RAE

1. **TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO DE SONIDO

2. **TÍTULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA INDIVIDUAL ANÁLOGO DE MONITOREO PARA SONIDO EN VIVO

3. **AUTORES:** David Alejandro Perilla Soto, Ana María Cotes Espitia.

4. **LUGAR:** Bogotá, D.C.

5. **FECHA:** Abril de 2013

6. **PALABRAS CLAVE:** Electroacústica, Sistema de monitoreo, Sonido en vivo, Amplificador operacional, Audífonos, Norma DIM, Relación señal ruido, Impedancia, Distorsión armónica.

7. **DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El objetivo principal de este proyecto es diseñar y construir un prototipo análogo para monitoreo individual de sonido en vivo constituido por una caja receptora de cuatro señales de audio y una meza de mezcla para el músico con salida de audífonos.

8. **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** La línea de investigación seleccionada en este caso fue: tecnologías actuales y sociedad donde la sub-línea de facultad es el procesamiento digital de señales, inscrita dentro de la sub-línea de investigación nominada como: diseño de sistema de sonido.

9. **FUENTES CONSULTADAS:** BOYLESTAD, Robert y NASHELSKY, Louis. Electrónica: Teoría de circuitos. México: Pearson educación. 2003, 1020 p. GONZALEZ DE LA ROSA, Juan José. Circuitos electrónicos con amplificadores operacionales. España: Marcombo S.A, 2001. 160 p. ICONTEC. Vocabulario electrotécnico internacional. Acústica y electroacústica. Bogotá: ed. Icontec, 2003. 301 p. PIRAUX, Henry. Diccionario general de acústica y electroacústica. Madrid: Paraninfo, 1967. 374 p. RECUERO LÓPEZ, Manuel. Técnicas de grabación sonora. España 2. ª Edición: 1992, 1996. 598 p. EARGLE, John. Sound System Design Reference Manual. USA. JVL. 1999. D. and C. Davis, Sound System Engineering, second edition, Howard F. Sams, Indianapolis, 1987. EARGLE. Electroacoustical Reference Data, Van Nostrand Reinhold, New York, 1994. FOREMAN, Chris. EAGLE, John M. Audio Engineering for Sound Reinforcement. JBL editor. ANGEL ZETINA. Electronic basica. Editorial limusa. Grupo Noriega editors. México 1.995. CHRISTIAN ZINGALES. Electronic. Giunti gruppo editorial. Firence, francia 2002. chrnoosvaldo.tripod.com. DAVID E. JOHNSON, JOHN HILBURN, JHONNY JOHNSON. Análisis básico de circuitos electrónicos, cuarta edición, prentice hall Hispanoamérica USA 1.991. DAVIS, Gary y jones, Ralph. The sound reinforcement handbook. Second edition. Yamaha. Hal leonard corporation.usa.1990. Revista Sonido y Acústica. Universidad Tecnológica de Chile INACAP. Volumen 3, Número 1, mayo de 2008. Ñuñoa, Santiago de Chile. Revista Sonido y Acústica. Universidad Tecnológica de Chile INACAP. Volumen 3, Número 2, octubre de 2008. Ñuñoa, Santiago de Chile

10. **CONTENIDOS:** Los sistemas de monitoreo y sus especificaciones para asi poder determinar los aspectos a construir del prototipo tales como los siguientes para tenerlos

en cuenta: Sistemas de monitoreo, Conexiones y control de los sistemas de monitoreo, Sistemas de monitoreo usando gabinetes, Señal de audio, Electroacústica, Consolas de audio, Filtros, Ecualizador, Parámetros de medición de audio, Alta fidelidad/High fidelity, Amplificadores operacionales, Diagrama de bloques. Criterios de diseño y construcción del prototipo a construir con una medición según la norma DIM 45500 para establecer los requerimientos mínimos del sistema.

11. **METODOLOGÍA:** Esta investigación le da una transformación ya sea de carácter material histórico, social o cultural al mundo. El enfoque de acuerdo a las investigaciones establecidas y a los horizontes del proyecto es él: empírico-analítico.

12. **CONCLUSIONES:** Los bocetos de los circuitos utilizados, se analizaron y rediseñaron, adecuándolos a las características planteadas en el proyecto, para así llegar a un esquemático final que proporcionó mejoras en el prototipo, dando como resultado el cumplimiento a los parámetros ya establecidos para el desarrollo y producto final del proyecto.

Para el diseño y construcción del prototipo de un sistema individual análogo de monitoreo para sonido en vivo se realizaron mediciones pertinentes para sistemas de alta fidelidad, llegando a la conclusión de que se cumplieron los parámetros de acuerdo a la norma establecida.

El hecho de tener como referencia alguna normatividad que de un estándar de calidad en la elaboración de equipos electroacústicos, en este caso la norma DIM 45500, tiene incidencia directa la correcta elección de los componentes electrónicos usados, ya que la calidad de estos determina en gran manera poder cumplir con los requisitos descritos en la norma. Otro factor determinante es la manera en que se ensambla el prototipo; se debe tener sumo cuidado en este proceso para no afectar los componentes electrónicos y así no generar ningún tipo de ruido que afecte el resultado final.

Tomando lo anterior se puede concluir que en el desarrollo del proyecto se hizo difícil adquirir elementos de excelente calidad. Debido a esto, el prototipo tiene una deficiencia tal como la generación de un ruido tenue.

Los amplificadores operacionales brindan un sinfín de opciones que deben ser muy estudiadas, además de que ofrecen una buena relación de costo-calidad

Después de comprobar el desempeño del prototipo construido por medio de la medición hecha, el controlador montado ofrece en el campo de sonido en vivo una herramienta complementaria con respecto a los demás sistemas existentes de monitoreo debido a que sus características en cuanto a conexiones son compatibles con dichos sistemas.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA INDIVIDUAL ANÁLOGO DE MONITOREO PARA SONIDO EN VIVO

ANA MARÍA COTES ESPITIA
DAVID ALEJANDRO PERILLA SOTO

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTA, D.C.
2013

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA INDIVIDUAL ANÁLOGO DE MONITOREO PARA SONIDO EN VIVO

ANA MARÍA COTES ESPITIA COD: 20041167001
DAVID ALEJANDRO PERILLA SOTO COD: 20051167077

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Sonido

Director:
William Romo

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTÁ D.C
2013

Nota de aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
Presidente del Jurado

_____
Firma del jurado

_____
Firma del jurado

Bogotá D.C., 18 de abril de 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la vida para ver culminado este esfuerzo.

A nuestros padres por el apoyo recibido durante nuestra formación profesional

Al término de esta etapa de nuestras vidas, queremos expresar un profundo agradecimiento a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión nos alentaron a lograr esta hermosa realidad.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 12

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 14

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 14

1.2 DESRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 15

1.3 JUSTIFICACIÓN 16

1.4 OBJETIVOS 16

Objetivo General 16

Objetivos Específicos 16

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES 17

Alcances 17

Limitaciones 17

2. MARCO DE REFERENCIAL 18

2.1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL 18

2.1.1 Sistemas de monitoreo 18

2.1.2 Conexiones y control de los sistemas de monitoreo 18

2.1.3 Sistemas de monitoreo usando gabinetes. 20

2.1.4 Señal de audio. 21

2.1.5 Electroacústica. 22

2.1.6 Consolas de audio. 23

2.1.7 Filtros. 24

2.1.8 Ecualizador. 27

2.1.9 Parámetros de medición de audio. 28

2.1.10 Alta fidelidad/High fidelity. 30

2.1.11 Amplificadores operacionales 31

2.1.12 Diagrama de bloques. 41

2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVA. 41

3 METODOLOGÍA 43

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN 43

3.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 43

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA 43

3.4 HIPÓTESIS 43

3.5 VARIABLES. 43

3.5.1 Variables Independientes 43

3.5.2 Variables dependientes 44

3.6 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB / SUB-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA 44

4. DESARROLLO INGENIERIL 45

4.1 SISTEMA DE MONITOREO USANDO AUDÍFONOS 45

4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A CONSTRUIR 51

4.3 CAJA RECEPTORA 52

4.4 FUENTE DE ALIMENTACIÓN 53

4.5 PREAMPLIFICADOR CON ECUALIZADOR 54

4.6 CONTROL DE VOLUMEN CON PREAMPLIFICADOR 55

4.7 ECUALIZADOR DE TRES BANDAS 55

4.8 BALANCE 58

4.9 SUMADOR DE SEÑALES 58

4.10 AMPLIFICADOR DE AUDÍFONOS 59

4.11 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO 60

4.12 DISEÑO DE LA CARCASA 63

4.13 ENSAMBLE DEL PROTOTIPO 65

5. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS 67

5.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN, ... 68

6. CONCLUSIONES 70

7. RECOMENDACIONES 71

BIBLIOGRAFÍA 72

FUENTES ELECTRONICAS 74

GLOSARIO 75

ANEXOS 766

ANEXO 1. REFERENCIAS DE GABINETES EXISTENTES EN EL MERCADO. 766

ANEXO 2. RECOMENDACIONES PARA MONITOREOS USANDO GABINETES... ……..80

ANEXO 3. CIRCUITOS DEL PROTOTIPO 81

ANEXO 4. IMPRESOS DE CIRCUITOS 84

ANEXO 5. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CABLE 86

ANEXO 6. CONECTORES UTILIZADOS EN EL PROTOTIPO 86

ANEXO 7. FOTOGRAFIAS 88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Norma DIM 45500.....42
Tabla 2. Resultados medición cable 62
Tabla 3. Resultados de la medición 68
Tabla 4. Datos técnicos monitor DAS SML-15.....77
Tabla 5. Datos técnicos monitores CSM. 79
Tabla 6. Especificaciones cable CMI8 86
Tabla 7. Esquema de pines conector BD9.....87

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cobertura emitida por un monitor de piso.....15
Ilustración 2. Conexiones de consolas.....19
Ilustración 3. Conexiones desde consolas.....19
Ilustración 4. Consola de monitoreo.....20
Ilustración 5. Gabinetes Drum fill.....21
Ilustración 6. Consolas de audio.....23
Ilustración 7. Gráfica del comportamiento de los filtros habituales de 1 orden.....25
Ilustración 8. Gráfica del comportamiento de los filtros habituales de diferentes órdenes.....25
Ilustración 9. Curvas de respuesta de frecuencia de los cuatro filtros básicos.....26
Ilustración 10. Ecualizador grafico.....27
Ilustración 11. Control de tono.....28
Ilustración 12. Relación Señal a Ruido (S/N).....29
Ilustración 13. Amplificador operacional ideal.....31
Ilustración 14. Amplificador operacional.....32
Ilustración 15. Amplificador inversor.....34
Ilustración 16. Amplificador no inversor.....35
Ilustración 17. Amplificador diferencial.....36
Ilustración 18. Sumador inversor.....37
Ilustración 19. Amplificador integrador.....38
Ilustración 20. Amplificador diferenciador.....39
Ilustración 21. Diagrama de señales amp. Diferenciador.....39
Ilustración 22. Seguidor de tensión.....40
Ilustración 23. Monitores de audífonos.....45
Ilustración 24. Sistema SENNHEISER AUDIO-EW300 IEM G3.....46
Ilustración 25. Sistema PSM1000.....47
Ilustración 26. Sistema el Rolls PM351.....48
Ilustración 27. Diagrama de bloques del sistema a construir.....51
Ilustración 28. Diagrama de conexión de la casa receptora.....53
Ilustración 29. Diagrama de bloques de preamplificador con ecualizador.....54
Ilustración 30. Diagrama de bloques de control de volumen con preamplificador.....55
Ilustración 31. Diagrama de bloques de ecualizador de tres bandas.....55
Ilustración 32. Simulación filtro pasa-altos.....56
Ilustración 33. Simulación filtro pasa-banda.....57
Ilustración 34. Simulación Filtro pasa-bajo.....57

Ilustración 35. Diagrama de bloques del balance 58
Ilustración 36. Diagrama de bloques de sumador de señales 58
Ilustración 37. Circuito amplificador de audífonos simulado. 59
Ilustración 38. Osciloscopio simulando el amplificador de audífonos 59
Ilustración 39. Diagrama de bloques medición del circuito 61
Ilustración 40. Cable Snake PROEL CMI8 62
Ilustración 41. Foto de la caja receptora del prototipo. 63
Ilustración 42. Vista posterior del armazón con sus dimensiones.....64
Ilustración 43. Vista aérea del armazón.....64
Ilustración 44. Vista lateral del armazón con sus dimensiones.....64
Ilustración 45. Foto del prototipo ensamblado 65
Ilustración 46. Prototipo ensamblado.....66
Ilustración 47. Potencia de salida 67
Ilustración 48. Distorsión armónica.....67
Ilustración 49. Separación de canales 68
Ilustración 50. Monitor SML-12A.....76
Ilustración 51. Monitor SML-15A.....77
Ilustración 52. Monitor MJF-212A 78
Ilustración 53. Medidas monitor MJF-212A.....78
Ilustración 54. Monitor CSM Series.....79
Ilustración 55. Angulo de cobertura 80
Ilustración 56. Side Fill.....81
Ilustración 57. Esquemático electrónico del Ecualizador y preamplificador 81
Ilustración 58. Esquemático electrónico del preamplificador 82
Ilustración 59. Esquemático electrónico del Ecualizador de tres bandas.....82
Ilustración 60. Esquemático electrónico del Balance 82
Ilustración 61. Esquemático electrónico del sumador de señales.....83
Ilustración 62. Esquemático electrónico del amplificador de audífonos 83
Ilustración 63. Baquela preamplificador 84
Ilustración 64. Máscara de componentes preamplificador 84
Ilustración 65. Baquela amplificador de audífonos.....85
Ilustración 66. Máscara de componentes amplificador de audífonos.....85
Ilustración 67. Conector de audio 86
Ilustración 68. Conector DB9 87

INTRODUCCIÓN

El trabajo en sonido en vivo consta de dos componentes esenciales en el momento de cualquier espectáculo. Estos componentes son el sistema PA (Public Address) y el sistema de monitoreo de tarima. Este proyecto se enfoca en el segundo componente, de cómo nuestro trabajo puede aportar en el desarrollo de nuevos sistemas, que faciliten la labor en tarima y contribuyan a la comodidad y versatilidad del monitoreo para los músicos.

Los sistemas básicos de monitoreo se constituyen en su esencia de un mezclador donde llegan las señales de audio y este a través de envíos manda señales mezcladas a cada músico. Este flujo de señal puede pasar por varios procesos, entre estos están compresores, limitadores, ecualizadores, entre otros, sin contar con amplificadores y cajas acústicas que hacen del sistema sea costoso y poco versátil a la hora del montaje.

Este proyecto propone un sistema de monitoreo en el que el músico sea autónomo en realizar su propia mezcla, donde este tendrá la posibilidad de escoger que desea escuchar, a qué nivel de volumen, panear las señales y hacer una pequeña ecualización para así no caer en una guerra de volúmenes ni que el nivel general emitido en la tarima afecte la mezcla del sistema PA y así mismo tener la posibilidad de cambiar de manera individual la mezcla para cada canción o necesidad del músico.

La elaboración de este prototipo comienza investigando los diversos sistemas de monitoreo existentes en el mercado, haciendo una pequeña referencia de su funcionamiento para establecer los parámetros de los elementos que contiene el aparato construido. Se establece que para dar solución al problema planteado en el estado del arte, el prototipo debe incluir cuatro canales, cada uno de estos con su debido control de volumen, un ecualizador paramétrico y un módulo de paneo, además de un amplificador de audífonos; todo esto para que el músico pueda tener la posibilidad de crear sus propias mezclas.

De acuerdo con los parámetros ya establecidos, se busca la base teórica que se desarrolla a través de los amplificadores operaciones, ya que son los compuestos que brindan una buena relación entre precio y calidad. Se establecen los esquemas electrónicos a construir y pasándolos por sus respectivas simulaciones para empezar a construirlos. Todo lo anterior haciendo los respectivos diagramas de bloque para mayor entendimiento del proyecto. La construcción se elabora con compuestos encontrados en el mercado Colombiano. Ya teniendo los circuitos ensamblados y con la verificación pertinente de funcionamiento, se diseña un

armazón que se ajuste al tamaño de los componentes y guardando un básico criterio estético.

Al finalizar la anterior etapa, se hace una medición de todo el sistema regida por la norma DIN 45500, que establece las condiciones mínimas que debe tener un equipo de reproducción de audio. Todo esto para establecer un patrón de calidad de nuestro sistema.

Las diferentes etapas del proyecto dan como resultado la construcción de un prototipo de sistema individual de monitoreo para sonido en vivo, con el fin de que exista una referencia a otros posibles proyectos de grado en la línea de electroacústica en el desarrollo de sistemas de audio, fuera de esto dar solución del problema base que es brindar autonomía y versatilidad al músico de tarima de realizar su propia referencia de audio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En cuanto a los sistemas de monitoreo, existen el mercado distintos prototipos que prometen ofrecer al ingeniero de sonido, (ingeniero de monitoreo o tarima), y especialmente al músico, una referencia limpia y adecuada de la mezcla de las señales que tiene como referencia para una excelente interpretación del mismo y así poder brindar al público un espectáculo de calidad.

Dentro del ámbito nacional encontramos como antecedentes los siguientes trabajos de grado:

Trabajo de grado de 2007-I. De la Universidad de San Buenaventura cede Bogotá. Diseño y pautas de construcción de equipos de audio de alta fidelidad. Por Carlos Cortez. Diseño de Sistemas de Sonido.

Su trabajo lo hizo con base a la simulación y construcción de diferentes circuitos de filtros, donde se destaca los parámetros de amplificadores operacionales existentes con aplicabilidad en el audio, esto para establecer un criterio de alta fidelidad para los componentes electrónicos usados en estos circuitos.

Trabajo de grado de 2007-11 de la Universidad de San Buenaventura cede Bogotá. Diseño y construcción de una mesa de mezcla. Por FRANCISCO SALAZAR. Diseño de sistemas de Sonido.

Este proyecto de grado se desarrolla con la investigación en el mercado de varias consolas análogas de audio para escoger los parámetros de la mesa de mezcla construida. Su base teórica son los amplificadores operacionales. La construcción de esta consola tiene como plus la implementación de un metrónomo.

A nivel internacional, se destaca el sistema de monitoreo individual AVIOM.

De origen estadounidense, esta marca es líder en el transporte en red digital de señal de audio para aplicaciones en sistemas de sonido en vivo, estudios de grabación o instalaciones fijas.

En su aplicación de sonido en vivo. Este sistema basa sus productos en la tecnología **A-Net**®, que permite transmitir desde 16 hasta 64 canales de audio a través de un solo cable tipo CAT5. Los sistemas de AVIOM no requieren PC externo para su configuración y uso, siendo su manejo y funcionalidad extremadamente fáciles, sencillos e intuitivos. Tiene dos módulos específicos, uno para la entrada de señal de audio y convertirla en señal digital, y otro módulo que convierte la señal digital en análoga, además este tiene la posibilidad de manipular las señales y hacer distintas mezclas para el músico.

1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A lo largo del desarrollo de espectáculos en sonido en vivo, se han presentado diversos problemas en el momento de la interpretación musical por parte de los músicos producidos en tarima por el sistema de monitoreo usado, ya que este debe presentar ciertos requerimientos técnicos que brinden a la banda una buena percepción sonora objetiva y subjetiva de su mezcla y dé como resultado una excelente presentación artística para el público que ha invertido dinero en un derecho de entrada para apreciar un evento de alta calidad.

Dentro de estos problemas, podemos destacar como uno de ellos la retroalimentación causada cuando el micrófono capta el sonido emitido de un monitor, en este caso un monitor de piso. Esto produce un malestar general en los músicos, debido a que es irritante para el oído y hace que el sistema en general colapse.

