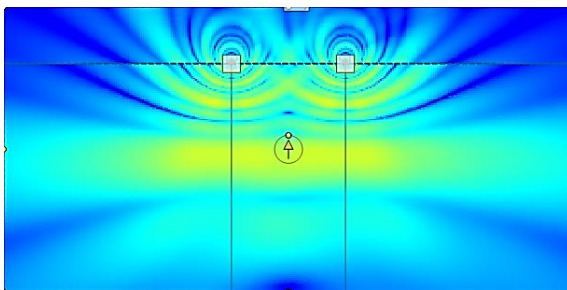
Aproximadamente montar un sistema denominado convencional, es decir un sistema de 12 cajas de altavoces por lado para un evento de mediano a gran formato, conlleva aproximadamente unas 12 horas de armado, sin embargo, esto no asegura el mejor rendimiento del sistema. es aquí donde se valora este tipo de programas de simulación acústica los cuales permiten tener una pre visualización del comportamiento del sistema de sonido, emulando con una exactitud muy alta su funcionamiento en el espacio, de este modo evitando horas de desmontaje y remontaje del sistema de manera correcta ya que mediante estos programas se puede realizar diferentes configuraciones y definir la mejor optimización.

Los programas de simulación acústica se han ido extendiendo en los últimos años y cada vez son mucho más exactos puesto que las computadoras que realizan los cálculos también han ido avanzando con la tecnología, lo que ayuda a realizar cálculos más complejos en menor tiempo.

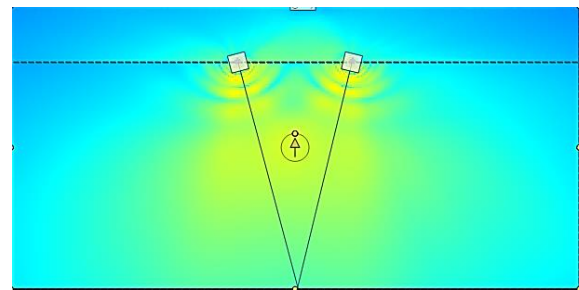
Sin embargo los programas de simulación acústica no han desarrollado aún una inteligencia artificial la cual ayudaría a resolver problemas con el aprendizaje de la misma

máquina siendo éste el caso, cualquier programa sólo realizará las operaciones o los comandos que el operador realice dejando así siempre una posibilidad de error humano, si bien estas herramientas dan muchos datos por sí solos estos no se pueden interpretar y tampoco el *software* o la máquina podrán dar una interpretación correcta de lo que se quiere realizar, por lo tanto, lo que se debe realizar es una minuciosa revisión del sistema propuesto y que estos programas ayuden a confirmar las teorías y mejorar el trabajo.

A modo de ejemplo se tomará las siguientes dos imágenes.



*Ilustración 15. Predicción acústica de un sistema de arreglo lineal de 4 cajas por lado.
Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 16. Predicción acústica de un sistema de arreglo lineal de 4 cajas por lado.
Fuente: Elaboración propia.*

Si bien el programa de predicción acústica brinda información muy real y muy completa de lo que va a pasar con la configuración cuando se instale el sistema, a simple vista en la comparación entre estas dos imágenes lo único que se ve son colores llamativos agradables a la vista, sin embargo quien definirá cuál de las dos opciones tomar y la que más cumple con los requerimientos será el ingeniero o técnico capacitado, basado en el estudio en la casa universitaria y/o en su experiencia laboral, denotando una vez más la importancia de que una persona capacitada estudie el programa, lo comprenda, manipule y pueda utilizarlo a su favor y en favor de los proyectos a realizarse.

CAPÍTULO

III

3. DISEÑO METODOLÓGICO

“El método científico es el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales que tiene como objetivo la comprobación empírica de un planteamiento y que permitirá la interpretación de la realidad; sin embargo sus conclusiones no pueden tomarse como una verdad absoluta” (Borja, 2016, p.8)²⁶.

3.1. Tipo de Investigación

El enfoque de la investigación fue crítico propositivo asimismo cuantitativo, debido a que *“El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase”*; del mismo modo *“se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas, y se extrae una serie de conclusiones” (Hernández, et. al. 2014, p.4)²⁷.*

Este tipo de investigación ayudo de un modo esquemático y ordenado a la planificación, desarrollo y conclusión de los objetivos específicos en pro del objetivo general.

Entendiendo que el tipo cuantitativo indica que debe ser secuencial la presente investigación está dividida en dos partes, la primera denominada a) Etapa de diagnóstico y b) Etapa de diseño, las cuales a su vez fueron sub divididas en tres sub etapas: a.1) Sub etapa de equipamiento, a.2) Sub etapa de instalación y a.3) Sub etapa de funcionamiento.

Del mismo modo se procedió a la sub división del punto “b” en tres sub etapas: b.1) Sub etapa de equipamiento, b.2) Sub etapa de instalación y b.3) Sub etapa de funcionamiento, de este modo.

²⁶ Borja, M. (2016). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Perú. p.8

²⁷ Hernández, R. et. al. (2014). Metodología de la investigación. ed. McGraw Hill. México. p.4

La etapa “a” está concebida con la idea de conocer objetivamente el estado del equipamiento actualmente instalado en el salón del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”.

Posteriormente en la etapa “b” se desarrolló el diseño en base al diagnóstico, y los cálculos necesarios para obtener una respuesta de frecuencia y nivel de presión sonora de cobertura homogénea en el salón de la congregación. Para los mencionados cálculos se utilizó la colaboración de un programa de hojas de cálculo y el desarrollo de una hoja específicamente diseñada a la colaboración de este y otros proyectos similares (Excel versión 2016).

3.2. Diseño de Investigación

Según Sampieri, en el diseño de investigación *“el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de contestar las preguntas de investigación, además de cumplir con los objetivos fijados. Esto implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlos al contexto particular de su estudio. El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema”*²⁸.

Del mismo modo *“En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tienen hipótesis)”*.

En este proyecto se utilizó el diseño no experimental, ya que, lo que se realiza en este tipo de diseño es observar los fenómenos causados por la variable de una manera natural sin la intervención del investigador.

²⁸ Hernández, R. et. al. (2014). Metodología de la investigación. ed. McGraw Hill. México. p.128.

Asimismo, es de tipo transversal descriptivo puesto que *“los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004). Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede”* (citado por Hernández, 2014, p.154).

3.3. Método de Investigación

En tanto que el método de estudio fue descriptivo, empleando el estudio de casos como estrategia debido a que *“busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”* asimismo *“es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación”*²⁹.

Este método ayudó a describir objetivamente el efecto causado en el funcionamiento del sistema de refuerzo sonoro por la falta del diseño en el Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”.

Asimismo, se hizo uso del método analítico, ya que según Ortiz: *“es un método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías”*³⁰.

²⁹ Hernández, R. et. al. (2014). Metodología de la investigación. ed. McGraw Hill. México. p.92.

³⁰ Ortiz, F. (2005). Metodología de la investigación. ed. Limusa Noriega, México p.181.

Dicho método colaboro a la realización de un esquema detallado de la interconexión del equipamiento actual en el salón del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”.

3.4. Técnicas y Herramientas

Una vez definidas las etapas y sub etapas que se llevaron a cabo se escogió las formas o caminos para poder llegar a nuestro fin específico, es así que Baena define *“Las técnicas se vuelven respuestas al “cómo hacer” y permiten la aplicación del método en el ámbito donde se aplica. Hay técnicas para todas las actividades humanas que tienen como fin alcanzar ciertos objetivos, aunque en el caso del método científico, las técnicas son prácticas conscientes y reflexivas dirigidas al apoyo del método”*.³¹

3.4.1. Observación directa. La observación directa no es una mera contemplación, implica adentrarnos en profundidad a situaciones sociales y mantener un rol activo, así como una reflexión permanente, y estar pendiente de los detalles (no de la trivía) de los sucesos, los eventos y las interacciones. Tiene como propósitos explorar, describir, comprender e identificar características del ambiente en cual se realiza el proceso de investigación³².

Las herramientas que se utilizaron fueron, un registro de observación mediante el cual se detalló el equipo actualmente instalado en el Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”, del mismo modo se utilizó la herramienta de mapa para realizar el relevamiento de la sala, posteriormente ingresando los datos y modelando el espacio en un programa de dibujo arquitectónico (Autocad versión 2013), aclarando que, si bien la observación como tal no es totalmente exacta, para este punto se usó una herramienta electrónica dedicada para la medición confiable del recinto.

³¹ Baena, G. (2017) Metodología de la investigación. ed. Patria. México. p.68

³² Hernández, R. et al. (2003). Metodología de la investigación. ed. McGraw Hill. México. p.152.

3.4.2. Investigación documental. *“Una parte importante de la preparación para el trabajo de investigación consiste en aprender a utilizar los recursos de las bibliotecas, y lo es, debido a que toda investigación implica, inevitablemente, valerse de libros, folletos, periódicos y otros materiales documentales que hay en las bibliotecas”* (Baena, G. 2017. p.69)

Esta técnica nos dio la opción de recopilar datos de varias fuentes documentales, en este caso específico la herramienta fue la revisión de fichas técnicas que proporciona el fabricante sobre sus equipos, para de este modo entender la relación de funcionamiento entre equipos tanto en la parte de diagnóstico como en la parte de diseño.

3.5. Recolección de Datos

Según Hernández, recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que conduzcan a reunir datos con un propósito específico. Este plan incluye determinar:

- ¿Cuáles son las fuentes de las que se obtendrán los datos? Es decir, los datos van a ser proporcionados por personas, se producirán de observaciones y registros o se encuentran en documentos, archivos, bases de datos, etcétera. En este caso las fuentes de información fueron los altavoces y el equipamiento.
- ¿En dónde se localizan tales fuentes? Regularmente en la muestra seleccionada, pero es indispensable definir con precisión. Los altavoces al estar instalados y ser un estudio de caso están en el mismo recinto de la congregación.
- ¿A través de qué medio o método vamos a recolectar los datos? Esta fase implica elegir uno o varios medios y definir los procedimientos que utilizaremos en la recolección de los datos. El método o métodos deben ser confiables, válidos y

“objetivos”. La recolección de datos en la etapa de diagnóstico se la realizó mediante programas de medición acústica (Smaart Live versión 7) y en la etapa de diseño mediante programas de simulación acústica (Ease Focus versión 3).

- Una vez recolectados, ¿de qué forma vamos a prepararlos para que puedan analizarse y respondamos al planteamiento del problema? En ambas etapas ambos programas proporcionan un gráfico en el cual muestra una escala de frecuencia contra nivel de presión sonora, mediante la cual se puede observar el funcionamiento actual en la etapa de diagnóstico y el funcionamiento esperado respectivamente de la etapa de diseño.

3.5.1. Realización de fichas técnicas y diagramas. Para el desarrollo del diagnóstico se utilizó la herramienta de elaboración de fichas técnicas y diagramas de flujo basadas la observación directa en el método analítico, usando una escala para el equipamiento.

*Tabla 3. Valoración para la etapa de diagnóstico del equipamiento
Fuente: Elaboración propia*

Variable	Descripción	Valoración
Equipamiento actual	Si el equipo se encuentra en buenas condiciones funcionales y estéticas.	1. Bien
	Si el equipo se encuentra en buenas condiciones funcionales pero no estéticas o viceversa	2. Regular
	Si el equipo se encuentra en malas condiciones funcionales y estéticas.	3. Mal

3.5.2. Métodos para definir los puntos de medición para el diagnóstico. Para la toma de muestras se utilizó dos de los cinco métodos que propone Víctor Lobos en su tesis “Evaluación de ruido ambiental en Puerto Montt”, si bien esta técnica está diseñada para la

toma de muestras para ruido ambiental, se la puede aplicar para el diagnóstico específico de este caso de estudio, dichos métodos son mencionados a continuación.

- Método de la cuadrícula o retícula
- Método de viales
- Método de zonas específicas
- Método aleatorias
- Método por medios predictivos

De mencionados métodos se utilizaron el de la cuadrícula o retícula y zonas específicas.

3.5.3. Método de la cuadrícula (o retícula). Lobos define que *“las selecciones de los puntos a medir son determinados mediante la superposición del plano de una retícula cuyas cuadrículas son proporcionales a la superficie del área que será estudiada. En los nodos de la cuadrícula estarán ubicadas las estaciones de medida, o bien, en el punto más cercano al mismo, en la vía más próxima. El valor medido en este punto será asignado a la retícula que lo contiene como centro”*.³³

Como se menciona este tipo de medición lleva un alto grado de efectividad en la zona de estudio ya que descompone un todo en sus partes y viceversa se puede analizar en conjunto, mediante el cual se puede calcular un valor global con mucha seguridad, de este modo se puede observar las zonas o puntos con mayor o menor presión sonora y respuesta de frecuencia. Otra ventaja que ofrece este es que la misma cuadrícula ofrece los puntos a medir obteniendo puntos específicos y representativos.

³³ Lobos, V. (2008). Tesis de Lic. en ingeniería acústica. Universidad Austral de Chile. Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt. Chile.

3.5.4. Método de zonas específicas. *“En este método los puntos de medición son determinados según el tipo de fuente a medir, y distribuidos según los intereses que se persigan con el estudio. Por ejemplo, las fuentes fijas como talleres, bares, industrias, etc., normalmente tienen limitaciones de inmisión y métodos propios de evaluación y un mapa con estas características podrá satisfacer a esta normativa, pero no será válido para otras fuentes como el paso del tráfico, y esto conlleva a que sus resultados no sean comparables con otros mapas”* (Lobos, 2008. p.28).

Si bien se determinó usar una retícula para los puntos de medición esta complementación nos permite adecuar esa cuadrícula para tomar muestras al inicio, centro y final de la audiencia, de este modo llegando a tener una representatividad y datos completos sobre el comportamiento del sistema de refuerzo sonoro en el salón de la congregación.

3.5.5. Instrumentos de medición. Para la toma de muestras indistintamente de la herramienta esta debe cumplir tres condiciones generales.

- Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento de medición en este caso el programa de análisis como la simulación acústica es la capacidad de repetir resultados siempre y cuando se analice el mismo objeto en el mismo punto en distintos tiempos.

Por lo tanto, el uso de herramientas globalizadas como son, Smart Live, Ease focus, Autocad, y Excel, proporcionaron una confiabilidad muy alta para el desarrollo del proyecto.

- Validez

En términos generales este término está relacionado con la eficiencia de medir lo que se requiere, es decir que una herramienta que debe medir peso no deberá medir

volumen o aspectos que no están relacionados con lo estrictamente necesario, otro punto a favor de estas herramientas puesto que fueron desarrolladas para la introducción y manipulación de datos específicos. En el caso de los programas de análisis y simulación son desarrollados para la revisión y manipulación de datos acústicos y concernientes a sonido, por su lado el programa de dibujo detalla con gran exactitud las dimensiones y valores en planos, y por último el programa de hojas de cálculo que aprovecha el potencial de las maquinas actuales para realizar cálculos complejos con gran exactitud.

- Objetividad

“En un instrumento de medición, la objetividad se refiere al grado en que éste es o no permeable a la influencia de los sesgos y tendencias del investigador o investigadores que lo administran, califican e interpretan” (Mertens, 2010, citado por Hernández, 2014 p.206).

En este caso, al ser herramientas específicas y de uso global estas son de arquitectura cerrada es decir que el código fuente de dichos programas no son visibles y/o pasibles a cambios por el usuario, del mismo modo al ser mediciones técnicas, factores como criterios o estados de ánimo del investigador no variaran en la toma de muestras, haciendo énfasis en que si son posibles errores de usuario y se debe tener mucho cuidado en la configuración calibración y utilización de la herramienta.

Mencionado todo este proceso las herramientas que ayudaron al desarrollo del proyecto fueron: a) La hoja de cálculo de Microsoft Excel versión 2016, b) El programa de dibujo arquitectónico Autocad versión 2013, c) El programa de medición acústica Smaart Live versión 7 y d) el programa de simulación acústica Ease Focus versión 3.

Con respecto a las herramientas físicas utilizadas para la toma de muestras fueron:

- Computadora portátil i5, 4gb de memoria RAM 500gb de almacenamiento
- Telemetro láser Bosch GLM100C
- Sonómetro de clase 2 ponderación A
- Interface de audio Focusrite 2i2
- Micrófono de medición dbx RTA-M
- Cableado en general

CAPÍTULO

IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico

Los resultados se plantean en dos etapas y sus sub etapas siendo estas desarrolladas a continuación siguiendo la metodología planteada:

4.1.1. Etapa 1: Diagnóstico del lugar. El Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre” se encuentra en la ciudad de La Paz – Bolivia, ubicado en la zona de Miraflores en inmediaciones de la plaza Villarroel, sobre el carril de subida de la avenida Germán Busch, entre calles Lopera y Terrazas N°31.

En la ilustración número 17 se puede ver la geolocalización del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”, lugar para el cual se desarrolló el diseño del sistema de refuerzo sonoro.

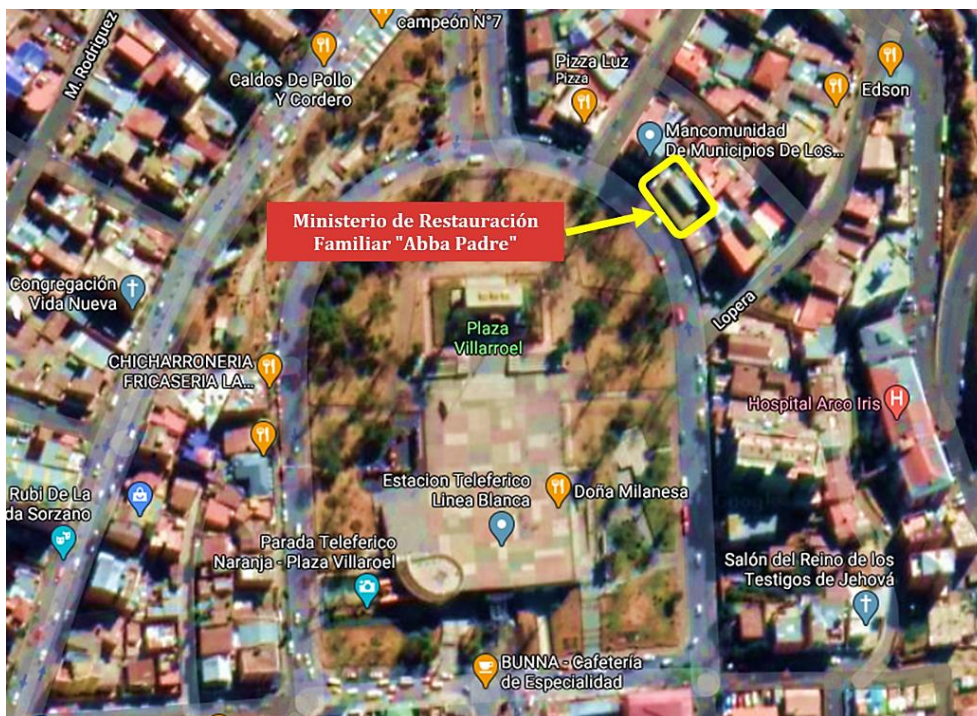


Ilustración 17. Geolocalización de la congregación “Abba Padre”, Vista Superior
Fuente: Google Maps

El Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”, es una congregación cristiana fundada el 22 de junio del año 2007 con la intención de predicar y expandir el evangelio entre personas que profesan la misma fe en Dios y de este modo poder tratar temas referidos a la Biblia.

Dicha congregación es de inclusión abierta a cualquier persona y en la actualidad alberga aproximadamente a 200 personas y tiene una frecuencia de reunión de dos días por semana. Entre sus principales actividades están un sermón que está a cargo del Pastor que es la autoridad máxima en la congregación y las alabanzas a Dios o cánticos que están a cargo de un grupo musical el cual está conformado por jóvenes de la misma congregación.

El grupo musical está conformado musicalmente por una batería acústica, un grupo de percusión menor, un bajo eléctrico, dos guitarras eléctricas, una guitarra electroacústica, un coro de aproximadamente 6 personas y dos voces principales, dicho grupo utiliza todo lo referente al sistema de refuerzo sonoro como micrófonos, consola, ecualizadores, cables entre otros.

En las reuniones que se llevan a cabo ordinariamente los días miércoles y domingo, el aforo de la sala casi siempre llega a su totalidad por esta razón cuando el Pastor realiza su sermón requiere de un sistema que amplifique su voz para que todos los concurrentes puedan escuchar su intervención, de igual manera alternan con alabanzas con el grupo en vivo el cual actúa con todos los instrumentos a la vez lo que requiere de un sistema que pueda soportar no sólo la voz del Pastor sino las exigencias del grupo musical en vivo para que la concurrencia disfrute de estos encuentros religiosos.

Por lo tanto, el desafío principal fue realizar un diseño que no solamente pueda reproducir la voz con claridad, sino que también logre reproducir con la mayor fidelidad al grupo

musical en vivo, sin dejar de lado la responsabilidad de poder causar daños auditivos a la concurrencia por los altos niveles de presión sonora que se pudieran generar.

