



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**SISTEMA DE MONITOREO ACÚSTICO APLICADO  
AL ESTUDIO DE GRABACIÓN DE LA  
ACADEMIA DE ACÚSTICA**

**COLECTIVA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

**PRESENTAN**

**ANAID CITLALI PLATA TORRES  
FABIOLA SANDRA VELA VÁZQUEZ**

**ASESORES**

**ING. MUEDANO MENESES JOSÉ JAVIER  
ING. TRINIDAD ÁVILA LUCERO IVETTE**



**MÉXICO, D.F. JUNIO DE 2015**

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LÓPEZ MATEOS"**

## **REPORTE TECNICO**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN  
DEBERA (N) DESARROLLAR**

**INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA  
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL  
C. ANAID CITLALI PLATA TORRES  
C. FABIOLA SANDRA VELA VAZQUEZ**

**"SISTEMA DE MONITOREO ACÚSTICO APLICADO AL ESTUDIO DE GRABACIÓN DE LA ACADEMIA  
DE ACÚSTICA"**

**IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MONITOREO DE AUDIO CON EL FIN DE SATISFACER LA  
AUDIBILIDAD DE CADA ALUMNO QUE UTILIZA EL LABORATORIO DE GRABACIÓN UBICADO EN LA  
ACADEMIA DE ACÚSTICA PARA REALIZAR PRÁCTICAS REFERENTES A LA CARRERA.**

- **CONCEPTOS TEÓRICOS**
- **SISTEMA PARA MONITOREO DE AUDIO**
- **SISTEMA DE MONITOREO DE AUDIO ACTUAL DEL ESTUDIO DE GRABACIÓN**
- **SISTEMA DE MONITOREO DE AUDIO PROPUESTO PARA EL ESTUDIO DE GRABACIÓN**
- **RESULTADOS DEL SISTEMA PROPUESTO**

**MÉXICO D.F. A 21 DE MAYO DE 2015**

**ASESORES**

**ING. JOSÉ JAVIER MUEDANO MENESES**

**ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ RAMÍREZ**

**ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ RAMÍREZ  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA**



## AGRADECIMIENTOS

*El presente trabajo va dedicado principalmente a mis padres quienes me dieron la educación y me guiaron para tener la capacidad de decisión y fijarme metas para así lograr todos mis propósitos, como lo estoy haciendo ahora.*

*También agradezco a mi asesor el profesor Javier Muedano quien nos apoyó con la realización de este proyecto.*

*En especial quiero dar gracias a mi hermano Erick Eduardo Plata Torres quien nos ayudó a la realización de pruebas y colaboración al proyecto en general.*

*Y a Julio Alejandro Vázquez Huante agradezco todo el apoyo que me dio durante mi carrera y en especial con este proyecto.*

*Att: Anaíd Citlali Plata Torres*

## AGRADECIMIENTOS

*Este trabajo está dedicado aquellos que me acompañaron en mi formación personal y académica.*

*Un agradecimiento muy especial a mi familia por el apoyo que me han brindado a lo largo de este camino para poder terminar una carrera, las enseñanzas que me dieron de acuerdo a sus experiencias, todos aquellos consejos que me ayudaron a levantarme de mis fracasos y seguir adelante.*

*Un agradecimiento sincero a mis asesores Javier Muedano y Lucero Trinidad por los comentarios, sugerencias y enseñanzas que me brindaron durante la elaboración de este trabajo, así como la paciencia, motivación y apoyo recibido puesto que con su ayuda no hubiera sido posible concluir este proyecto.*

*También quisiera agradecer a todos los profesores que durante la carrera me enseñaron lo que ahora se.*

*A mis amigos que me dieron su apoyo, confianza y ánimos a lo largo de este camino y por todos aquellos momentos que tuvimos juntos.*

*Att: Fabíola Sandra Vela Vázquez.*

# ÍNDICE

Objetivo general	1
Introducción	2
<b>Capítulo 1 Conceptos teóricos.</b>	
1.1 Sistema de monitoreo de audio	5
1.1.1 Estado del arte	7
1.2 La acústica	8
1.2.1 Sensaciones psicoacústicas	10
1.2.1.1 Sonoridad	10
1.2.1.2 Importancia de las curvas de sonoridad	12
1.2.1.3 Enmascaramiento del sonido	12
1.2.1.3.1 Aplicación del enmascaramiento	12
1.2.2 Efectos del ruido en el hombre	13
1.2.2.1 Efectos auditivos	14
1.3 Parámetros de los sistemas	16
1.3.1 Relación SNR	16
1.3.2 Respuesta en frecuencia	17
1.3.3 Ganancia	17
1.3.4 Procesamiento de señal en un sistema	18
<b>Capítulo 2 Sistemas de monitoreo de audio.</b>	
2 Tipos de sistemas para monitoreo de audio	21
2.1 Sistemas para monitoreo de escenario	21
2.2 Sistema de monitores de oído	21
2.3 Sistemas para estudios de grabación	22
2.4 Control del sistema de monitoreo	23
2.4.1 Monitoreo desde consola principal	23
2.4.2 Monitoreo con consola auxiliar	24
2.5 Los sistemas de monitoreo	25
2.6 Tipos de procesadores	25
2.6.1 Ecualizadores	25
2.6.2 Filtros	26
2.6.3 Compresor de audio	31
<b>Capítulo 3 Sistemas de monitoreo actual del estudio de grabación.</b>	
3.1 Condiciones iniciales	34
3.2 Sistema del laboratorio de grabación	35
3.3 Problemática	36

3.4 Pruebas del sistema de monitoreo	38
--------------------------------------	----

#### **Capítulo 4 Sistemas de monitoreo propuesto para el estudio de grabación.**

4.1 Diagrama del sistema de monitoreo propuesto	43
4.2 Ecualizador	46
4.2.1 Circuito implementado	46
4.2.2 Pruebas	49
4.3 Compresor	58
4.3.1 Circuito implementado	58
4.3.2 Pruebas	59