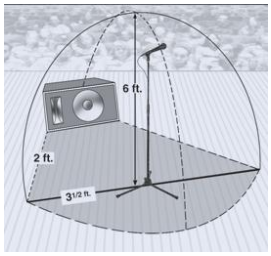


Ilustración 1. Cobertura emitida por un monitor de piso.

Fuente. Los autores

Otro inconveniente que se presenta en el momento de la interpretación musical, es el exceso de volumen en el escenario. Cuando los músicos no pueden escucharse y piden que el volumen de sus monitores se incremente debido al alto nivel de presión sonora de los monitores de sus propios compañeros, estos se ven involucrados en una “guerra de volumen”, creando así un ciclo interminable de niveles progresivamente más altos en el escenario y afectando en si la mezcla elaborada por el ingeniero de front house que se emite al público.

Además, la prueba de monitoreo y la elaboración de la mezcla se hace horas antes de la presentación. El músico va adecuando una referencia mientras la banda va interpretando una de las canciones a tocar durante el concierto. Ahora, una variable que casi no se tiene en cuenta por diversos factores, es que cada tema interpretado para cada músico tiene un instrumento de referencia distinto. Esto se complica durante la presentación, pues el músico, debido al sistema usado, no es autónomo en su mezcla y no puede variar los volúmenes que necesita para cada instrumento de referencia.

¿Cómo diseñar un sistema de monitoreo individual análogo para sonido en vivo?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La elaboración de este proyecto y su resultado final que es el prototipo, ofrece una solución a los problemas enunciados anteriormente debido a que las características técnicas del sistema a elaborar, proporcionan al músico de tarima el manejo de su monitoreo de forma autónoma. Esto significa que el intérprete ya no depende de un ingeniero de tarima para poder hacer su propia mezcla, sino que las posibilidades establecidas por el mecanismo le permite controlar los niveles de volumen de las señales que él decida escuchar como referencia entre tema y tema.

Los problemas de retroalimentación en el escenario al usar este sistema se ven disminuidos debido a que se pude tener la opción de usar cualquier tipo de audífonos como medio de escucha. La utilización de esta opción, reduce el riesgo a entrar en una “guerra de volumen” por parte de los músicos, aportando comodidad y confort al intérprete.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo análogo para monitoreo individual de sonido en vivo constituido por una caja receptora de cuatro señales de audio y una meza de mezcla para el músico con salida de audífonos.

Objetivos Específicos

- Determinar que sistemas de monitoreo individual para sonido en vivo existen en el mercado y como funciona cada uno de estos.

- Determinar el diseño electrónico que constituirá la base de construcción del sistema mediante un diagrama de bloques donde se especificaran las partes de este.
- Construir el diseño del sistema de monitoreo personal para sonido en vivo.

- Realizar mediciones de acuerdo a la norma DIN 45500 para mostrar el comportamiento del prototipo.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

La elaboración de este proyecto pretende ofrecer soluciones a los problemas que existen en el monitoreo en tarima, proporcionando una solución técnica para el músico debido a las posibilidades que ofrece el prototipo. Por otra parte brindar a la universidad de San Buenaventura un antecedente para proyectos a futuro encaminados a sonido en vivo.

Además, poder incluir al mercado una alternativa más económica y asequible en cuanto a sistemas de monitoreo para sonido en vivo.

Limitaciones

Se aprecia como limitación el poder adquirir los componentes electrónicos adecuado para la construcción del prototipo debido a que estos si se adquieren importados elevan el costo del proyecto, por esto se emplearan dispositivos de menor precio en el mercado nacional que a su vez afectan la calidad del modelo.

Por otro lado, la adquisición del cable que transmite las señales de audio del dispositivo rack de entrada al mezclador individual, debido a que este debe tener características de comodidad y versatilidad en el momento de la instalación y utilización del sistema. Dicho cable debe transmitir cuatro señales de audio, esto implica que su calidad depende de su manufacturación en la que permite una baja relación señal ruido y el no paso de señales de un canal a otro.

2. MARCO DE REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1.1 Sistemas de monitoreo

Un sistemas de monitoreo es aquel equipamiento electroacústico que se usa para brindarle al músico de tarima una referencia de lo que él está interpretando y a su vez lo que necesita en cuanto a los demás músicos. De estos existen varios tipos, entre estos los que se unas gabinetes o audífonos.

2.1.2 Conexiones y control de los sistemas de monitoreo

Todos los diferentes sistemas de monitoreo se rigen a los tipos de conexiones existentes dependiendo de los equipos usados. A continuación mostraremos las principales formas de conexiones y como se controlan las señales para realizar las diversas mezclas.

Estos sistemas se pueden controlar desde la consola principal o desde una consola auxiliar específicamente diseñada para monitoreo.

2.1.2.1 Desde la consola principal PA (de las siglas del inglés Public Address).

El volumen de cada instrumento o micrófono en los monitores es controlado desde la consola principal (PA). El flujo de señal de audio des redirigido por el envío “auxiliar”. Cada envío auxiliar que abrimos en el canal, se agrupa en un envío general “Master de AUX “n”” y sale de la consola por la salida denominada con el mismo nombre. La suma de estos volúmenes individuales es lo que llega al amplificador de monitores y luego es reproducida por las cajas. A esto se le llama una “mezcla de monitores”.

Cada vez que se utiliza un auxiliar, se puede decir que se crea una mezcla para un músico.

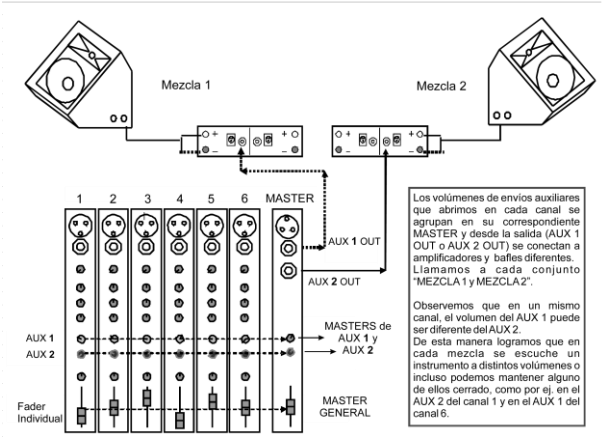


Ilustración 2. Conexiones de consolas.
Fuente. ESCUELA DE SONIDO CETEAR. Conexiones desde consolas de los sistemas de monitoreo [En línea], Mar. 2009. www.cetear.com/Sonido%20en%20Vivo%20part2.pdf. [Citado 12-04-2012].

2.1.2.2 Desde la consola de monitoreo.

Desde la consola auxiliar o de monitoreo, se debe tener en cuenta que la señal de audio que llega desde un instrumento o micrófono, es distribuida desde una manguera con "splitter" a esta consola, como también al mixer del PA.

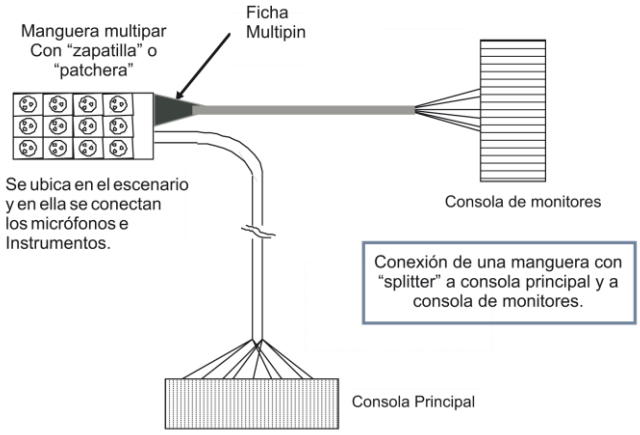


Ilustración 3. Conexiones desde consolas.
Fuente. ESCUELA DE SONIDO CETEAR. Conexiones desde consolas de los sistemas de monitoreo [En línea], Abr. 2010. www.cetear.com/Sonido%20en%20Vivo%20part3.pdf. [Citado 12-04-2012].

Esta consola tiene una gran cantidad de envíos auxiliares. Estas tienen entre 8 hasta 40 envíos por cada canal donde se controla el volumen de cada entrada para la referencia de los músicos.

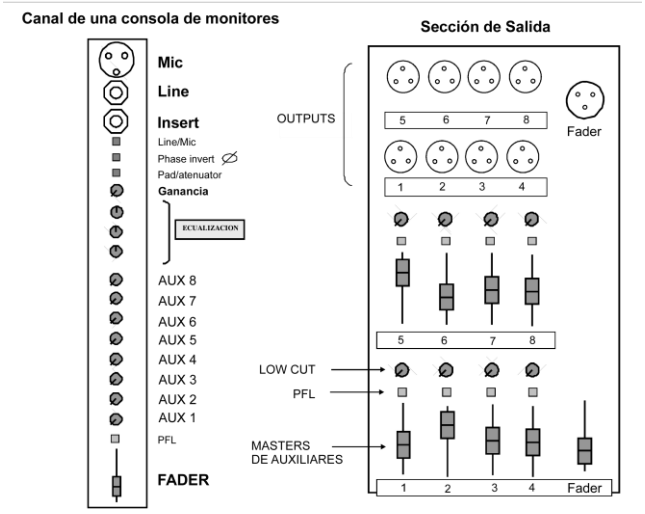


Ilustración 4. Consola de monitoreo
Fuente. ESCUELA DE SONIDO CETEAR. Consola de monitoreo [En línea], Mayo. 2010. www.cetear.com/Sonido%20en%20Vivo%20part2.pdf. [Citado 12-04-2012].

En anterior gráfica se muestra un canal de una consola especializada para hacer monitoreo. Se puede detallar, a comparación de una consola para PA, que esta tiene 8 auxiliares, o sea 8 posibilidades para hacer 8 posibles mezclas.

2.1.3 Sistemas de monitoreo usando gabinetes.

Hasta finales de la década de los 60, los músicos no recibían ninguna señal de monitoreo en sus presentaciones ni grabaciones. Para darle solución a este problema, se crea el primer sistema de monitoreo que se basa en la utilización de parlantes de piso.

Estos tipos de monitores se usan para realizar mezclas individuales, con referencias únicas para cada músico.

2.1.3.1 Monitoreo Drum Fill.

Además de los parlantes de piso, se utiliza otro sistema llamado “Drum Fill”. Dado el elevado nivel que emite una batería acústica, es necesario que su referencia en volumen sea mayor. Por esto, se usas cajas con dos woofer y un driver (en biamplificación), dándole al músico no solo un alto volumen en su monitoreo si no, brindándole al baterista la posibilidad de escucha en frecuencias bajas, ya que los

monitores de piso no podrían brindarle. Esta referencia es necesaria para este intérprete, puesto que es importante para la buena interpretación musical del baterista la buena escucha del bombo y del bajo eléctrico.

2.1.3.2 Monitoreo side fill.

Otro sistema de monitoreo es el “side fill”. Es ubicado en los costados de los escenarios y su objetivo es dar a los músicos una referencia cercana a la mezcla que escucha el púbico. Se usan gabinetes parecidos al del “Drum fill”.

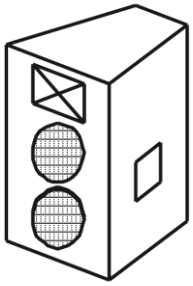


Ilustración 5. Gabinetes Drum fill
Fuente. Los autores

En el mercado existen diversos gabinetes usados en este tipo de sistemas de monitoreo. Para conocer más de estos ir al anexo 1.

Para el uso de este sistema de gabinetes, se tiene en cuenta algunas recomendaciones. Ver anexo 2.

2.1.4 Señal de audio.

Dentro del buen entendimiento de todo el desarrollo del proyecto, se explica este término, debido a que el prototipo a construir maneja señales de audio y no otro tipo como lo son, entre otras, las digitales.

“Una señal de audio es una señal electrónica que es una representación eléctrica exacta de una señal sonora. Normalmente está acotada al rango de frecuencias

audibles por los seres humanos que está entre los 20 y los 20 000 Hz, aproximadamente (el equivalente, casi exacto a 10 octavas)".[1]

Como el sonido es una onda de presión se requiere un transductor de presión, como por ejemplo un micrófono, que convierte las ondas sonoras en señales eléctricas.

La conversión contraria se realiza mediante un altavoz, que convierte las señales eléctricas en ondas de presión de aire.

Un solo micrófono puede captar adecuadamente todo el rango audible de frecuencias, en cambio para reproducir fidedignamente ese mismo rango de frecuencias suelen requerirse varios altavoces dependiendo de las frecuencias a reproducir.

Una señal de audio se puede caracterizar por su dinámica donde se encuentra su valor de pico, su rango dinámico, la potencia, la relación señal-ruido; o por su espectro de potencia donde se destaca su ancho de banda, la frecuencia fundamental, los armónicos, la distorsión armónica, etc.

2.1.5 Electroacústica.

La rama de la acústica en la que se basa este proyecto es la electroacústica. Su definición es imperante para comprender el desarrollo del mismo por los elementos que incluyen en la manipulación de las señales de audio.

"La electroacústica es una rama de la electrónica que se ocupa del estudio, análisis, diseño y aplicaciones de dispositivos que involucran la conversión de energía eléctrica en acústica y viceversa, así como de sus componentes asociados"[2]. Entre los primeros se encuentran los transductores, tales como micrófonos, acelerómetros, altavoces, excitadores de compresión, auriculares, audífonos, calibradores acústicos y vibradores; y, entre los segundos, los filtros acústicos, los sonodeflectores (bafles), las bocinas y los acopladores acústicos.

Los elementos que procesan la señal de audio son dispositivos que alteran o modifican de alguna forma algunas características del sonido. Podrían ser: la amplitud, la respuesta en el tiempo, el timbre el rango dinámico, la respuesta en frecuencia, etc. El procesamiento se lleva a cabo de manera electrónica, utilizando la tecnología de semiconductores y la tecnología digital.

---

[1] WIKIPEDIA. Señal de audio. [Audio] [En línea - HTML]. Jul. 2009. [Citado 16-06-2011]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Audio

[2] MIYARA, Federico. Introducción a la electroacústica. [Electroacústica] [En línea-pdf]. Oct 2002. [Citado 11-10-2010]. Disponible en: www.fceia.unr.edu.ar/acustica/ audio/electroac.pdf

2.1.6 Consolas de audio.

El dispositivo a construir parte de que el músico tenga la opción de hacer una mezcla a priori de las señales de audio introducidas en el equipo. Es por esto que el entender qué es una consola y su funcionamiento nos dan una base teórica de lo que se va a desarrollar.

Un mezclador es “un circuito provisto de varias entradas, que permiten por ello la admisión simultanea de arias señales cuyos niveles respectivos se pueden regular a voluntad”.[3]

Este es un equipo electrónico que realiza tres funciones básicas. La primera es recibir señales de audio provenientes de diversas fuentes sonoras como micrófonos, instrumentos musicales, equipos de audio y grabadoras multipista. La segunda es procesar dichas señales de audio. Al amplificar y balancear su nivel, las ubica en el panorama estéreo y permite ecualizarlas para que la final distribuya las distintas señales de audio a los equipos que intervienen en la cadena del sonido: efectos, procesadores, grabadoras multipista, grabadoras estéreo, plantas de potencia, parlantes, audífonos, interfaces de diversa índole y gran variedad de equipos de sonido.

En la siguiente gráfica se puede establecer las partes de un canal de una consola.

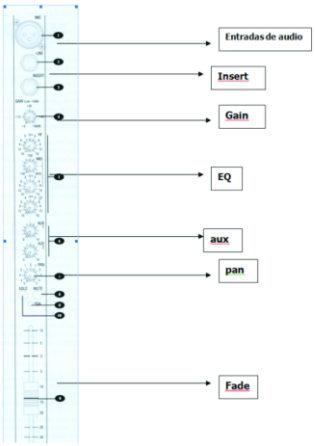


Ilustración 6. Consolas de audio.

Fuente. ESCUELA DE SONIDO CETEAR. Consola de audio [En línea], Mayo. 2010. www.cetear.com/Sonido%20en%20Vivo%20part2.pdf. [Citado 12-04-2012].

[3] PIRAUX, Henry. Diccionario general de acústica y electroacústica. Madrid: Paraninfo, 1967. p. 203.

A continuación se explicará cada uno de los módulos de la consola con base a la figura anterior.

ENTRADAS: Micrófono o canon, Línea o Plug.

INSERT: Para Aplicar FX externos.

GAIN: Volumen de Entrada.

SECCIÓN DE ECUALIZACIÓN.

AUXILIARES: Envían la señal para monitoreo o para efectos externos.

PANEO. Envían la señal al máster de la consola por el canal L o R.

MUTE: Silencia el canal seleccionado.

FADE: Volumen de salida a Máster.

SOLO: Se escucha solamente ese canal.

PEAK: Indicador de Saturación de Volumen.

2.1.6 Filtros.

Un filtro es un elemento electrónico que selecciona una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.

Dentro de estos se encuentran:

- Filtro de Butterworth: con una banda de paso suave y un corte agudo
- Filtro de Tschebyschef: con un corte agudo pero con una banda de paso con ondulaciones
- Filtros elípticos o de Cauer: que consiguen una zona de transición más abrupta que los anteriores a costa de oscilaciones en todas sus bandas
- Filtro de Bessel: que, en el caso de ser analógico, aseguran una variación de fase constante

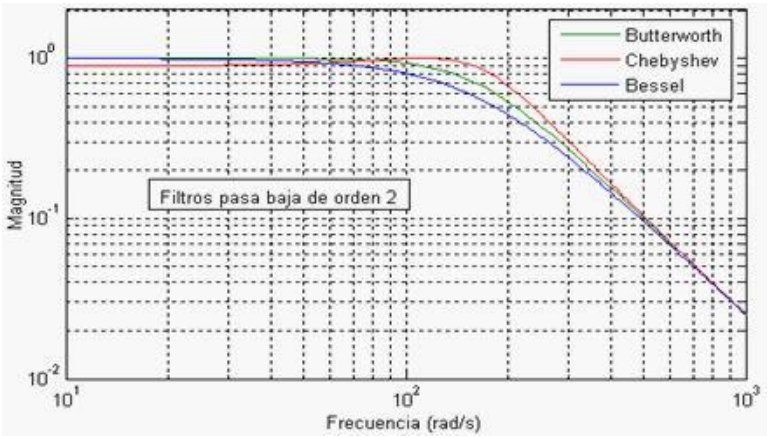


Ilustración 7. Gráfica del comportamiento de los filtros habituales de 1 orden
Fuente. WIKIPEDIA. Filtro electrónico [En línea], Jul. 2003. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Filtros_electr.PNG [Citado 05-12-2012].

Un factor a considerar en los filtros es el orden. El orden de un filtro describe el grado de aceptación o rechazo de frecuencias por arriba o por debajo, de la respectiva frecuencia de corte. Un filtro de primer orden, cuya frecuencia de corte sea igual a (F) presentará una atenuación de 6dB a la primera octava (2F), 12dB a la segunda octava (4F), 18dB a la tercera octava (8F) y así sucesivamente. Uno de segundo orden tendría el doble de pendiente (representado en escala logarítmica).

Esto se relaciona con los polos y ceros: los polos hacen que la pendiente suba con 20dB y los ceros que baje, de esta forma los polos y ceros pueden compensar su efecto.