En una conversación sostenida con uno de los miembros de la congregación se aclaró que la adquisición del sistema de sonido no había sido planificada por un especialista, al contrario, la única referencia que se tuvo acerca del equipamiento fue la buena fe del proveedor, del mismo modo se pudo constatar mediante la conversación que la instalación la habían realizado ellos mismos sin tener ninguna capacitación o personal que pueda asesorarlos en el posicionamiento, la instalación y configuración del sistema de sonido.

Igualmente se aclaró que la operación del sistema en conjunto es realizada por una persona que actúa de buena fe atendiendo a los músicos y al mismo Pastor, sin desmerecer el empeño con que la persona realiza sus actividades, esta persona no cuenta con el conocimiento básico de operación sobre el sistema de sonido, lo que dificulta el procesamiento de las señales al momento de la actuación del grupo.

Se realizó unas visitas programadas en las cuales mediante observación directa se pudo apreciar que la primera fila de asistentes está a 3 metros de los altavoces, Por otra parte los últimos asistentes se encuentran a 16 metros de los altavoces, Esto no es un gran problema mientras el Pastor da su sermón (aunque no es totalmente inteligible), sin embargo, el mayor problema ocurre cuando actúa el grupo musical en vivo, puesto que, las personas que están a 3 metros reciben un nivel de presión sonora muy alto y las personas que están a 16 metros de los altavoces no logran distinguir los cantos del grupo y esto ocasiona una inconformidad con el sistema de sonido ya que como se mencionó anteriormente el grupo musical forma parte muy importante de los actos religiosos.

Por lo tanto, se realizó un esquema que se denominó ABC del Diagnóstico, mediante el cual se planifico cómo se realizará dicho diagnóstico, entendiendo que el proceso es realizado esquemáticamente y en orden para ir descartando errores involuntarios a la hora de toma de muestras y decisiones.

Este esquema consiste en:

4.1.2. Sub etapa A: Equipamiento, esta etapa responderá con qué equipamiento cuenta actualmente en su cadena electroacústica la congregación, para tal efecto se realizó una inspección visual y un reporte fotográfico. (Anexo 1)

4.1.3. Sub etapa B: Instalación, en esta etapa se revisó cómo está instalado y configurado el sistema como ser, mediante qué tipos de conectores, qué tipo de conexiones y todo el flujo de la señal desde que entra del micrófono hasta que sale por los altavoces. Para tal acción se realizó un esquema de flujo de señal para identificar cualquier conexión mal realizada y poder corregirla antes de pasar a la siguiente sub etapa.

4.1.4. Sub etapa C: Funcionamiento, finalmente en esta etapa se describe cómo está funcionando actualmente el sistema. Para tal acción se debe realizar un relevamiento de la sala para poder fijar los puntos de las muestras a tomar, realizar las respectivas muestras que en el caso específico serán mediciones *In Situ* mediante el programa *Smaart Live*, pasando a su posterior evaluación.

4.1.2. Sub etapa A: Equipamiento. Como primer paso del diagnóstico se realizó una inspección visual minuciosa en el salón de la congregación de todo el equipamiento instalado y su condición física actual. el cual se describe en la tabla 4, dividida por descripción, marca, modelo y su estado.

Tabla 4. listado del equipo actual de la congregación “Abba Padre”
Fuente: Elaboración propia.

Cant	Descripción	Marca	Modelo	Estado
1	Consola de sonido analógica de 32 canales de entrada 6 auxiliares de salida y 3 salidas principales	Allen&Heath	ZED436	1. Bien
1	Procesador digital de señales 2 entradas por 6 salidas	dbx	PA+	1. Bien
1	Ecuilizador grafico analógico de 31 bandas	Behringer	ULTRAGRAPH PRO FBQ3102	1. Bien
1	Procesador multi-efecto	Behringer	Virtualizer FX2000	1. Bien
1	Amplificador de potencia de 450W@8Ohm por canal	Behringer	EP2500	2. Regular
1	Amplificador de potencia 550W@8Ohm por canal	Behringer	EP4000	2. Regular
2	Altavoz medio agudo de directividad constante	Nexu	NEX625A	1. Bien
2	Altavoz bajo	Nexu	NEX118ASUB	1. Bien
2	Altavoz medio agudo de directividad constante	Peavey	PV215D	3. Mal
2	Altavoz bajo	Peavey	PV118	1. Bien
2	Altavoz medio agudo de directividad constante	JBN	215	3. Mal
2	Altavoz medio agudo de directividad constante	Peavey	s/s	1. Bien
4	Altavoz medio agudo de directividad constante	ML	s/modelo	1. Bien

4.1.2.1. Descripción del estado físico del equipamiento. Como primera impresión se pudo evidenciar que el equipo no recibió un mantenimiento ni limpieza.

Dejando de lado el polvo acumulado la consola de sonido se encuentra en buen estado estético, sin ningún botón o potenciómetro dañado.

El procesador digital de igual manera se encuentra en buen estado físico tanto en las entradas como en las salidas, no presenta ningún daño en la pantalla de configuración ni en sus botones de control/configuración.

En el caso del ecualizador gráfico está en buen estado estético, y no presenta ningún tipo de daños en los controles deslizables de nivel de frecuencia.

El procesador de efectos de la marca Behringer está en buen estado, no se evidencio ningún daño a la pantalla de control ni a los controles de programación de efectos.

En el caso de los amplificadores de potencia tanto el EP2500 como el EP4000 estéticamente no presentan daños físicos visibles.

Los altavoces medios agudos Nexu NEX625A son altavoces auto-amplificados y se encuentran con un aspecto bueno y no presentan daños físicos visibles.

Los altavoces de sub bajos de la misma marca Nexu NEX118ASUB de la misma manera son auto-amplificados y se encuentran de igual manera en un estado estético bueno.

Por otra parte, los altavoces de la marca Peavey serie PV215D son altavoces pasivos y se encuentran con los conectores del panel trasero aflojados, pero estéticamente se encuentran bien.

Los sub bajos de la misma marca Peavey PV118 que de la misma manera son altavoces pasivos se encuentran con el mismo problema de los medios agudos en el conector del panel trasero y en el caso específico del altavoz del lado derecho se encuentra totalmente dañado lo cual requiere de una reparación.

De igual manera se cuenta con dos altavoces de la marca AS sin modelo los cuales están instalados en medio de la sala y estéticamente no presentan ningún daño.

En la parte del escenario se cuenta con dos altavoces para monitoreo de piso de la marca Peavey los cuales no cuentan con serie, pero estéticamente se encuentran en malas condiciones ya que no cuentan con los conectores de fábrica, del mismo modo existen cuatro altavoces de la marca ML que tampoco tienen serie ni modelo y que se encuentran con un estado estético bueno.

4.1.2.2. Reporte fotográfico del equipamiento



*Ilustración 18. Equipo instalado en la congregación “Abba Padre”
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 19. Consola Allen and Heath instalada en la congregación “Abba Padre”
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 20. Instalación de los procesos y amplificación en la congregación “Abba Padre”
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 21. Monitores ML s/m de la congregación “Abba Padre”
Fuente: Elaboración Propia*



Ilustración 22. Equipo instalado en la congregación "Abba Padre"
 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 23. Equipo instalado en la congregación "Abba Padre"
 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 24. Monitores Peavey s/marca de la congregación "Abba Padre"
 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 25. Escenario congregación "Abba Padre"
 Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Sub etapa B: Instalación. Dejando de lado los aspectos físicos de los equipos se procedió a realizar la revisión del flujo de señal la cual se describe a continuación.

4.1.3.1. Descripción del flujo de la señal. La consola de sonido se encuentra en buen estado funcional, en primera instancia recibe todas las señales provenientes del escenario como ser, los micrófonos de la batería, de las congas y bongos, además las señales del bajo eléctrico y las dos guitarras eléctricas, del mismo modo le llega los micrófonos del coro y de las voces principales, además de la voz del Pastor por medio de un micrófono inalámbrico, y por ultimo destina dos entradas estéreo para el retorno de los efectos. Luego de recibir las señales, la consola destina mediante las salidas L-R la señal hacia el procesador, además de

usar las mezclas 1-2-3 de auxiliares en modo *pre-fader* para las mezclas de monitoreo, las salidas 5-6 de auxiliares en modo *post-fader* para los efectos.

El procesador digital si bien se encuentra en buenas condiciones funcionales solo se encuentra trabajando en una configuración de fábrica, la cual no es la recomendada para el sistema que está en uso, sabiendo que se modificó la pre-configuración buscando una mejora del sistema, ecualizando de manera muy poco efectiva. Dejando este punto aparte la configuración del procesador una vez que recibe la señal de la consola está encargado de dividir la señal y enviarla a través de la conexión de las vías agudas a los altavoces Nexu NEX615A y por el canal uno de la vía de bajos a las cajas de sub-bajos Nexu NEX618A, cabe recalcar que la señal atraviesa directamente del procesador a los altavoces ya que los altavoces de la marca Nexu son auto-amplificados, la salida dos de la vía de bajos se encuentra destinada para el canal dos del amplificador Behringer EP4000 el cual está encargado de alimentar los altavoces Peavey PV118, los cuales requieren un amplificador puesto que son pasivos, como última conexión se encuentra el canal uno de la vía de medios conectado al canal dos del amplificador Behringer EP2500 para alimentar los altavoces Peavey PV215C. que igualmente son pasivos.

En el caso del ecualizador gráfico se encuentra funcionalmente bien sin embargo no se encuentra conectado a la cadena electroacústica del salón.

El procesador de efectos de la marca Behringer se encuentra en buen estado, sin embargo, se evidencio una conexión cruzada, es decir que, el canal uno está conectado al retorno dos de la consola, lo que provoca confusión a la hora de operar el equipo.

En el caso de los amplificadores de potencia tanto el EP2500 como el EP4000 estéticamente no presentan daños como se mencionó anteriormente sin embargo funcionalmente se encuentran en ambos casos con el canal uno dañado.

Los altavoces medios agudos Nexu NEX615A se encuentran funcionando correctamente y corresponde a las salidas L- izquierda y R- derecha.

Los altavoces de sub bajos de la misma marca Nexu NEX618A se encuentran funcionalmente bien, sin embargo, en este caso se pudo evidenciar que al tener sólo una salida conectada al procesador, se está realizando un puente entre el altavoz del lado izquierdo con el altavoz del lado derecho.

Por otra parte pusieron en nuestro conocimiento que los motores de compresión de los altavoces Peavey PV215C habían sido reemplazados, estos a su vez se encuentran conectados al amplificador Behringer EP2500 lo cual causa un problema a la hora de su funcionamiento ya que el amplificador está trabajando a una impedancia que no está especificada en su manual lo que puede causar serios daños al amplificador y también a los altavoces, (lo que se presume que causo el daño al canal uno del amplificador).

Los sub bajos de la marca Peavey PV118 al encontrarse uno de estos con una terminal de entrada dañada, este se encuentra en desuso, se procedió en el caso específico a realizar una conexión directa y se notó que el único daño es del conector ya que el altavoz se encuentra funcional, por otra parte, el otro sub bajo de la misma marca no presento mayores inconvenientes. Estos a su vez están conectados al amplificador Behringer EP4000 el cual no brinda la energía necesaria para el buen desempeño de estos altavoces.

Del mismo modo se analizó la conexión de los dos altavoces de la marca AS los cuales están en medio de la sala, pero éstos no se encuentran conectados a ninguna salida ni de la

consola ni del procesador. En la parte del escenario se cuenta con dos altavoces para monitoreo de la marca Peavey los cuales no cuentan con serie y están alimentados por un amplificador externo del mismo modo existen cuatro altavoces más de la marca ML que tampoco cuentan con serie ni modelo y que se encuentran en buen funcionamiento ya que estos modelos son auto amplificadas.

Todo lo anteriormente explicado se detalla en el siguiente gráfico de flujo de señales.

4.1.3.2. Diagrama de flujo de señal

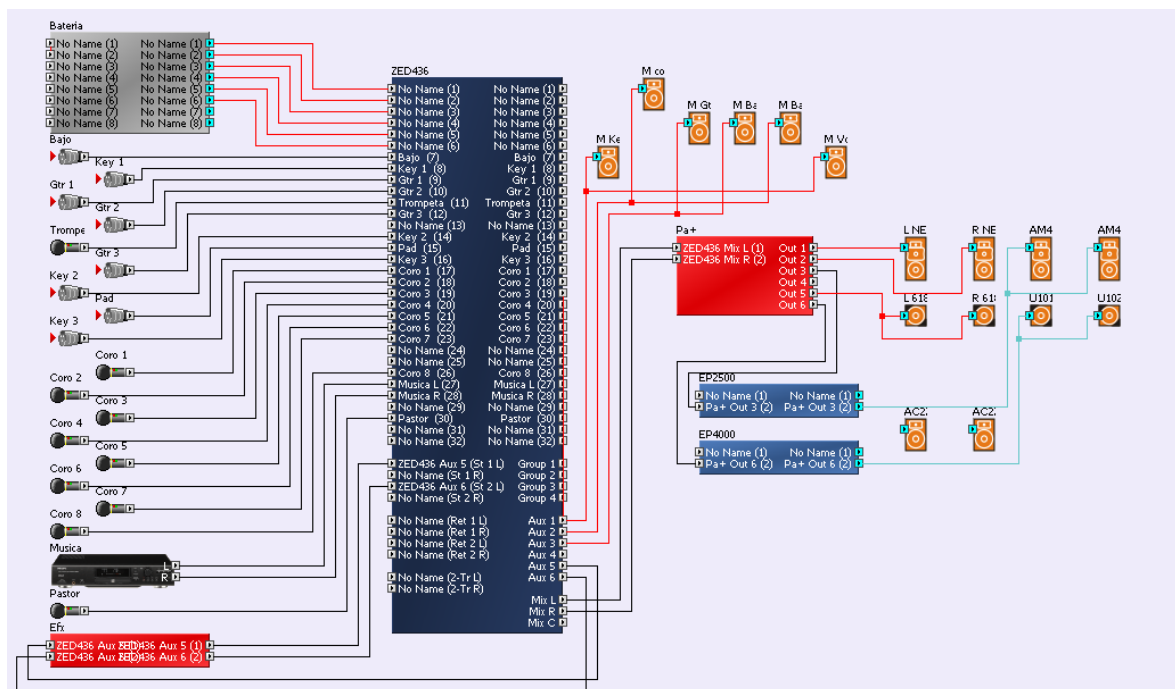


Ilustración 26. Flujo de la señal de la cadena electroacústica de la congregación “Abba Padre”.
Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Sub etapa C: Funcionamiento. Como tercer paso del diagnóstico se realizó las mediciones del espectro para constatar de una manera efectiva y objetiva el verdadero funcionamiento del sistema, no sin antes llevar a cabo el relevamiento de la sala para no incurrir en errores en las dimensiones y de este modo poder definir los puntos en los cuales se deben realizar las mediciones.

4.1.4.1. Relevamiento de la sala. Para realizar el procedimiento de la medición de las dimensiones de la sala se realizó con la ayuda del telemetro láser Bosch GLM100C el cual ayuda de manera efectiva a obtener las dimensiones de un espacio con una gran exactitud, además de generar un archivo con las mediciones para futuras referencias.

Otra ventaja que ofrece es que, mediante un reporte fotográfico se puede incluir las dimensiones a la misma foto para una referencia más clara.

4.1.4.2. Reporte Fotográfico.

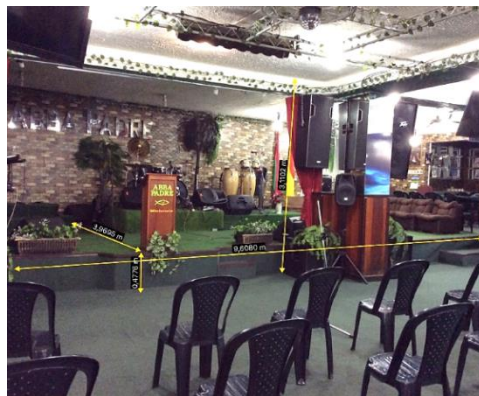


Ilustración 27. Medición del recinto con el telemetro GLM100C
 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 28. Medición del recinto con el telemetro GLM100C
 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 29. Medición del recinto con el telemetro GLM100C
 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 30. Medición del recinto con el telemetro GLM100C
 Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente a obtener el relevamiento de la sala se procedió a realizar el plano en dos tipos de cortes, un corte de vista superior o también llamado planta que puede ser observado en la ilustración 31 y otro corte de vista lateral que se muestra en la ilustración 32, de este modo también se pudo realizar los ejes alfanuméricos, los cuales consisten en tener una referencia más clara y exacta de los puntos de referencia para realizar las mediciones.

En los siguientes gráficos se podrá observar los ejes numéricos correspondientes en la parte horizontal y los ejes alfabéticos correspondientes alineados verticalmente.

Cabe aclarar que dichos ejes, aunque tienen referencia con los pilares principales de la edificación no son constructivos, si no referenciales para las mediciones.

Para tomar la decisión de la ubicación de los ejes primero se dividió la sala en dos porciones haciendo un corte transversal en referencia al escenario, la primera que fue denominada espacio principal ya que, es donde existe la actividad principal y la segunda denominada como espacio secundario, del mismo modo aclarando que es donde asisten personas, pero no tienen una visibilidad directa debido a los pilares.

Posteriormente se volvió a realizar otra división de la sala en cuatro en este caso paralelamente con referencia al escenario, y se dividió según el área de oyentes basados en que la primera fila de escuchas está a tres metros de los altavoces, la última persona está a catorce metros, en cambio para no medir el centro de la sala por tener una suma acústica muy pronunciada, se decidió dividir en dos puntos uno a dos cuartos de la sala y otro a tres cuartos de la sala de ese modo tener una mayor información de la distribución del espectro de audio en toda la sala.

4.1.4.3. Corte vista superior

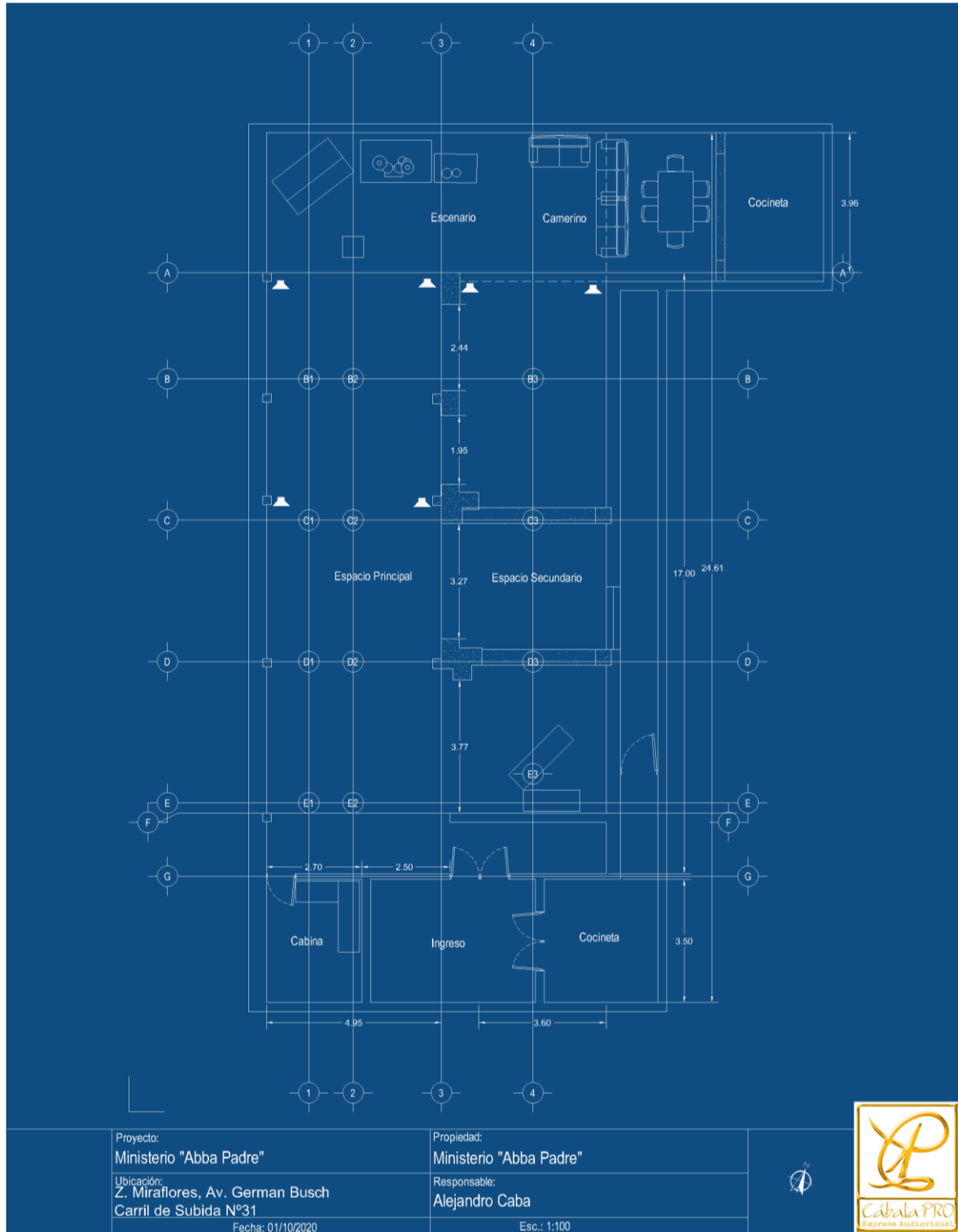


Ilustración 31. Relevamiento de la sala de la congregación "Abba Padre", Vista Superior
Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.4. Corte vista lateral