#### **Capítulo 5 Resultados del sistema propuesto.**

5.1 Resultados	70
5.2 Estudio económico	75
5.2.1 Tabla de costos de materiales	75
Conclusiones	79
Referencias	80
Glosario	82
Anexo 1 Hoja de especificaciones	84
Anexo 2 Especificaciones para uso del sistema propuesto	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

*Figura 1. Sistema de monitoreo alámbrico.*

*Figura 2. Sistema de monitoreo inalámbrico.*

*Figura 3. Sistema de monitoreo personal.*

*Figura 4. Fisiología del oído humano.*

*Figura 5. Figuras de Fletcher y Munson.*

*Figura 6. Aplicación del enmascaramiento.*

*Figura 7. Monitoreo de consola auxiliar.*

*Figura 8. Especificaciones de un filtro pasa bajas.*

*Figura 9. Especificaciones de un filtro pasa altas.*

*Figura 10. Especificaciones de un filtro pasa bandas.*

*Figura 11. Especificaciones de un filtro rechaza bandas.*

*Figura 12. Arreglo típico para circuito pasa alto y paso bajos.*

*Figura 13. Amplificador sumador.*

*Figura 14. Diagrama a bloques básico de un compresor.*

*Figura 15. Laboratorio de grabación. Academia de acústica, Esime Zacatenco.*

*Figura 16. Consola de mezcla.*

*Figura 17. Salida de conectores.*

*Figura 18. Sala A de grabación.*

*Figura 19. Amplificador de potencia.*

*Figura 20. Diagrama de conexión para grabar en el laboratorio de acústica.*

*Figura 21. Conexión para pruebas.*

*Figura 22. Diagrama de conexión.*

*Figura 23. Barrido de frecuencia.*

*Figura 24. Primer punto de prueba  $0\Omega=0\%$ .*

*Figura 25. Segundo punto de prueba  $50\Omega=50\%$ .*

*Figura 26. Tercer punto de prueba  $100\Omega=100\%$ .*

*Figura 27. Etapas de sistema de monitoreo propuesto.*

*Figura 28. Parte frontal del sistema de monitoreo propuesto.*

*Figura 29. Parte trasera sistema de monitoreo propuesto.*

*Figura 30. Diagrama de ecualizador 3 bandas.*

*Figura 31. Grafica de frecuencias de corte de señal pasa banda.*

*Figura 32. Conexión de circuito a software a través del procesador multi-efectos.*

*Figura 33. Diagrama de conexión a software.*

*Figura 34. Señal de ruido rosa.*

*Figura 35. Señal modificada por filtro pasa-altos.*

*Figura 36. Señal modificada por filtro pasa-medios.*

*Figura 37. Señal modificada por filtro pasa-bajas.*

*Figura 38. Diagrama de conexión.*

*Figura 39. Primer punto de prueba  $0\Omega=0\%$ .*

*Figura 40. Segundo punto de prueba  $10K\Omega=50\%$ .*

*Figura 41. Tercer punto de prueba  $20K\Omega=100\%$ .*

*Figura 42. Primer punto de prueba  $0\Omega=0\%$ .*

*Figura 43. Segundo punto de prueba  $10K\Omega=50\%$ .*

*Figura 44. Tercer punto de prueba  $20K\Omega=100\%$ .*

*Figura 45. Primer punto de prueba  $0\Omega=0\%$ .*

*Figura 46. Segundo punto de prueba  $10K\Omega=50\%$ .*

*Figura 47. Tercer punto de prueba  $20K\Omega=100\%$ .*

*Figura 48. Circuito compresor de audio.*

*Figura 49. Diagrama de conexión.*

*Figura 50. Conexión de circuito para pruebas.*

*Figura 51. Prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 52. Primer punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 53. Segundo punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 54. Tercer punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 55. Cuarto punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 56. Quinto punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 57. Sexto punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 58. Séptimo punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 59. Octavo punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 60. Noveno punto de prueba utilizando el programa editor de audio.*

*Figura 61. Controladores de umbral y compresión.*

*Figura 62. Conexión de ecualizador y compresor de audio.*

*Figura 63. Vista en el software del ruido rosa procesado a través del ecualizador y compresor de audio.*

*Figura 64. Envolventes obtenidos del audio modificado por cada usuario.*

*Figura 65. Sistema de monitoreo terminado parte frontal.*

*Figura 66. Sistema de monitoreo terminado parte trasera*

*Figura 67. Diagrama interno del THAT4301.*

*Figura 68. Diagrama interno del RC4558.*

*Figura 69. Conector Jack mono (6,35 mm) conector mini Jack estéreo (3,5 mm).*

*Figura 70. Conectores XLR hembra y macho.*

*Figura 71. Pines de conector XLR.*

## ÍNDICE DE TABLAS

*Tabla 1. Ramas de la psicoacústica.*

*Tabla 2. Porcentajes de presbiacusia, datos tomados de investigaciones de NIDCD.*

*Tabla 3. Riesgos en función del nivel sonoro laboral promedio en dB(A).*

*Tabla 4. Rango de distintas componentes de frecuencia de una señal de audio.*

*Tabla 5. Cuadro comparativo de los sistemas.*

*Tabla 6. Costos del material del ecualizador.*

*Tabla 7. Costo del material del compresor.*

*Tabla 8. Material adicional.*

*Tabla 9. Tiempo invertido al proyecto.*

*Tabla 10. Características y aplicaciones del THAT 4301.*

*Tabla 11. Especificaciones de los grados máximos absolutos.*

*Tabla 12. Características generales del THAT 4301.*

*Tabla 13. Características y aplicaciones del RC4558.*

*Tabla 14. Características generales del RC4558.*

*Tabla 15. Código de capacitores utilizados.*

## **OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de monitoreo de audio con el fin de satisfacer la audibilidad de cada alumno que utiliza el laboratorio de grabación ubicado en la academia de acústica para realizar prácticas referentes a la carrera.