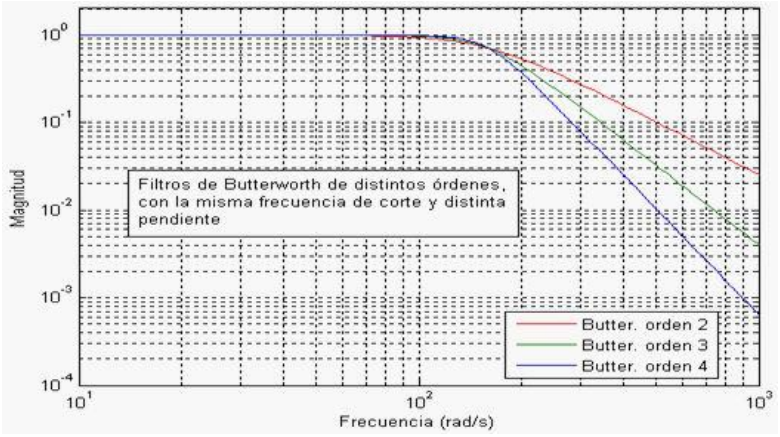


Ilustración 8. Gráfica del comportamiento de los filtros habituales de diferentes órdenes
Fuente. WIKIPEDIA. Filtro electrónico [En línea], Jul. 2003. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Filt_elect_pend.PNG [Citado 05-12-2012].

Para realizar filtros analógicos de órdenes más altos se suele realizar una conexión en serie de filtros de 1º o 2º orden debido a que a mayor orden el filtro se hace más complejo. Sin embargo en el caso de filtros digitales es habitual obtener órdenes superiores a 100.

También los podemos clasificar según la respuesta a su frecuencia.

- Pasa alto: "este tipo de filtro permite el paso de frecuencias hacia arriba desde una frecuencia de corte determinada sin que exista un límite superior determinado."[4]
- Pasa bajo: Es aquel que permite el paso de las frecuencias por debajo de un determinado valor, denominado frecuencia de corte.
- Filtro pasó banda: Son aquellos que permiten el paso de componentes frecuenciales contenidos en un determinado rango de frecuencias, comprendido entre una frecuencia de corte superior y otra inferior.
  Este filtro deja pasar una banda de frecuencias en particular, eliminando el resto de la señal. Se define a partir de la frecuencia central o de resonancia y el ancho de banda.
- Filtro Rechaza banda: Es el que dificulta el paso de componentes frecuenciales contenidos en un determinado rango de frecuencias, comprendido entre una frecuencia de corte superior y otra inferior.

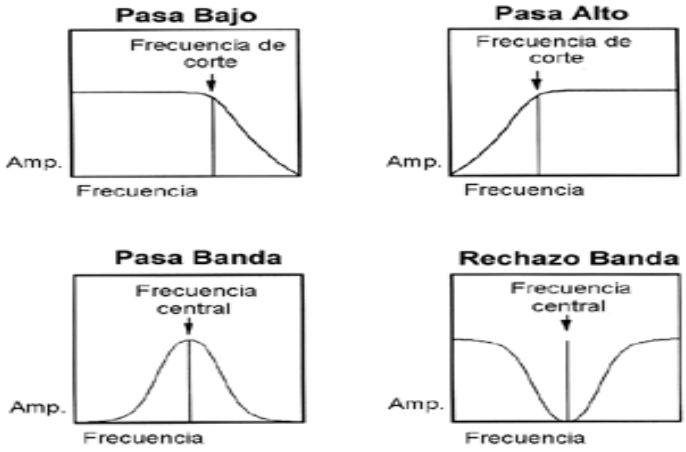


Ilustración 9. Curvas de respuesta de frecuencia de los cuatro filtros básicos
Fuente. CAPITALIA. Respuesta en frecuencia de filtros [En línea], Ago. 2002. http://www.ccapitalia.net/reso/articulos/audiodigital/06/avanzados_audiodigital.htm [Citado 05-12-2012].

[4] MEZA HERNÁNDEZ, José Daniel. Técnicas de grabación y reproducción del sonido. México: Instituto Politécnico Nacional, 2007. p. 9.

2.1.7 Ecualizador.

Unos de los parámetros de diseño tenido en cuenta para la fabricación del prototipo es la introducción de un ecualizador para que el manipulador del dispositivo, en este caso un músico, pueda resaltar o atenuar algunas frecuencias de cada señal de audio.

Un ecualizador es una "red pasiva destinada a compensar las irregularidades de las características de la amplitud/frecuencia o fase/frecuencia o ambas a la vez de un sistema o elemento."[5]

Tipos de ecualizadores.

- **Grafico**

Un ecualizador grafico tiene diversos números de filtros pasa banda que separan al espectro de audio en igual número de octavas o tercios de octava individuales. El espectro de audio es de 20Hz a 22Khz. Al incrementar o disminuir las diferentes octavas de frecuencia se pueden crear efectos sonoros espaciales para que el sonido se escuche lo más claro posible o por ejemplo para que se enfatice el sonido de algún instrumento.

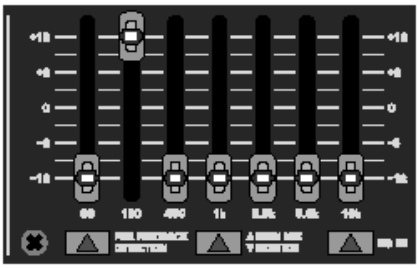


Ilustración 10. Ecualizador grafico
Fuente. Aula Actual. Ecualizador gráfico [En línea], Sept. 2001. http://aulaactual.com/especiales/efectos/eq.php [Citado 05-12-2012].

- **Paramétrico**

Otro tipo de ecualizadores son los paramétricos, estos contienen menos bandas, pero con frecuencias de corte configurables.

[5] PIRAUX, Henry. Op. Cit., p. 115.

La configuración del ecualizador paramétrico más sencillo es el clásico control de tono, que permite controlar dos o tres grandes bandas fijas de frecuencia, denominadas genéricamente como graves, medios y agudos.

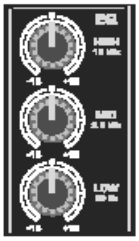


Ilustración 11. Control de tono
Fuente. AulaActual. Ecualizador gráfico [En línea], Sept. 2001. http://aulaactual.com/especiales/efectos/eq.php [Citado 05-12-2012].

2.1.9 Parámetros de medición de audio.

Estos parámetros son determinantes en el momento de establecer si el equipo que se está midiendo cumple con las especificaciones mínimas para la reproducción de audio.

- Potencia RMS

La potencia RMS (Root Median Square) es un valor normalizado. Es la cantidad de energía que se puede introducir en la etapa de potencia antes de que distorsione en exceso o de que pueda sufrir desperfectos.

Se especifica la potencia máxima del amplificador en función de una determinada impedancia, generalmente, 8 Ω. Por ejemplo: 175 W sobre 8 Ω.

- Gama de frecuencias

Se denomina como la relación de un dispositivo de audio frente a las distintas frecuencias en el espectro de audio, 20Hz a 20.000Hz[6]

- Relación señal ruido (S/N)

Se define como el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios[7].

Es la relación entre el ruido producido por los componentes electrónicos y la información útil de la señal.

[6] ISP Música. Medición de audio. [Frecuencias en audio] [En línea-HTML]. Jun 2008. [Citado 20-06-2011]. Disponible en: www.ispmusica.com.
[7] WIKIPEDIA. Relación señal a ruido. [SNR] [En línea - HTML]. Jul. 2009. [Citado 16-05-2011]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Relaci%C3%B3n_se%C3%B1al/ruido

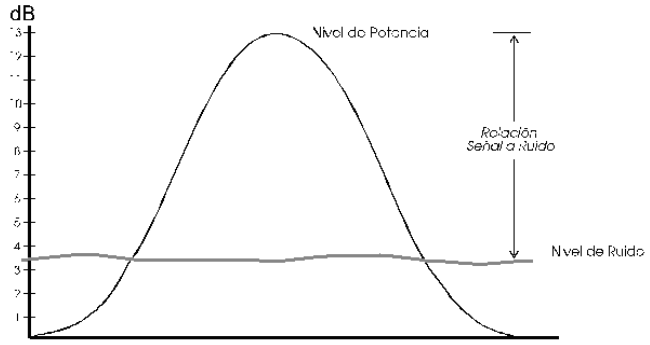


Ilustración 12. Relación Señal a Ruido (S/N)
Fuente. Productor musical. Relación señal a ruido [En línea], Feb. 2004. http://www.productormusical.es/puerta-de-ruido/ [Citado 05-12-2012].

La figura anterior muestra gráficamente la relación señal ruido.

- Distorsión armónica

La distorsión armónica es un parámetro técnico utilizado para definir la señal de audio que sale de un sistema.

La distorsión armónica se produce cuando la señal de salida de un sistema no equivale a la señal que entró en él. Esta falta de linealidad afecta a la forma de la onda, porque el equipo ha introducido armónicos que no estaban en la señal de entrada. Puesto que son armónicos, es decir múltiplos de la señal de entrada, esta distorsión no es tan disonante y es menos fácil de detectar.

- Decibelio

El decibelio es la principal unidad de medida utilizada para el nivel de potencia o nivel de intensidad del sonido. En esta aplicación la escala termina hacia los 140 dB, donde se llega al umbral de dolor.

Se utiliza una escala logarítmica porque la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal. Por ello el belio (B) y su submúltiplo el decibelio (dB), resultan adecuados para valorar la percepción de los sonidos por un oyente. Se define como la comparación o relación entre dos sonidos porque en los estudios sobre acústica fisiológica se vio que un oyente, al que se le hace escuchar un solo sonido, no puede dar una indicación fiable de su intensidad, mientras que, si se le hace escuchar dos sonidos diferentes, es capaz de distinguir la diferencia de intensidad.

2.1.10 Alta fidelidad/High fidelity.

Es la técnica de grabación, retransmisión y reproducción de sonidos que mejor reproduce las características del sonido original. “Para conseguir una reproducción de alta fidelidad, el sonido debe estar libre de distorsiones e incluir toda la gama de frecuencias que percibe el oído humano”.[8]

El término más conocido en audio es Hi Fi. Todos sabemos que estas siglas representan High Fidelity (Alta fidelidad), término con el cual se designa a todos los equipos de audio que sigan ciertas normas preestablecidas, como la norma DIN 45500.

La calidad de un sistema de grabación y reproducción de alta fidelidad se mide a partir de la capacidad de éste de reproducir la señal sonora de manera fiel a la realidad, es decir, con el máximo parecido respecto a la señal original, eso significa conservar la naturaleza y la perfecta inteligibilidad de la voz o las propiedades tímbricas de los distintos instrumentos.

2.1.10.1 Características de un equipo de alta fidelidad.

Entre las características más importantes que ha de tener un sistema para ser considerado de alta fidelidad, hay que destacar tanto la respuesta en frecuencia, que ha se ser uniforme y amplia en el campo de las frecuencias audibles, como la ausencia de distorsión de señal, que se evidencia cuando se introduce algún componente que no estaba presente en la señal original y produce una especie de ruido de fondo.

2.1.10.2 Condiciones de un buen sistema de alta fidelidad.

Para una reproducción satisfactoria del sonido, es necesario que el equipo catalogado como de alta fidelidad potencialice las condiciones necesarias. “De todas formas no es conveniente exagerar respecto a los resultados en torno a la perfección de cada componente del equipo, ya que siempre puede existir nuevos elementos que intervengan de manera determinante”[9]. La tecnología día a día cambia, creando y ensamblando nuevos componentes electrónicos más sofisticados que brindan al oyente sonidos de alta fidelidad, si algún elemento no está a la altura, este baja la calidad de la reproducción.

Ahora, no solo se debe juzgar el elemento de reproducción como tal, sino también las condiciones del medio donde se desarrolla esta. Tal como la acústica o la calidad de los transductores.

---

[8] PGMNPO. High Fidelity. [Alta Fidelidad] [En línea - HTML]. Jul. 2007. [Citado 04-12-2012]. Disponible en: http://pgmno.tripod.com/1.html.

[9] IDONEO. Sistema de alta fidelidad. [Alta Fidelidad] [En línea - HTML]. Mar. 2004. [Citado 04-12-2012]. Disponible en: http://tecnologia.idoneos.com/index.php/Sonido_de_alta_fidelidad.

2.1.11 Amplificadores operacionales

El amplificador operacional es un circuito multietapa con entrada diferencial cuyas características se aproximan a un amplificador ideal[10].

Características de un amplificador operacional

1. Resistencia de entrada infinita.
2. Resistencia de salida nula.
3. Ganancia de tención infinita.
4. Respuesta de frecuencia infinita.
5. Insensibilidad a la temperatura.

Aplicaciones

Dentro de las muchas aplicaciones de estos componentes electrónicos se puede decir que estas están presentes en los sistemas electrónicos de control industrial, en la instrumentación médica (electro médica y biomédica), en la instrumentación nuclear, en los equipos de telecomunicaciones, en los ordenadores análogos, y para lo que respecta a este proyecto en audio.

El amplificador operacional ideal tiene fundamentos básicos relativamente fáciles.

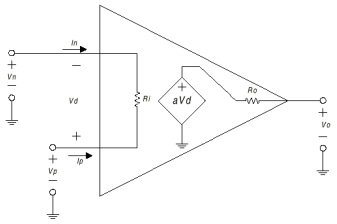


Ilustración 13. Amplificador operacional ideal.
Fuente: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Amplificadores operacionales [En línea] Mar. 2009.http://www.qi.fcen.uba.ar/materias/iqi/opamp1.html.

En la anterior figura se muestra un amplificador ideal. Es un dispositivo de acoplo directo con entrada diferencial, y un único terminal de salida. El amplificador sólo responde a la diferencia de tensión entre los dos terminales de entrada, no a su potencial común. Una señal positiva en la entrada inversora (-), produce una señal negativa a la salida, mientras que la misma señal en la entrada no inversora (+) produce una señal positiva en la salida. Con una tensión de entrada diferencial, Vd, la tensión de salida, Vo, será a Vd, donde a es la ganancia del amplificador[11]. Ambos terminales de entrada del amplificador se utilizarán siempre

[10] BOYLESTAD, Robert y NASHELSKY, Louis. Electrónica: Teoría de circuitos. México: Pearson educación. 2003, p. 22
[11] Ibíd., p.29

independientemente de la aplicación. La señal de salida es de un sólo terminal y está referida a masa, por consiguiente, se utilizan tensiones de alimentación bipolares (±)

Después de la anterior explicación se definen como características de los amplificadores operacionales:

- La ganancia de tensión es infinita.
- La resistencia de entrada es infinita.
- La resistencia de salida es cero.
- El ancho de banda es infinito.
- La tensión offset de entrada es cero.

Debido a las anteriores características, se deduce una importante propiedad de los amplificadores operacionales. Cualquier señal de salida que se desarrolle será el resultado de una señal de entrada infinitesimalmente pequeña Ya que la ganancia en la tensión es infinita.

2.1.11.1 Símbolo esquemático del amplificador operacional y usos.

Una herramienta adicional básica del AO es su símbolo esquemático. Este es fundamental, dado que un esquema correctamente dibujado nos dice mucho sobre las funciones de un circuito. El símbolo más usado se muestra en la figura 13 con algunas aclaraciones anotadas.

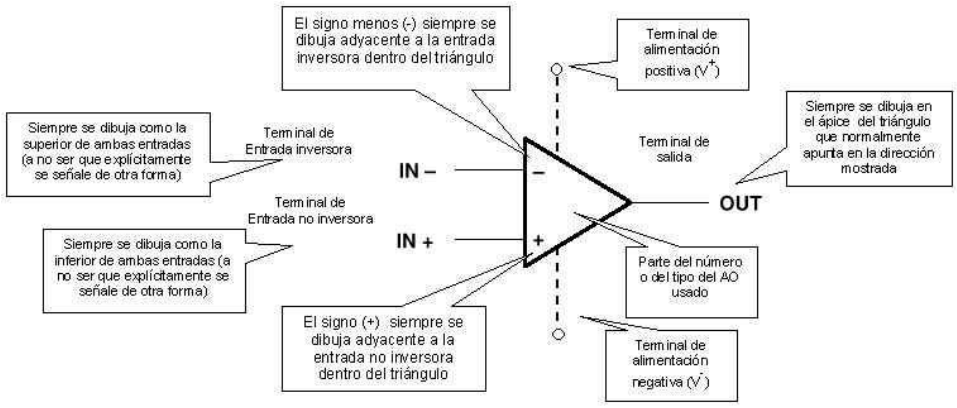


Ilustración 14. Amplificador operacional
Fuente: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Amplificadores operacionales [En línea] Mar. 2009.http://www.qi.fcen.uba.ar/materias/iqi/opamp1.html. [Citado 15-07-2010].

El símbolo básico es un triángulo, el cual generalmente presupone amplificación. Las entradas están en la base del triángulo, y la salida en el ápice. De acuerdo

con el convenio normal del flujo de señal, el símbolo se dibuja con el ápice (salida) a la derecha, pero puede alterarse si es necesario para clarificar otros detalles del circuito.

Usualmente, las dos entradas se dibujan como se indica en la figura; la entrada no inversora (+) es la inferior de las dos. Excepciones a esta regla se producen en circunstancias especiales, en las que podría ser difícil mantener el convenio estándar. Además, las dos entradas están claramente identificadas por los símbolos (+) y (-), los cuales se sitúan adyacentes a sus respectivos terminales dentro del cuerpo del triángulo.

Como se ve, los terminales de las tensiones de alimentación se dibujan, preferiblemente, por encima y debajo del triángulo. Estos pueden no ser mostrados en todos los casos (en favor de la simplicidad) pero siempre están implícitos. Generalmente, en croquis, basta con usar el símbolo de tres terminales para dar a entender el significado, sobrentendiendo las conexiones de alimentación.

Finalmente, el tipo o número del dispositivo utilizado se sitúa centrado en el interior del triángulo. Si el circuito es uno general, indicativo de un amplificador operacional cualquiera, se usa el símbolo A (o A_1, A_2, etc.)

2.1.11.2 Configuraciones básicas del amplificador operacional

Los amplificadores operacionales se pueden conectar según dos circuitos amplificadores básicos: las configuraciones Inversora y no inversora. Casi todos los demás circuitos con amplificadores operacionales están basados, de alguna forma, en estas dos configuraciones básicas[12].

2.1.11.2.1 Amplificador inversor.

Esta configuración Se denomina inversor ya que la señal de salida es igual a la señal de entrada (en forma) pero con la fase invertida 180 grados.

En este circuito, la entrada (+) está a masa, y la señal se aplica a la entrada (-) a través de R1, con realimentación desde la salida a través de R2[13].

[12] GONZALEZ DE LA ROSA, Juan José. Circuitos electrónicos con amplificadores operacionales. España: Marcombo S.A, 2001. p. 15
[13] Ibíd., p. 20

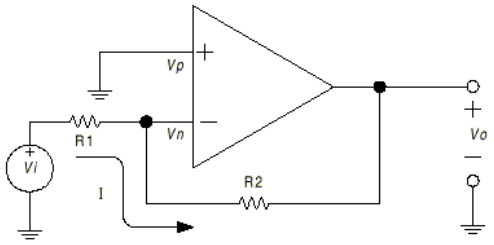


Ilustración 15. Amplificador inversor
Fuente. UNIVERSIDAD tecnológica nacional DE BUENOS AIRES. Amplificadores operacionales [En línea] Mar. 2009. http://www.dav.sceu.frba.utn.edu.ar /homovidens/ Valle/Valle/Pagina/A.O.%20inversor.htm. [Citado 2-06-2010].

El análisis de este circuito es el siguiente:

$V_+ = V_- = 0$

Definiendo corrientes

$$\frac{Vin - 0}{R1} = -\frac{Vout - 0}{R2}$$

De la ecuación anterior se despeja:

$$Vout = -Vin\frac{R2}{R1}$$

Entonces la impedancia de entrada es igual a la resistencia ($1Z_{in} = R_{in}$), Por lo cual podemos controlar la impedancia de entrada mediante la elección de R1.

Esta configuración es una de las más importantes, porque gracias a esta configuración, se puede elaborar otras configuraciones, como la configuración del derivador, integrador, sumador. En sistemas microelectrónicos se puede utilizar como buffer, poniendo 2 configuraciones en cascada.