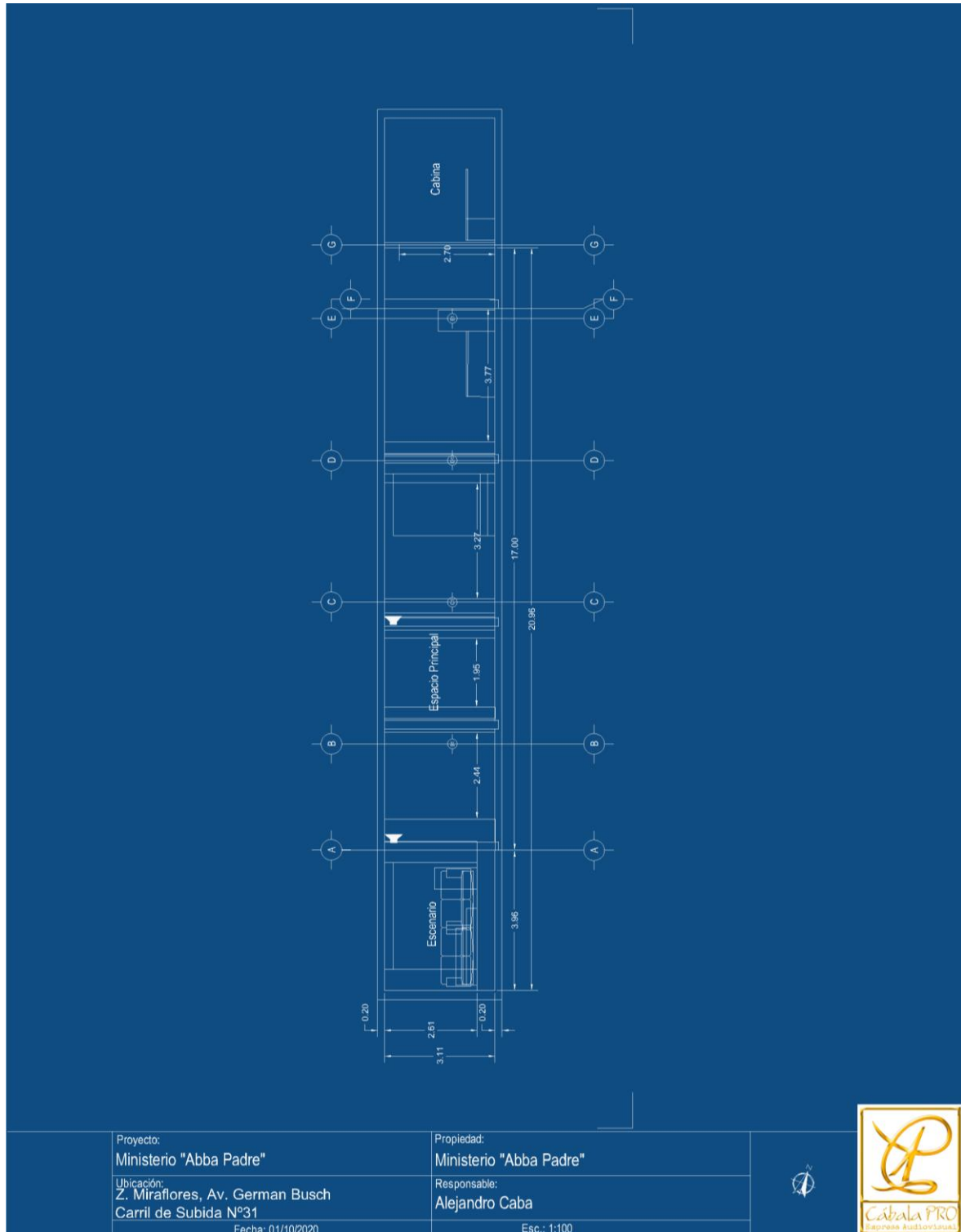


Ilustración 32. Relevamiento de la sala de la congregación "Abba Padre", Vista lateral
Fuente: Elaboración Propia

4.1.5. Medición. Una vez definidos los ejes alfanuméricos, se procedió a la toma de muestras de acuerdo a la tabla 5.

Para que sea más entendible en las gráficas se realizó una colorimetría básica para poder identificar de mejor modo los puntos y sus respectivas lecturas, así se tiene variaciones del color rojo en el eje B, variaciones del color verde en el eje C, variaciones de color azul en el eje D y finalmente variaciones del color lila en el eje E.

Del mismo modo se cuenta con un reporte fotográfico de la realización de las mediciones en el Anexo 2.

*Tabla 5. Descripción de los puntos según coordenadas y color
Fuente: Elaboración propia*

Puntos	Coordenada	Color
Punto 1	B1	
Punto 2	B2	
Punto 3	B3	
Punto 4	C1	
Punto 5	C2	
Punto 6	C3	
Punto 7	D1	
Punto 8	D2	
Punto 9	D3	
Punto 10	E1	
Punto 11	E2	
Punto 12	E3	

4.1.5.1. Puntos B1, B2, B3. Se puede apreciar en la ilustración 33 las mediciones correspondientes los valores obtenidos, los cuales muestran claramente una excesiva generación de frecuencias bajas en comparación, a las frecuencias agudas, dando una variación de 30dB en su comparación.

Esto es un primer indicativo de porque la molestia de las personas sentadas en las primeras filas, con el nivel de presión sonora y la poca inteligibilidad.

Del mismo modo se puede apreciar en las ilustraciones 35, 36 y 37, que en las mediciones de nivel de presión sonora mediante el sonómetro se muestra una estabilidad en los puntos B1, B2 sin embargo muestra mayor nivel cuando se mide el punto B3. Lo que indica que existe una cancelación en las frecuencias medias en la zona del espacio principal.



Ilustración 33. Magnitud y Fase, Mediciones del espectro en los puntos B1, B2, B3



*Ilustración 34. Mediciones del NPS en el punto B1
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 35. Mediciones del NPS en el punto B2
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 36. Mediciones del NPS en el punto B3
Fuente: Elaboración Propia*

4.1.5.2. Puntos C1, C2, C3. Se puede apreciar en el grafico 37 las mediciones correspondientes a los valores obtenidos, los cuales muestran claramente que ídem al punto anterior existe una excesiva generación de frecuencias bajas en comparación, a las frecuencias agudas, mostrando una variación de 24dB en su comparación, esto corrobora la primera lectura de poca inteligibilidad en el espacio principal.

Del mismo modo se puede apreciar en las mediciones de nivel de presión sonora mediante el sonómetro el cual muestra una estabilidad en los puntos C1 (Ilustración 38), C2 (Ilustración 39), sin embargo, muestra mayor nivel cuando se mide el punto C3 (Ilustración 40). Lo que ratifica que existe una cancelación en las frecuencias medias en la zona del espacio principal.



*Ilustración 37. Magnitud y Fase, Mediciones del espectro en los puntos C1, C2, C3.
Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 38. Mediciones del NPS en el punto C1
Fuente: Elaboración Propia*



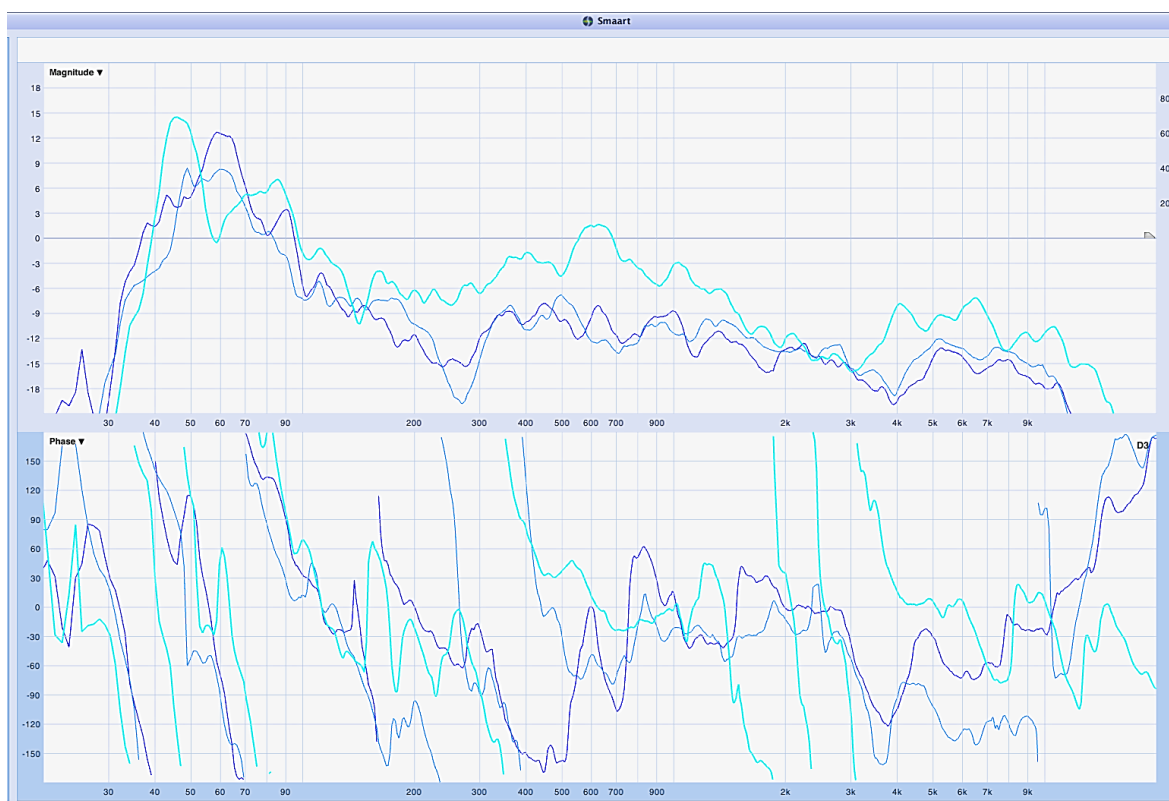
*Ilustración 39. Mediciones del NPS en el punto C2
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 40. Mediciones del NPS en el punto C3
Fuente: Elaboración Propia*

4.1.5.3. Puntos D1, D2, D3. Del mismo modo que en las anteriores mediciones en la Ilustración 41 muestra una generación excesiva de frecuencias bajas de 24 dB con relación a las frecuencias agudas, sin embargo, se puede apreciar que existe una mejor estabilidad en el espectro.

Del mismo modo se puede apreciar mediante las mediciones de nivel de presión sonora una estabilidad en los puntos D1, D2 y sus respectivas ilustraciones 42, 43, sin embargo se sigue manteniendo un desnivel en el punto D3, esta muestra indica que los altavoces del espacio secundario tienen una mejor directividad en el espacio.



*Ilustración 41. Magnitud y Fase, Mediciones del espectro en los puntos D1, D2, D3.
Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 42. Mediciones del NPS en el punto D1
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 43. Mediciones del NPS en el punto D2
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 44. Mediciones del NPS en el punto D3
Fuente: Elaboración Propia*

4.1.5.4. Puntos E1, E2, E3. Finalmente, se tiene una comparación entre los niveles obtenidos en las mediciones en el eje E que se puede apreciar en la ilustración 45, en las cuales se observa que se tiene una mejor estabilidad en todo el rango en todos los puntos medidos, sin embargo, se mantiene el sobre nivel en frecuencias bajas, y por ende la mayor pérdida de inteligibilidad.

Ídem a los puntos anteriores se procedió a realizar las mediciones de nivel de presión sonora mostrando un desnivel menor entre los puntos E1, E2 con respecto al punto E3, los cuales se pueden observar en las ilustraciones 46, 47 y 48 respectivamente.



*Ilustración 45. Magnitud y Fase, Mediciones del espectro en los puntos E1, E2, E3.
Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 46. Mediciones del NPS en el punto E1
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 47. Mediciones del NPS en el punto E2
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 48. Mediciones del NPS en el punto E3
Fuente: Elaboración Propia*

4.2. Etapa 2: Diseño del Sistema de Refuerzo Sonoro

Una vez identificados los problemas y subsanados los mayores aspectos posibles se procedió con el diseño teniendo en cuenta consideraciones como, los altavoces Nexu no son los más recomendables para el espacio puesto que al ser de doble altavoz en medios crean un conflicto en la respuesta de frecuencia como se pudo apreciar en las gráficas, de igual manera no cumple con la intención estética de que un sistema de este tipo no sea tan visible en recintos dedicados al culto religioso.

En tanto sobre los altavoces de sub bajos se entiende que no son de una calidad deficiente por lo tanto se decidió reutilizarlos en el diseño actual, dicha decisión está basada en las mediciones de los altavoces que cumplen con los requisitos de sonorización de la sala, y de este modo también bajar los costos en cuanto se realice la nueva adquisición.

En el caso de los monitores, no presentan mayores reclamos por parte de los músicos, por lo tanto, no se requiere un diseño sobre monitoreo, sin embargo se encontrará un apartado sobre este tema en las recomendaciones finales.

Pasando de lleno a la etapa de diseño, se usará el esquema similar al diagnóstico entonces se obtendrá el ABC del Diseño, el cual será de la misma manera esquemático, y de acción ordenada ya que ninguna etapa puede existir sin la anterior y viceversa.

4.2.1. Sub etapa A: Equipamiento, en esta etapa se desarrolla las necesidades del espacio de acuerdo a la actividad que se lleva a cabo, cuidando los detalles funcionales y estéticos y de este modo llegando a determinar cuánto sistema se requiere para el espacio para un buen desempeño del mismo.

4.2.2. Sub etapa B: Instalación, este apartado estará dedicado al cómo debe estar instalado el sistema de sonido como ser, todo el flujo de la señal desde que entra del micrófono hasta

que sale por los altavoces. Para tal acción se realizó un esquema de la nueva configuración para identificar el flujo correcto de la misma.

4.2.5. Sub etapa C: Funcionamiento, finalmente cómo se espera que funcione el nuevo sistema para lo cual se realizara las simulaciones correspondientes en el programa de predicción acústica Ease Focus.

4.2.1. Sub etapa A: Equipamiento. Esta parte del proyecto y como tal del diseño es la más argüida ya que conlleva realizar todo el cálculo matemático de acuerdo a las especificaciones del espacio (el cual ya se obtuvo en la parte del diagnóstico). posteriormente se debe realizar el cálculo de distancia critica “ D_c ” recordando que es la distancia equivalente en la que el campo reverberante de una sala es igual al campo directo de la fuente, para encontrar dicha distancia debemos encontrar “ Q ” que es la directividad de la fuente y “ R ” que es la constante de la sala, para encontrar “ R ” debemos conocer la superficie total de la sala “ S_T ” y “ $\bar{\alpha}$ ” que será el coeficiente de absorción promedio.

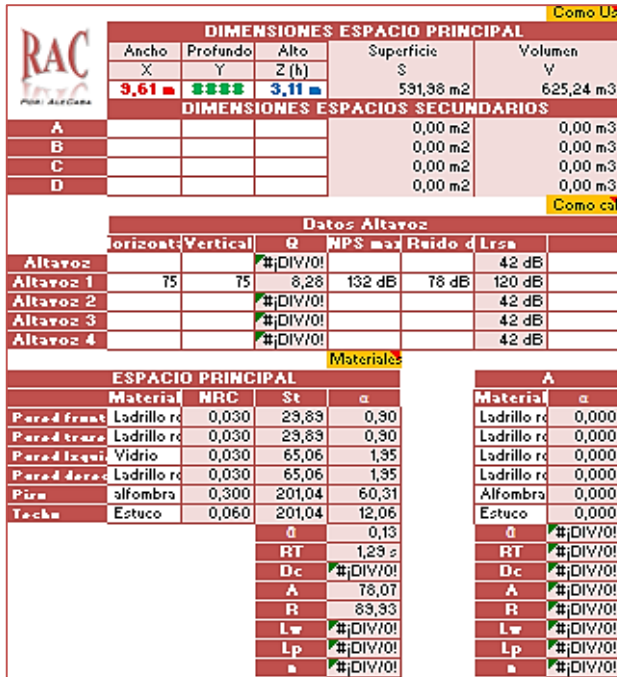
Para todo lo descrito anteriormente se desarrolló el cálculo en las formulas correspondientes, pero, para tener una mayor efectividad en los cálculos, aunque se podrían usar calculadores que existe en el mercado incluso de descarga libre, se desarrolló un calculador propio denominado RAC (Refuerzo-Acústica Caba), mencionado calculador fue desarrollado en el programa de cálculo Excel de la compañía Microsoft y está dividido en dos partes.

Una hoja destinada a Refuerzo Sonoro donde se puede realizar cálculos de velocidad del sonido “ c ” de acuerdo a una temperatura seleccionable por el usuario, de la misma manera se puede calcular periodo “ P ”, longitud de onda “ λ ” y retardo entre dos puntos de acuerdo a la temperatura escogida y una distancia que el usuario puede introducir, asimismo cuenta

con una tabla la cual proporciona una relación de frecuencia, periodo y longitud de onda de 31 frecuencias, del mismo modo puede realizar cálculos de acuerdo a datos de un altavoz como, suma de hasta cuatro altavoces o el voltaje que requiere que le entregue un amplificador además de mostrar una referencia visual de la directividad del altavoz de acuerdo a los datos introducidos.

En la segunda hoja esta la parte Acústica la cual no solo proporciona los resultados para poder corroborar, si no que al tener una cantidad mayor de decimales el cálculo que realiza es más exacto, del mismo modo el usuario puede introducir las dimensiones de un espacio para realizar los cálculos y lograra obtener una referencia visual del espacio, otra función importante es que, a diferencia de varios calculadores donde solo muestra los resultados, RAC está pensado en que las personas tengan la referencia de la fórmula que se está utilizando para cada cálculo, de la misma manera el calculador da la posibilidad de comparar hasta cuatro espacios o una suma de un espacio complejo dividido en cuatro porciones, de la misma manera se puede comparar distintos tipos de fuentes y para una comprensión mayor de todo el proceso incluye un glosario de resultados en los cuales proporciona todos los resultados referenciados a las fuentes y espacios calculados.

En el siguiente gráfico 49 podemos ver una captura de pantalla de la parte Acústica del calculador RAC. Mencionado calculador está disponible mediante un link y un código QR en el Anexo 5, además en el mismo link se encontrará una copia digital de este trabajo y algunas referencias utilizadas para el desarrollo del mismo.



DIMENSIONES ESPACIO PRINCIPAL

Ancho	Profundo	Alto	Superficie	Volumen
X	Y	Z (h)	S	V
3,61	3,11	3,11	591,98 m ²	625,24 m ³

DIMENSIONES ESPACIOS SECUNDARIOS

A	0,00 m ²	0,00 m ³
B	0,00 m ²	0,00 m ³
C	0,00 m ²	0,00 m ³
D	0,00 m ²	0,00 m ³

Datos Altavoz

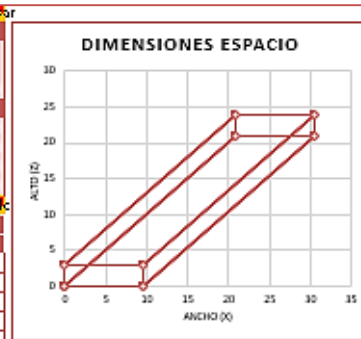
Altavoz	Horizontal	Vertical	Q	NPS max	Reido d	Lrsn
Altavoz 1	75	75	#DIV/0!	132 dB	78 dB	42 dB
Altavoz 2			#DIV/0!			120 dB
Altavoz 3			#DIV/0!			42 dB
Altavoz 4			#DIV/0!			42 dB

Materiales

Material	NRC	St	α	
Parad front	Ladrillo rc	0,030	23,83	0,90
Parad tras	Ladrillo rc	0,030	23,83	0,90
Parad Izqui	Vidrio	0,030	65,06	1,95
Parad dere	Ladrillo rc	0,030	65,06	1,95
Piso	alfombra	0,300	201,04	60,31
Techo	Estuco	0,060	201,04	12,06

Simbología

A	B	C	D
Material	Material	Material	Material
α	α	α	α
Ladrillo rc	Ladrillo rc	Ladrillo rc	Ladrillo rc
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
alfombra	alfombra	alfombra	alfombra
0,000	0,000	0,000	0,000
Estuco	Estuco	Estuco	estuco
0,000	0,000	0,000	0,000
α	α	α	α
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
RT	RT	RT	RT
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Dc	Dc	Dc	Dc
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
A	A	A	A
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
R	R	R	R
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Lw	Lw	Lw	Lw
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Lp	Lp	Lp	Lp
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
α	α	α	α
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!