## INTRODUCCIÓN

Cuando los músicos cantan o tocan algún instrumento tienen la necesidad de escucharse a sí mismos resultando que sea así más fácil saber si se encuentran afinados, por esta razón ellos necesitan monitorear el sonido que están generando. Esto no fue posible hasta los años 60's en donde surgió la consola de monitoreo, los primeros en surgir fueron los monitores de piso los cuales apuntaban hacia el músico.

Durante los años 90's apareció un sistema de monitoreo, el cual contaba con un par de audífonos, comunicados mediante un receptor y transmisor conectados a una consola de escenario.

Considerando la importancia de ellos, se realizó un sistema de monitoreo de audio el cual fue destinado al laboratorio de grabación de acústica siendo empleado para las grabaciones de pistas en las prácticas que los alumnos realizan.

Debido a que con el paso del tiempo se va perdiendo la sensibilidad auditiva por factores como la alta exposición al ruido y el deterioro que nuestro sistema auditivo sufre al paso de los años es importante tener sistemas que ayuden a tener una mejor percepción del sonido en las grabaciones que se realizan en el laboratorio de grabación, así afectando menos el sistema auditivo ya que se puede ajustar el volumen de la grabación mediante un controlador de ganancia. Se implementó un sistema de monitoreo el cual cuenta con un control de ecualización y compresión ayudando a los alumnos a ajustar a sus necesidades auditivas el sonido que se esté procesando en las grabaciones que se realicen.

Por lo consiguiente el alumno puede ajustar el audio que se quiere comprimir utilizando un ecualizador para después ser procesado por la etapa de compresión, también puede ajustar la ganancia del sistema general de acuerdo a las necesidades auditivas del alumno.

En el capítulo uno se describe cuáles son las características de la acústica y algunos de los parámetros como la relación señal/ruido, respuesta en frecuencia y ganancia.

En el capítulo dos se mencionan algunos tipos de sistemas de monitoreo de audio que son ocupados durante las grabaciones, y cuales son algunas etapas internas que pueden encontrarse en un sistema de monitoreo como son los ecualizadores, filtros y compresores.

En el capítulo tres se explica cómo está conformado el sistema de monitoreo con el que cuenta el estudio de grabación planteando algunas de sus problemáticas.

En el capítulo cuatro se detalla cual es el tipo de sistema de monitoreo de audio que se propone así como la realización de este mismo.

En el capítulo cinco se indican los resultados que se obtuvieron del sistema de monitoreo propuesto, y las conclusiones sobre el proyecto realizado.

# **Capítulo 1**

## **Conceptos teóricos**

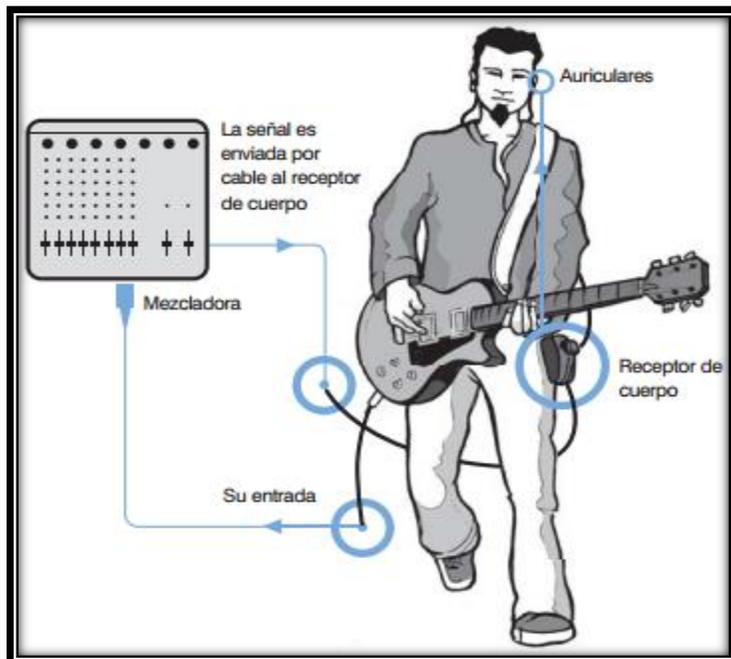
## 1.1 SISTEMA DE MONITOREO DE AUDIO.

Los músicos necesitan escucharse a sí mismos cuando hablan, cantan o tocan un instrumento. De otra manera, les resultaría difícil saber si están afinados, si llevan el tiempo o incluso si están sonando del todo. Por esta razón necesitan monitorear su sonido [18].

Tradicionalmente estos monitores tienen altavoces mejor conocidos como monitores de piso los cuales se encuentran apuntando hacia el músico y frecuentemente incluyen solo una parte de la mezcla general.