2.1.11.2.2 Amplificador no inversor

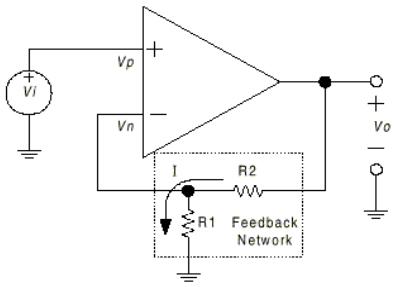


Ilustración 16. Amplificador no inversor

Fuente. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Amplificador no inversor [En línea], Mar. 2009. http://www.qi.fcen.uba.ar/materias/iqi/opamp1.html [Citado 12-05-2010].

En este circuito, la tensión V_i se aplica a la entrada (+), y una fracción de la señal de salida, Vo, se aplica a la entrada (-) a través del divisor de tensión R_1 - R_2. Puesto que, no fluye corriente de entrada en ningún terminal de entrada, y ya que $V_d = 0$, la tensión en R1 será igual a V_i[14].

Así pues

$$Vin = I * R1$$

Y como

$$Vout = I * (R1 + R2)$$

Tendremos pues que:

$$Vout = \frac{Vin}{R1} * (R1 + R2)$$

que si lo expresamos en términos de ganancia:

$$\frac{Vout}{Vin} = \frac{R1 + R2}{R1}$$

que es la ecuación característica de ganancia para el amplificador no inversor ideal.

[14] Ibíd., p.33

También se pueden deducir propiedades adicionales para esta configuración. El límite inferior de ganancia se produce cuando $R_2 = 0$, lo que da lugar a una ganancia unidad.

En el amplificador inversor, la corriente a través de R_1 siempre determina la corriente a través de R_2, independientemente del valor de R_2, esto también es cierto en el amplificador no inversor. Luego R_2 puede utilizarse como un control de ganancia lineal, capaz de incrementar la ganancia desde el mínimo unidad hasta un máximo de infinito. La impedancia de entrada es infinita, puesto que se trata de un amplificador ideal.

2.1.11.3 Configuraciones basadas en los circuitos inversor y no inversor

- **Amplificador diferencial**

La combinación de las dos formas anteriores es conocida como el amplificador diferencial. Aunque está basado en los otros dos circuitos, el amplificador diferencial tiene características únicas. El siguiente circuito, tiene aplicadas señales en ambos terminales de entrada, y utiliza la amplificación diferencial natural del amplificador operacional.

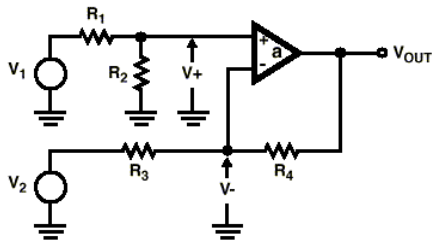


Ilustración 17. Amplificador diferencial

Fuente. Universidad Nacional de Rosario. Amplificador diferencial [En línea] Mar. 2009. www.fceia.unr.edu.ar/eca1/files/teorias/AD-2010.pdf. [Citado 15-06-2010].

Esta configuración es única porque puede rechazar una señal común a ambas entradas. Esto se debe a la propiedad de tensión de entrada diferencial nula. Esta muy útil propiedad del amplificador diferencial, puede utilizarse para discriminar componentes de ruido en modo común no deseables, mientras que se amplifican las señales que aparecen de forma diferencial.

- **Sumador inversor**

Utilizando la característica de tierra virtual en el nudo suma (-) del amplificador inversor, se obtiene una útil modificación, el sumador inversor[15].

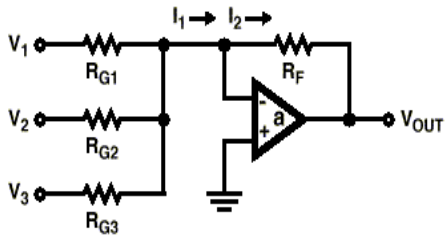


Ilustración 18. Sumador inversor

Fuente: UNIVERSIDAD DE MURCIA. Sumador inversor [En línea] Mar. 2007. http://ocw.um.es/ingenierias/tecnologia-y-sistemas-electronicos/material-de -clase-1/tema-6.-amplificadores-operacionales.pdf. [Citado 5-06-2010].

En este circuito, como en el amplificador inversor, la tensión V(+) está conectada a masa, por lo que la tensión V(-) estará a una masa virtual, y como la impedancia de entrada es infinita toda la corriente I_1 circulará a través de R_F y la llamaremos I_2. Lo que ocurre en este caso es que la corriente I_1 es la suma algebraica de las corrientes proporcionadas por V_1, V_2 y V_3.

Otra característica interesante de esta configuración es el hecho de que la mezcla de señales lineales, en el nodo suma, no produce interacción entre las entradas, puesto que todas las fuentes de señal alimentan el punto de tierra virtual. El circuito puede acomodar cualquier número de entradas añadiendo resistencias de entrada adicionales en el nodo suma.

- **Integrador**

Se ha visto que ambas configuraciones básicas del amplificador operacional actúan para mantener constantemente la corriente de realimentación, I Final igual a I Inicial.

[15] BOYLESTAD, Robert y NASHELSKY, Louis. Op. Cit., p. 34.

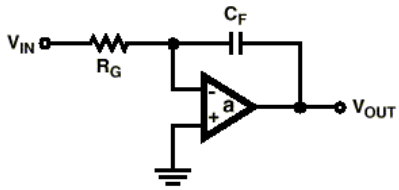


Ilustración 19. Amplificador integrador
Fuente. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Integrador [En línea] Mar. 2005. http://www.qi.fcen.uba.ar/materias/iqi/opamp1.html. [Citado 1-07-2010].

Una modificación del amplificador inversor, el integrador, mostrado en la figura anterior, se aprovecha de esta característica. Se aplica una tensión de entrada VIN, a RG, lo que da lugar a una corriente IIN.

Como ocurría en el amplificador inversor, V(-) = 0, puesto que V(+) = 0, y por tener impedancia infinita toda la corriente de entrada I in pasa hacia el condensador Cf, llamaremos a esta corriente IF.

El elemento realimentador en el integrador es el condensador CF. Por consiguiente, la corriente constante IF, en CF da lugar a una rampa lineal de tensión. La tensión de salida es, por tanto, la integral de la corriente de entrada, que es forzada a cargar CF por el lazo de realimentación.

La variación de tensión en CF es

$$-\Delta Vout = \frac{Iin}{Cf}$$

Lo que hace que la salida varíe por unidad de tiempo según:

$$\frac{\Delta out}{\Delta t} = \frac{-Vin}{RG * Cf}$$

Como en otras configuraciones del amplificador inversor, la impedancia de entrada es simplemente RG

- **Diferenciador**

Una segunda modificación del amplificador inversor, que también aprovecha la corriente en un condensador es el diferenciador mostrado en la **figura 20.**

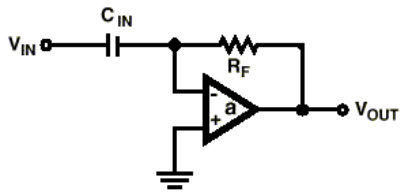


Ilustración 20. Amplificador diferenciador
Fuente. Universidad Nacional de Rosario. Amplificador diferenciador [En línea] Abr. 2004. www.fceia.unr.edu.ar/eca1/files/teorias/AD-2010.pdf. [Citado 5-06-2010].

En este circuito, la posición de R y C están al revés que en el integrador, estando el elemento capacitivo en la red de entrada. Luego la corriente de entrada obtenida es proporcional a la tasa de variación de la tensión de entrada:

$$\Delta Iin = \frac{Vin * Cin}{\Delta t}$$

De nuevo diremos que la corriente de entrada I_{IN}, circulará por R_F, por lo que $I_F = I_{IN}$

Y puesto que $V_{OUT} = - I_F R_F$ Sustituyendo obtenemos

$$Vout = \frac{-\Delta Vin * Rf * Cin}{\Delta t}$$

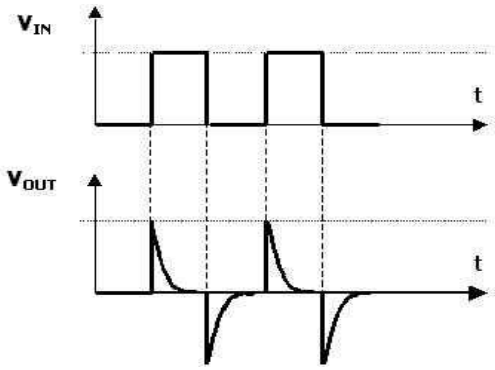


Ilustración 21. Diagrama de señales amp. Diferenciador
Fuente. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Amplificadores operacionales [En línea] Nov. 2001. http://www.qi.fcen.uba.ar/materias/iqi/opamp1.html. [Citado 6-06-2010].

La gráfica anterior muestra como es afectada una señal usando esta configuración.

- **Seguidor de tensión**

Una modificación especial del amplificador no inversor es la etapa de ganancia unidad mostrada en la figura 12.

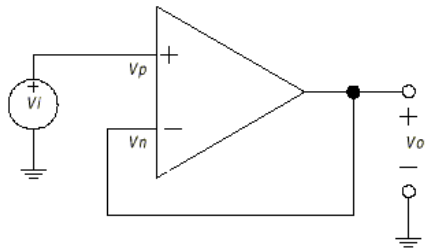


Ilustración 22. Seguidor de tensión
Fuente: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Amplificadores operacionales [En línea] Jul. 2005. http://www.qi.fcen.uba.ar/materias/iqi/opamp1.html. [Citado 10-06-2010].

En este circuito, la resistencia de entrada se ha incrementado hasta infinito, y R_F es cero, y la realimentación es del 100%. V_0 es entonces exactamente igual a Vi, dado que Es = 0. El circuito se conoce como "seguidor de emisor" puesto que la salida es una réplica en fase con ganancia unidad de la tensión de entrada. La impedancia de entrada de esta etapa es también infinita[16].

Todas las características de los circuitos que se han descrito son importantes, puesto que, son las bases para la completa fundamentación de la tecnología de los circuitos amplificadores operacionales. Los cinco criterios básicos que describen al amplificador ideal son fundamentales, y a partir de estos se desarrollan los tres principales axiomas de la teoría de los amplificadores operacionales, los cuales repetimos aquí:

1. La tensión de entrada diferencial es nula

2. No existe flujo de corriente en ninguno de los terminales de entrada

3. En bucle cerrado, la entrada (-) será regulada al potencial de entrada (+) o de referencia.

[16] GONZALEZ DE LA ROSA, Juan José. Op. Cit., p. 42.

Estos tres axiomas se han ilustrado en todos los circuitos básicos y sus variaciones. En la configuración inversora, los conceptos de corriente de entrada nula, y tensión de entrada diferencial cero, dan origen a los conceptos de nudo suma y tierra virtual, donde la entrada inversora se mantiene por realimentación al mismo potencial que la entrada no inversora a masa.

Usando el concepto de la entrada no inversora como terminal de referencia, el amplificador no inversor y el seguidor de emisor ilustran como una tensión de entrada es indirectamente multiplicada a través de una realimentación negativa en la entrada inversora, la cual es forzada a seguir con un potencial idéntico. "La configuración diferencial combina estos conceptos, ilustrando el ideal de la simultaneidad de la amplificación diferencial y del rechazo de la señal en modo común".[17]

Las variaciones del inversor ponen de nuevo de manifiesto los principios básicos. En todos estos circuitos, hemos visto también cómo el funcionamiento está solamente determinado por los componentes conectados externamente al amplificador.

4.1.2 Diagrama de bloques.

Describe los elementos de un sistema destacando sus principales partes y funciones incluye símbolos electrónicos y especifica el orden en el cual se harán las conexiones de los procesos involucrados.

El diagrama de bloques es una forma de representar gráficamente las relaciones entre las variables de un sistema. Se usa para representar el flujo de señales y la función realizada por los componentes del sistema.

4.1 MARCO LEGAL O NORMATIVA.

Dentro de la normativa existente para catalogar a un sistema de audio como HIFI, existe la norma DIM 45500. Esta norma pertenece a un conjunto que fueron publicadas por primera vez en 1926 en Alemania y han sido adoptadas por un gran número de países.

Esta norma es un sistema de normalización para poder llegar a una unificación en cuanto a tolerancias, tamaños, calidades, etc…, de los elementos empleados y producidos en la industria del audio. En la siguiente tabla se describe todos los parámetros que la norma exige, tanto para amplificadores de audio, como para receptores FM.

[17] Ibíd., p. 44.

Característica	Valores nominales mínimos
Potencia de salida RMS min	2X6 Watt
Distorsión armónica total (THD) max	1 %
Gama de frecuencias con amplitud +- 1,5 dB	40 a 16000 Hertz o mejor
Modulación cruzada max	3%
Relación señal ruido, en 20 Watt	50 dB o mejor
Separación de canales en 1000 Hz	40 dB o mejor
Separación de canales entre 250 y 10000 Hz	26 dB o mejor
Sensibilidad de entrada de baja impedancia	5 m volt en 47 Kohm
Sensibilidad de entrada de alta impedancia	500 m volt 470 Kohmios

Tabla 1. Norma DIM 45500

La norma DIN 45500 establece, como ya se ha mencionado, los parámetros de un sistema de reproducción de audio de alta definición. En ella no se hace referencia de protocolos de medición de dichos parámetros que contiene.

3. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación le da una transformación ya sea de carácter material histórico, social o cultural al mundo. El enfoque de acuerdo a las investigaciones establecidas y a los horizontes del proyecto es él: empírico-analítico.

3.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

- Software para simulación de circuitos.
- Mediciones en el laboratorio de electrónica (osciloscopio, generadores, multímetros)
- Software para el diseño del armazón del controlador personal.

NOTA:

El software utilizado en este proyecto es freeware.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

No aplica en este caso.

3.4 HIPÓTESIS

A través del diseño y construcción de un sistema de monitoreo personal, satisfacer las necesidades del músico en tarima y optimizar la calidad de la señal de referencia recibida por él.

3.5 VARIABLES.

3.5.1 Variables Independientes

- Conseguir los componentes y partes ideales para la construcción del prototipo.

- Disponer con los equipos apropiados y a la vez debidamente calibrados para las mediciones pertinentes del sistema.

- adquirir los componentes electrónicos necesarios y de alta calidad y a su vez una buena manufacturación para que haya correlación entre la norma DIN 45500 y el producto final.

3.5.2 Variables dependientes

- Tipos de mediciones referenciando la norma DIN 45500
- Obtener la suficiente teoría para el desarrollo y soporte del proyecto.

3.6 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB / SUB-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA

La línea de investigación seleccionada en este caso fue: tecnologías actuales y sociedad donde la sub-línea de facultad es el procesamiento digital de señales, inscrita dentro de la sub-línea de investigación nominada como: diseño de sistema de sonido.

4. DESARROLLO INGENIERIL

Para realizar el cumplimiento de los objetivos planteados en este proyecto, fue necesario hacer una búsqueda de información existente partiendo desde los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera. Observando el objetivo general que es diseñar y construir un prototipo análogo para monitoreo individual de sonido en vivo, este conlleva a seguir un orden y proponer un plan de trabajo con el fin de cumplir con el desarrollo del proyecto y así la necesidad de realizar todos los objetivos planteados.

Dentro de los objetivos a desarrollar en este proyecto, se determinó investigar en el mercado los sistemas de monitoreo individuales para sonido en vivo que existen en el mercado y su funcionamiento ya que por medio de esta investigación se tiene una base y sobre todo un criterio para determinar qué tipo de diseño electrónico constituirá la construcción del prototipo.

4.1 SISTEMA DE MONITOREO USANDO AUDÍFONOS

En la década de los 90 apareció este novedoso sistema de monitoreo. Funciona usando auriculares mediante un receptor y transmisor de UHF de modo inalámbrico como también de manera alámbrica, con la mezcla correspondiente en la consola de escenario. La ilustración N. 23 muestra como pueden ser físicamente estos sistemas.

Ilustración 23. Monitores de audífonos
Fuente. SHURE AUDIO. Monitores de audífonos, Abr. 2009. Sistemas de micrófonos inalámbricos y Sistemas de monitoreo personal para iglesias [Publicación educativa] [Citado 12-04-2012].

Se encontró sistemas existentes en el mercado internacional del tipo de monitoreo individual donde existen varias opciones en el momento de adquirir este tipo de sistemas. “Las compañías de audio fabrican auriculares de alta fidelidad, pero solo

dos los han diseñado con receptor y emisor de señal, incluidos los audífonos".[18] Una de las marcas más importantes que manejan este sistema es SENNHEISER con un producto de referencia EW 300 IEM G3.

Ilustración 24. Sistema SENNHEISER AUDIO-EW300 IEM G3
Fuente. SENNHEISER AUDIO. Sistema EW 300 IEM G3 [En línea], Abr. 2010. http://www.sennheiser.co.uk/uk/home_en.nsf/root/professional_evolution-wireless-g3_ew-300-iem-g3_021210_021210.[Citado 12-04-2012].

Con un receptor de adaptación-diversidad, el paquete de receptor utiliza el cable de los auriculares como antena para la recepción secundaria, el ecualizador de 5 bandas integrado en el transmisor le permite personalizar el sonido aún más.

Por último, el conjunto puede ser monitoreado y controlado de forma remota con Sennheiser "Wireless Systems Manager" de software, debido a la incorporada en el puerto Ethernet del transmisor estéreo.

Otra marca que maneja este tipo de sistema de monitoreo es SHURE con su referencia PSM1000.

[18] CAMPUZANO, Marco Antonio. GADGETS. [EW 300 IEM G3] [En línea - HTML]. Jun 2010. [Citado 12-06-2012]. Disponible en: www.revistagadgets.com

Ilustración 25. Sistema PSM1000
Fuente. SHURE AUDIO. Especificaciones técnicas sistema PSM1000 [En línea], Mar. 2009.http://www.shure.com/americas/products/*personal-monitor-systems/ psm-1000.* [Citado 12-04-2012].

El Sistema de Monitoreo Personal PSM1000 de Shure lleva al monitoreo personal al nivel más avanzado nunca antes visto. “El transmisor con rack completo, de dos canales, conectado a la red, es ideal para cumplir con las exigencias de giras profesionales y en aplicaciones de instalaciones, y el receptor de cuerpo diversificado, proporciona una señal de RF y una calidad de audio impecables”.[19]

La interconexión en red a través de Ethernet permite el control remoto de las funciones del transmisor y la coordinación de frecuencia total vía el software Wireless Workbench.

Este sistema funciona en base a una tecnología más simple que los 2 anteriores pero no por ello menos efectiva, además debido a su precio puede ser accesible para la mayoría de los músicos profesionales, independientes, amateurs, o aquellos que apenas inician y quieren poder escucharse fuerte y claro en el escenario.

Otro dispositivo es el Rolls PM351 Personal Monitor System, donde la siguiente gráfica (ilustración 26) nos muestra como es físicamente.

[19] SHURE. Sistema de monitorización personal PSM 1000. [PSM 1000][En línea - HTML]. Ene 2012. [Citado 05-06-2012]. Disponible en: http://www.shure.es/productos/monitorizacion-personal/psm1000.

Ilustración 26. Sistema el Rolls PM351
Fuente. ROLLS. Rolls PM351 Personal Monitor System [En línea], Mar. 2011. http://www.rolls.com/product.php?pid=PM351

Este dispositivo se basa en el diseño de una mini mezcladora personal con funciones sumamente básicas. Este sistema cuenta con 3 entradas: una para un micrófono, una para un instrumento y una para una línea de mezcla de monitor, Lo que se hace es conectar una referencia de instrumento y micrófono a las entradas de este aparato (como si fuera un pedal de efectos) y luego mandar las salidas a la consola o al sistema de sonido que se esté utilizando.

Estas salidas que se mandan a la consola se conocen como “Thru” puesto que no son afectadas en lo más mínimo. En esta pequeña mezcladora se puede conectar audífonos ‘in ear’ y subir todo el volumen que se desea a la referencia de instrumento y a la de un micrófono sin afectar la señal que le llega al Ingeniero de monitoreo.