DIMENSIONES ESPACIO

Altavoz (m)

Ancho (m)

Coeficiente de Absorción Promedio

$$\bar{\alpha} = \alpha_1 + \frac{S_1}{S_r} + \alpha_2 + \frac{S_2}{S_r} + \dots + \alpha_n + \frac{S_n}{S_r} = \frac{1}{S_r} \sum_{i=1}^{i=n} (\alpha_i \cdot S_i)$$

Absorción Sabine

 $A = \bar{\alpha} \cdot S_r$

Constante de Sala

 $R = \frac{S_r \cdot \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$

Directividad

 $Q = \frac{180}{\arcsin\left[\left(\sin\frac{\theta}{2}\right) \cdot \left(\sin\frac{\phi}{2}\right)\right]}$

Distancia Critica

 $Dc = 0,141 \cdot \sqrt{Q \cdot R}$

Tiempo de Reverberación

 $RT = 0,161 \cdot \frac{V}{A}$

Lw

 $Lw = sens - 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4}{R}\right)$

Lp

 $Lp = Lw + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4}{R}\right)$

Fuentes Necesarias (n)

 $L_{RSN} = Lw + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4}{R}\right) + 10 \cdot \log(n)$

GLOSARIO DE RESULTADOS											
	St	V	α	RT	Dc	A	R	Lrsn	Q	Lw	n
Principal	591,98 m ²	625,24 m ³	0,13	1,29 s	#DIV/0!	78,07	89,93	Alt	42 dB	#DIV/0!	#DIV/0!
Esp A	0,00 m ²	0,00 m ³	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Alt 1	120 dB	8,28	#DIV/0!
Esp B	0,00 m ²	0,00 m ³	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Alt 2	42 dB	#DIV/0!	#DIV/0!
Esp C	0,00 m ²	0,00 m ³	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Alt 3	42 dB	#DIV/0!	#DIV/0!
Esp D	0,00 m ²	0,00 m ³	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Alt 4	42 dB	#DIV/0!	#DIV/0!

Ilustración 49. Captura de pantalla del calculador RAC.
Fuente: Elaboración Propia

En este proyecto específico se utilizó la hoja Acústica de RAC. Para corroborar los cálculos realizados.

Previo a determinar el nivel que se requiere en la sala, y las unidades de altavoces requeridas se debe obtener datos que serán utilizados para despejar las formulas en el desarrollo del proyecto.

El primer parámetro que se requiere es la superficie total “S_T” tomando en cuenta que: “X” hará referencia al ancho del espacio, “Y” a la profundidad y “Z” a la Altura, entonces S_T estará dada por la fórmula 4:

Ecuación 4

$$\text{Superficie Total} \\ S_T = X * Z + X * Z + Y * Z + Y * Z + X * Y + X * Y$$

Despejando los valores se obtendrá:

$$S_T = 9,61 * 20,92 + 9,61 * 20,92 + 9,61 * 3,11 + 9,61 * 3,11 + 20,92 * 3,11 + 20,92 * 3,11$$

$$S_T = 591,98m^2$$

El siguiente parámetro a utilizar es el coeficiente de absorción promedio “ $\bar{\alpha}$ ”, para dicho cálculo se requiere conocer los coeficientes de absorción de los materiales constructivos detallados en la tabla 6:

Tabla 6. Coeficientes de absorción según material de construcción

Muro	Denominación	Material	A
Pared Izquierda	X*Z	Vidrio	0,030
Pared derecha	X*Z	Ladrillo Revocado	0,030
Pared Frontal	Y*Z	Ladrillo Revocado	0,030
Pared Trasera	Y*Z	Ladrillo Revocado	0,030
Piso	X*Y	Alfombra	0,300
Techo	X*Y	Revocado de Estuco	0,060

Una vez conocidos los valores de coeficiente de absorción de cada material por pared se procede a calcular el coeficiente de absorción promedio que está dado por la fórmula 5:

Ecuación 5

$$\text{Coeficiente de Absorción Promedio}$$
$$\bar{\alpha} = \alpha_1 + \frac{S_1}{S_T} + \alpha_2 + \frac{S_2}{S_T} + \dots + \alpha_n + \frac{S_n}{S_T} = \frac{1}{S_T} \sum_{i=1}^{i=n} (\alpha_i * S_i)$$

Reemplazando los valores en la formula se obtiene:

$$\bar{\alpha} = \frac{0,03 * 29,89 + 0,03 * 29,89 + 0,03 * 65,06 + 0,03 * 65,06 + 0,30 * 201,04 + 0,06 * 201,04}{591,98}$$
$$\bar{\alpha} = 0,13$$

Posterior a obtener la superficie total y el coeficiente de absorción promedio se requiere obtener la constante de la sala “R” dada por la fórmula 6.

Ecuación 6

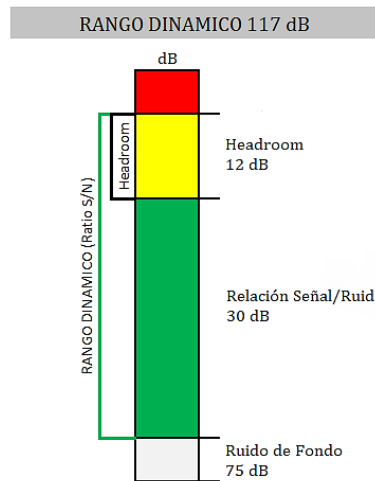
$$\text{Constante de Sala}$$
$$R = \frac{S_t * \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$$

Reemplazando los valores en la formula se obtiene

$$R = \frac{591,98 * 0,13}{1 - 0,13}$$
$$R = 89,93$$

Una vez conseguidos los valores anteriores se determina el nivel de refuerzo sonoro necesario “L_{RSN}” para tal efecto se procedió a realizar los cálculos de rango dinámico, en el cual se contempla un ruido de fondo que es el ruido externo o interno generado por fuentes no deseadas, en este caso la medición nos dio un parámetro de ruido de fondo de 75dB a los cuales les sumamos 30dB de relación señal-ruido, puesto que este nivel aleja lo suficiente a la señal del ruido de fondo y de este modo no tenga intercepciones y 12dB más para tener

un *headroom* amplio ya que se cuenta con grupo en vivo, por tal motivo la suma lineal indica que se requiere 117dB para la sala.



*Ilustración 50. Nivel de refuerzo sonoro necesario o L_{RSN} para la congregación “Abba Padre”
Fuente: Elaboración propia*

Como parte de un buen diseño, y teniendo en cuenta que una sola propuesta conduciría a la congregación en dirección de un solo proveedor, se definió entregar tres propuestas, contemplando las mismas necesidades (nivel de presión sonora, cobertura homogénea del rango de frecuencias y finalmente estética), pero en diferentes marcas y modelos para que la congregación elija la propuesta de su mayor agrado.

En base al espacio es recomendable usar un sistema de directividad constante ya que como se pudo apreciar en el plano el espacio no es de dimensiones extraordinarias tampoco se recomienda el uso de sistemas de arreglo lineal ya que como se mencionó antes no tienen espacio suficiente para desarrollarse ni tampoco se requiere un sistema de tal magnitud.

Por los motivos expuestos y basados en una revisión exhaustiva entre los posibles sistemas de las marcas, Meyer, Adammson, Nexo, DyB, Electro Voice, db technologies, jbl, das, RCF y QSC, se llegó a la conclusión de tres posibles soluciones para el diseño las cuales son QSC, Yamaha, y db technologies (Anexo 4), las razones por las cuales se escogió

estas marcas es porque tienen en principio una gran potencia en sistemas muy compactos y nos brindan una gran calidad y durabilidad además de tener proveedores verificados para el territorio de Bolivia y se encuentran en la ciudad de La Paz – Bolivia, lo que hace que el proyecto sea viable. Y en otros casos fueron descartados por no contar con los archivos “gll” los cuales ayudan a realizar los cálculos en el programa Ease Focus 3, por lo tanto, no se podría comparar de manera efectiva con los otros sistemas.

4.2.1.1. Propuesta 1: QSC K12.2. Para el primer sistema se eligió la marca QSC con las siguientes características.

Tabla 7. Especificaciones sistema QSC

ESPECIFICACIONES	
Marca	QSC
Modelo	K12.2
SPL_{MAX}	132 dB
Cobertura HxV	75°x75°

Después de haber obtenido las características generales, se pasa a obtener la directividad de este altavoz mediante la fórmula 7:

Ecuación 7

$$Q = \frac{\text{Directividad}}{180} \frac{180}{\arcsin \left[\left(\sin \frac{\theta}{2} \right) * \left(\sin \frac{\vartheta}{2} \right) \right]}$$

Se reemplazan los datos para obtener el Q de este altavoz

$$Q = \frac{180}{\arcsin \left[\left(\sin \frac{75}{2} \right) * \left(\sin \frac{75}{2} \right) \right]}$$

$$Q = 8,28$$

Ahora se realizará el cálculo para obtener la distancia crítica dada por la ecuación 8:

Ecuación 8

$$\text{Distancia Crítica}$$
$$Dc = 0,141 * \sqrt{Q * R}$$

Despejando las variables se obtiene:

$$Dc = 0,141 * \sqrt{8,28 * 89,93}$$
$$Dc = 3,85m$$

Posterior a este paso, calculamos el nivel de potencia que entrega el altavoz “Lw” mediante la fórmula 9:

Ecuación 9

$$\text{Potencia del altavoz en el recinto}$$
$$Lw = \mathbf{sens} - 10 * \log\left(\frac{Q}{4\pi * r^2} + \frac{4}{R}\right)$$

Obtenidos los datos se procede a realizar el cálculo:

$$Lw = 126 - 10 * \log\left(\frac{8,28}{4\pi * 1^2} + \frac{4}{89,93}\right)$$
$$Lw = 127,53$$

Bien, como paso final se puede realizar el cálculo para conocer cuántas fuentes o altavoces de este modelo se requiere para este recinto, esto mediante la fórmula 10:

Ecuación 10

$$\text{Fuentes Necesarias (n)}$$
$$L_{RSN} = Lw + 10 * \log\left(\frac{Q}{4\pi * r^2} + \frac{4}{R}\right) + 10 * \log(n)$$

Reemplazando los datos en la formula se obtendrá:

$$117 = 127,53 + 10 * \log\left(\frac{8,28}{4\pi * 20,92^2} + \frac{4}{89,93}\right) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 127,53 + 10 * \log\left(\frac{8,28}{4\pi * 20,92^2} + \frac{4}{89,93}\right) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 127,53 + 10 * \log(0,046) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 127,53 + (-13,37) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 114,16 + 10 * \log(n)$$

$$117 - 114,53 = 10 * \log(n)$$

$$\frac{2,84}{10} = \log(n)$$

$$10^{0,284} = (n)$$

$$(n) = 1,92$$

∴ = 2 altavoces

4.2.1.2. Propuesta 2: Yamaha DSR112. Para el segundo sistema se eligió el sistema de la marca Yamaha con las siguientes características.

Tabla 8. Especificaciones sistema Yamaha

ESPECIFICACIONES	
Marca	Yamaha
Modelo	DSR112
SPL_{MAX}	134 dB
Cobertura HxV	90°x60°

Posteriormente a obtener las características generales, se pasa a obtener la directividad de este altavoz mediante la fórmula 7:

Se reemplazan los datos para obtener el Q de este altavoz

$$Q = \frac{180}{\arcsin \left[\left(\sin \frac{90}{2} \right) * \left(\sin \frac{60}{2} \right) \right]}$$

$$Q = 8,69$$

Ahora se realizará el cálculo para obtener la distancia critica dada por la ecuación 8:

Despejando las variables se obtiene:

$$Dc = 0,141 * \sqrt{8,69 * 89,93}$$

$$Dc = 3,94m$$

Posterior a este paso se calcula el nivel de potencia que entrega el altavoz “Lw” mediante la fórmula 9:

Obtenidos los datos se procede a realizar el cálculo:

$$Lw = 128 - 10 * \log \left(\frac{8,69}{4\pi * 1^2} + \frac{4}{89,93} \right)$$

$$Lw = 129,33$$

Bien como paso final podemos realizar el cálculo para conocer cuántas fuentes o altavoces de este modelo requerimos para este recinto, esto mediante la fórmula 10:

Reemplazando los datos en la formula se obtendrá:

$$117 = 129,33 + 10 * \log \left(\frac{8,69}{4\pi * 20,92^2} + \frac{4}{89,93} \right) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 129,33 + 10 * \log \left(\frac{8,69}{4\pi * 20,92^2} + \frac{4}{89,93} \right) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 129,33 + 10 * \log(0,046) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 129,33 + (-13,37) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 115,96 + 10 * \log(n)$$

$$117 - 115,96 = 10 * \log(n)$$

$$\frac{1,04}{10} = \log(n)$$

$$10^{0,104} = (n)$$

$$(n) = 1,27$$

∴ = 2 altavoces

4.2.1.3. Propuesta 3: db Technologies Vio X12. Para el tercer sistema se eligió la marca db Technologies con las siguientes características.

Tabla 9. Especificaciones sistema db technologies

ESPECIFICACIONES	
Marca	db Technologies
Modelo	Vio X12
SPL_{MAX}	132 dB
Cobertura HxV	60°x40°

Después de haber obtenido las características generales, se pasa a obtener la directividad de este altavoz mediante la fórmula 7:

Se reemplazan los datos para obtener el Q de este altavoz

$$Q = \frac{180}{\arcsin \left[\left(\sin \frac{60}{2} \right) * \left(\sin \frac{40}{2} \right) \right]}$$

$$Q = 18,28$$

Ahora se realizará el cálculo para obtener la distancia crítica dada por la ecuación:

Despejando las variables se obtiene:

$$Dc = 0,141 * \sqrt{18,28 * 89,93}$$

$$Dc = 5,72m$$

Posterior a este paso se calcula el nivel de potencia que entrega el altavoz “Lw” mediante la fórmula 9:

Obtenidos los datos se procede a realizar el cálculo:

$$Lw = 126 - 10 * \log\left(\frac{18,28}{4\pi * 1^2} + \frac{4}{89,93}\right)$$

$$Lw = 124,24$$

Bien, como paso final se puede realizar el cálculo para conocer cuántas fuentes o altavoces de este modelo se requiere para este recinto, esto mediante la fórmula 10:

Reemplazando los datos en la formula se obtendrá:

$$117 = 124,24 + 10 * \log\left(\frac{18,28}{4\pi * 20,92^2} + \frac{4}{89,93}\right) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 124,24 + 10 * \log\left(\frac{18,28}{4\pi * 20,92^2} + \frac{4}{89,93}\right) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 124,24 + 10 * \log(0,048) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 124,24 + (-13,21) + 10 * \log(n)$$

$$117 = 111,04 + 10 * \log(n)$$

$$117 - 111,04 = 10 * \log(n)$$

$$\frac{5,96}{10} = \log(n)$$

$$10^{0,596} = (n)$$

$$(n) = 3,95$$

$$\therefore = 4 \text{ altavoces}$$

Como Parte final de la sub etapa A: equipamiento y notando que se requiere en la parte de nivel de presión sonora entre dos a cuatro altavoces, y que en la parte acústica recomienda que no haya una separación mayor a 6 metros entre altavoces, se decidió que, los altavoces serán repartidos en tres posiciones estratégicas, dos para el sistema principal denominados LR, los cuales serán los que soporten todo el requerimiento y al ser de menor tamaño pero

no potencia podrán cumplir con lo requerido mejorando la cobertura, disminuyendo la interacción con la sala y de igual manera mejorando la inteligibilidad, a este sistema lo acompañara un retardo que de igual manera serán dos altavoces, los cuales estarán encargados de mejorar la inteligibilidad en la segunda sección del espacio principal basados en el cálculo de distancia critica, este será denominado LRret, y por último se deberá posicionar dos altavoces como parte de un refuerzo externo (*outfill*), el cual en principio ayudara a brindar la inteligibilidad en el espacio secundario del salón y también mejorara el efecto de precedencia de la fuente, todos estos sistemas en conjunto lograrán los requisitos de nivel de presión sonora y respuesta en frecuencia homogénea en toda la sala.

En cuanto a los sub bajos se refiere estos serán posicionados en un arreglo de sub bajos para mejorar la directividad de las frecuencias bajas, dichos bajos basados en las mediciones y en que las frecuencias a partir de 100Hz se comportan omnidireccionalmente no serán necesario obtener otro sistema de sub bajos ya que cumplen con los requisitos de nivel de presión sonora para el salón.

4.2.2. Sub etapa B: Instalación. Este apartado está dedicado al cómo debe estar instalado el sistema de sonido. aunque en el apartado anterior se concluyó que se propondrá tres sistemas, e independientemente del que sea elegido, todo el flujo de la señal desde que entra al micrófono hasta que sale por los altavoces será el mismo variando solo en el procesamiento de la señal.

Recordando la parte de diagnóstico en la que se mencionó que la mezcladora se encuentra en buen estado funcional, por lo tanto, se conservara en uso. Siguiendo el esquema anterior en primera instancia la consola recibirá todas las señales provenientes del escenario de todo el grupo y la voz por medio de un micrófono inalámbrico del Pastor, se mantendrá las dos

entradas estéreo para los retornos de los efectos. Luego de recibir las señales, la consola destinara mediante las salidas L-R la señal hacia el procesador, en esta parte es donde se realizará un cambio ya que la nueva configuración requiere un procesador con más canales de salida debido a que se determinó usar sistemas de retardo y una señal de refuerzo externo.

El nuevo procesador digital una vez que reciba la señal en sus entradas desde ahora denominadas L-R, deberá cumplir la función de dividir la señal y mandarla a través de la conexión de las salidas 1-2 a los altavoces LR principales por los canales 3-4 se realizara él envió de señal a los sistemas de retardo LRret, posteriormente se realizara un envió de señales a los sistemas de *outfill* por medio de las salidas 5-6 y finalmente se deberá conectar la salida número 7 a los sub centrales Nexu NEX618A y la salida 8 a los sub externos Peavey PV118, cabe recalcar que la señal atravesara directamente del procesador a la mayoría de los altavoces ya que son auto amplificados, los únicos que serán alimentados mediante un amplificador serán los sub bajos Peavey PV118.

En el caso del ecualizador gráfico que se encontraba en desuso, se lo transferirá a las primeras mezclas de monitoreo vale decir a las salidas auxiliares 1-2 de la consola.

El procesador de efectos de la marca Behringer seguirá cumpliendo su función ya que no interfiere de ninguna manera con el sistema principal.

Todo lo anteriormente explicado se detalla en el siguiente gráfico de flujo de señales en la ilustración 51.

4.2.2.1. Diagrama del flujo de la señal de la nueva configuración

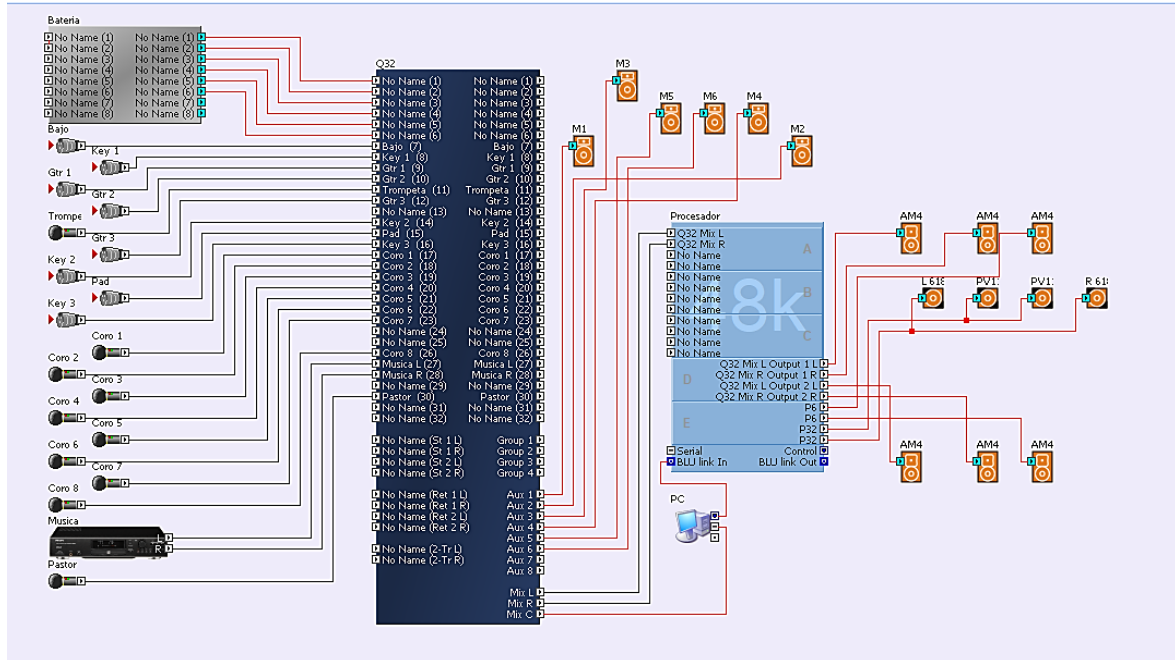


Ilustración 51. Flujo de la señal de la cadena electroacústica de la congregación "Abba Padre".
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Instalación del sistema. Como penúltima parte de la instalación se realizó el cálculo para la ubicación del sistema a implementar, para lo cual se realizó los cálculos geométricos y trigonométricos basados ya en los resultados dados y las bases del diseño, en primera instancia se definió la distancia X_A de 6 metros para la separación de altavoces y distancia al último escucha dentro de su distancia crítica, del mismo modo se usó el punto central para que sea utilizado como cruce acústico de las fuentes LR la cual midiendo el espacio nos da 2,5 metros siendo denominada como Y_A , y por último la altura Z_A que será la altura de instalación del altavoz, para corroborar los datos se utilizó la primera hoja del calculador RAC en el cual siguiendo las formulas, nos brinda los siguientes parámetros,

Primero se debe conocer la diagonal (hipotenusa) creada por los dos puntos dados en el plano para su inclinación horizontal del altavoz dado por la fórmula 11:

Ecuación 11

$$\text{Pitágoras}$$
$$c^2 = a^2 + b^2$$

Determinando así la hipotenusa:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$c = \sqrt{6,5^2 + 2,5^2}$$

$$c = 6,69m$$

Posteriormente calculamos por medio de la ley de senos la inclinación de los altavoces, dada por la ecuación 12:

Ecuación 12

$$\text{Ley de Senos}$$
$$\frac{A}{\text{sen } a} = \frac{B}{\text{sen } b} = \frac{C}{\text{sen } c}$$

Se procede a calcular la inclinación horizontal del altavoz:

$$\frac{B}{\text{sen } b} = \frac{C}{\text{sen } c}$$

$$\frac{2,5}{\text{sen } b} = \frac{6,69}{\text{sen } 90}$$

$$b = 21^\circ$$

Del mismo modo se procede a calcular la inclinación del altavoz sobre el eje vertical mediante las mismas ecuaciones. Obteniendo así la hipotenusa descontando 1,2m que es la altura a la que se encuentra un oyente sentado.