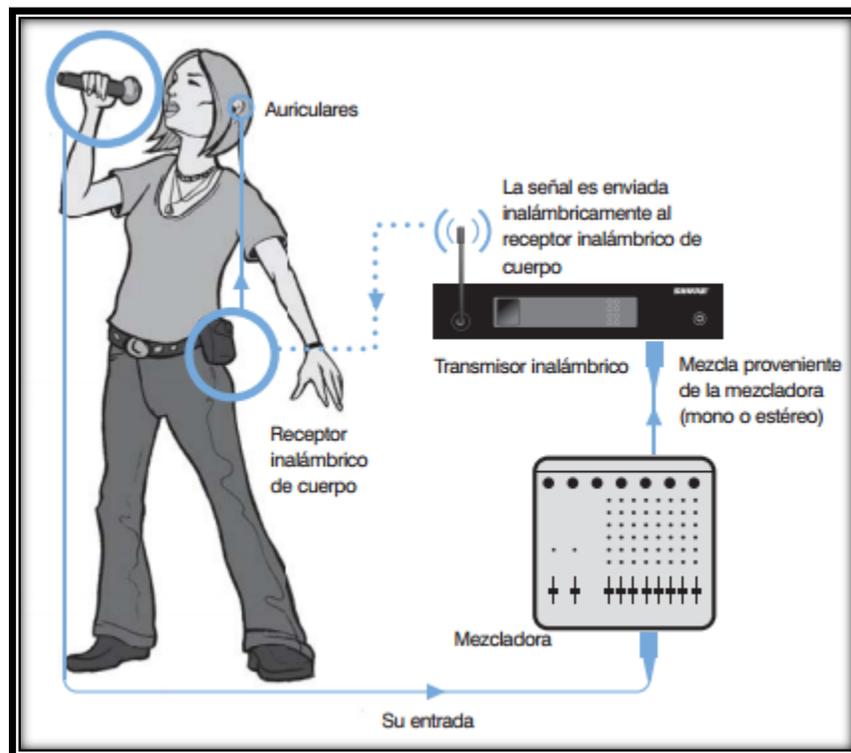
Los sistemas de monitoreo personal vienen en versiones tanto alámbricas (Figura 1) como inalámbricas (Figura 2):

- Los sistemas de monitoreo alámbricos tienen dos componentes principales:
  - 1.- Receptor de cuerpo: recibe el sonido a través de un cable de entrada directamente de la mezcladora.
  - 2.- Auriculares: estos se conectan al receptor de cuerpo y llevan el sonido al canal auditivo del usuario.



**Figura 1** Sistema de monitoreo alámbrico [18].

- Los sistemas de monitoreo personal inalámbricos tienen tres componentes.
  - 1.- Transmisor: el cual convierte el sonido de una mezcladora en una señal de radio tal y como lo hace un transmisor de micrófono inalámbrico.
  - 2.- Receptor de cuerpo inalámbrico: recibe la señal de radio del transmisor y separa el audio.
  - 3.- Auriculares: los mismos como los usados en versiones alámbricas.



**Figura 2** Sistema de monitoreo inalámbrico [18].

Los sistemas de monitoreo personal brindan la posibilidad de seleccionar cuales mezclas quiere escuchar el usuario. Permite que el usuario controle el volumen y el balance de estas mezclas.

Sistemas más avanzados permiten a los usuarios escuchar dos mezclas diferentes y controlar los niveles de las mismas [18].

### 1.1.1 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad las mejores marcas que fabrican sistemas de monitoreo han elaborado equipos altamente sofisticados.

Uno de los equipos más utilizados es el sistema de monitoreo personal.

Los sistemas de monitoreo personal incluyen, además de las ya comentadas, algunas mejoras exclusivas.

En un plazo muy corto de tiempo, el sistema de monitoreo personal se ha convertido en el sistema favorito de varios de los artistas y técnicos de monitores más destacados del momento.



**Figura 3** Sistema de monitoreo personal [17].

En la Figura 3 se muestra un sistema de canal doble con características de operación optimizadas para aplicaciones inalámbricas de monitoreo para giras de gran escala [17].

- Cuenta con un receptor de cuerpo diversificado y los modos estéreo o mono.
- Interconexión a la red a través de Ethernet y batería de litio-ion recargables
- Proporciona 49 frecuencias compatibles por banda.
- Rango de sintonización de 72 MHz (regionalmente dependiente).

También proporciona características como las siguientes: ancho de banda, ajustes de potencia a la salida, ajuste de canal, limitador de volumen, ecualizador. [17].

## 1.2 LA ACÚSTICA

La Acústica es la rama de la Física que estudia la generación, propagación, recepción y procesamiento de las vibraciones mecánicas. La cual se puede dividir en subdisciplinas, algunas de las cuales se listan en la siguiente tabla.

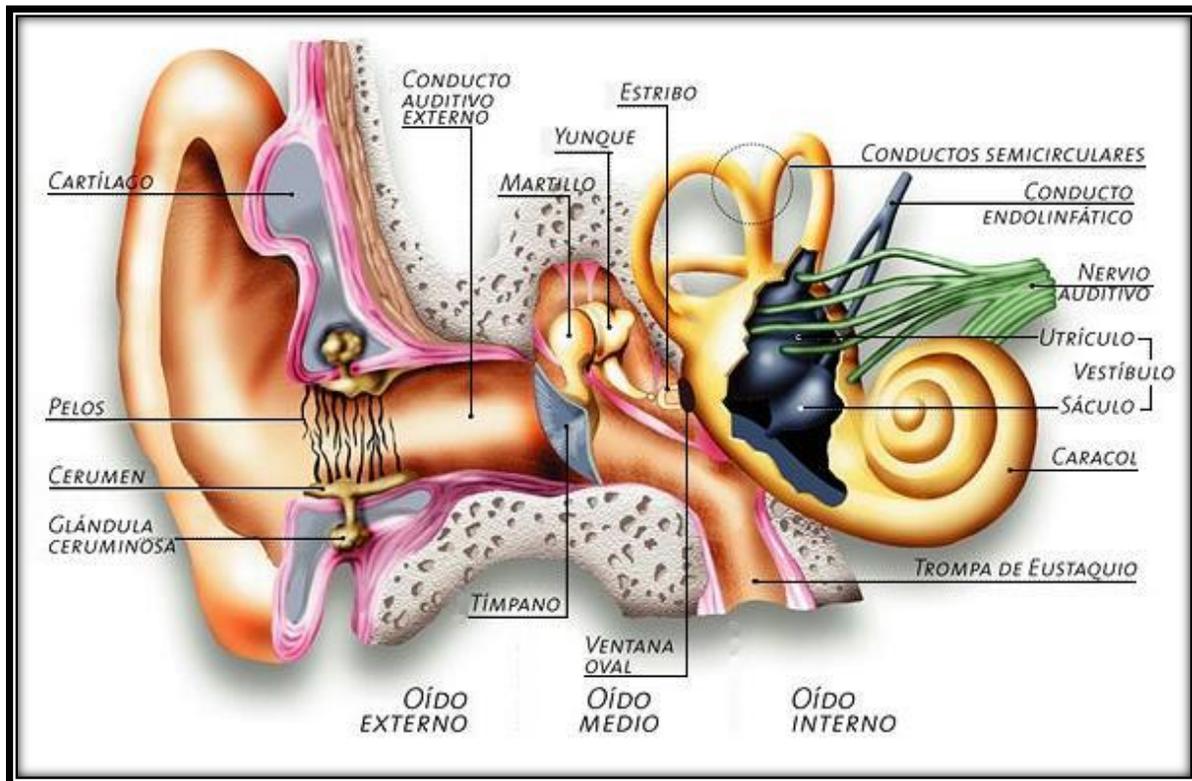
**Tabla 1** Ramas de la psicoacústica.