Además de ello el aparato cuenta con una entrada de línea donde se puede recibir una mezcla auxiliar de monitores (como se hace comúnmente) y ajustar los volúmenes del resto de la banda en relación con el que el músico este interpretando, ya sea su propio instrumento o la voz.

Otro sistema es Monitor Intraural In-Ear LUCERO MPI-3.7. Las características fundamentales de este son que se componen por ser totalmente digital, poseer un DSP de 16bits que hace más apreciable el sonido eliminando picos, dotando al mismo de ganancia o atenuación, posee cables de 6mts desmontables que permiten movimientos en el escenario, fichas de conexión con trabas para que no se suelten por el movimiento, fuente de alimentación externa y adaptadores con o sin atenuador para usar el equipo en lugares no preparados para mezclas de monitoreo individual.

En el momento de utilizarse, este sistema en caso de que solamente se utilice una mezcla de monitoreo, se puede usar los adaptadores con atenuador para tomar la señal de audio del monitor de suelo. Todos estos monitores de suelo tienen 2 conectores, uno para conectar la potencia y otro para conectar otro monitor.

Se puede conectar el sistema de monitoreo In-Ear al conector que este desocupado, con el adaptador con atenuador Canon/Speak-ON o Canon/Plug según el tipo de conector.

Además de poder escuchar, sin niveles excesivos, sin "bola de ruido", y sin acoples; el sistema permite tener independencia absoluta cuando se requiera mayor o menor nivel de volumen.

Si se emplea monitorear solo el instrumento del interprete, o solo un metrónomo, se aprovecha el adaptador sin atenuador Canon/Plug (Para equipos con salida jack) o directamente a una salida del tipo Canon, según corresponda.

A continuación en la gráfica siguiente se podrá apreciar como es físicamente el sistema.

Ilustración 27. Monitor Intraural In-Ear LUCERO MPI-3.7
Fuente. http://www.foromusicos.es [En línea], Febrero 2013.
http://www.foromusicos.es/f13/comparacion-de-sistemas-de-monitoreo-intraural-in-ear-9677/

La arquitectura del monitor digital está basada principalmente en un procesador de audio de 16bits. Sus funciones se resumieron en 10 programas que pueden ser seleccionados mediante el panel de control y visualizados con un display. El control de volumen es independiente del programa PRESET.

Se calibra de fábrica con los valores de ganancia permitidos por la secretaria de seguridad laboral del ministerio de trabajo (este sistema es diseñado y fabricado en Argentina), en caso de requerir un mayor nivel de ganancia y de presión sonora, se puede calibrar internamente.

Posee un atenuador interno de entrada para disminuir la posibilidad de saturación, y dos etapas de ganancia en serie, esto fue concebido pensando en los bateristas

que al ejecutar un instrumento de percusión necesitaran mayor volumen que el resto de los músicos.

Estos tipos de monitoreo le dan al músico ciertas ventajas, como evitar los molestos acoples en el escenario y no es necesario utilizar fuertes volúmenes en espacio abierto que enturbian la mezcla de sala. Además permite realizar una mezcla más precisa, agregando efectos y otros detalles que pasarían desapercibidos en un monitor de piso. Los músicos reciben menor presión sonora en el oído y el conjunto resulta más económico que un sistema con varios monitores biamplificados con crossovers, amplificadores y cables, por lo que han sido rápidamente incorporados por casi todos los grupos importantes, particularmente para sus cantantes y solistas.

El prototipo a construir es un sistema básico, análogo y alámbrico que le permite a el músico ser autónomo en el de realizar su propia mezcla, teniendo como ventaja la manipulación de cuatro señales de audio como entrada, a diferencia de los mencionados anteriormente, ya que esos sistemas solo poseen una entrada estéreo donde el ingeniero de monitoreo envía una mezcla previamente realizada.

Teniendo en cuenta el marco de referencia del proyecto y los sistemas ya vistos, se empieza a diseñar los componentes electrónicos para la elaboración del prototipo a construir, donde se utilizan diagramas de bloques para mayor entendimiento y de esta manera se cumple con el segundo objetivo.

Los criterios para escoger cada uno de los componentes del prototipo a construir se basan, como se ha mencionado anteriormente muchas veces, en que el músico tenga mayor autonomía en el momento de realizar su mezcla de referencia.

Para esto, y gracias a la previa investigación que está en el marco de referencia y en los sistemas de monitoreo existentes en el mercado, se puede concluir que un músico necesita para cada una de las señales que se van a mezclar, un control de volumen para tener la posibilidad de atenuar o amplificar con referencia de las demás señales aquella que él considere más importante para su interpretación.

Necesitará un ecualizador para poder resaltar las frecuencias deseadas. Este ecualizador parte de la misma estructura que contiene una consola o mezclador profesional, mencionando que el tipo de ecualizadores que se manejan son el paramétrico y el semiparamétrico donde se permite atenuar o amplificar frecuencias fijas en los rangos de altos, medios y bajos.

Además del control de volumen y el ecualizador, se hace necesaria la implementación de un paneo, ya que este hace posible distribuir de forma binaurual la mezcla que el músico estaría acomodando para su interpretación.

Para finalizar el recorrido de las señales de audio, se requiere el uso de un componente que eleve el nivel de las señales ya mezcladas al nivel de la

reproducción para auriculares, por ello, el último componente es el amplificador de audífonos; teniendo en cuenta que cada componente necesita una alimentación de corriente para su funcionamiento y para esto se requiere una fuente de poder.

Por último, el criterio de diseño conlleva a poner todos estos componentes en una carcasa.

4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A CONSTRUIR.

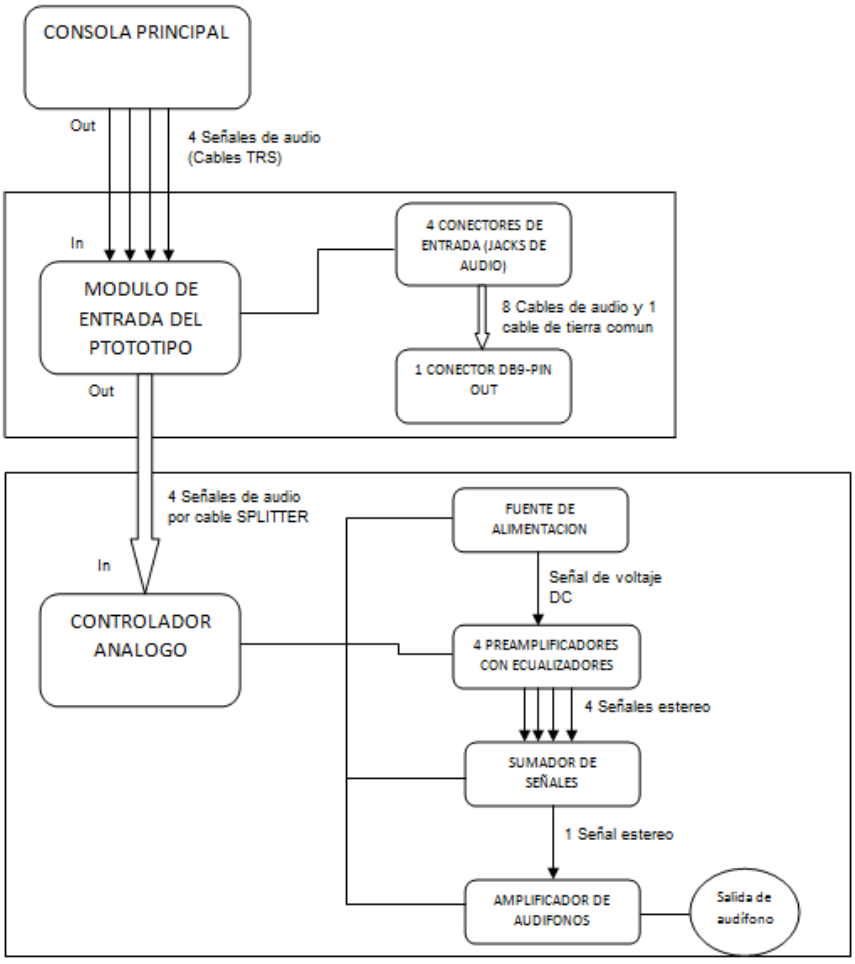


Ilustración 28. Diagrama de bloques del sistema a construir.
Fuente. Los autores

En el diagrama de bloque anterior, se puede observar que la señal de audio parte de una consola a través sus auxiliares. El dispositivo a construir, debido a que es un prototipo, tiene la posibilidad únicamente de recibir cuatro señales de audio.

Estas se reciben a través de cables no balanceados y son adoptadas por medio de la caja receptora donde las cuatros señales ingresan por conectores TRS de chasis y se entrelazan conectándolas al DB9-pin que es conector de salida. Las señales de audio avanzan siendo enviadas por un cable SPLITTER con terminales de serial que llega a la entrada del controlador análogo.

Este módulo consta de una fuente de voltaje que convierte la señal AC a DC y que permite de esta manera alimentar los circuitos por medio de un cable de corriente.

En el prototipo hay cuatro placas electrónicas idénticas que reciben la señal de audio duplicada. Es necesario duplicar cada señal debido a que se necesita en el proceso panear la señal. Cada placa contiene un sistema de pre amplificación, un control de volumen, un ecualizador semiparamétrico y un paneo.

Después cada señal llega a un sumador se señales para que sean amplificadas a nivel de audífonos en estéreo L y R por otra placa que contiene el circuito de un amplificador de audífonos. Se pueden aprecias los esquemáticos de los circuitos electrónicos en el anexo 3.

4.3 CAJA RECEPTORA

Es la encargada de recibir las cuatros señales mediante conectores TRS y enlazar estas a un conector DB 9-pin out, de esta forma sale directamente a un cable splitter y así el controlador recibe las señales dispuestas a mezclar. Estas señales son no balanceadas.

Se utilizó conectores TRS ya que en la mayoría de los sistemas de consolas análogas las salidas de los auxiliares de estas manejas este tipo de conector.

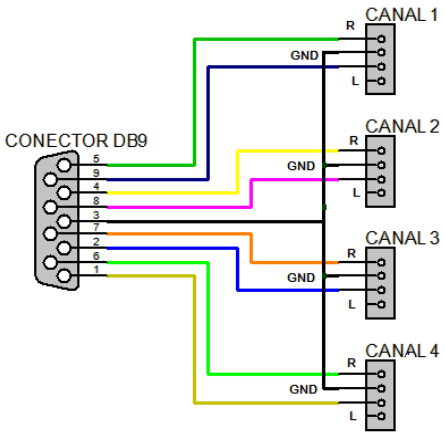


Ilustración 29. Diagrama de conexión de la casa receptora

Fuente. Los autores

La ilustración 28 describe el cómo se dispuso internamente en la caja receptora la conexión de los cables para la transmisión de las señales de audio. De cada uno de los cuatro canales se desprenden la señal duplicada en L y R con su respectiva tierra al conector chasis hembra DB 9-pin.

4.4 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

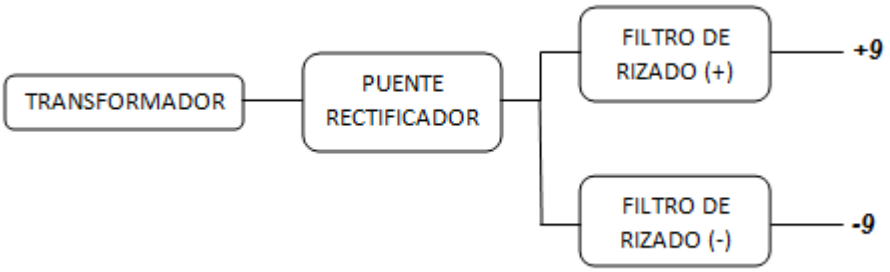


Ilustración 29. Diagrama de bloques de fuente de voltaje
Fuente. Los autores

La fuente de alimentación se encarga de convertir la tensión alterna en continua para así alimentar los diferentes circuitos utilizados. Esta consta de un transformador que disminuye los 110v de la red al voltaje requerido, un puente de diodo que rectifica la tensión alterna a continua y un filtro de rizado que disminuye

la componente del voltaje alterno, residuo que queda después de la rectificación en el puente de diodo. Este proceso se puede observar en el esquema anterior. (Ver figura 28.)

4.5 PREAMPLIFICADOR CON ECUALIZADOR

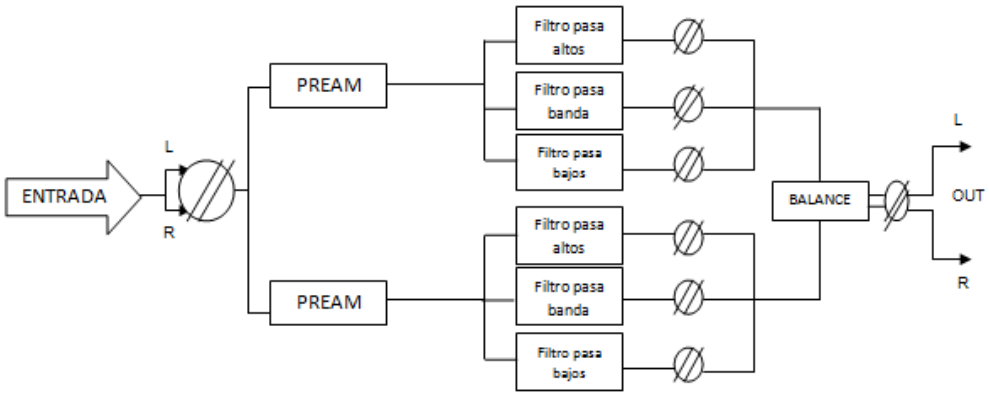


Ilustración 30. Diagrama de bloques de preamplificador con ecualizador
Fuente. Los autores

La gráfica número 29 describe el tipo de ecualizador semi-parametrico ya que en los parámetros de diseños para este proyecto se requiere manejar una frecuencia definida en los rangos de altos, medios y bajos, para que el músico pueda modificar cada una de las señales que entran al mezclador.

Se hace una búsqueda en la Web de un esquemático para poder desarrollar el circuito que se necesita, este se puede apreciar en el anexo 3, así se concluyó escoger viable para llevar a cabo los conocimientos adquiridos donde sus componentes sean fáciles de obtener en el mercado a un precio asequible. A este sistema le entra una señal estéreo donde se inserta a los preamplificadores que tienen como función normalizar la señal para estabilizarla y si trasladarla a los filtros.

4.6 CONTROL DE VOLUMEN CON PREAMPLIFICADOR

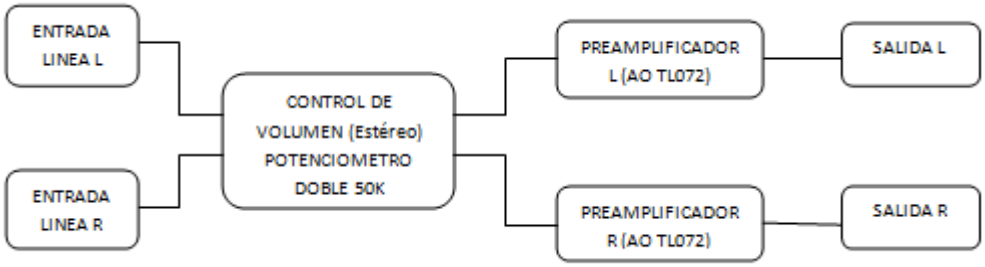


Ilustración 31. Diagrama de bloques de control de volumen con preamplificador

Fuente. Los autores

La configuración que se utiliza es de amplificador no inversor.

Entra la señal a través del potenciómetro doble que a su vez funciona como control de volumen y este va conectado al amplificador operacional (TL072), que cumple la función de preamplificador y así arrojar la señal de audio preamplificada. Esta función es la de estabilizar la señal de entrante para que pueda ser modificada de manera limpia en los demás componentes.

4.7 ECUALIZADOR DE TRES BANDAS

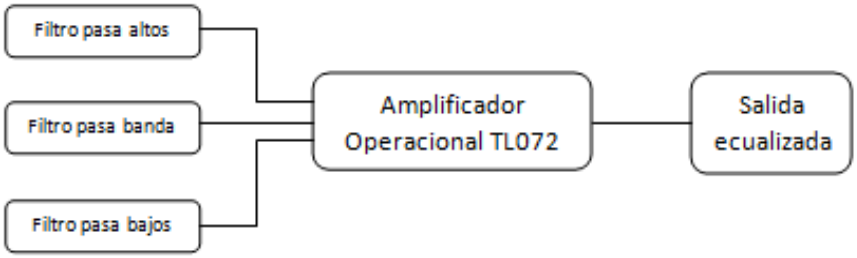


Ilustración 32. Diagrama de bloques de ecualizador de tres bandas
Fuente. Los autores

La siguiente fase es un ecualizador de tres bandas, altos, medios y bajos. En el filtro pasa altos el condensador se comporta como un circuito abierto para bajas frecuencias, lo cual no permite el paso de voltaje en la salida y para altas frecuencias se comporta como un cortocircuito permitiendo voltaje en la salida. En el filtro pasa bajo la red RC tiene como función atenuar las frecuencias altas, la combinación de estos dos filtros da como resultado el filtro pasa banda que deja

pasar solo las frecuencias medias, ya que atenúa las frecuencias altas y las frecuencias bajas.

Esta ecuación es la utilizada para hallar las frecuencias de corte de cada filtro.

$$fc = \frac{1}{2\pi RC}$$

Con los valores de los componentes del circuito interno se tiene una frecuencia de corte de 62 Hz para el filtro pasa bajos, 1 kHz para el filtro pasa banda y 10 kHz para el filtro pasa altos utilizando la ecuación mencionada anteriormente. La tensión de alimentación puede variar entre 0 a 12 voltios.

Cada circuito fue simulado en el software proteus dando las siguientes gráficas:

- Simulacion en proteus del filtro pasa altos

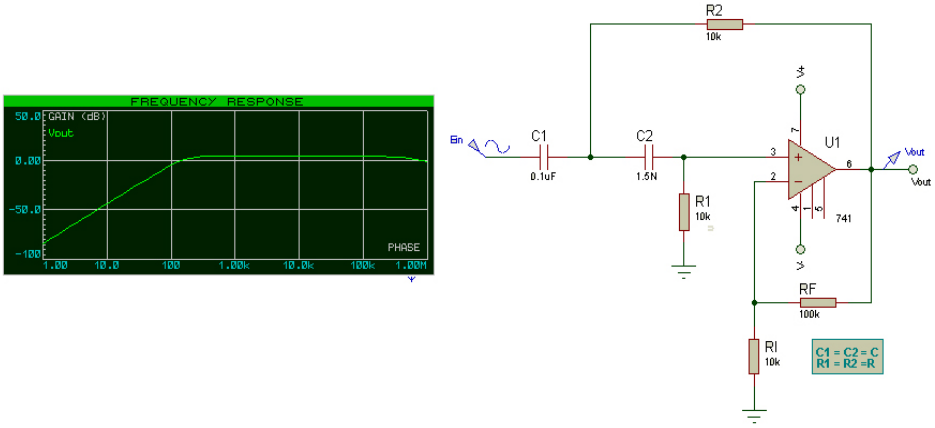


Ilustración 33. Simulación filtro pasa-altos
Fuente. Los autores

Se aprecia en la anterior simulación la respuesta en frecuencia del circuito, obteniendo los resultados deseados ya que se observa que hay un corte en aproximadamente 10 KHz es decir amplifica todas las frecuencias que esten por encima de dicho valor, atenuando las frecuencias que estan por debajo de este.

- Simulacion en proteus del filtro pasa banda.