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$c = \sqrt{(6,5 - 1,2)^2 + 2,5^2}$$

$$c = 5,86m$$

Posteriormente calculamos por medio de la ley de senos la inclinación vertical de los altavoces.

$$\frac{A}{\text{sen } a} = \frac{C}{\text{sen } c}$$
$$\frac{2,5}{\text{sen } b} = \frac{5,86}{\text{sen } 90}$$
$$a = 20^\circ$$

4.2.4. Procesamiento de la señal. En cuanto a procesamiento se refiere en el salón de la congregación se cuenta con un procesador dbx de la marca dbx de la serie Pa+ el cual ya no cumple con los requisitos por tal motivo se decidió reemplazarlo.

Al plantear un sistema principal LR con refuerzo externo y retardo, se llegó a la conclusión que se requiere un sistema que brinde dos entradas y ocho salidas como mínimo, tomando en cuenta que el sistema tendrá un sistema principal que estará configurado en rango completo más sub bajos, los cuales ocuparan las primeras dos salidas y las últimas dos, dejando así las otras cuatro para la configuración de los sub sistemas, para lo cual se requiere controladores de arquitectura abierta. Entendiendo por arquitectura abierta a que sean configurables desde las entradas hasta salidas dejando al usuario final el tipo de configuración, la ventaja de tener procesadores de esta característica es que se pueden configurar previamente en base a los cálculos y las predicciones realizadas, de este modo será mucho más fácil la instalación sin la necesidad de invertir muchas horas de calibración.

Precautelando siempre el costo/beneficio de la congregación y sin dejar de lado los requisitos mínimos se recomienda los siguientes procesadores en orden de importancia.

4.2.4.1. Procesador de audio digital Marani. Procesador cuatro por ocho dicho procesador brinda los dos canales de entrada y ocho canales de salida, se eligió este

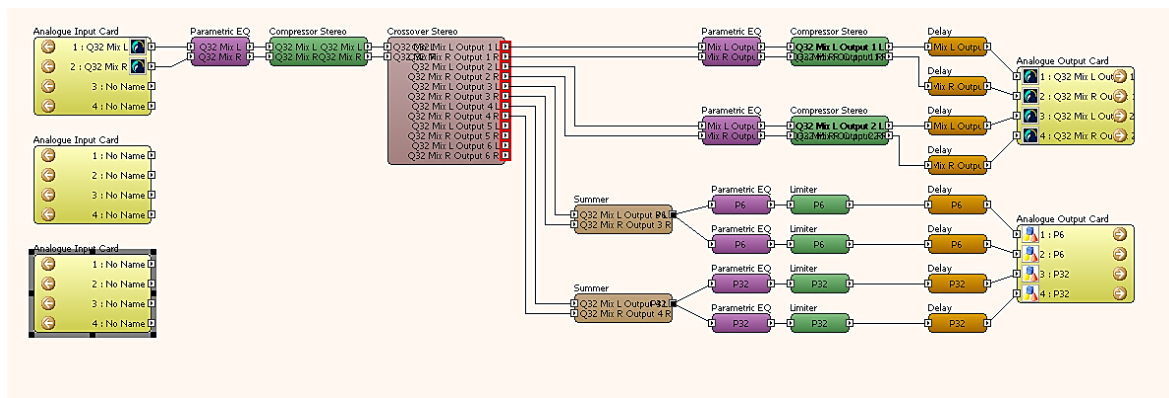
procesador por las ventajas que ofrece como ser, seis ecualizadores paramétricos, además de contar con compuertas de ruido y limitadores por cada canal de salida, del mismo modo ofrece un programa de edición por computadora sin la necesidad de estar conectado a dicho procesador (*Mode Offline*), de este modo se puede configurar todo el proceso y guardarlo o almacenarlos en un lugar digital hasta su compra y posterior implementación.

4.2.4.2. Procesador de audio digital BSS. Este es un procesador modular, se refiere a modular por el hecho de tener 16 canales configurables al requerimiento del usuario es decir que, se puede configurar dos canales de entrada por catorce de salida u obtener ocho canales de entrada por ocho canales de salida, este es uno de los mejores procesadores que se podría recomendar, si bien brinda todas las necesidades de tener dos entradas y ocho salidas, está hasta el último, no por tener menor calidad, sino, por tener un elevado monto económico para su adquisición, de igual manera brinda todo el soporte para poder crear las escenas en modo *offline* guardarlas en un método digital y cargarlas una vez se cuente con el procesador instalado.

El siguiente esquema muestra una configuración recomendada para el sistema, siempre dejando abierta la opción de cambio.

4.2.4.3. Pre configuración del procesador. En esta configuración se puede observar claramente (Ilustración 52) cómo será el flujo interno de la señal en el procesador independiente de la marca o modelo, una vez ingresada la señal se dirige a un ecualizador gráfico, posteriormente pasa por un compresor y al divisor de señales para filtrar la frecuencias medias-agudas de las frecuencias bajas, pasado este proceso se dirige a las salidas 1-2 pasando por un ecualizador estéreo, un compresor estéreo y finalmente un retardo, del mismo modo ídem a las salidas 1-2 se comportara en las salidas 3-4, los cambios

se observan en las salidas 5-6 las cuales se usaran para las señales de *outfill* por lo tanto tienen una configuración inicial de suma y el resto de los procesos es individual o mono, por último se encuentran las salidas 7-8 las cuales del mismo modo tienen un sumador a la salida para recibir las señales posteriormente el proceso se realiza independientemente para poder realizar un arreglo de sub bajos.



*Ilustración 52. Pre configuración del sistema
Fuente: Elaboración propia*

4.2.5. Sub etapa C: Funcionamiento. Como parte final del diseño se procedió a realizar las emulaciones en el programa de predicción acústica Ease Focus 3, de este modo se podrá apreciar visualmente el comportamiento del sistema antes de la instalación, una ventaja adicional que ofrece, es que, se podrá comparar efectivamente entre los sistemas propuestos, ya que estarán en una misma vista.

Cabe aclarar que para tener mayor objetividad sobre el comportamiento del sistema se analiza en las frecuencias de 500Hz ya que es una frecuencia que por la interacción con el recinto genera mayor presión, 1kHz por ser la señal de prueba por excelencia para los sistemas en laboratorios a nivel mundial, y 4kHz por ser la frecuencia que aporta en la inteligibilidad del sistema de refuerzo sonoro.

4.2.5.1. Propuesta 1, QSC K12.2. Posteriormente a realizar todos los cálculos correspondientes se pasó a la parte de comprobación y proyección mediante el programa Ease Focus 3. el cual nos brinda una referencia visual del comportamiento del sistema.

4.2.5.2. Proyección a 4kHz

Vista Superior.

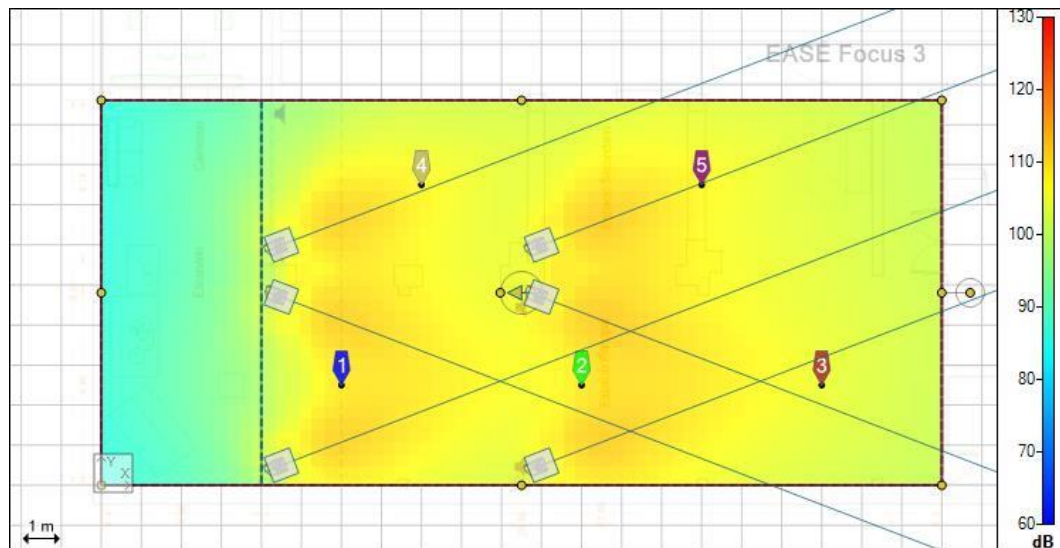


Ilustración 53. Proyección del sistema QSC a 4kHz. Vista Superior

Vista Lateral.

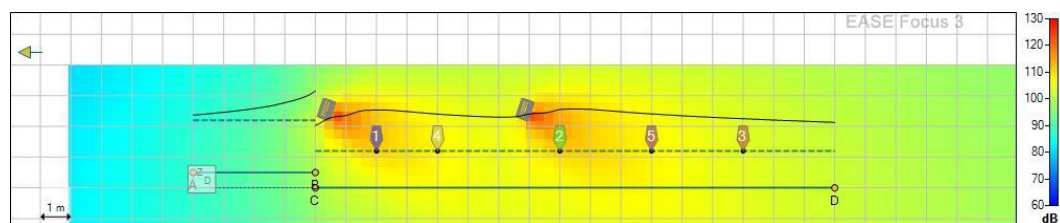


Ilustración 54. Proyección del sistema QSC a 4kHz. Vista Lateral

Apreciando las gráficas se puede evidenciar que se logró una cobertura más homogénea tanto en la presión sonora como en la frecuencia escogida.

4.2.5.3. Proyección a 1kHz

Vista superior

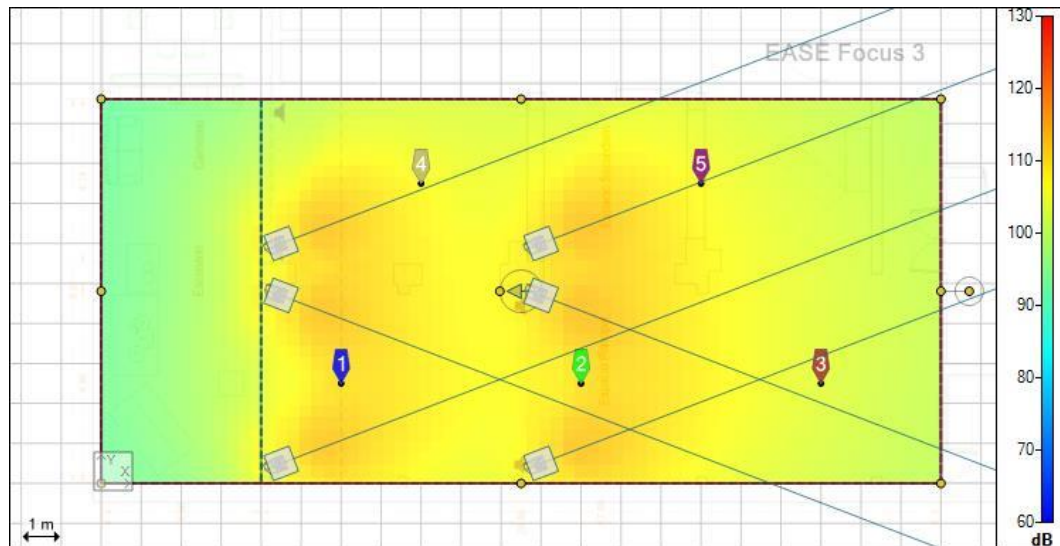


Ilustración 55. Proyección del sistema QSC a 1kHz: Vista Superior

Vista lateral.

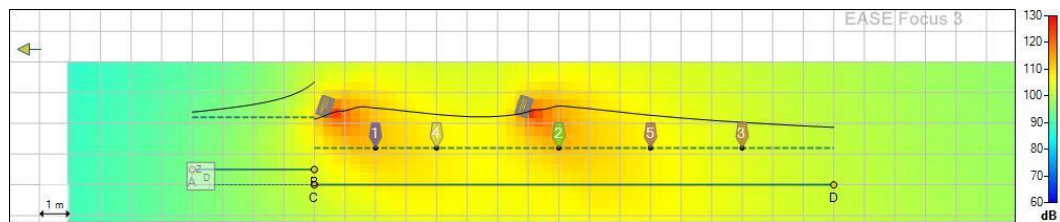


Ilustración 56. Proyección del sistema QSC a 1kHz: Vista Lateral

Del mismo modo en esta grafica se puede apreciar que se logró una cobertura más homogénea tanto en la presión sonora como en la frecuencia escogida.

4.2.5.4. Proyección a 500Hz

Vista Superior.

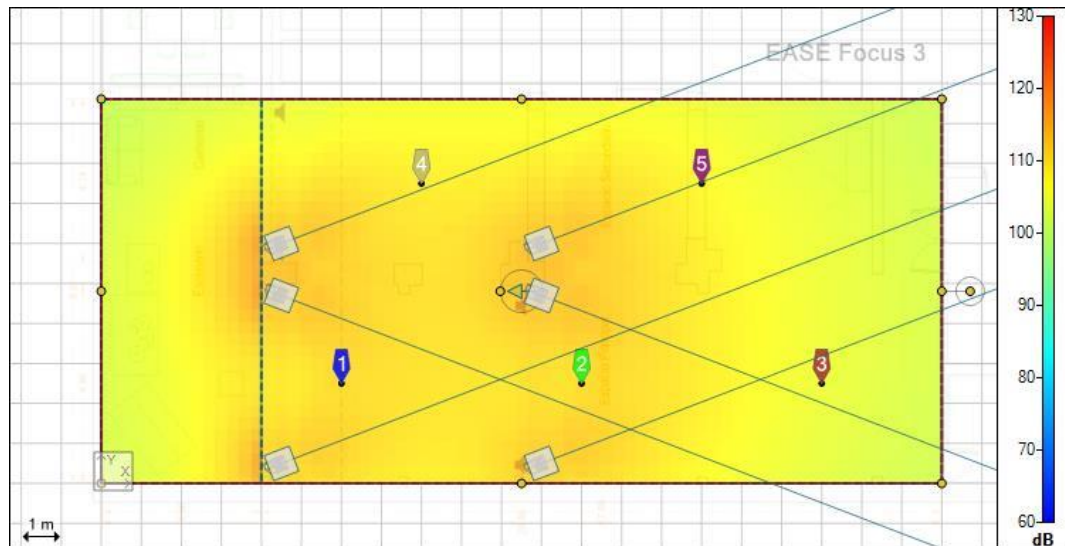


Ilustración 57. Proyección del sistema QSC a 500Hz Vista Superior

Vista Lateral.

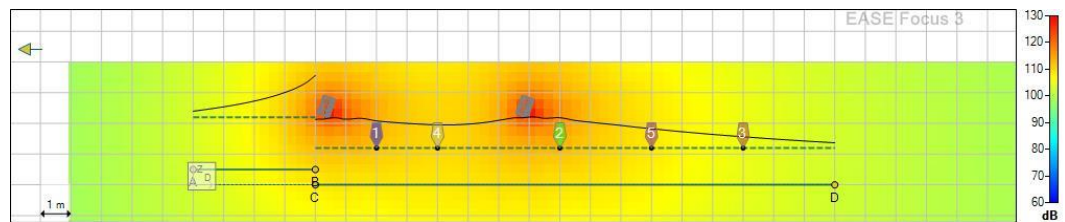


Ilustración 58. Proyección del sistema QSC a 500Hz Vista Lateral

Se puede apreciar que la frecuencia genera un esparcimiento homogéneo sin generar mayores picos en la frecuencia de 500Hz.

Por último, se puede observar una comparación de la respuesta de frecuencia de cinco puntos ubicados en el recinto, en dicho gráfico (Ilustración 59) se puede observar claramente que el sistema cumple con la condición de no superar la variación de ± 6 dB. Llegando a un promedio de 123dB.

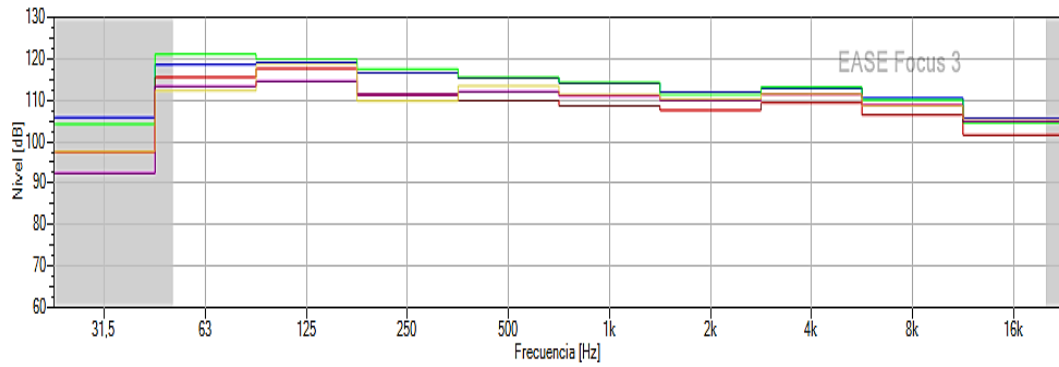


Ilustración 59. Respuesta de frecuencia comparativa en 5 puntos de la sala.



Identificación de micrófonos según su posición.

4.2.5.5. Propuesta 2, Yamaha DSR112

4.2.5.6. **Proyección a 4kHz.** Del mismo modo se procedió a realizar las proyecciones para el sistema Yamaha, en los cuales se obtuvo los siguientes resultados.

Vista Superior.

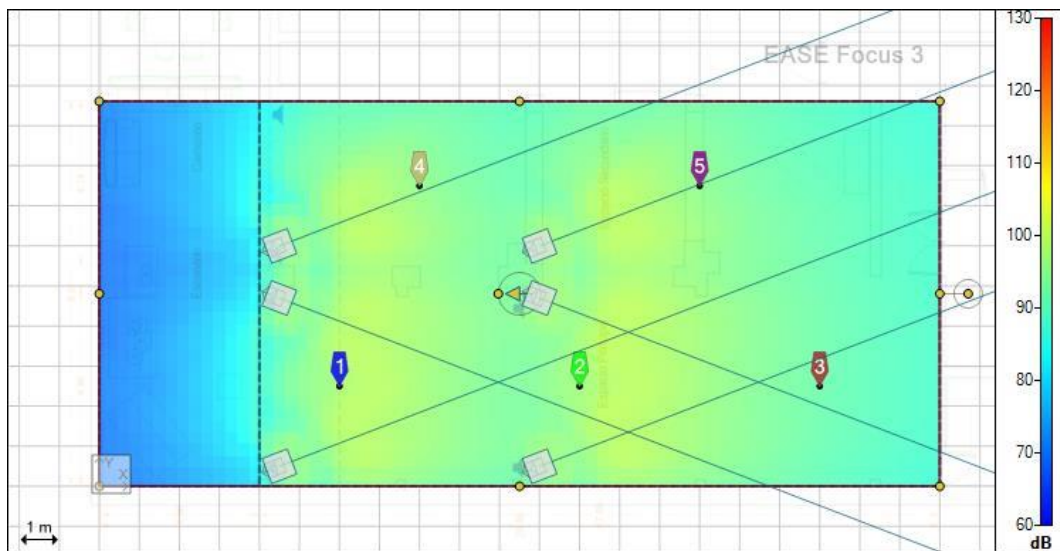


Ilustración 60. Proyección del sistema Yamaha a 4kHz. Vista Superior

Vista Lateral.