<b>Rama</b>	<b>Descripción</b>
<b>Acústica física</b>	Análisis de los fenómenos sonoros mediante modelos físicos y matemáticos.
<b>Psicoacústica</b>	Estudio de las sensaciones evocadas por los sonidos y sus diversos parámetros.
<b>Acústica musical</b>	Estudio de los instrumentos musicales, las escalas, los acordes, la consonancia y la disonancia, etc.
<b>Acústica arquitectónica</b>	Estudio de la acústica de salas y su influencia sobre la escucha de la palabra y la música.
<b>Bioacústica</b>	Estudio del efecto de los sonidos sobre los seres vivos y de los sonidos producidos por estos.
<b>Acústica fisiológica</b>	Estudio del funcionamiento del aparato auditivo, desde la oreja hasta la corteza cerebral.
<b>Acústica ultrasónica</b>	Estudio del ultrasonido, es decir el sonido inaudible de alta frecuencia, y sus aplicaciones.
<b>Acústica subacuática</b>	Estudio del comportamiento del sonido en el agua y sus aplicaciones.
<b>Macroacústica</b>	Estudio de los sonidos extremadamente intensos, como el de las explosiones, turborreactores, etc.
<b>Acústica estructural</b>	Estudio del sonido que se propaga por las estructuras en forma de vibraciones.
<b>Acústica fonética</b>	Análisis de las características acústicas del habla y sus aplicaciones.

El sonido consiste en la propagación de una perturbación en el aire [9].

Se enfocará a la rama de la psicoacústica la cual es la que se dedica a estudiar la percepción del sonido, es decir, cómo el oído y el cerebro procesan la información que llega en forma de sonido.

Se encarga de los fenómenos físicos que ocurren dentro del oído humano (Figura 4) y los fenómenos psicológicos que afectan la manera de escuchar [7].



**Figura 4** Fisiología del oído humano [7].

## **1.2.1 SENSACIONES PSICOACÚSTICAS**

En la audición intervienen el oído y el cerebro, el primero convierte las ondas acústicas en pulsos nerviosos y el segundo sustrae de estos últimos la sensación acústica. El oído se comporta como un sofisticado analizador de sonidos y responde a las leyes de la Física, cosa que no sucede con la actividad del cerebro, la cual no se ajusta en absoluto a esas leyes. Más aún, se desconocen los mecanismos por los que el cerebro obtiene las sensaciones acústicas a partir de los impulsos que le llegan por los nervios auditivos. Tan solo se han establecido ciertos principios psicológicos que pretenden esclarecer la generación de las sensaciones auditivas [10]. Cada parámetro físico del sonido corresponde de manera más o menos directa con un tipo de sensación psicoacústica específica. Así, la frecuencia está relacionada con la sensación de altura, la amplitud con la sonoridad, y el espectro (incluyendo las posibles envolventes) con el timbre.