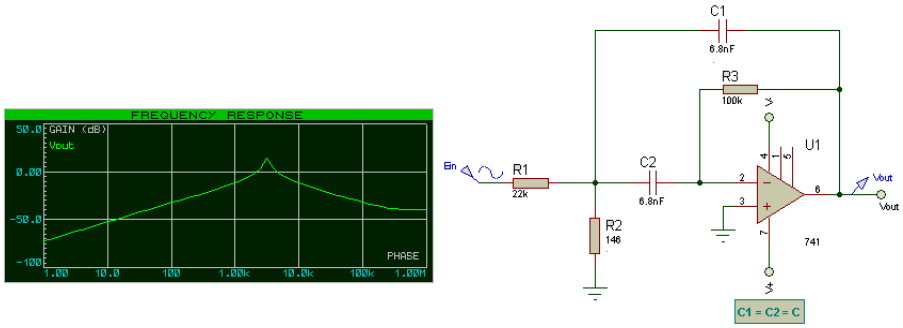


Ilustración 34. Simulación filtro pasa-banda
Fuente. Los autores

Se demuestra que el filtro atenua las frecuencias que estan por debajo de 1KHz y las que estan por encima de la misma para dejar pasar y amplificar solamente frecuencias medias.

- Simulacion en proteus del filtro pasa bajos.

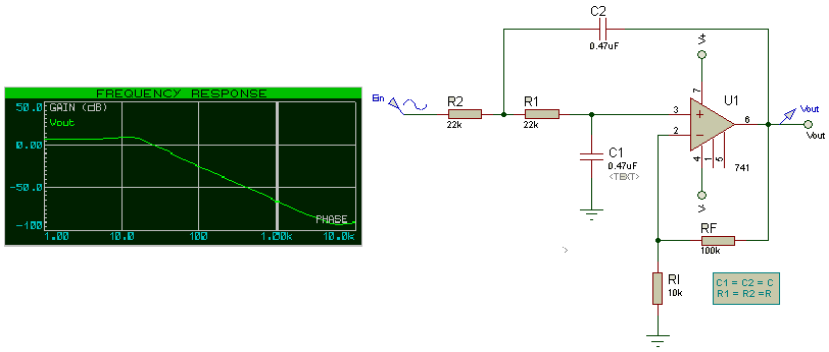


Ilustración 35. Simulación Filtro pasa-bajo
Fuente. Los autores

En la simulación del filtro pasa bajas se observa que el circuito amplifica hasta llegar a 70 Hz y empieza atenuar, como podemos observar la curva va decayendo ya que es lo ideal para el funcionamiento.

4.8 BALANCE

Por ultimo se encuentra el balance donde se tiene la entrada L y R que poseen la misma magnitud de voltaje, al momento de manipular el potenciometro para cualquiera de los dos lados un extremo del potenciometro aumenta la resistencia y el otro extremo la disminuye, de esta manera se obtiene la respuesta del balance al momento de manipularlo.

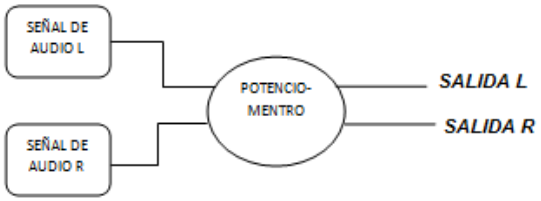


Ilustración 36. Diagrama de bloques del balance
Fuente. Los autores

4.9 SUMADOR DE SEÑALES

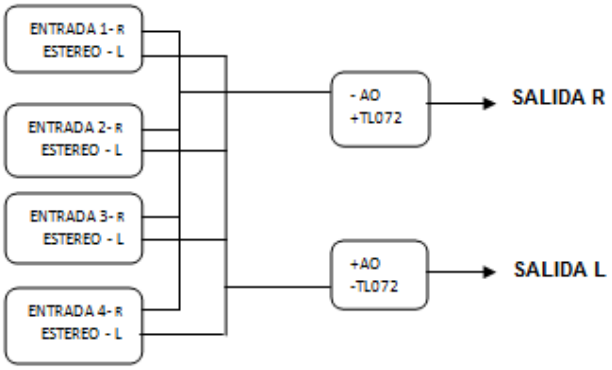


Ilustración 37. Diagrama de bloques de sumador de señales
Fuente. Los autores

El sumador enlaza todas las señales provenientes del preamplificador con ecualizador para así obtener una señal estéreo que después se acoplara con el amplificador de audífonos como resultado final.

Se conectan las señales de entrada R al pin negativo del amplificador operacional TL072 y las entradas L al pin negativo del segundo amplificador operacional y al final salen las señales L y R de los cuatro canales de entrada

4.9 AMPLIFICADOR DE AUDÍFONOS

En la última etapa se encuentra el amplificador de audífono estéreo, este combina características de corriente continua y alterna, cuenta con buena respuesta de SNR (relación señal ruido), la unidad de alta ganancia y ancho de banda máximo de oscilación de la salida, baja distorsión, velocidad de respuesta alta, diodos de protección de entrada, y la protección de la producción a corto-circuito.

El potenciómetro que se utiliza es doble para variar el volumen de los dos canales al mismo tiempo. Los condensadores utilizados son para bloquear cualquier corriente DC que pudiera traer la señal. Importante resaltar que su distorsión armónica total (THD) es de 0,2% y su potencia de salida es de 3.2W por canal.

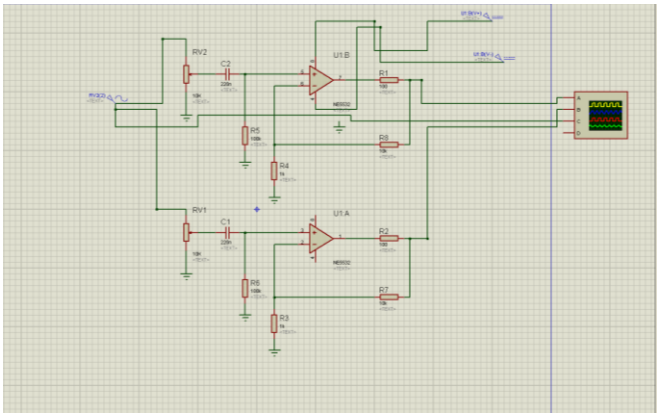


Ilustración 38. Circuito amplificador de audífonos simulado.
Fuente. Los autores

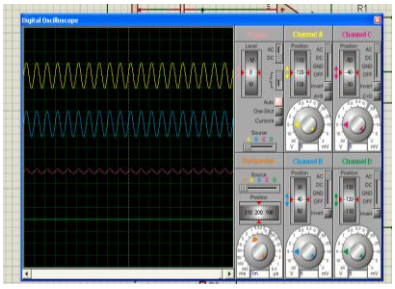


Ilustración 39. Osciloscopio simulando el amplificador de audífonos
Fuente. Los autores

La simulación demuestra que está amplificando los dos canales y que el circuito es apto para construirse. La señal de color rojo que se aprecia en la ilustración 38 es un tono puro 1 KHz que ingresa al sistema, las señales amarilla y azul simulan la salida del sistema L y R respectivamente donde se aprecia que las señales salientes están amplificadas en comparación a la señal entrante.

4.11 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Ya escogido el diseño se entra a plantear la parte de la construcción del prototipo, empezando por hacer todo el montaje del circuito en protoboard primeramente para así realizar una pequeña medición donde se corrobore que los componentes son los adecuados para que el prototipo funcione debidamente. En el anexo 6 se encuentra foto del montaje.

El paso a seguir es trasladar todo el mismo montaje a un circuito impreso que es diseñado en un programa llamado “proteus”, se puede observar en el anexo 4 el diseño de las baquelas de cada componente.

Siguiente a esto se procede a soldar todos los componentes electrónicos necesarios para el circuito en el impreso, para observar la máscara de componentes dirigirse al anexo 4 y finalmente se llevan los impresos a los laboratorios de electrónica de la universidad de San Buenaventura para realizarle una medición y así comprobar que todo esté funcionando debidamente.

Dicha medición se lleva acabo utilizando una fuente de voltaje para alimentar el circuito, se le ingresa una señal tono puro de 1 KHz mediante un generador de frecuencia. Se conecta a la salida del circuito uno de los canales del osciloscopio y en otro canal del mismo a una referencia en la señal del generador.

Diagrama de conexión para realizar las mediciones del circuito preamplificador con EQ y comprobar el funcionamiento

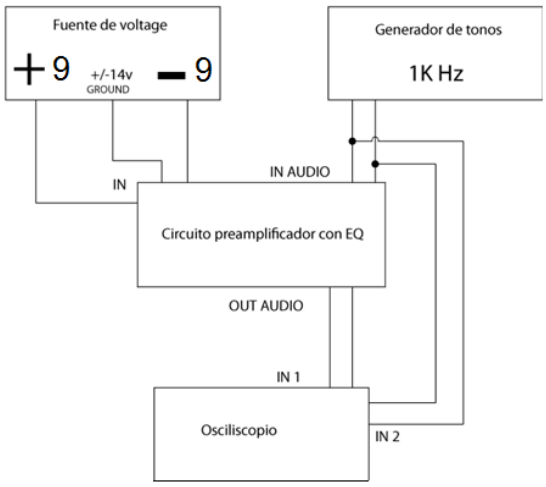


Ilustración 40. Diagrama de bloques medición del circuito
Fuente. Los autores

En la elaboración del amplificador de audífonos se tiene encuentra el mismo procedimiento explicado anteriormente, que es hacer un previo montaje en protoboard, Se entra a realizar la medición efectuando una prueba de funcionamiento donde se inyecta una señal de audio en el módulo de entrada del circuito, (reproductor de música de un computador) y en la salida se encuentra conectado un conector jack de chasis donde se inserta los audífonos SENNHEISER HD215 y así apreciar el funcionamiento, para después diseñar el circuito impreso en “proteus" (ver anexo 4) y luego proceder a soldar todos los componentes electrónicos .

Para la construcción del prototipo se hace necesaria la elección del cable que transmitirá las señales de audio desde la caja receptora hasta el controlador del músico.

El cable CMI8 de la marca PROEL fue el elegido, ya que en el mercado Colombiano se hace muy difícil conseguir cable de Snake de otra marca, de calidad y que contenga las especificaciones técnicas dadas por el fabricante, además del elevado costo de este. Este cable de Snake tiene en su interior ocho cables balanceados, encauchetados y con pantalla anti ruido que podrá permitir un paso se señal de audio totalmente limpia sin riesgo a disminución de voltaje; las especificaciones se observan en el anexo 5.

Ilustración 41. Cable Snake PROEL CMI8
Fuente. Los autores

Se realiza una medición para establecer si hay pérdida en la transmisión de señal de un extremo del al otro. Se utilizó un Generador de tonos de referencia Protek 9205ª, un osciloscopio de referencia Protek 6502ª y un multímetro digital llevándose a cabo en los laboratorios de electrónica de la Universidad de San Buenaventura.

Se inyecta una señal de audio, en este caso un tono puro; se referencia la señal de salida del generador sin el cable y la otra referencia con el cable en el osciloscopio y se mide el voltaje sin el cable y con el cable para establecer si hay pérdida de señal.

De esta medición se obtuvo los siguientes datos:

FRECUENCIA	VOLTAJE SIN CABLE	VOLTAJE CON CABLE
250HZ	41.6 mV	41.6mV
500HZ	33mV	33mV
1K	21.2mV	21.2mV
2K	11.9mV	11.9mV
4K	6.5mV	6.5mV
8K	3.4mV	3.4mV

Tabla 2. Resultados medición cable

Por último se construye la caja receptora que recibe las cuatro señales de audio y sale una sola para ser enviada al controlador

Contiene 4 jacks para chasis de audio de entrada, uno por cada canal y en la salida un conector de pines DB9 donde se conecta el cable splitter para llevar las señales de audio al controlador análogo.

Ilustración 42. Foto de la caja receptora del prototipo.
Fuente. Los autores

4.12 DISEÑO DE LA CARCASA

En el diseño se tuvieron en cuenta todas las dimensiones de los componentes de ensamble. Se utilizó el software de GOOGLE, SKETSHUP versión 8.0 para hacer los dibujos correspondientes. Este software es libre.

El diseño se presentó de la siguiente manera:

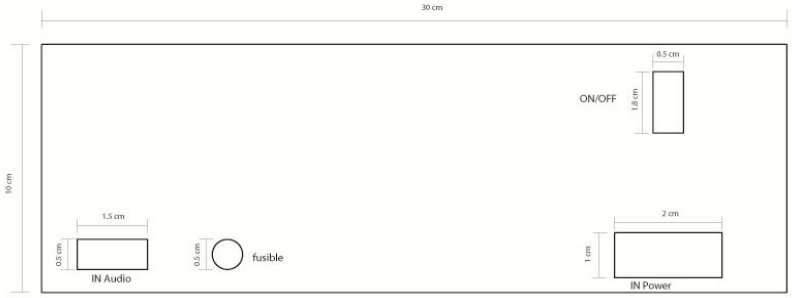


Ilustración 43. Vista posterior del armazón con sus dimensiones
Fuente. Los autores

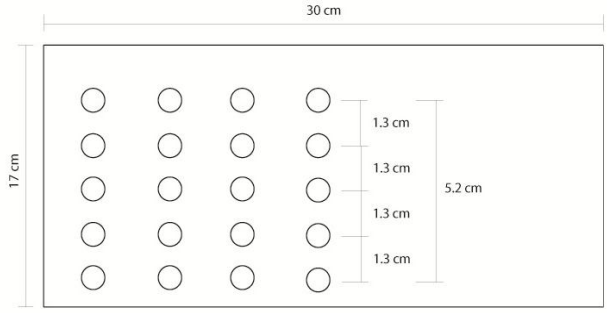


Ilustración 44. Vista aérea del armazón
Fuente. Los autores

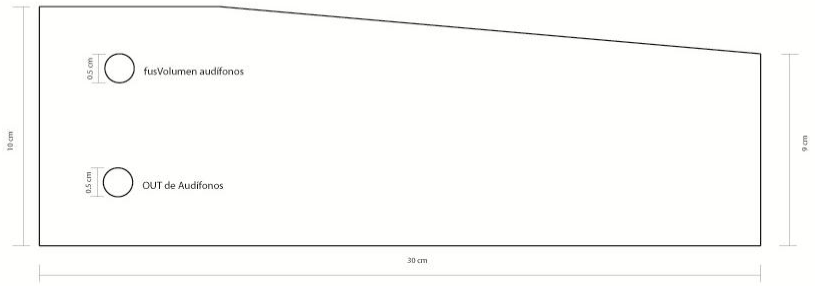


Ilustración 45. Vista lateral del armazón con sus dimensiones
Fuente. Los autores

En el momento de averiguar dónde mandar hacer el armazón se encontraron dificultades, puesto que en los lugares que se hizo la cotización correspondiente, se tenía que mandar a forjar mínimo una docena.

Esta se fabricó en lámina y se pintó con pintura electroestática de color negro.

4.13 ENSAMBLE DEL PROTOTIPO

Consiste en interconectar todas las partes que este conlleva. Principalmente se empieza conectando unas de sus salidas (+9 -9) de la fuente de voltaje al primer preamplificador EQ y este va conectado en cascada con los 3 restantes, su segunda salida que es de 12v va conectada al amplificador de audífonos. Los ecualizadores después de tener la señal lista son conectados al sumador que recibe las cuatro y procesa una sola y por último el amplificador de audífonos recibe las diferentes mezclas, salen por un conector de 3 pines (L, R y GND) conectándose al plug de audífonos.

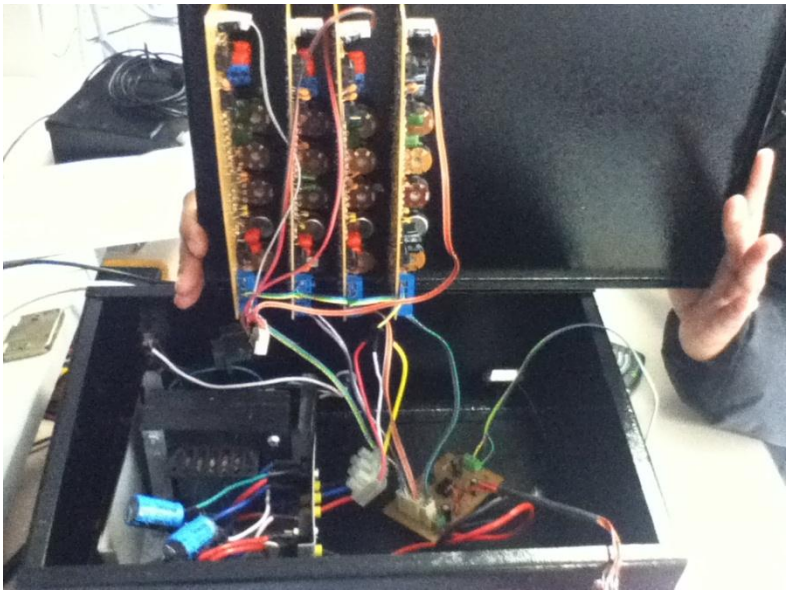


Ilustración 46. Foto del prototipo ensamblado
Fuente. Los autores

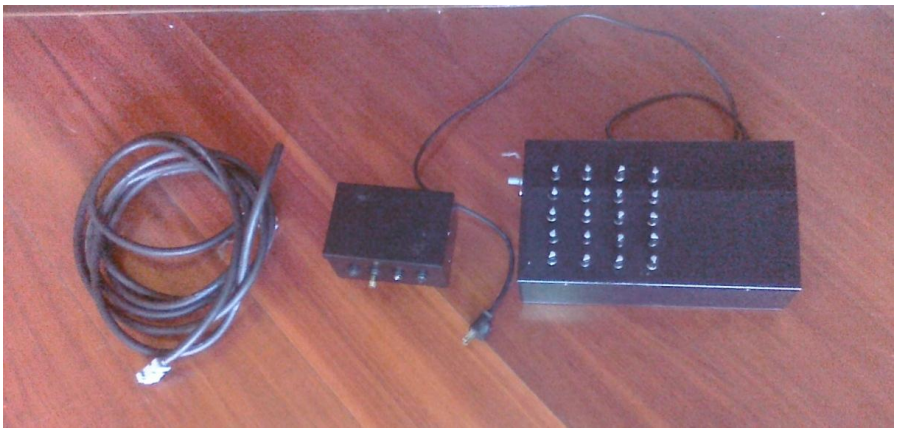


Ilustración 47. Prototipo ensamblado
Fuente. Los autores

Después del ensamble, se procede a iniciar las pruebas y demostraciones de funcionamiento que se requieren

Se lleva a cabo la medición para observar el comportamiento del prototipo. Teniendo en cuenta los parámetros mencionados en la norma DIN45500 y considerando que dicha norma no contiene los protocolos para realizar las mediciones de las características exigidas por esta, se determina que la medición se debe llevar a cabo en los laboratorios de la Universidad de San buenaventura donde se encuentran dispositivos actualizados como el osciloscopio digital de referencia Protek 6502ª aparte de contar con un multímetro y generador de señales, el osciloscopio tiene las gran ventaja de calcular todos los parámetros exigidos por la norma después de realizar la conexión debida entre este y el prototipo construido.

5. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

En las siguientes imágenes se muestra paso a paso el proceso realizado, que da como resultado los datos expuestos en la tabla.

Potencia de salida real

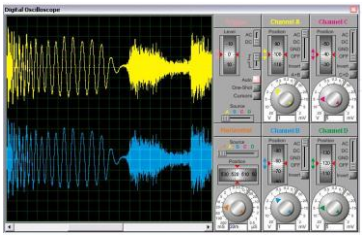


Ilustración 48. Potencia de salida
Fuente. Los autores

Se muestra la simulación en proteus de la salida de los 2 canales, amarillo para R y azul para L, al momento de montar el circuito en dicho programa se inyecto una señal de audio estéreo que dio como resultado la gráfica mostrada en la ilustración 47.