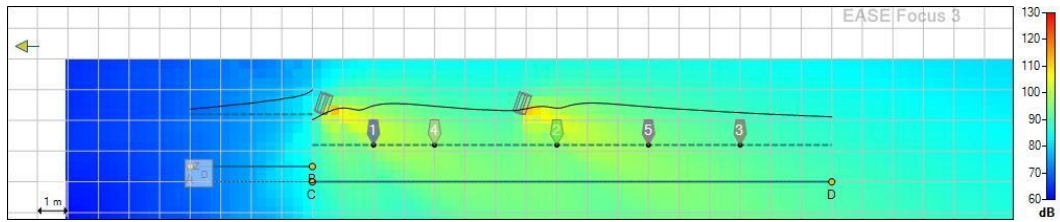


Ilustración 61. Proyección del sistema Yamaha a 1kHz Vista Lateral

Mediante las gráficas se puede apreciar que se logró una cobertura homogénea tanto en la presión sonora como en la frecuencia escogida.

4.2.5.7. Proyección a 1kHz

Vista superior

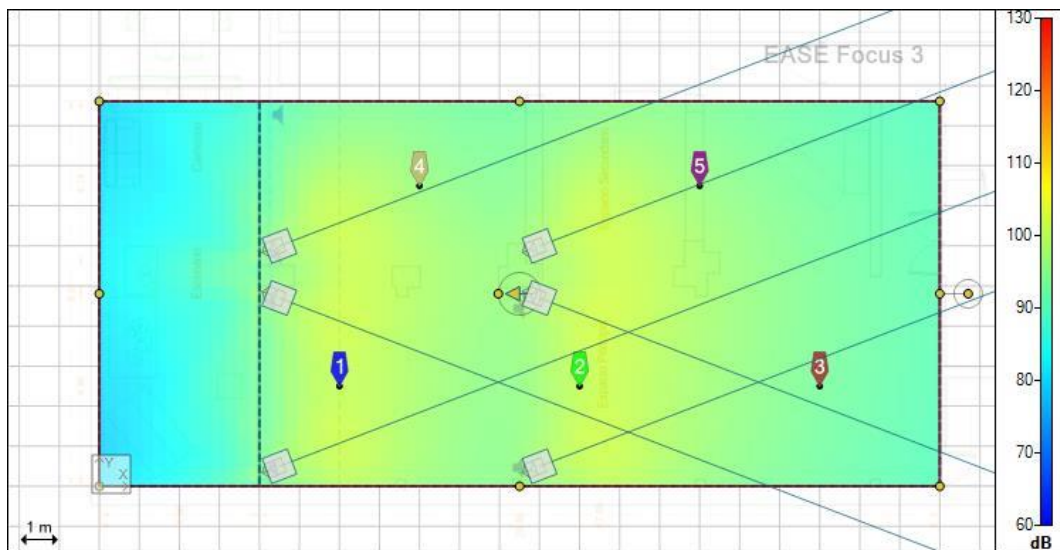


Ilustración 62. Proyección del sistema Yamaha a 1kHz Vista Superior

Vista lateral.

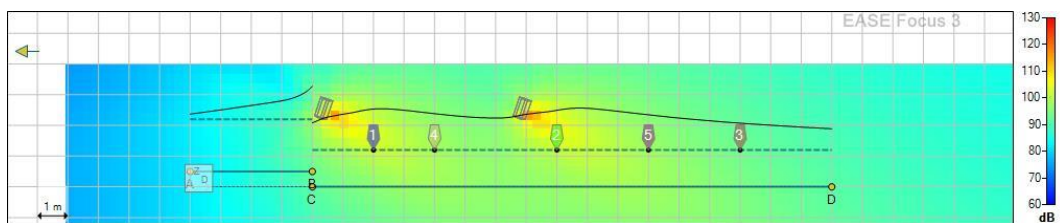


Ilustración 63. Proyección del sistema Yamaha a 1kHz Vista Lateral

Del mismo modo en esta grafica se puede apreciar que se logró una cobertura más homogénea tanto en la presión sonora como en la frecuencia escogida.

4.2.5.8. Proyección a 500Hz

Vista Superior.

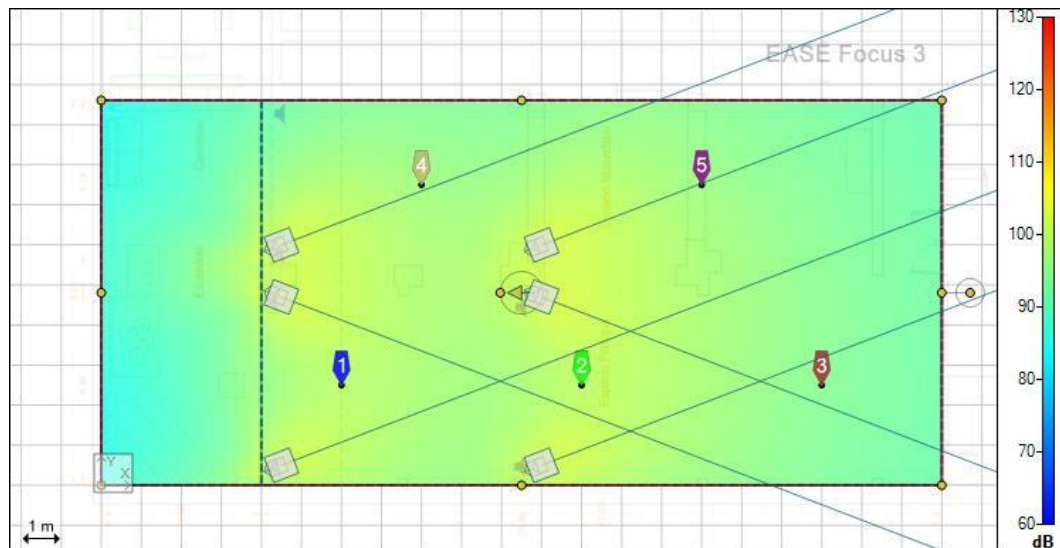


Ilustración 64. Proyección del sistema Yamaha a 500Hz Vista Superior

Vista Lateral.

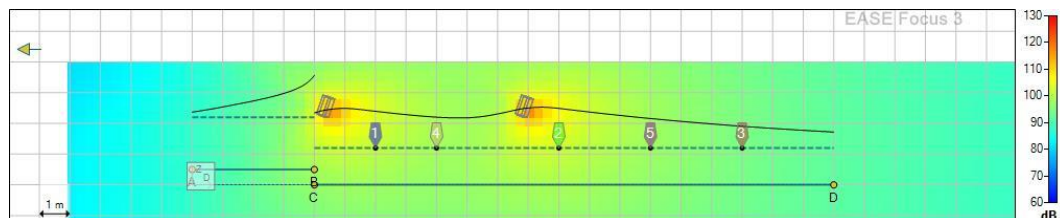


Ilustración 65. Proyección del sistema Yamaha a 500Hz Vista Lateral

Del mismo modo se puede apreciar que la frecuencia de 500Hz genera un esparcimiento homogéneo sin generar mayores picos.

Por último, se puede apreciar una comparación de cinco puntos ubicados para obtener la respuesta de frecuencia del sistema, en dicho grafico (Ilustración 66) se observa claramente que el sistema cumple con la condición de no superar la variación de ± 6 dB. Sin embargo se

puede apreciar una variación de nivel de presión sonora en comparación con el anterior sistema descrito en la propuesta 1, entregando solamente 114dB.

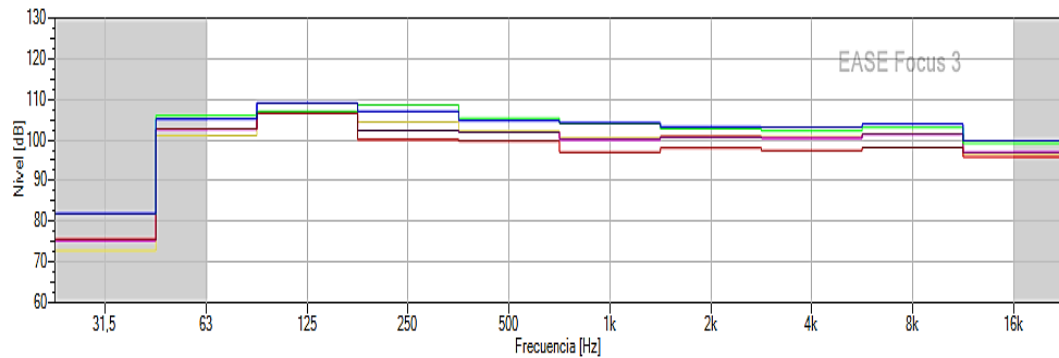


Ilustración 66. Respuesta de frecuencia comparativa en 5 puntos de la sala.



Identificación de los micrófonos por posición.

4.2.5.9. Propuesta 3, db Technologies VioX12

4.2.5.10. **Proyección a 4kHz.** Como última propuesta se realizó las proyecciones para el sistema de db Technologies, las gráficas siguientes explican su funcionamiento.

Vista Superior.

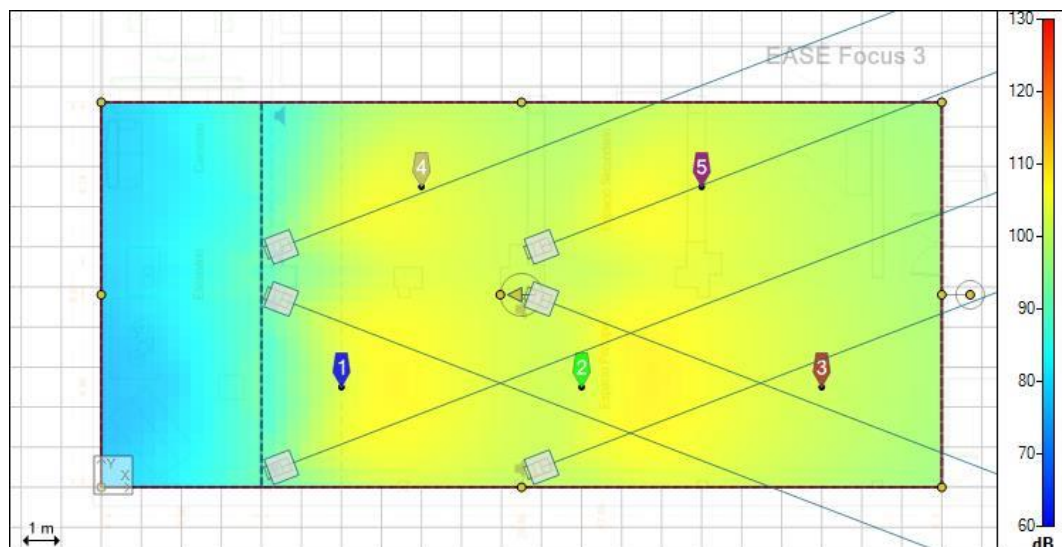


Ilustración 67. Proyección del sistema db Technologies a 4kHz Vista Superior

Vista Lateral.

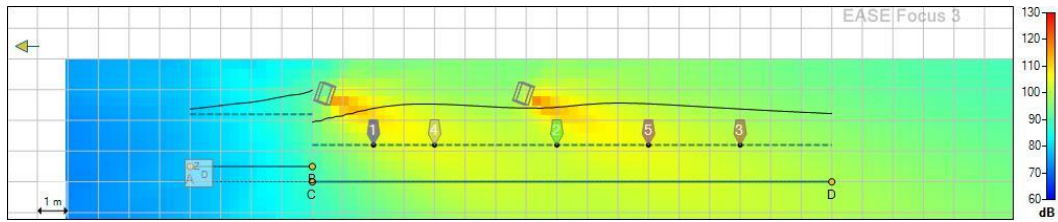


Ilustración 68. Proyección del sistema db Technologies a 4kHz Vista Lateral

Mediante las gráficas se puede apreciar que se logró una cobertura homogénea similar al de las otras dos propuestas tanto en la presión sonora como en la frecuencia escogida.

4.2.5.11. Proyección a 1kHz

Vista superior

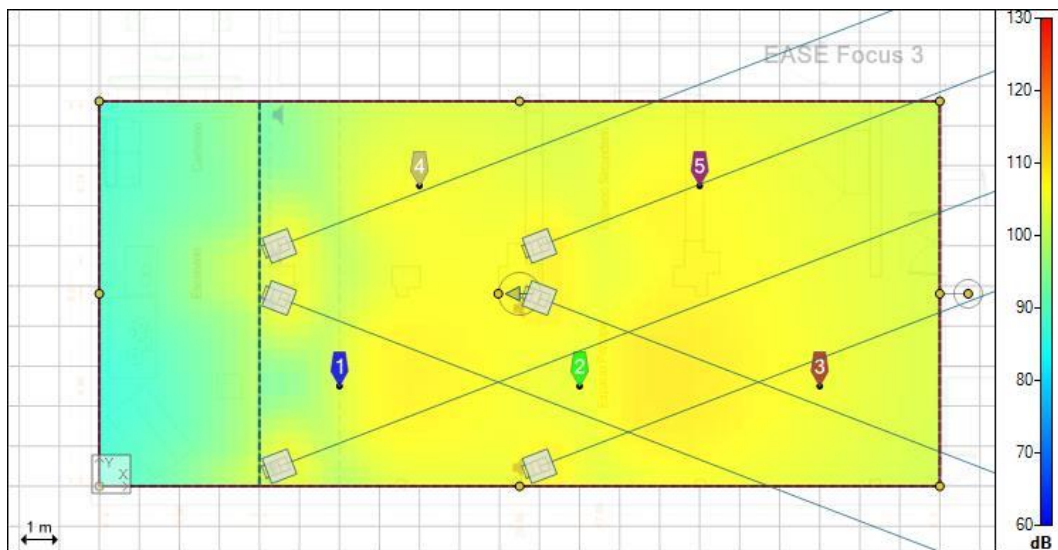


Ilustración 69. Proyección del sistema db Technologies a 1kHz Vista Superior

Vista lateral.

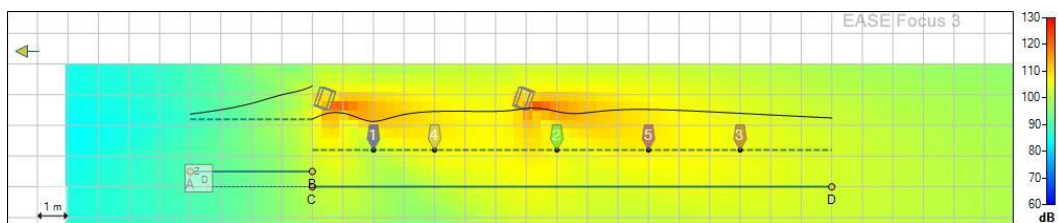


Ilustración 70. Proyección del sistema db Technologies a 1kHz Vista Lateral

Similar a los anteriores sistemas se obtuvo una cobertura homogénea a 1kHz.

4.2.5.12. Proyección a 500Hz

Vista Superior.

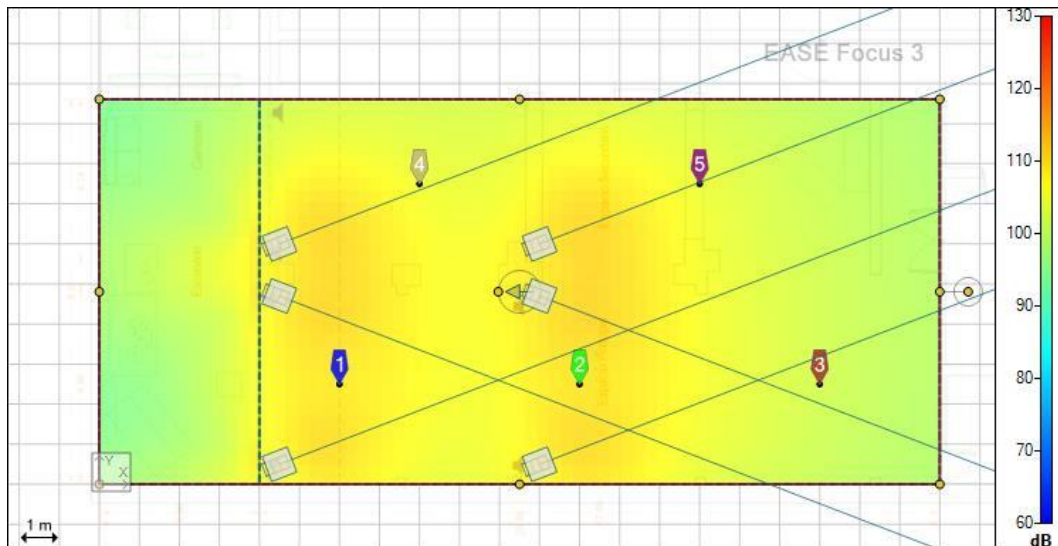


Ilustración 71. Proyección del sistema db Technologies a 500Hz Vista Superior

Vista Lateral.

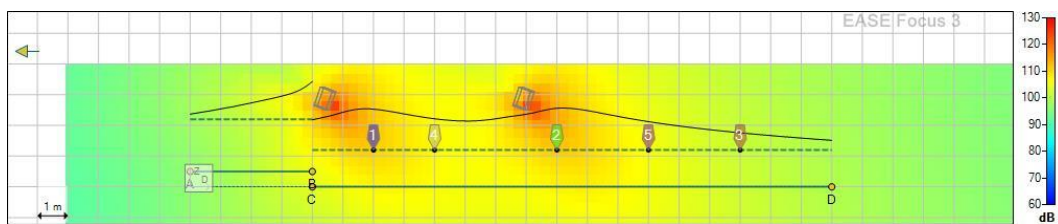


Ilustración 72. Proyección del sistema db Technologies a 500Hz Vista Lateral

Muy similar a las otras dos opciones se ve una cobertura homogénea sin generar picos que pudiesen molestar a la audiencia.

Por último, se puede apreciar una comparación entre los puntos de medición proyectada del espectro, en dicho gráfico (Ilustración 73) se ve claramente que el sistema de igual manera cumple con la condición de no superar la variación de ± 6 dB. Como dato importante lo que se aprecia es una variación favorable en comparación con sistema de Yamaha, y similar a la potencia desarrollada con el sistema de QSC con 123dB.

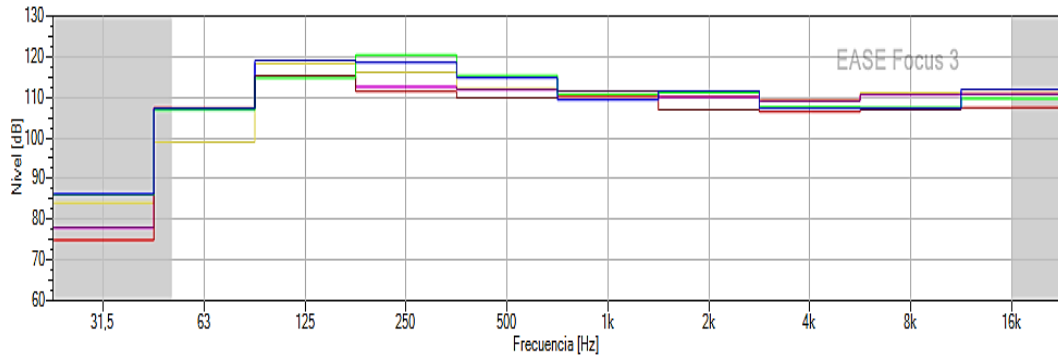


Ilustración 73. Respuesta de frecuencia comparativa en 5 puntos de la sala.



Identificación de los micrófonos por posición.

4.2.6. Instalación del sistema. Una vez realizados los cálculos, haber escogido el sistema de altavoces, su ubicación, y configuración solo queda la instalación la cual puede realizarse en una sola fase o dividirse en tres.

4.2.6.1. Instalación en una parte. Si se opta por este tipo de instalación, los encargados de la congregación deberán hacer la compra de los equipos en su totalidad, lo cual implicará un gasto mayor al momento de la adquisición, los beneficios que se obtienen al realizar este tipo de instalación es que no existe el riesgo de que los modelos recomendados y las configuraciones realizadas varíen en el tiempo, así mismo se la puede realizar con la supervisión de un especialista hasta la conclusión del proyecto.

4.2.6.2. Instalación en tres partes. En este tipo de instalación el costo subjetivo será menor ya que el pago se lo realizará en partes al igual que la implementación.

Para esto se recomienda que la primera parte sea la compra del procesador y el sistema principal LR, realizando así todo el cableado necesario y dejando los puntos para cuando se realice la siguiente compra.

La siguiente fase consiste en comprar el sistema para los refuerzos externos de este modo completar la sección denominada espacio principal, al tener ya los puntos definidos y cableados solamente contraerá la responsabilidad de la instalación.

La última fase será la compra del sistema de retardo de igual manera al tener ya los puntos cableados solamente será la instalación y una vez contando con el procesador el tener que volver a configurar, si bien se tendrá que hacer una calibración final el sistema tendrá todas las posibilidades de éxito. Sin embargo, este modo tendría la complicación que, en un futuro, el personal a cargo no cuente con la disponibilidad para dar la continuidad al proyecto.

4.3. Presupuesto referencial

Una vez concluido el proyecto se plantea un presupuesto referencial en la tabla 10 en la cual se incluye la adquisición de los equipos y la mano de obra, los mencionados presupuestos se incluyen en el anexo 3 existiendo la posibilidad de variación en el tiempo.