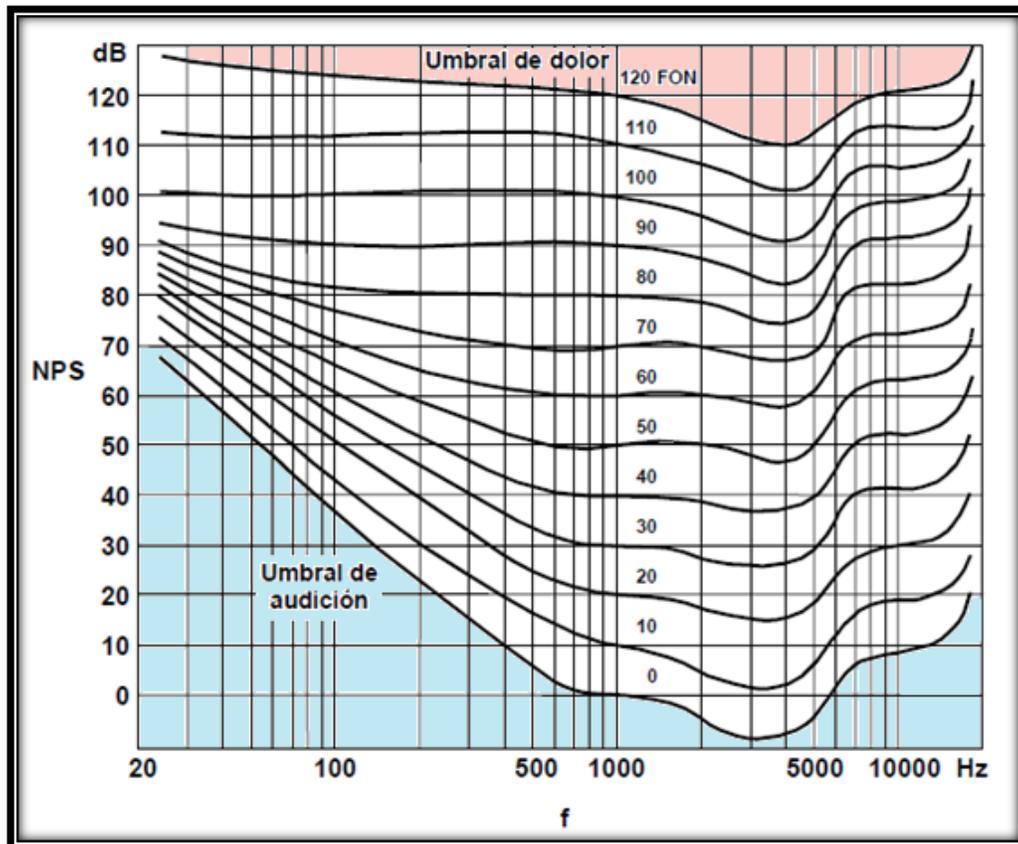
### **1.2.1.1 SONORIDAD**

La sonoridad es la sensación por la cual se distingue un sonido fuerte de uno débil. La sensación de sonoridad, es decir de fuerza, volumen o intensidad de un sonido, está, en principio, relacionada con su amplitud. Sin embargo la relación no es tan directa como la que existe entre la frecuencia y la altura. De hecho, la sonoridad resulta en realidad fuertemente dependiente no sólo de la amplitud sino también de la frecuencia. Así, a igualdad de frecuencias se puede afirmar que un sonido de mayor amplitud es más sonoro [9].

El oído es más sensible en las frecuencias centrales, es decir entre 500 Hz y 5 kHz, que en las muy bajas o muy altas.

Se han realizado investigaciones para demostrar este hecho, la primera de las cuales data de 1933, y fue llevada a cabo por los investigadores norteamericanos Fletcher y Munson. El experimento consistía en lo siguiente. Se hacía escuchar a personas de buena audición un tono puro (es decir senoidal) de 1 kHz y de un nivel de presión sonora conocido, por ejemplo 40 dB. Luego se les presentaba un tono de otra frecuencia (por ejemplo 200 Hz) y se les pedía que ajustaran el volumen hasta que les

pareciera igualmente sonoro que el tono de 1 kHz. Por último se medía el nivel de presión sonora. Repitiendo este experimento con diversas frecuencias y niveles de presión sonora se obtuvieron las curvas de igual nivel de sonoridad, o curvas de Fletcher y Munson las cuales se muestran en la (Figura 5). Estas curvas permitieron definir el nivel de sonoridad, **NS**, de un tono como el nivel de presión sonora de un tono de 1 kHz igualmente sonoro que dicho tono. Para diferenciar el nivel sonoro del nivel de presión sonora, se expresa en fon [9].



**Figura 5** Figuras de Fletcher y Munson.

### **1.2.1.2 IMPORTANCIA DE LAS CURVAS DE SONORIDAD**

Las curvas de Fletcher y Munson permiten explicar diversos fenómenos por ejemplo por qué se requiere mayor potencia de un equipo de sonido para tener buenos graves que para lograr una adecuada respuesta en frecuencias medias. Son también la razón de los filtros de sonoridad de los equipos de sonido, que aumentan la proporción de graves cuando se escucha a bajo volumen. También explican por qué un equipo de baja potencia y mala calidad puede sonar “fuerte” al distorsionar el sonido, y como agrega armónicos de alta frecuencia que se escuchan más que las bajas frecuencias originales [9].

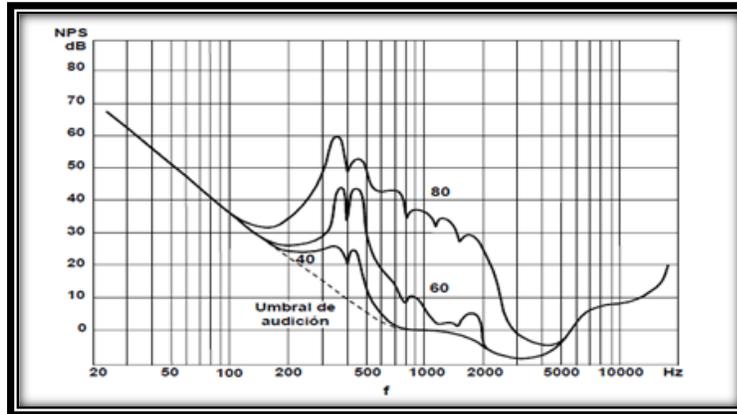
### **1.2.1.3 ENMASCARAMIENTO DEL SONIDO**

Dentro de las cualidades del oído hay una que tiene consecuencias de gran importancia para la audición, y es el hecho de que los sonidos son capaces de enmascarar a otros sonidos. El enmascaramiento sonoro puede ser definido como un proceso en el cual el umbral de audibilidad correspondiente a un sonido se eleva debido a la presencia de otro sonido [14], es decir, enmascarar a un sonido significa ocultarlo o hacerlo imperceptible. El enmascaramiento es un fenómeno bastante familiar para todos. Sucede, por ejemplo, cuando se intenta escuchar a alguien que habla en medio de un ruido muy intenso: no se puede discriminar lo que dice porque su voz es enmascarada por el ruido [9].

El enmascaramiento es una propiedad del oído, no del sonido.

#### **1.2.1.3.1 APLICACIÓN DEL ENMASCARAMIENTO**

Una interesante aplicación del enmascaramiento es la compresión de los datos de audio digital, la manera de reducir la cantidad de espacio requerido para almacenar un tiempo dado de música. La técnica se basa en aprovechar que mucha información que aparece en una grabación de alta calidad no aporta nada a la audición, ya que es enmascarada por otros tonos presentes, de modo que puede eliminarse, con ahorro de espacio [9].



**Figura 6** Aplicación del enmascaramiento [9].

La Figura 6 muestra las curvas de umbral de audición ante la presencia de un tono máscara de 400 Hz (según Egan, Harold y Hake [9]). Se muestran las curvas correspondientes a los casos en que el tono máscara tiene niveles de presión sonora de 40 dB, 60 dB y 80 dB respectivamente, y en línea de trazos, el umbral de audición original. Se observa que cuanto mayor es el nivel del tono máscara, mayor es el incremento del umbral, y más amplia la zona del espectro afectada.