THD más ruido

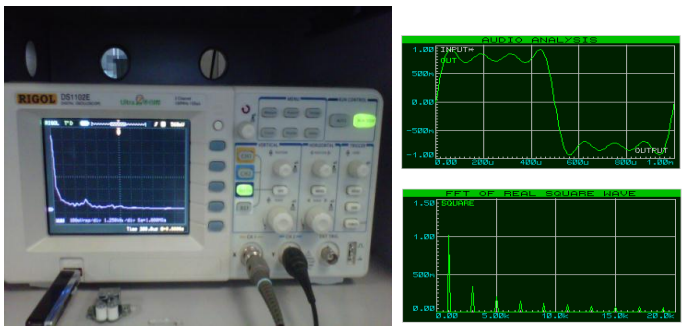


Ilustración 49. Distorsión armónica
Fuente. Los autores

Al llevar el prototipo al laboratorio de la Universidad de San Buenaventura se hace la conexión con el osciloscopio el cual mide las características de dicho aparato. Se conecta un reproductor de música a la entrada y una sonda del osciloscopio a la salida para observar el comportamiento, en la ilustración 48 se visualiza la distorsión armónica que es medida mediante la transformada rápida de Fourier.

Separación de canales en 1000Hz, 250 y 10000Hz

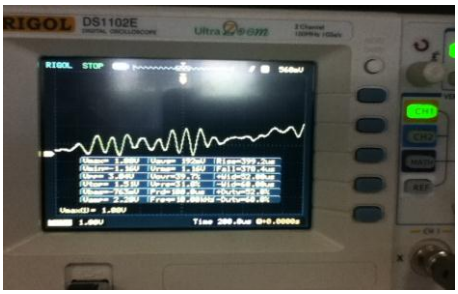


Ilustración 50. Separación de canales
Fuente. Los autores

Esta ilustración muestra la tabla general de toda la medición realizada en el osciloscopio.

5.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN,

Potencia de salida real	4 W por canal
THD más ruido	0,20%
Separación de canales en 1000Hz	50dB
Separación de canales en 250 y 10000Hz	31dB
Impedancia de entrada	10 Ohmios
Impedancia de salida	4 - 8 Ohmios
Relación de señal a ruido S/N	59dB

Tabla 3. Resultados de la medición
Fuente. Los autores

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la norma la potencia de salida es de 4 watts, es decir el controlador está dentro del promedio (2-6W) asignado.

La distorsión armónica generada por el controlador es de 0,20%, que es mucho menor al parámetro de la norma (1%).

Para hallar la separación entre canales, se inyecto una señal periódica a un canal y se midió la señal de salida en el otro, teniendo un resultado con buena fidelidad de 31 dB, teniendo una menor influencia entre canales.

La impedancia de entrada y salida depende directamente de los dispositivos que se conecten al controlador.

Variando en el osciloscopio el rango de frecuencias se encontró una relación señal/ruido de 59dB, nos indica que al tener mayor cantidad de decibeles haya una mejor relación y menor ruido. Lo anterior se puede comparar en la siguiente tabla.

Parámetros	valor medido	valor de la norma
Potencia de salida real	4 W por canal	2X6 Watt
THD más ruido	0,20%	1%
Separación de canales en 1000Hz	50dB	40 dB
Separación de canales en 250 y 10000Hz	31dB	26 dB
Relación de señal a ruido S/N	59dB	50 dB

Tabla 4. Comparación valores de la norma y los valores medidos.
Fuentes. Los autores.

6. CONCLUSIONES

Los bocetos de los circuitos utilizados, se analizaron y rediseñaron, adecuándolos a las características planteadas en el proyecto, para así llegar a un esquemático final que proporcionó mejoras en el prototipo, dando como resultado el cumplimiento a los parámetros ya establecidos para el desarrollo y producto final del proyecto.

Para el diseño y construcción del prototipo de un sistema individual análogo de monitoreo para sonido en vivo se realizaron mediciones pertinentes para sistemas de alta fidelidad, llegando a la conclusión de que se cumplieron los parámetros de acuerdo a la norma establecida.

El hecho de tener como referencia alguna normatividad que de un estándar de calidad en la elaboración de equipos electroacústicos, en este caso la norma DIM 45500, tiene incidencia directa la correcta elección de los componentes electrónicos usados, ya que la calidad de estos determina en gran manera poder cumplir con los requisitos descritos en la norma. Otro factor determinante es la manera en que se ensambla el prototipo; se debe tener sumo cuidado en este proceso para no afectar los componentes electrónicos y así no generar ningún tipo de ruido que afecte el resultado final.

Tomando lo anterior se puede concluir que en el desarrollo del proyecto se hizo difícil adquirir elementos de excelente calidad. Debido a esto, el prototipo tiene una deficiencia tal como la generación de un ruido tenue.

Los amplificadores operacionales brindan un sinfín de opciones que deben ser muy estudiadas, además de que ofrecen una buena relación de costo-calidad

Después de comprobar el desempeño del prototipo construido por medio de la medición hecha, el controlador montado ofrece en el campo de sonido en vivo una herramienta complementaria con respecto a los demás sistemas existentes de monitoreo debido a que sus características en cuanto a conexiones son compatibles con dichos sistemas.

7. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se exponen según la experiencia adquirida en este proyecto, teniendo en cuenta que podrán ser usadas para el desarrollo de otros trabajos que contengan el diseño y la elaboración de sistemas electroacústicos análogos.

Se debe tener muy claro, con previo estudio de los actuales sistemas de monitorio, cuales son los parámetros de diseño que incluye el prototipo a construir, para así brindarle al músico en tarima los reherimientos suficientes para la buena interpretación de su instrumento.

Es importante investigar las posibles conexiones con otros sistemas electroacústicos que permitan el acople preciso para usar el prototipo construido.

En el momento de construir cualquier prototipo electroacústico, se recomienda simular todos los circuitos acoplados para una mejor verificación, y así evitar posibles problemas en el ajuste de componentes electrónicos.

BIBLIOGRAFÍA

BOYLESTAD, Robert y NASHELSKY, Louis. Electrónica: Teoría de circuitos. México: Pearson educación. 2003, 1020 p.

GONZALEZ DE LA ROSA, Juan José. Circuitos electrónicos con amplificadores operacionales. España: Marcombo S.A, 2001. 160 p.

ICONTEC. Vocabulario electrotécnico internacional. Acústica y electroacústica. Bogotá: ed. Icontec, 2003. 301 p.

PIRAUX, Henry. Diccionario general de acústica y electroacústica. Madrid: Paraninfo, 1967. 374 p.

RECUERO LÓPEZ, Manuel. Técnicas de grabación sonora. España
2. ª Edición: 1992, 1996. 598 p.

EARGLE, John. Sound System Design Reference Manual. USA. JVL. 1999.

D. and C. Davis, Sound System Engineering, second edition, Howard F. Sams, Indianapolis, 1987.

EARGLE. Electroacoustical Reference Data, Van Nostrand Reinhold, New York, 1994

FOREMAN, Chris. EAGLE, John M. Audio Engineering for Sound Reinforcement. JBL editor. 1

ANGEL ZETINA. Electronic basica. Editorial limusa. Grupo Noriega editors. México 1.995

CHRISTIAN ZINGALES. Electronic. Giunti gruppo editorial. Firence, francia 2002

chrnoosvaldo.tripod.com

DAVID E. JOHNSON, JOHN HILBURN, JHONNY JOHNSON. Análisis básico de circuitos electrónicos, cuarta edición, prentice hall Hispanoamérica USA 1.991.

DAVIS, Gary y jones, Ralph. The sound reinforcement handbook. Second edition. Yamaha. Hal leonard corporation.usa.1990

Revista Sonido y Acústica. Universidad Tecnológica de Chile INACAP. Volumen 3, Número 1, mayo de 2008. Ñuñoa, Santiago de Chile.

Revista Sonido y Acústica. Universidad Tecnológica de Chile INACAP. Volumen 3, Número 2, octubre de 2008. Ñuñoa, Santiago de Chile

FUENTES ELECTRONICAS

ESCUELA DE SONIDO CETEAR. Conexiones desde consolas de los sistemas de monitoreo [En línea], Abr. 2010. [Consulta: 12-04-2012]. Disponible en: www.cetear.com/Sonido%20en%20Vivo%20part3.pdf.

ISP MÚSICA. Medición de audio. [En línea]. Jun 2008. [Consulta: 20-06-2011]. Disponible en: www.ispmusica.com.

MIYARA, Federico. Introducción a la electroacústica. [En línea]. Oct 2002. [Consulta: 11-10-2010]. Disponible en: www.fceia.unr.edu.ar/acustica/ audio/electroac.pdf.

WIKIPEDIA. Relación señal a ruido. [SNR] [En línea]. Jul. 2009. [Consulta: 16-05-2011]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Relaci%C3%B3n_se%C3% B1al/ruido

CAPITALIA. Respuesta en frecuencia de filtros [En línea], Ago. 2002. [Consulta: 05-12-2012].http://www.ccapitalia.net/reso/articulos/audiodigital/06/avanzados_audiodigital.htm

GLOSARIO

ELECTROACÚSTICA: La electroacústica es una rama de la electrónica que se ocupa del estudio, análisis, diseño y aplicaciones de dispositivos que involucran la conversión de energía eléctrica en acústica y viceversa.

CONSOLA DE AUDIO: Es un equipo electrónico que combina y establece diversas rutas de señal de audio, agregando además, procesamiento de señal y ajuste de nivel.

RELACION SEÑAL/RUIDO: Se define como el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe.

DECIBELIO: El decibelio es la principal unidad de medida utilizada para el nivel de potencia o nivel de intensidad del sonido

AMPLIFICADOR: Dispositivo electrónico que tiene como función incrementar la intensidad de corriente y/o la tensión y con ello obtener como resultado un incremento en la potencia de la señal que se le aplica a su entrada, obteniéndose la señal aumentada a la salida.

GENERADOR: Dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, transformando la energía mecánica en eléctrica.

FUENTE DE ALIMENTACION: Convierte la tensión alterna en una tensión continua utilizando un transformador, rectificador, un filtro y un regulador.

POTENCIA RMS: Es la cantidad de energía que se puede introducir en la etapa de potencia de un amplificador.

DISTORCION ARMONICA: La distorsión armónica es un parámetro técnico utilizado para definir la señal de audio que sale de un sistema y se produce cuando la señal de salida de un sistema no equivale a la señal que entró en él.

ANEXOS

ANEXO 1. REFERENCIAS DE GABINETES EXISTENTES EN EL MERCADO

En el mercado existen muchas marcas que ofrecen productos hechos para el monitoreo de sonido en vivo. Dentro de todas ellas, se decidió dejar aquellas que tienen una line específica, ya que otras empresas ofrecen cajas que se pueden usar tanto para referencia en tarima, como para PA.

DAS AUDIO

SML-12A

Ilustración 51. Monitor SML-12A
Fuente. DAS audio. Monitor DAS SML-12A [En línea], Ago. 2004. http://www.dasaudio.com/p/sml-12a/. [Citado 12-04-2012].

Características

Monitor escenario auto amplificado dos vías.
Amplificador dos canales 500 W LF (Clase D) + 100 W HF (Clase A/B)
Altavoz 12" con bobina de 3".
Motor de compresión de neodimio con salida 1,5".
Diseño bajo perfil con impacto visual mínimo.
Dos asas laterales.
Acabado especial pintura Iso-Flex alta resistencia.

El SML-12A es un monitor de escenario auto amplificado que incorpora un altavoz 12LN para la reproducción de bajas frecuencias. Para las altas frecuencias se emplea un motor de compresión de neodimio M-10N con geometría de salida de 1.5” y un diafragma de titanio de 3”.

El sistema utiliza un amplificador de dos canales: 500 W Clase "D" para la sección de bajas frecuencias y 100 W Clase "A/B" para los agudos.

SML-15A

Ilustración 52. Monitor SML-15A
Fuente. DAS audio. Monitor DAS SML-15A [En línea], Sept. 2006. http://www.dasaudio.com/p/sml-15a/. [Citado 12-04-2012].

Datos técnicos	
Potencia Nominal Amplificador LF	500 W
Potencia Nominal Amplificador HF	100 W
Respuesta en Frecuencia (-10 dB)	55 Hz-18 kHz
SPL Nominal de Pico Máximo a 1 m	133 dB SPL
Dispersión	60º H x 40º V
Material del Recinto	Contrachapado de Abedul
Color/Acabado	Negro/Pintura
Conectores	Input: Female XLR Loop Thru: Male XLR AC Input: Power on NAC 3 AC Output: Power on NAC 3
Tensión Nominal	115 V, 50 Hz/60 Hz 230 V, 50 Hz/60 Hz
Consumo (1/3 Potencia @ 230V)	0.6 A
Dimensiones (Al x An x P)	71.6 x 46 x 35.2 cm 28.2 x 18 x 13.9 in
Peso	28.5 kg (62.7 lb)

Tabla 5. Datos técnicos monitor DAS SML-15.
Fuente. DAS audio. Monitor DAS SML-15A Datos técnicos [En línea], Mar. 2009. http://www.dasaudio.com/p/sml-15a/. [Citado 12-04-2012].

SOUND MEYER

MJF-212A: High-Power Stage Monitor

Ilustración 53. Monitor MJF-212A
Fuente: SOUND MEYER. Monitor MJF-212A, Sept. 2006. OPERATING INSTRUCTIONS, MJF-212A™ High-Power Stage Monitor. [Citado 12-04-2012].

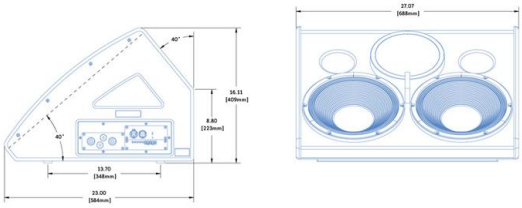


Ilustración 54. Medidas monitor MJF-212A
Fuente. SOUND MEYER. Medidas del monitor MJF-212A, Sept. 2006. OPERATING INSTRUCTIONS, MJF-212A™ High-Power Stage Monitor. [Citado 12-04-2012].

Características y Beneficios.

Pico de potencia de alto rendimiento que garantiza una excelente respuesta transitoria.

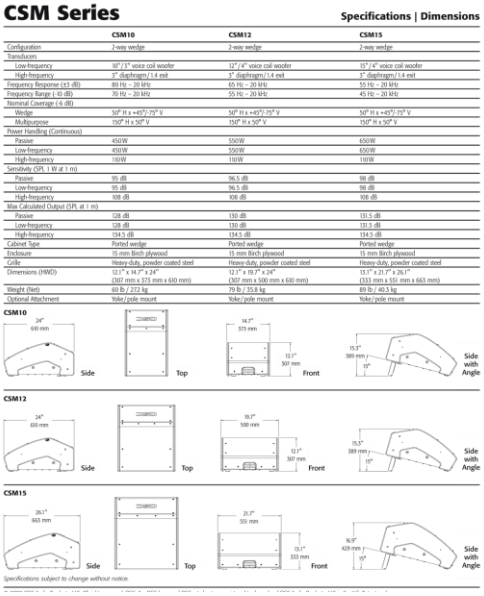
Perfil bajo. Conserva líneas de visión. Su respuesta en fase y frecuencia es plana, después de altos niveles de ganancia y antes de cualquier tipo de retroalimentación. Su simetría en patrón Q proporciona una cobertura uniforme.

QSC AUDIO.

CSM Series. Concert Stage Monitor Systems

Ilustración 55. Monitor CSM Series
Fuente. QSC AUDIO. Monitores CSM Series Datos técnicos [En línea], Oct. 2010. http://www.qscaudio.com/products/speakers/csm/. [Citado 12-04-2012].

La serie CSM son los paquetes del sistema integrado de altavoces del monitor etapa alta, el procesamiento digital de propiedad y amplificadores de alta potencia en un diseño altamente integrado que ofrece el mayor rendimiento a proporción del tamaño de cualquier monitor de marca premium etapa en el mercado hasta la fecha.



CSM Series — Specifications | Dimensions

	CSM10	CSM12	CSM15
Configuration	2-way wedge	2-way wedge	2-way wedge
Transducers			
Low-frequency	10" / 3" voice coil woofer	12" / 4" voice coil woofer	15" / 4" voice coil woofer
High-frequency	3" diaphragm / 1.4 exit	3" diaphragm / 1.4 exit	3" diaphragm / 1.4 exit
Frequency Response (±3 dB)	80 Hz – 20 kHz	65 Hz – 20 kHz	55 Hz – 20 kHz
Frequency Range (-10 dB)	70 Hz – 20 kHz	55 Hz – 20 kHz	45 Hz – 20 kHz
Nominal Coverage (-6 dB)			
Wedge	50° H x +45°/-75° V	50° H x +45°/-75° V	50° H x +45°/-75° V
Multipurpose	150° H x 50° V	150° H x 50° V	150° H x 50° V
Power Handling (Continuous)			
Passive	450 W	550 W	650 W
Low-frequency	450 W	550 W	650 W
High-frequency	110 W	110 W	110 W
Sensitivity (SPL 1 W at 1 m)			
Passive	95 dB	96.5 dB	98 dB
Low-frequency	95 dB	96.5 dB	98 dB
High-frequency	108 dB	106 dB	106 dB
Max Calculated Output (SPL at 1 m)			
Passive	128 dB	130 dB	131.5 dB
Low-frequency	128 dB	130 dB	131.5 dB
High-frequency	134.5 dB	134.5 dB	134.5 dB
Cabinet Type	Ported wedge	Ported wedge	Ported wedge
Enclosure	15 mm Birch plywood	15 mm Birch plywood	15 mm Birch plywood
Grille	Heavy-duty, powder coated steel	Heavy-duty, powder coated steel	Heavy-duty, powder coated steel
Dimensions (HWD)	12.1" x 14.7" x 24" (307 mm x 373 mm x 610 mm)	12.1" x 19.7" x 24" (307 mm x 500 mm x 610 mm)	13.1" x 21.7" x 26.1" (333 mm x 551 mm x 663 mm)
Weight (Net)	60 lb / 27.2 kg	79 lb / 35.8 kg	89 lb / 40.3 kg
Optional Attachment	Yoke/pole mount	Yoke/pole mount	Yoke/pole mount

Specifications subject to change without notice.

Tabla 6. Datos técnicos monitores CSM.
Fuente. QSC AUDIO. Monitores CSM Series Datos técnicos, Mayo. 2010. Loudspeaker User Manual, Concert Stage Monitor [Citado 12-04-2012].

ANEXO 2. RECOMENDACIONES PARA MONITOREOS USANDO GABINETES

Se recomienda si se van a utilizar en una mezcla varias cajas, que estas tengas las mismas características, ya que la referencia de la mezcla variará si se usan gabinetes con diferentes especificaciones.

La ubicación de los monitores de piso juega un papel importante en la escucha de la señal de referencia. Se recomienda que el músico esté entre 1 a 1,5 metros de distancia del monitor y que pueda ver la garganta de salida de la bocina, ya que estos tienen un ángulo de cobertura y si se excede en la distancia, el músico perdería la referencia en frecuencias altas debido a que este tipo de frecuencias son más direccionales que las graves.

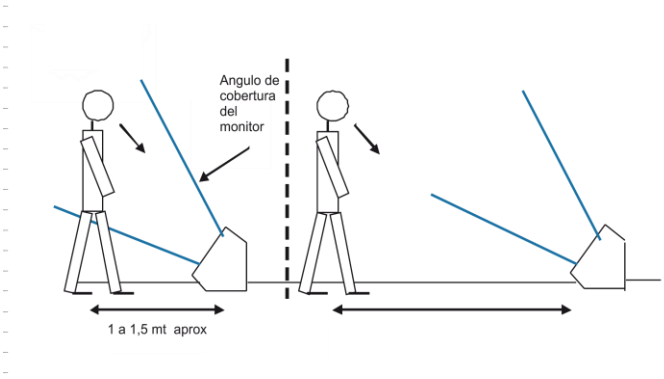


Ilustración 56. Angulo de cobertura
Fuente: GARCIA PINILLA, EZEQUIEL. Recomendaciones para monitores usando gabinetes [En línea], Jun.2009. www.cetear.com/sonido%20en%20Vivo%20part3.pdf. [Citado 12-04-2012].