Tabla 10. Presupuesto referencial para la adquisición del equipamiento

Propuesta	Costo Unit	Costo Total
Propuesta 1, QSC K12.2	Bs. 65352	
Instalación	Bs. 6535.2	
Total		Bs. 71887,2
Propuesta 2, Yamaha DSR112	Bs. 58633	
Instalación	Bs. 5863.3	
Total		Bs. 64496.3
Propuesta 3, db Technologies VioX12	Bs. 69889	
Instalación	Bs. 6988.9	
Total		Bs. 76877,9

CONCLUSIONES

En base a la elaboración del diagnóstico del sistema de refuerzo sonoro del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”, se logró plantear un sistema acorde a las necesidades de la institución, ya que se consideran aspectos estratégicos y técnicos para la ejecución del mismo los cuales pueden ser ejecutados a corto y mediano plazo.

Mediante la realización del proyecto se logró establecer un procedimiento para el relevamiento de datos relacionados con el funcionamiento del sistema de refuerzo sonoro en instituciones cristianas con capacidad de albergar hasta 200 personas, utilizando el procedimiento denominado el “ABC” del diagnóstico el cual presenta varias ventajas en su administración, como ser: establecimiento del flujo de señal, orden en las mediciones y el consecuente funcionamiento del sistema.

En la sub etapa “A” del diagnóstico, se pudo realizar un análisis con respecto a los equipos con los cuales cuenta la institución para poder dar un uso eficiente a algunos de ellos, ya que la etapa de diagnóstico no sólo permite plantear un nuevo sistema de refuerzo sonoro, sino que también permite identificar el uso inadecuado de equipos, equipos dañados y mal instalados con los cuales cuenta la institución.

Con respecto a la sub etapa “B” del diagnóstico, está plantea los procedimientos acerca de la instalación de todo el sistema de refuerzo sonoro desde un punto de vista sistemático y correcto.

En la sub etapa “C” del diagnóstico, se establecieron los medios para la realización de las mediciones tanto del espacio físico como del funcionamiento actual de dicho sistema de refuerzo sonoro y por tal motivo se pudo llegar a establecer los valores para el desarrollo del diseño final.

Con todos los datos recabados en la etapa del diagnóstico se logró establecer procedimientos que permitirán a futuros investigadores tanto en pre y posgrado realizar estudios similares en otras congregaciones con características similares.

En tanto, que la Etapa 2 correspondiente a la elaboración del Diseño de refuerzo sonoro, está plantea 3 sub etapas denominadas “ABC” del diseño, las cuales permiten secuenciar procedimientos enfocados a la ejecución del diseño en sí.

En este sentido en la Sub Etapa “A” perteneciente al diseño, se determinó las características principales como ser: datos de nivel de presión sonora y cantidad de altavoces requeridos para realizar la planificación del nuevo sistema a utilizar.

En tanto que en la Sub Etapa “B”, mediante el desarrollo del cálculo matemático se pudo establecer la ubicación del nuevo sistema de refuerzo sonoro propuesto asimismo se desarrolló la nueva configuración para la interconexión de todo el sistema.

En la sub etapa “C” del diseño, se corroboraron todos los cálculos realizados en la sub etapa previa, mediante el uso de proyecciones realizadas en el programa de simulación acústica Ease Focus 3, contrastando de esta manera los resultados propuestos desde el inicio de la elaboración del Diseño de Refuerzo Sonoro para el Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”.

De este modo se concluye que los objetivos planteados en este proyecto fueron alcanzados con éxito ya que se realizó un diseño para el nuevo sistema de refuerzo sonoro para el Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre” el cual permitirá una mejor interacción entre toda la congregación.

RECOMENDACIONES

En función a los resultados y las conclusiones, y en espera de que el documento sea útil para futuras investigaciones se plantean algunas recomendaciones.

Para las congregaciones cristianas:

Las congregaciones al ser instituciones que albergan una actividad destinada a fomentar valores ético – morales mediante la fe cristiana, éstas deberían contar con sistemas de refuerzos sonoros específicos ya que los sistemas de refuerzo sonoro permiten un canal de interacción muy fluido entre el Pastor – Grupo musical en vivo – Comunidad cristiana.

Para el Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”:

Contratar un personal fijo capacitado para la operación de todos estos equipos de refuerzo sonoro o en su defecto poder realizar un curso de capacitación para el actual operador, este punto es muy importante ya que depende en muchos casos que el equipo no sufra daños por mala manipulación.

Con respecto a la consola (Allen and Heath) si bien está funcionando correctamente, se recomienda realizar el cambio de la misma por una consola digital, para así optimizar las reuniones a través de escenas que se pueden guardar dentro de la consola y realizar un proceso más completo para los canales de entrada específicamente para los canales del grupo en vivo y enriquecer su presentación del mismo.

Asimismo, se recomienda realizar un mantenimiento a todo el equipamiento ya que esto permite alargar la vida útil de todo el equipo, lo que se traduce en menores gastos a futuro para la congregación.

Toda esta implementación la debe realizar un profesional en el área, vale decir, un ingeniero de sonido especialmente capacitado en la parte del refuerzo sonoro para evitar complicaciones o malos entendidos en la parte de implementación.

Para los investigadores:

El desarrollo de nuevos diseños, procedimientos, procesos y lineamientos relacionados al área de refuerzo sonoro, es un verdadero desafío para cualquier investigador apasionado. Para futuras investigaciones se recomienda estar actualizado tanto en aspectos técnicos (procesos y procedimientos), diagnóstico (equipamiento, instalación y funcionamiento) y diseño propiamente dicho. Asimismo, se recomienda ampliar el desarrollo de diseños enfocados al refuerzo sonoro.

Si bien el diseño planteado está desarrollado para Congregaciones Cristianas, no significa que no pueda aplicarse en otras instituciones como ser: centros de convenciones, salas de reuniones, otras instituciones religiosas entre otras. Esto sólo dependerá de la capacidad de describir, predecir, entender e influir del investigador.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- Ferrer, P. (2014). Configuración y ajuste de sistemas de sonido. ed. Altaria. España.
- Kuttruff, H. (2009). Room acoustics. ed. Spon Press. Inglaterra
- Miyara, F. (1999), Acústica y sistemas de sonido. ed. UNR Editora. Argentina.
- Recuero, M. (1999). Ingeniería acústica. ed. Paraninfo. España.

Libros Electrónicos

- Baena, G. (2017) Metodología de la investigación. ed. Patria. México.
- Borja, M. (2016). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Perú.
- Carrión, A. (1998). Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. ed. UPC. España.
- Davis, D. (2013). Sound system engineering. ed. Focal Press. Estados Unidos.
- Gould, J. (2008). Can't buy me love, Britain and America. ed. Three Rivers Press. Estados Unidos.
- Hernández, R. et. al. (2014). Metodología de la investigación. ed. McGraw Hill. México.
- McCarthy, B. (2007). Sistemas de sonido, Diseño y optimización. Reino Unido Editorial Elsevier.
- Ortiz, F. (2005). Metodología de la investigación. ed. Limusa Noriega, México, p.181.
- Pérez, J., Delgado, M. (s.f.). Altavoces. España.

Tesis y Proyectos de Grado

- Cando, C., Utreras, E. (2007). Tesis de Lic. en ingeniería en electrónica y telecomunicaciones. Escuela politécnica nacional. Estudio, planificación y diseño de sonorización del instituto geográfico militar. Ecuador.
- García, M. (2015). Tesis de Lic. en ingeniería de sonido. Universidad San Buenaventura. Diseño y construcción de un sistema de arreglo subwoofers cardioide activo con control digital de señal con el propósito de mejorar problemas modales en salas de escucha pequeñas. Colombia.
- García, M., Martínez, E. (2016). Tesis de Lic. en ingeniería de comunicaciones y electrónica. Instituto politécnico nacional. Aislamiento, acondicionamiento, y refuerzo sonoro del auditorio Telmex Universidad. México.
- Lobos, V. (2008). Tesis de Lic. en ingeniería acústica. Universidad Austral de Chile. Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt. Chile.

López, R. (2013). Tesis en Ing. De Audio y Sistemas. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica. Caracterización y optimización de un sistema de sonido profesional. España.

Reyes, R. (2019). Tesis de Lic. de ingeniería en sonido y acústica. Universidad de las Américas. Guía metodológica para el diseño y optimización de un sistema de sonido en vivo. Ecuador.

Salgado, S. (2013). Tesis de Lic. en ingeniería civil acústica. Universidad Austral de Chile. Diseño correctivo de acondicionamiento acústico para salas de clases del liceo b-67, de la comuna de Tucapel. Chile.

Sánchez de León, D. (2017). Proyecto de grado en Ingeniería de sonido e imagen. Escuela Técnica Superior de ingeniería y sistemas de telecomunicación. Diseño del sistema de audio de una sala de fiestas típicas. España.

Schmidt, J. (2015). Tesis en Ing. civil acústico. Universidad Austral de Chile. Predicción de las condiciones acústicas del proyecto de remodelación del salón de asambleas "El Trébol" y recomendaciones para su tratamiento. Chile.

Artículos

Abundis, F. (2013). El papel de las profesiones dentro de la dinámica de la vida social. México.

Casadevall, D. (s.f.). Introducción a la acústica.
<https://www.acusticaweb.com/articulos/articulos/acca/introducci-la-acca.html>.

Córdova, M. (s.f.). Tipos de investigación, predictiva, proyectiva, interactiva, confirmatoria y evaluativa.

Krieg, M. (2017, 9 mar). La fase y el filtro peine. Mija Krieg Blog.
<http://mijakrieg.blogspot.com/2017/03/la-fase-y-el-filtro-de-peine.html>

Soundgirls. (2020). Consideraciones para realizar un diseño de refuerzo sonoro.
<https://soundgirls.org/consideraciones-para-realizar-un-diseno-de-refuerzo-sonoro/>

Manuales

AFMG. (2020, 24 sep). Documentos. <https://focus.afmg.eu/index.php/documents.html>

Autodesk. (2013,). Autocad 2013.
https://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_aca_user_guide_spanish.pdf

Rational Acoustic. (2020, 24 sep). Documentación Smaart v7.
<https://www.rationalacoustics.com/support/800456-Smaart-v7-Documentation>

Videos

Andrés Millán. (2020, 24 mar). Mauricio “Magú” Ramírez (MEX) – Técnicas Modernas de Directividad Variable en “Arrays” de Subwoofers. [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=rwmIAj932t0&list=PLmWDdHY12uJK_r4v91pZRCX6u0Y8Vo9sC&index=9&t=62s

Audyson. (2020, 8 may). Diseño sin programas de predicción Caso práctico:Diseñando un estadio parte 1. [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=s-aDmRc3HfY&list=PLmWDdHY12uJK_r4v91pZRCX6u0Y8Vo9sC&index=2

Awesome acoustic. (2015, 27 sep). 07 Onda senoidal y suma de ondas (interferencia). [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=_ciH9pOnJYs

Meyer Sound en tu idioma. (2020, 24 mar). Mauricio "Magú" Ramírez 23 de marzo 2020 Meyer Soud. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=yOeec9ilfwE>

ANEXOS

ANEXO 1

Reporte Fotográfico Reuniones Habituales del Ministerio de Restauración Familiar “Abba Padre”



ANEXO 2

Reporte Fotográfico de las Mediciones




ANEXO 3


Cotizaciones de los Sistemas Propuestos

COT.0123/10/SM
La Paz, 20 de Octubre de 2020

Atención.
Alejandro Caba
Congregación “Abba Padre”
Presente.-
Ref.: COTIZACIÓN DE PARLANTES

ITEM	DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio Unitario Bs.-	Precio Final Bs.-
DSR112	<p>Modelo: DSR112 Marca: YAMAHA Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altavoz activo digital de 2 vías • Bocina de 12” y tweeter de titanio de 2” • Máximo nivel de salida 134dB SPL • Procesamiento de sonido digital de 48 bits de gran precisión • Procesamiento dinámico multibanda D-CONTOUR (contorno dinámico) • Amplificadores clase D de 1300W de última generación con alimentación de conmutador PFC • Exclusiva trompeta de guía de onda 90° x 60° CD • Sistema compacto y ligero (21,2kg) <p>Funciona como sistema de PA principal o monitor de suelo.</p>  <p>Link para mayor información: https://mx.yamaha.com/es/products/proaudio/speakers/dsr_series/index.html#product-tabs</p>	2	8.480.-	16.960.-



DXR12MKII	<p>Modelo: DXR12MKII Marca: YAMAHA Características:</p> <ul style="list-style-type: none">• El DXR12mkII es un altavoz de alta potencia extrema capaz de producir un SPL máximo de 134dB con sus impresionantes 1100W de potencia.• Es la solución perfecta para aplicaciones de sonido en vivo que requieren un ancho de banda amplio y un sonido de muy alta resolución.  <p>Link para mayor información: https://mx.yamaha.com/es/products/proaudio/speakers/dxr/index.html</p>	4	6.770.-	27.080.-
------------------	--	---	---------	----------

Total: 44,040.-**Son: Cuarenta y cuatro mil cuarenta 00/100 Bolivianos.****NOTA:**

- Cotización válida por 30 días.
- Tiempo de entrega, 15 días hábiles, a partir de confirmación de compra.
- Garantía de un año y cinco años de servicio técnico en nuestra central, Calle Claudio Aliaga esq. Gabriel R. Moreno, Bloque B17 San Miguel, La Paz.
- Forma de pago, vía transferencia bancaria, cuenta en bolivianos: **Banco Ganadero cuenta corriente 13-100-77652 a nombre de YAMASBOL S.R.L.**
- Todos los precios incluyen IVA.

Para más información visite nuestra página www.yamabol-srl.com, contáctese, info@yamabol-srl.com (instrumentos musicales) o proaudio@yamabol-srl.com (audio).
Agradecemos su interés sobre nuestros productos.

YAMABOL SRL



La Paz, 10 de octubre de 2020
HYLA GG-75/12

Señor(es):
Alejandro Caba
Congregación Abba Padre

Ref.: Sistemas de sonido a dos vías Vio X12 db Technologies.

A continuación presentamos las cotizaciones de los productos solicitados.

EQUIPO

Modelo	Cantidad	Descripción Técnica	Precio Unitario (US\$)	Precio Total (US\$)
DPA480	1	Controlador Digital 4 Entr/ 8 Salidas, con software	1.114,00	1.114,00
Vio X12	6	Bafle Vio-X 900W, 1X1/4 y 1X12", Negro	1.488,00	8.928,00
TOTAL				10.042,00

FORMA DE PAGO:

La venta del sistema de sonido será con el siguiente plan de pagos:

- Primer pago del 60% a la orden del pedido.
- Segundo pago del 40% a la entrega de los equipos de los equipos.

NOTA:

- Cotización válida por 30 días.
- Si el pago es en bolivianos se cotizará al tipo de cambio 6.96 Bs.
- El plazo de entrega de los equipos será de 45 días a partir del primer pago pero dependerá de la existencia en fábrica, de lo contrario se hará la orden de fabricación la cual llega a tardar hasta 95 días.
- Los equipos tienen garantía de un año sobre defectos de fábrica.
- Para cualquier información técnica específica, contáctese a nuestro mail: hyladistribuidores@gmail.com

Agradecemos su interés sobre nuestros productos.
Atentamente,

Ing. Javier Flores Núñez.
Gerente General
HYLA DISTRIBUIDORES

ANEXO 4

Ficha Técnica de los Sistemas Propuestos



Serie K.2 Altavoces auto-amplificados

Características

- El mejor desempeño de audio en su clase
- Módulo de amplificación Clase D de 2000 watts
- Valores predeterminados y escenas grabables/recuperables para aplicaciones comúnmente utilizadas
- Pantalla digital multifunción para el control y la selección de las funciones del altavoz, incluyendo el divisor de frecuencias, EQ, retardo y contorno de frecuencias
- Sintonización Intrinsic Correction™ y gestión de altavoces
- El diseño DMT (Directivity Matched Transition™) ofrece una excelente respuesta de potencia y un rendimiento constante en toda el área de escucha
- Su aspecto profesional y sofisticado lo hace ver estupendo en cualquier aplicación
- Gabinete resistente construido en ABS para mayor durabilidad y vida útil
- Instalación en posición de monitor de escenario o sistema principal
- Dos puertos de poste (estándar y con inclinación hacia abajo de 7,5 grados)
- Inserciones roscadas M10 para las aplicaciones suspendidas
- La cubierta de bloqueo opcional evita la manipulación no autorizada de los controles
- Información completa acerca de EASE y CAD disponible en línea
- 6 años de garantía*



K8.2 | K10.2 | K12.2

La Serie QSC K.2 representa el mejor altavoz en su clase para las exigencias actuales de los profesionales del audio. Con una combinación perfecta de diseño elegante, desempeño de audio superior, gran funcionalidad, manejo sencillo e intuitivo y la auténtica confiabilidad QSC, la Serie K.2 ofrece resultados extraordinarios a los usuarios de aplicaciones portátiles e instalaciones fijas.

Mejor procesamiento digital de señales y mayor potencia: El módulo de amplificación de 2000 watts ofrece una excelente potencia continua y de pico a los transductores de alta calidad. Se ha diseñado con un ventilador muy silencioso, que permite utilizar los gabinetes en entornos donde el ruido de fondo debe reducirse al mínimo. El procesamiento sutil, sofisticado y bien adaptado de la dinámica se ha diseñado con extremo cuidado para proteger a los altavoces de daños debidos al exceso de distorsión.

Valores Predeterminados: El usuario puede seleccionar de entre una amplia lista de contornos de EQ preestablecidos de fábrica que incluyen Live, Dance, Monitor y muchos más.

Escenas: Las escenas que se pueden guardar y recuperar, pueden almacenar información como EQ, Delay y ajustes de configuración de entrada personalizados.

Entradas: Un par de conectores combo XLR-F/TRS 1/4" balanceados con control de ganancia independiente. El primero está equipado con una entrada de nivel MIC/LINE seleccionable, mientras que el segundo ofrece una entrada de nivel HI-Z/LINE seleccionable, para instrumentos musicales. Ambas están conectadas directamente a un par de conectores XLR-M para que las señales se puedan conectar en cadena a otro dispositivo de audio. Se proporciona un jack de entrada TRS de 3.5 mm con control de ganancia independiente para la conexión de teléfonos inteligentes, computadoras y reproductores de MP3.

Salidas: Además de los dos XLR con salida directa de la señal de entrada, también se proporciona una salida de nivel de línea con la suma de todas las señales de entrada.

(Se puede instalar la cubierta de bloqueo opcional (K.2-LOC) para evitar la manipulación no autorizada de los ajustes)

Cobertura: El diseño DMT™ (Directivity Matched Transition) hace coincidir el ángulo de cobertura del woofer en la frecuencia de corte del divisor de frecuencias con el ángulo de cobertura de la bocina para una respuesta uniforme en el área de cobertura. También se emplean técnicas de Intrinsic Correction™, que garantizan una respuesta de potencia uniforme. El resultado es un altavoz muy preciso que actúa perfectamente en una amplia gama de espacios con poca o ninguna ecualización.

Diseño flexible: Cada modelo se construye a partir de una resistente caja de ABS de apariencia profesional y discreta, por lo que es perfecta para cualquier aplicación. Cada modelo se puede utilizar como monitor de escenario o sistema principal, y las asas ergonómicas y su resistente rejilla de acero revestida de hule espuma mejoran aún más el aspecto y funcionalidad generales. Los dos puertos permiten una inclinación de cero a 7.5 grados hacia abajo cuando se instalan en un poste. Esto permite una cobertura más uniforme a través de la zona de escucha y menos problemas ocasionados por los reflejos en la pared trasera. Para las aplicaciones suspendidas, se incluyen inserciones roscadas para armillas M10 más un punto de pullback para proporcionar ángulo de inclinación al gabinete. También se encuentra disponible un accesorio de montaje de estribo opcional para la instalación permanente en paredes y techos o para un montaje temporal en el entramado (requiere equipo de otro fabricante).