Cuando se incrementa el volumen de un equipo de música ante la existencia de ruidos ambientales. En este caso, al elevar el nivel sonoro de la música, ésta enmascara al ruido del ambiente, permitiendo escuchar la música en mejores condiciones.

### 1.2.2 EFECTOS DEL RUIDO EN EL HOMBRE

El excesivo nivel sonoro, ya sea éste el resultado del ruido molesto de una maquinaria industrial o de la música más baja, tiene efectos nocivos para el hombre que han sido detalladamente estudiados por investigadores de todas partes del mundo. Es importante recalcar que tanto la música como el ruido de una fábrica tienen similares efectos nocivos cuando sus niveles sonoros son elevados. El cerebro los discrimina, pero el oído, que es quien sufre el daño.

Una cualidad del mundo moderno es, precisamente, que a causa del gran crecimiento de la tecnología, se ha incrementado el nivel sonoro ambiental, que hoy se reconoce

como un contaminante más. Una consecuencia indirecta de esto es la tendencia a escuchar música con niveles excesivos, lo cual trae diversos problemas, como afectaciones nerviosas, somáticas y auditivas.

### **1.2.2.1 EFECTOS AUDITIVOS**

El efecto sobre la audición humana ha sido una de las primeras consecuencias de los niveles sonoros excesivos que se han estudiado. La afectación puede provocar pérdida temporal o permanente de la capacidad auditiva [4]. Las investigaciones se realizaron aprovechando datos obtenidos en ambientes laborales. La consecuencia más notoria es la pérdida de audición. Esta dolencia, conocida como hipoacusia, sobreviene ante la exposición a ruidos extremadamente fuertes aun cuando sea durante poco tiempo, o ante la exposición reiterada a lo largo del tiempo a ruidos no tan intensos [9].

Las pérdidas de audición pueden perjudicar a un solo oído. Esto puede resultar muy incómodo ya que todas las funciones de localización de sonidos en el espacio 3D se modifican. En estos casos el cerebro debe reconstruir una nueva base de datos a base de la experiencia diaria tal como se hace en la infancia a partir de la nueva “realidad” acústica del individuo [4].

La pérdida auditiva se determina midiendo, por medio de una audiometría, cuánto sube el umbral auditivo en cada frecuencia respecto al considerado, teniendo en cuenta que el aumento del umbral significa que hace falta más nivel de presión sonora para percibir la presencia de un sonido. Luego se promedian los valores a 500 Hz, 1 kHz y 2 kHz, obteniéndose la pérdida auditiva promedio, PAP. Se considera que hay hipoacusia, o incapacidad auditiva, cuando la PAP supera los 25 dB, ya que se ha comprobado que a partir de esta cifra comienzan las dificultades para la comprensión de la palabra.

En la Tabla 2 se indican los porcentajes de personas no expuestas a ruidos importantes que adquieren incapacidad de acuerdo al criterio anterior, en función de la edad, es decir, la distribución estadística de presbiacúsicos.

**Tabla 2** Porcentajes de presbiacusia. Datos tomados de investigaciones de NIDCD.

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
%	1	2	3	5	7	10	14	21	33	50

La Organización Nacional de Estandarización (ISO) ha emitido una norma, la ISO 1999, que proporciona los riesgos en función del nivel sonoro laboral promedio en dB(A), y los años de exposición, como se indica en la tabla (los datos consignados corresponden a la primera edición de la ISO 1999)[9].

**Tabla 3** Riesgos (según la definición anterior) en función del nivel sonoro laboral promedio en dB(A).

Nivel sonoro promedio dB(A)	Años de exposición								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	4	10	14	16	16	18	20	21	15
95	7	17	24	28	29	31	32	29	33
100	12	29	37	42	43	44	44	41	35
105	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	36	71	83	87	84	81	75	64	47

Dicho lo anterior la Tabla 3 se calculó sobre una jornada laboral de 8 horas diarias y 6 días por semana, si la jornada laboral llega a ser menor a las 8 horas diarias o a los 6 días por semana por cada reducción se restara al nivel real 3 dB(A).

Por ejemplo:

Considerando un trabajador con las siguientes condiciones: trabaja 4 horas por día y 3 días por semana (es decir, la mitad de horas y la mitad de días) sometido a 106 dB(A), esto equivale a  $106-3-3=100$  dB(A).

Consultando la tabla anterior teniendo en cuenta el nivel sonoro de 100 dB(A) y si dicho trabajador llega estar expuesto por 10 años de actividad, el riesgo de sufrir daño auditivo irreversible es de un 29% (Tabla 3).

## 1.3 PARÁMETROS DE LOS SISTEMAS

En los sistemas de sonido existen dos tipos de ruido: el ruido acústico y el ruido eléctrico. El ruido acústico es el ruido ambiente propiamente dicho, formado por un sin número de fuentes cercanas y lejanas que se superponen.

El ruido eléctrico se origina en los fenómenos físicos que tienen lugar dentro de los circuitos eléctricos y electrónicos, y si bien es posible reducirlo cuidando el diseño y fabricación de los componentes y dispositivos, existen límites físicos que impiden eliminarlo por completo.

### 1.3.1 RELACIÓN SNR

La relación señal/ruido, SNR, es un parámetro asociado a una señal que representa la relación entre el máximo y el mínimo nivel de la señal, expresada logarítmicamente en decibeles:

$$SNR = 20\log_{10} \frac{S_{maxima}}{S_{minima}} \quad (1.1)$$

Donde  $S_{maxima}$  es el nivel máximo de la señal y  $S_{minima}$  el nivel mínimo de la señal.

La importancia de la relación señal/ruido es que permite determinar si una señal atravesará satisfactoriamente un sistema dado, comparándola con su especificación de la relación señal/ruido [9].