Estos sistemas de monitoreo deben ser ajustados por medio de ecualizadores, atenuando las frecuencias que generan “acoples”. Es por esto que se recomienda que cada monitor tenga un ecualizador.

En cuanto al manejo del monitoreo en el escenario, es necesario que cada músico tenga su propio gabinete para referenciarse. Usando esta gran cantidad de cajas, se empiezan a evidenciar problemas ya mencionados en la elaboración del arte de este proyecto.

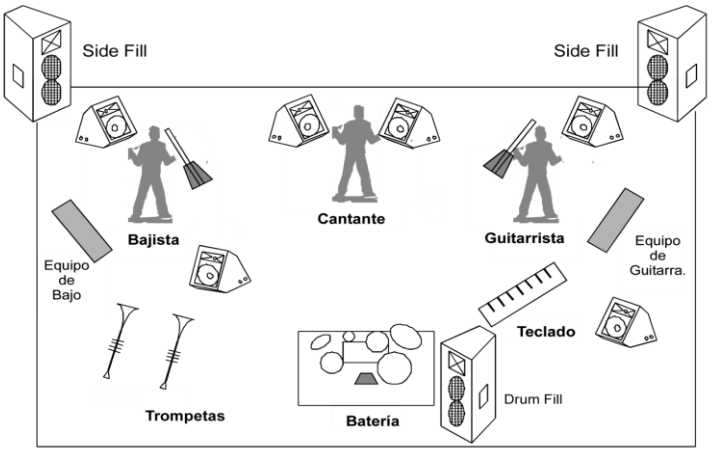


Ilustración 57. Side Fill

Fuente. ESCUELA DE SONIDO CETEAR. Recomendaciones para monitores usando gabinetes [En línea], Jun.2009. www.cetear.com/sonido%20en%20Vivo*%20part3.pdf*. [Citado 12-04-2012].

ANEXO 3. CIRCUITOS DEL PROTOTIPO

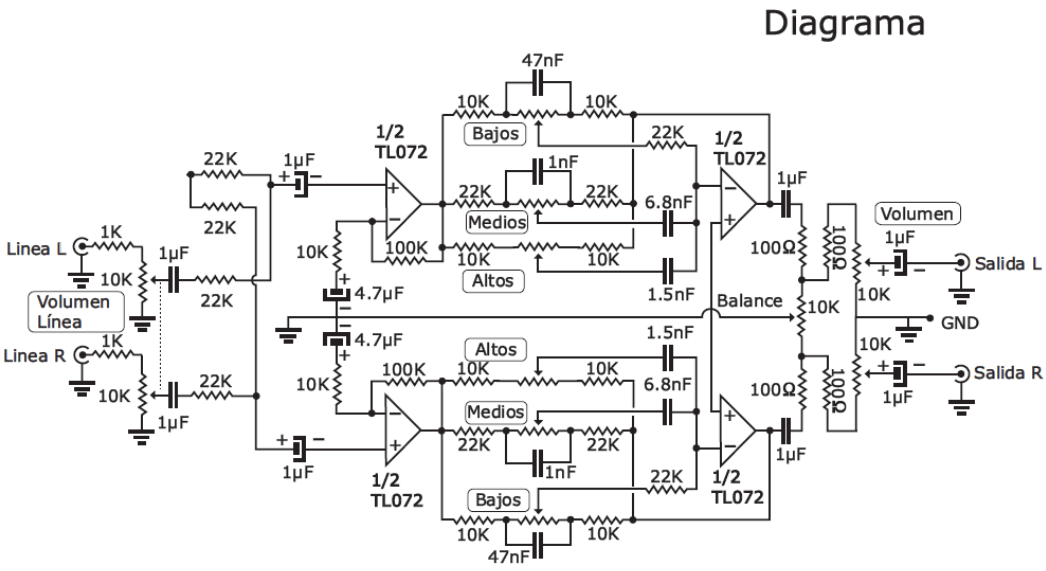


Ilustración 58. Esquemático electrónico del Ecualizador y preamplificador

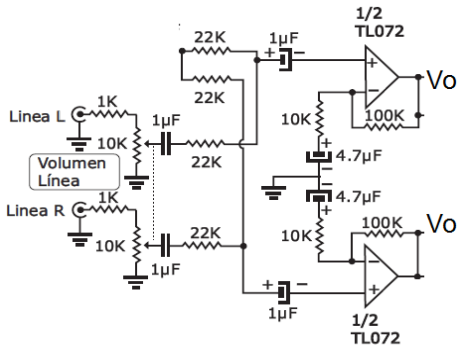


Ilustración 59. Esquemático electrónico del preamplificador

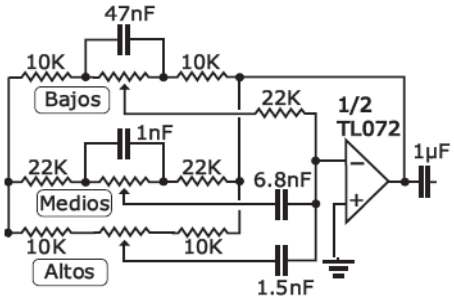


Ilustración 60. Esquemático electrónico del Ecualizador de tres bandas

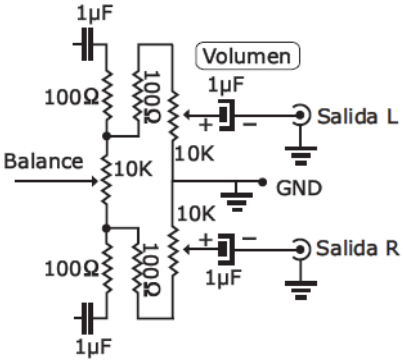


Ilustración 61. Esquemático electrónico del Balance

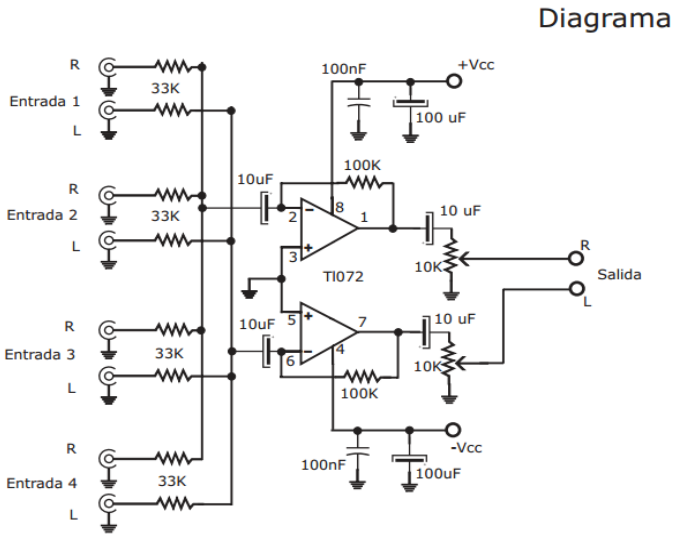


Ilustración 62. Esquemático electrónico del sumador de señales

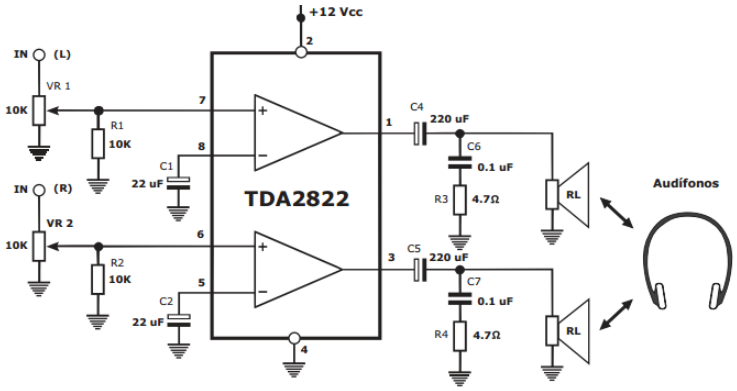


Ilustración 63. Esquemático electrónico del amplificador de audífonos

ANEXO 4. IMPRESOS DE CIRCUITOS

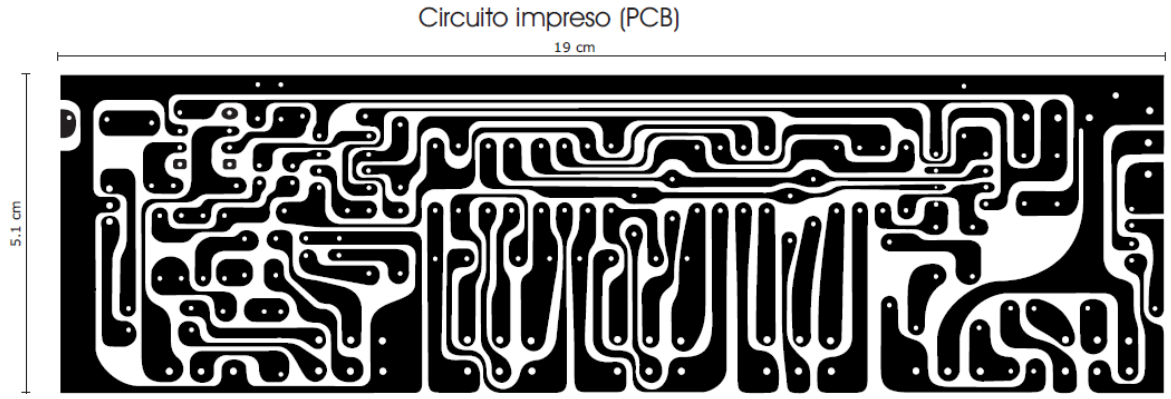


Ilustración 64. Baquela preamplificador

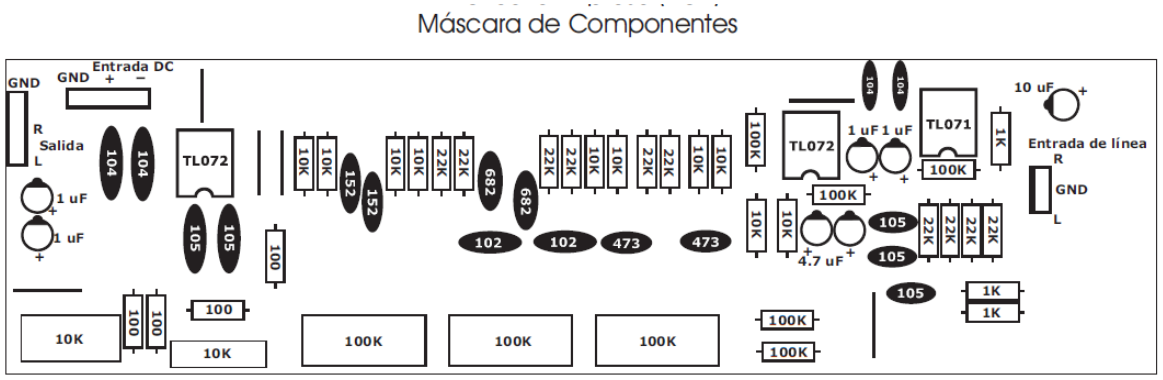


Ilustración 65. Máscara de componentes preamplificador

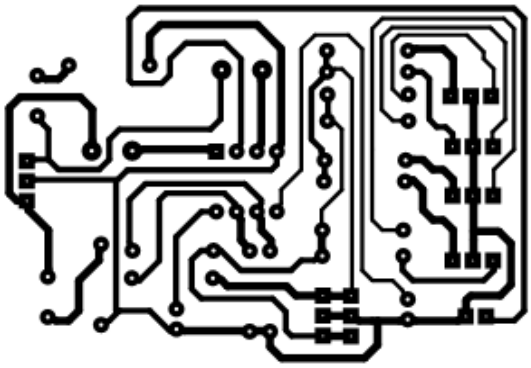


Ilustración 66. Baquela amplificador de audífonos

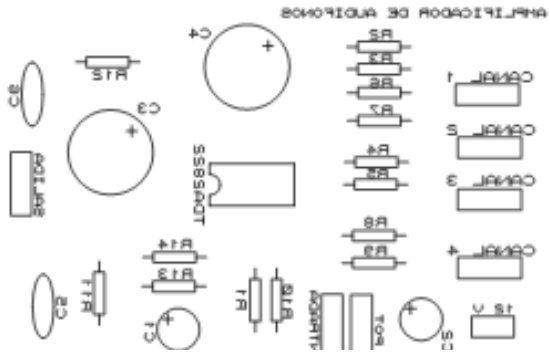


Ilustración 67. Máscara de componentes amplificador de audífonos

ANEXO 5. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CABLE

Application fields	Live events monitoring Stage Boxes
Conductors	Bare copper 24 AWG = 28 x 0.10 mm (0.22 mm²)
Insulation	XLPE ø 1 mm
Display	CONDUCTORS Aluminium-Mylard 100% CABLE Cotton tape 100%
Drain wire	Tinned copper 24 AWG = 7 x 0.18 mm (0.22 mm²)
Jacket	PAIRS PVC ø 2.80 mm CABLE PVC 70 shore ø 9.30 mm
Conductor resistance	< 87 Ohm/Km @ 20°C
Conductor/conductor capacitance	63 pF/mt @ 1 KHz
Conductor/shield capacitance	107 pF/mt @ 1 KHz
Nominal Impedance	80 Ohm ± 3 Ohm
Attenuation	1 MHz = 2.10 dB/100 mt 3 MHz = 3.60 dB/100 mt 6 MHz = 5.00 dB/100 mt 8 MHz = 5.80 dB/100 mt 10 MHz = 6.50 dB/100 mt
Velocity of propagation	66 %
Operating temperature	-20°C / +80°C
Working voltage	700 V AC 1000 V DC
Minumum bendig radius	18x overall diameter
Weight	164 kg/Km
Colours Available	Dull balck
Notes	100 mt. wooden reel

Tabla 7. Especificaciones cable CMI8

ANEXO 6. CONECTORES UTILIZADOS EN EL PROTOTIPO

Para el sistema se ha utilizado dos tipos de conectores.

El primero es un JACK PLUG de ¼. Es usado en el armazón para la entrada de señal de audio.

Ilustración 68. Conector de audio
Fuente. NEUTRIK AUDIO. Jack Plug de ¼ Chassis, Dic. 2009. [Publicación educativa] Datasheet NYS Jacks. [Citado 12-04-2012].

El segundo es tipo conector para cable DB 9-pin. Hembra y macho para el cable y tipo chasis macho para los armazones.

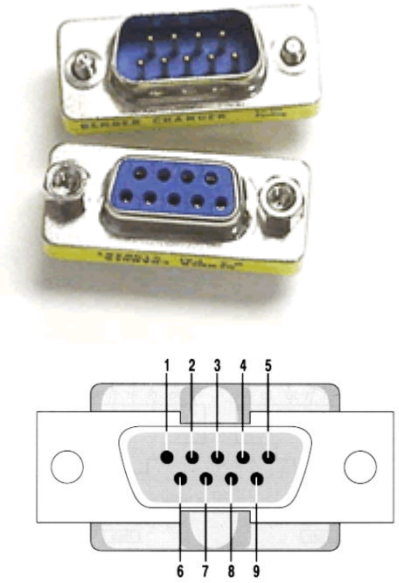


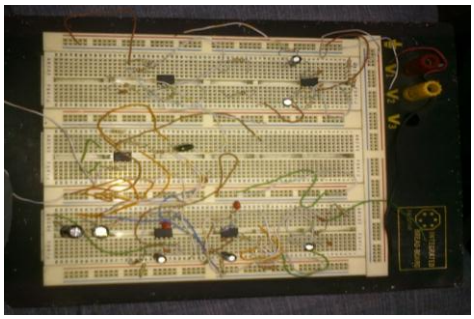
Ilustración 69. Conector DB9

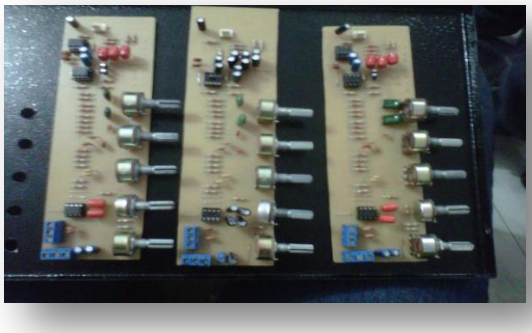
Fuente. ICOM CT. Conector DB9, Ene 2010. [En linea], http://www.lu1ehr. com.ar/ volverCT17.html. [Citado 10-12-2012].

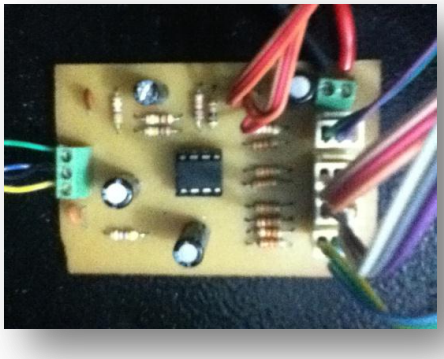
Pin 1	Tierra Entrada 1	Pin 6	Positivo entrada 3
Pin 2	Positivo entrada 1	Pin 7	Tierra Entrada 4
Pin 3	Tierra Entrada 2	Pin 8	Positivo entrada 4
Pin 4	Positivo entrada 2	Pin 9	----------
Pin 5	Tierra Entrada 3		

Tabla 8. Esquema de pines conector BD9

ANEXO 7. FOTOGRAFIAS







ANEXO 8. NORMA DIN 45500

HiFi = High Fidelity: Alta Fidelidad.

El término más conocido en audio es HiFi. Todos sabemos que estas siglas representan High Fidelity = Alta fidelidad, término con el cual se designa a todos los equipos de audio que sigan ciertas normas preestablecidas, como por ejemplo la norma DIN 45500. Esta norma establece que un equipo de audio debe satisfacer las especificaciones que surgen de la siguiente Tabla para poder ser considerados como equipos HiFi.

TABLA I. Las normas DIN 45500 para amplificadores de audio.

CARACTERISTICA	VALORES NOMINALES MINIMOS
Potencia de salida RMS, mínima	2 x 6 watt
Distorsión armónica total (THD), máxima	1 %
Gama de frecuencia con amplitud ±1,5 dB	40 a 16.000 Hertz o mejor
Modulación cruzada, máxima	3 %
Relación señal-ruido, en 20 watt,	50 dB o mejor
Separación de canales en 1000 Hz Separación de canales entre 250 y 10.000 Hz	40 dB o mejor 26 dB o mejor
Sensibilidad de entrada de baja impedancia Sensibilidad de entrada de alta impedancia	5 milivolt en 47 kohm 500 mV en 470 kilohm

Se observa que el conjunto de letras HiFi implica todo un conjunto de valores que están perfectamente establecidos y son iguales en todo el mundo.

Para receptores de FM existen normas similares que indicamos en la Tabla 2.

TABLA 2. Las normas DIN 45500 para receptores de FM.

CARACTERISTICA	VALORES NOMINALES MINIMOS
Relación señal-ruido para salida de 20 watt	44 dB
Gama de audiofrecuencia ±1,5 dB	40 a 12.500 Hz
Distorsión armónica total (THD) máxima	2,5 %
Separación de canales entre 250 y 6300 Hz Separación de canales entre 6300 y 10.000 Hz	22 dB 14 dB
Supresión de la frecuencia piloto de 19 kHz Supresión de la frec. Portadora de 38 kHz	Mejor que 25 dB Mejor que 31 dB
Separación de stereo de 46 dB	Debe indicar la sensibilidad en FM