6 años de garantía: Sólida confiabilidad de QSC respaldada por una garantía global de 6 años*



WORLD of K

Especificaciones de la Serie K.2

	K8.2	K10.2	K12.2
Configuración:	Altavoz auto-amplificado multiusos de 2 vías		
Transductor LF (woofer):	Cono de 8" (203 mm)	Cono de 10" (254 mm)	Cono de 12" (305 mm)
Transductor HF:	Driver de compresión con diafragma de titanio de 1.4" (35,6 mm)		
Respuesta de frecuencia (-6 dB):	59 Hz - 20 kHz	56 Hz - 20 kHz	50 Hz - 20 kHz
Respuesta de frecuencia (-10 dB):	55 Hz - 20 kHz	50 Hz - 20 kHz	45 Hz - 20 kHz
Ángulo de cobertura nominal:	105° axisimétrico	90° axisimétrico	75° axisimétrico
Nivel de SPL (presión sonora máx.) nom. ¹ :	128 dB de potencia máxima	130 dB de potencia máxima	132 dB de potencia máxima
Amplificador:	Clase D Pico: 1800 W (LF), 225 W (HF)		
Refrigeración:	Ventilador silencioso de velocidad variable		
Controles:	Potencia 3 x nivel Selector rotatorio 2 x botones de selección		
Indicadores:	Pantalla LCD monocromática de 1.75" x 1" (45 mm x 25,4 mm) 2 x LED de encendido (delantero y trasero) 3 x LED de señal de entrada LED de selección de Entrada A MIC LED de selección de Entrada B HI-Z LED de limitador activado		
Conectores:	2 x entradas combo XLR-F/TRS de 1/4 pulgadas con seguro (MIC/Line y HI-Z/Line) 1 x TRS de 3.5 mm (entrada estéreo) 2 x XLR/M (salida directa de la señal de entrada) 1 x XLR/M (salida mezclada) 1 x conector de alimentación IEC con seguro		
Entrada de alimentación AC:	Fuente de alimentación universal 100 – 240 VAC, 50 – 60 Hz		
Consumo de energía AC a 1/8 de potencia:	100 VAC, 2.1 A • 120 VAC, 1.9 A • 230 VAC, 1.1 A		
Detalles del gabinete			
Materiales:	ABS resistente al impacto		
Puntos de suspensión:	2 x inserciones roscadas para armellas M10 más un punto de pullback integrado		
Color:	Negro (RAL 9011)		
Rejilla:	Acero calibre 18 con recubrimiento electrostático y con revestimiento interno de hule espuma		
Dimensiones (Al.xAn.xPr.):	17.7 x 11 x 10.6 in 449 x 280 x 269 mm	20.4 x 12.6 x 11.8 in 519 x 320 x 300 mm	23.7 x 14 x 13.8 in 602 x 356 x 350 mm
Peso neto:	12.2 kg (27 lbs)	14.5 kg (32 lbs)	17.7 kg (39 lbs)
Peso del envío:	14.4 kg (31.8 lbs)	17.6 kg (38.8 lbs)	21.7 kg (47.8 lbs)
Normativas:	CE, RAEE, UL, China RoHS, RoHS II, FCC Clase B		
Accesorios opcionales:	Bolsa K8 Tote, Cubierta para exteriores K8 Outdoor Cover M10 Kit-C, K.2 LOC (Cubierta de bloqueo) Estribo de montaje K8.2 Yoke	Bolsa K10 Tote, Cubierta para exteriores K10 Outdoor Cover M10 Kit-C, K.2 LOC (Cubierta de bloqueo) Estribo de montaje K10.2 Yoke	Bolsa K12 Tote, Cubierta para exteriores K12 Outdoor Cover M10 Kit-C, K.2 LOC (Cubierta de bloqueo) Estribo de montaje K12.2 Yoke

¹ La potencia máxima de SPL se mide dentro del eje a 1 m, con ruido rosa dinámico

* Con registro del producto en www.qsc.com Visita QSC.com para obtener la información completa.

Las especificaciones están sujetas a modificaciones sin previo aviso.

Powered Loudspeakers

DSR Series

DSR112 DSR115 DSR215



POWER PERFECTLY PROCESSED

The DSR Series represents the ultimate in Yamaha portable powered loudspeaker systems, delivering the highest output in their class with superior sound resolution —no matter how hard or how long you drive them. We combined decades of real-world experience with our cutting-edge digital and acoustic technologies applied in every stage of development to give you a powerful listening experience that redefines high-definition sound reinforcement. Housed in high-quality wooden enclosures, the DSR Series is the perfect tool for sound engineers, professional musicians, DJ's and entertainers who demand high definition sound, consistent reliability and serious power.

High-Efficiency 1500W Class-D Amplifiers

The DSR's highly efficient Class-D amplifier delivers the highest sound output in their class with 1500W of power, producing a remarkable SPL of up to 138dB while maintaining precise dynamics and high resolution sound.



Custom Designed Transducers

The DSR Series' high power output woofers are equipped with a best-in-class 3" voice coil magnet that delivers well-defined, solid bass with very low distortion, while the 2" precision compression drivers produce clear and accurate mids and high frequencies up to 20kHz.



Durable Wooden Cabinet with LINE-X® Coating

The exteriors feature a LINE-X® coating with extremely high damage resistance to protect the cabinet from scratches and wear, maintaining a professional appearance that can withstand many years of usage.



Full-Resonance Switching-Mode Power Supply with PFC



The DSR Series employs a high-efficiency switching-mode power supply with PFC*.

PFC harmonizes the phases of the load current and power supply voltage, maximizing power output and ensuring stable operation under severe conditions.

The full-resonance switching method uses both voltage resonance and current resonance, creating a clean power supply waveform with minimal high frequency noise.

This clean, efficient power supply enables the entire speaker system to achieve its full performance potential.

*Power Factor Correction

Efficiency Natural Convection Heat Sink and Internal Structure

The heat sink uses high-efficiency cooling fins and is integrated with the aluminum die-cast rear panel. Circuit boards are installed on the back of the rear panel, with all parts including the DSP, amplifiers and power supply laid out to ensure maximum heat conductivity.

The entire structure is dedicated to preventing heat build-up, which not only lengthens the service lifetimes of all components, but also ensures that the highest sound quality is realized. Also, the DSP unit is completely shielded to separate it from the amp modules and power supply, preventing noise interference.

Reliability and Functionality to Meet the Highest Professional Standards

In addition to minimal size and lightest weight for portability, the DSR Series loudspeakers are designed to achieve excellence in both physical and electrical reliability. They give you the assurance of worry-free operation for many years.



The DSR's deep pocket metal handles are highly robust yet lightweight and providing comfortable handling, further improving portability. These handles are not only ergonomically correct, they also minimize performance-impairing resonances inside the cabinet.



Heavy-duty powder-coated 16-gauge (1.6mm) steel grilles protect internal components from the rigors of road abuse.



Every DSR Series loudspeaker has a locking IEC power connector and cable. Just push in the AC cord to create a positive lock with the amp module, so there is little chance of accidental disconnection during a performance. If damaged or lost, the locking cable can be easily replaced with a standard IEC cable if needed.

Versatility for a Wide Range of Applications

Easy to handle and transport, the four models of the DSR Series are equipped to function in a variety of configurations, making them ideal for an impressive range of professional applications. The DSR112 and DSR115 enclosures come with a 35mm pole socket for stand or pole mounting, as well as integrated M10 rigging points for suspended applications with standard eyebolts*. Additionally, the DSR112 can be angled for use as an onstage floor monitor and additional speakers can be daisy-chained via the XLR THRU socket on the rear panel. All full-range models also feature XLR and TRS Phone jack inputs that accept both Mic and Line level inputs.

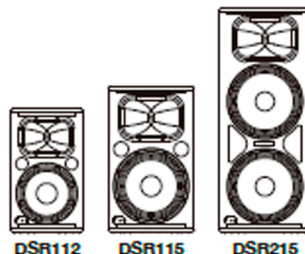
*Eyebolts not included



[DSR112]
Suspended from integrated M10 rigging points

	Power ^{*1} Rating	Maximum ^{*2} SPL	Frequency Range	LF	HF	Coverage Angle
DSR112	1500W	134dB SPL	55Hz-20kHz	12" cone	2" diaphragm, 1" throat	H90°x V60°
DSR115	1500W	136dB SPL	45Hz-20kHz	15" cone	2" diaphragm, 1" throat	H90°x V60°
DSR215	1500W	138dB SPL	45Hz-20kHz	Dual 15" cone	2" diaphragm, 1" throat	H90°x V60°

*1 Dynamic Power *2 Measured Maximum SPL (peak)



DSR112 DSR115 DSR215



Datasheet

VIO X12

2 Way Active Loudspeakerr
1x 1"/1x 12", 900W RMS



VIO X cabinets serve impressively as a stand alone PA system that can be stacked, flown or wall-mounted, as a full range PA or in combination with VIO S118 and VIO 118R subwoofers, but also act as the perfect side-fill, delay or stage monitoring system in larger VIO sound reinforcement applications.

All VIO X cabinets are powered by on board Digipro G3 900 W RMS providing majestic sound pressure levels in compact size and very limited weight. Advanced sound processing featuring Linear Phase FIR Filters allows VIO Xs to deliver an extremely coherent audio performance, standing out for its intelligibility and clarity from every listening position.

On board presets let users adapt High Pass Filters to the chosen application, as well as dedicated EQ presets for Wedge or Fullrange mode. Last but not least, VIO X is equipped with RDNet port allowing monitoring and full remote control in real time via Aurora Net software (Windows and Mac).

Features

- Neodymium components
- 900W RMS
- Advanced DSP featuring Linear Phase FIR Filters
- Fully networkable via Aurora Net
- On board HPF and EQ presets
- Multifunctional design

Speaker Type	2 Way Active Loudspeaker
Usable bandwidth [-10dB]	62 - 22.000 Hz
Frequency Response [-6dB]	79 - 21.000 Hz
Max SPL	132 dB
HF	1x 1.4"
Voice Coil HF	2.5" Neodymium
LF	1x 12"
Voice Coil LF	3" Neodymium
Directivity (HxV)	60° x 40°
Horn	Rotatable Horn
Amplifier	900 W RMS Class-D Digipro® G3
Cooling	Convection
Power Supply	Auto-range SMPS
Controller	DSP 28/56 bit
AD/DA Converter	24 bit/48 kHz
Limiters	Peak, RMS, Thermal
Processing	FIR Linear Phase Filters
Signal Input	1x XLR balanced, 1x RJ45 Link (RDNet) 1x USB Data Service
Signal Output	1x XLR balanced, 1x RJ45 Link (RDNet)
Power Socket	1x PowerCON TRUE1 In 1x PowerCON TRUE1 Out
Controls	1x Rotary Encoder (8x EQ, HPF presets) 1x Input sensitivity potentiometer 1x Mic / line switch
Special Features	Opto-isolated floating pre-amp
Housing	Wooden Cabinet, Polyurea painting
Handles	1x (top), 2x (side)
Wedge Angle	Monitor use 50°
Rigging points	12x M10 Thread + 4x Fast lock pins
Pole Mount	Ø36 mm
Width x Height x Depth	340 x 650 x 445 mm (13.38 x 25.5 x 17.51 in)
Weight	20.7 kg (45.63 lbs)

Speaker Management Systems

DPA Series - DPA480P

DPA480P is a cost-effective 4-IN/8-OUT digital speaker management system catering to any crossover configuration with its suitable processing and control for live application use. 4 analog inputs and 8 analog outputs are managed by a powerful MARANI® DSP Engine, in addition to 24 Bit AD/DA Converters. Each input channel provides 30 PEQ, gain control, noise gate function, RMS compressor, and configurable delay. Each

output offers 7 PEQ with the crossover filters whose slopes from 6dB up to 48dB/Octave. Each output path also features peak limiter, HP/LP Filters, and driver alignment delay. The DPA480P supports a full matrix mixing mode where inputs may be routed/mixed in any ratio to any output. For remote configuration and control the DPA480P can be connected via USB or RS485 connections to remote control PC software.

DPA480P



Features

Outstanding Performance

Excellent sonic performance with 24bit high end converters coupled with 48kHz sample rate
4 inputs, 8 outputs with full matrix mixing

Top-grade DSP Engine

30 band parametric equalization per input channel
7 band parametric equalization per output channel
Each band can be switched to Bell, Hi/Lo-Shelving, HP/LP, Band Pass, Notch and All Pass filters
Crossover filters with slopes from 6dB/Octave up to 48dB/Octave including Butterworth, Bessel, Linkwitz-Riley
Each output features a dynamic range controller

composed of a Peak Limiter

Adjustable Delay time up to 420.998 ms for every input channel, up to 128.998 ms for every output channel

Direct PC/Network Connection and Control

Front panel USB connector for direct PC communications
Rs485 connection for system setup, monitoring and control via fully manageable remote PC software

Front panel interactive LCD display for local access and configuration
Simultaneous control up to 32 units via PC software
Up to 24 storable user presets
Security Lock out

Applications

- Auditoriums
- Houses of Worship
- Theaters
- Performing Art Centers
- Convention Centers
- Stadiums and Arenas
- Touring Musicians
- Stage Monitoring System digital

Speaker Management Systems

DPA Series- DPA480P

DPA480P



Audio

Analog Input	4 x XLR electronically balanced
Analog Output	8 x XLR electronically balanced
Minimum Load	150 ohm
THD+N	0.001% at 1kHz 0dBu
S/N	>106dB
Frequency Response	20Hz - 20kHz; -0.5dBu at 20Hz and 20kHz
AD & DA Converters	24bit - 48kHz

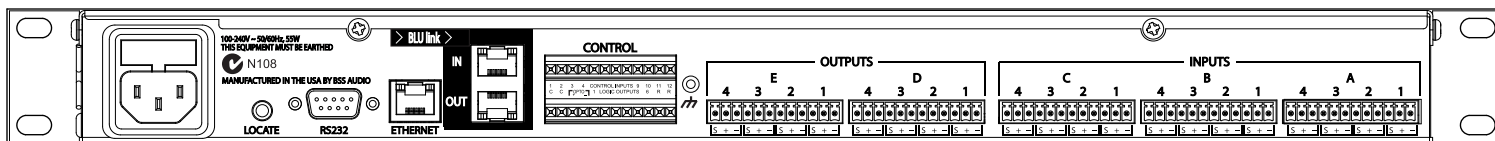
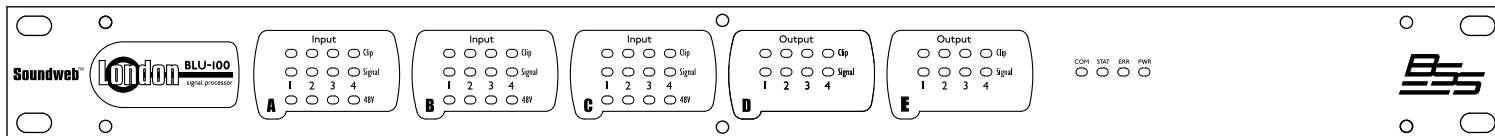
DSP & Processing

DSP Engine	MARANI® DSP
DSP Resolution	24bit (data) x 24 bit (coeff), 54 bit accumulation registers 96 bit precision on intermediate processing data
Parametric Equalization	30 filters per input; 7 filters per output
Filter Type	Bell, Hi/Low-Shelving, HP/LP, Band Pass, Notch and All Pass Filters selectable
Filter Gain	From -15dBu up to +15dBu by 0.5dBu resolution steps
Center Frequency	from 20Hz up to 20kHz with 1Hz resolution steps
Filter Q/BW	Bell Q: 0.4~128; Shelving/HP/LP Q: 0.1 ~ 5.1; BP/Notch/All Pass Q: 4 ~ 104
Input&Output Level	From -18dB to +12dB by 0.1dBu resolution steps;
Crossover Section HPF/LPF	Butterworth 6/12/18/24/36/48 dB per octave Bessel 12/24 dB per octave Linkwitz-Riley 12/24/36/48 dB per octave
Input Noise Gate	Threshold from -80dBu up to -50dBu Attack time from 1ms up to 1000ms; Release time from 10ms up to 1000ms
Input RMS Compressor	Threshold from -14dBu up to +16dBu and Bypass Ratio 2:1~32:1; Knee: 0% ~ 100%; Makeup from -12dB to +12dB Attack time from 5ms up to 200ms; Release time from 0.1 sec up to 3 sec
Output Peak Limiter	Threshold from -14dBu up to +16dBu and Bypass Attack time from 1ms up to 900ms; Release time from 0.1 sec up to 5 sec
Input&Output Polarity	Normal (0°) or Inverted (180°)
Input&Output Mute	ON / OFF
Delay	420.998 ms per input channel; 128.998 ms per output channel

General

Device Presets	24 User Presets
Dimensions	19" x 1.75" x 9" (483x44x229mm) 1RU
Weight, Net / Shipping	7.71 lbs (3.5 Kg) / 8.82 lb (4 Kg)

Soundweb™ London BLU-100



OVERVIEW:

The Soundweb London BLU-100 offers a fixed configuration of 12 inputs and 8 outputs, configurable signal processing and a high bandwidth, fault tolerant digital audio bus.

The BLU-100 has open architecture which is fully configurable through HiQnet™ London Architect. A rich palette of processing and logic objects and a “drag and drop” method of configuration provide a simple and familiar design environment.

This processor features a low latency, fault tolerant digital audio bus of 48 channels which uses standard Category 5e cabling giving a distance of 100m between compatible devices. Fiber media converters can be used to increase the distance between devices to over 40km.

The BLU-100 is compatible with the entire Soundweb London family and its 48 channel digital audio bus represents channels 1-48 of the larger 256 channel digital audio bus when integrated with the BLU-800, BLU-320, BLU-160, BLU-120 and BLU-BOB devices.

Analog Inputs provide software configurable gain in 6dB steps up to +48dB per channel and software selectable Phantom Power per channel.

Phantom Power, Signal Present and Clip information per channel is easily accessible, without the requirement for a PC, from clear front panel LED indication. A bi-directional locate function allows devices to be identified both from and within HiQnet London Architect.

12 Control Inputs and 6 Logic Outputs allow the BLU-100 to be integrated with GPIO compatible devices. The Soundweb London Interface Kit, comprehensive documentation which details how Soundweb London systems can be integrated with third party control systems, is included within the installation of HiQnet London Architect.

The BLU-100 and the other members of the Soundweb London family provide the building blocks of the perfectly tailored system solution.

KEY FEATURES:

- 12 Analog Inputs (with 48v Phantom Power per Channel)
- 8 Analog Outputs
- Configurable Signal Processing
- Rich Palette of Processing and Logic Objects
- 48 Channel, Low Latency, Fault Tolerant Digital Audio Bus
- Clear Front Panel LED Indication
- Bi-Directional Locate Functionality
- 12 Control Inputs and 6 Logic Outputs for GPIO Integration
- Soundweb London Interface Kit for Third Party Control System Integration (Documentation)
- HiQnet Device
- Configuration, Control and Monitoring from HiQnet London Architect



Soundweb™ London BLU-100

TECHNICAL SPECIFICATIONS:

Front Panel Led Indicators:

Per Input:	Signal Present, CLIP, 48V (Input only)
Other:	COM, STAT, ERR, PWR

Analog Inputs: 12 electronically balanced on Phoenix Combicon removable screw connectors

Mic/Line Inputs: Nominal gain 0dB, electronically switchable up to +48dB, in +6dB steps

Input Impedance: 3.5kΩ

Maximum Input Level: +20dBu with 0dB input gain, +8dBu with 12dB gain

CMRR: >75dB at 1KHz

Input Noise (E.I.N.): <-128dBu typical with 150Ω source

Phantom Power: 48V nominal, selectable per input

A/D Latency: 37/Fs [0.77ms@48k]

Analog Outputs: 8 electronically balanced on Phoenix/Combicon removable screw connectors

Maximum Output Level: +19dBu

Frequency Response: 20Hz-20KHz (+0.5dB/-1dB)

THD: <0.01% 20Hz to 20KHz, +10dBu output

Dynamic Range: 108dB typical, 22Hz-22KHz unweighted

Crosstalk: <-75dB

Output Impedance: 40Ω balanced and 20Ω unbalanced

D/A Latency: 29/Fs [0.60ms@48k]

Control Ports: 12 inputs and 6 outputs

Control Input Voltage: 0 to 4.5v

Control Input Impedance: 4.7kΩ to +5V (2-wire mode), >1MΩ (3-wire mode)

Logic Output Voltage: 0 or +5V unloaded

Logic Output Impedance: 440Ω

Logic Output Current: 10mA source, 60mA sink

Watchdog Output: Phoenix/Combicon connector for failsafe control

Opto Output Current: 14mA maximum

Withstanding Voltage: 80V maximum (Off)

Series Impedance: 220Ω (isolated)

Control Network:

Connectors: RJ45 Ethernet connector

Maximum Cable Length: 100m/300ft on Category 5 cable between device and Ethernet switch

BLU link:

Connectors: 2 x RJ45 Ethernet connectors

Maximum Cable Length: 100m/300ft on Category 5e cable between devices

Max. Number of Nodes: 60

Latency: 11/Fs [0.23ms@48k]

Pass Through Latency: 4/Fs [0.08ms@48k]

Power and Dimensions:

Mains Voltage: 100-240V AC, 50/60Hz

Power Consumption: <55VA

BTU Rating: <188 BTU/hr

Operating Temp. Range: 0° to 45° C (32° to 113° F)

Dims: (H(U) x W x D): 1.75" (1U) x 19" x 9.0" (45mm x 483mm x 229mm)

Weight: 6.4 lbs / 2.9 kg

BSS Audio incorporates high quality mechanical fans in some products. All mechanical fans have a limited life expectancy. We recommend annual inspection of fans for dust occlusion and excessive noise. Fan assemblies should be replaced after six to ten years of use. Environmental factors such as elevated temperature, dust, and smoke can adversely affect fan life. Systems exposed to these conditions should be inspected more frequently. Fan replacement can be performed either at the factory or by an experienced technician in the field. Please contact BSS Technical Support for more information on purchasing replacement parts or product service.

BSS Audio has a policy of continued product improvement and accordingly reserves the right to change features and specifications without prior notice.

ANEXO 5

Enlace de descarga

<https://drive.google.com/drive/folders/1R0VQeT0G1aj9f9Tdmqk2Hvb4e4Z68Q4l?usp=sharing>