### 1.3.2 RESPUESTA EN FRECUENCIA

Existe un tipo de distorsión, denominado lineal, que es independiente de la amplitud (mientras no sobrevenga la saturación, es decir las distorsiones no lineales). En este tipo de distorsión lo que ocurre es que cada frecuencia presente en la señal es tratada en forma diferente. De hecho, una señal senoidal no experimenta deformación alguna en su forma de onda.

Este comportamiento se conoce como respuesta en frecuencia, y se especifica como una curva que representa la relación en dB entre la entrada y la salida de un dispositivo para diversas frecuencias [9].

La respuesta en frecuencia por lo general se puede encontrar con dos categorías generales:

- Respuesta en frecuencia plana: En esta todas las frecuencias audibles (20 Hz – 20 kHz) tienen el mismo nivel de salida. Esto es lo más adecuado para aplicaciones en las que la fuente de sonido deba ser reproducida sin cambios sobre el sonido original; para una grabación [15].
- Respuesta en frecuencia personalizada: se diseña habitualmente para mejorar una fuente de sonido en una aplicación concreta [15].

### 1.3.3 GANANCIA

La ganancia es un proceso que se realiza al audio para aumentar sus decibeles [1]. La señal pequeña que se quiere amplificar se aplica entre dos terminales llamados voltaje de entrada  $V_{\text{entrada}}$ , y la señal ya amplificada se obtiene entre otros dos terminales denominados voltaje de salida  $V_{\text{salida}}$ . Uno de los parámetros más fundamentales de un amplificador es la ganancia, o amplificación [9]:

$$G = 20 \log_{10} \frac{V_{\text{salida}}}{V_{\text{entrada}}} \quad (1.2)$$

### 1.3.4 PROCESAMIENTO DE SEÑAL EN UN SISTEMA

Cada bloque de un sistema realiza algún tipo de procesamiento de señal, es decir modifica de alguna manera útil la señal que llega a su entrada. Existen numerosos dispositivos procesadores de señal.

El primer procesador de la cadena de audio es el micrófono, un transductor capaz de convertir señal sonora en señal eléctrica. La necesidad de este dispositivo surge que el procesamiento posterior se realiza hoy exclusivamente por medios electrónicos, que manejan señales eléctricas.

El segundo procesador de señal es el amplificador. Este componente toma una señal eléctrica de pequeño nivel y la transforma en una señal de igual forma de onda pero mayor amplitud, es decir la amplifica. Los amplificadores son necesarios porque las señales de los transductores son normalmente de muy bajo nivel, insuficiente para comandar directamente un sistema de registro del sonido, o un altavoz.

Hay dos tipos de amplificadores: los que toman señales de muy bajo nivel y las convierten en señales de mediano nivel, denominados preamplificadores, y los que toman señales de mediano nivel y las amplifican hasta niveles muy elevados de potencia. Estos últimos se denominan amplificadores de potencia.

Un tercer tipo de procesador lo constituyen las varias formas de filtros. Estos dispositivos dejan pasar ciertas frecuencias del espectro de la señal de entrada, y bloquean las restantes frecuencias.

Otra clase de procesadores son los compresores, expansores, limitadores y compuertas. La aplicación de estos dispositivos permite acomodar la relación señal/ruido, es decir la relación entre el máximo y el mínimo nivel de una señal. Así, los compresores reducen la relación señal/ruido, sin afectar mayormente la fidelidad de lo escuchado. Los limitadores son protecciones destinadas a evitar picos muy elevados que destruirían alguna parte del sistema (por ejemplo las bocinas para altas frecuencias "tweeters"). Los expansores permiten recuperar la relación señal/ruido, así como reducir el ruido de bajo nivel. Por último, las compuertas operan en la forma de un interruptor de señal que conecta la entrada solamente si es suficientemente alta como para que

sea atribuible a la señal, en cambio, cuando la entrada es demasiado pequeña se interpreta como ruido y por lo tanto se desconecta. El resultado equivale a un mejoramiento de la relación señal/ruido, ya que mientras hay señal, esta enmascara al ruido haciéndolo virtualmente inaudible, y cuando no hay señal el ruido es eliminado [9].

# **Capítulo 2**

# **Sistemas para monitoreo de audio**

## **2. TIPOS DE SISTEMAS PARA MONITOREO DE AUDIO**

Cada usuario (músico) que está en un estudio de grabación necesita algún sistema como complemento a cada prueba que realiza para que dicha prueba sea lograda como se desea.

Hay diferentes tipos de sistemas para monitorear las grabaciones no solo en un estudio de grabación, también en un escenario.

### **2.1 SISTEMAS PARA MONITOREO DE ESCENARIO**

Hasta fines de los 60's ni los músicos, ni siquiera los cantantes utilizaban monitores de escenario, dependían del sonido difractado por el sistema de sala para escucharse a sí mismos, por lo que muchos cantantes perdían el tiempo o desafinaban [16].

El monitoreo de escenario cambió la historia agregando un nuevo componente en la escena: la consola de monitores. Los músicos pueden ahora escucharse, tocar mejor y disfrutar del show. En conciertos importantes, es frecuente tener ocho o más mezclas de monitores separadas, es decir, con amplificadores y ecualizadores individuales.

Los gabinetes utilizados como monitores tienen salidas de gran potencia, pues deben superar los niveles de presión general sobre el escenario, provenientes de otros instrumentos amplificados como guitarras eléctricas, bajo y teclados [18].

### **2.2 SISTEMAS DE MONITORES DE OÍDO**

En los 90's, apareció un nuevo sistema de monitoreo. Se trataba de un par de pequeños audífonos colocados en los oídos y comunicados mediante un receptor y transmisor de UHF, con la mezcla correspondiente en la consola de escenario [16].

El sistema proporciona ventajas notables:

- Se evitan los molestos acoples en el escenario y no es necesario utilizar fuertes volúmenes en espacio abierto que alteran la mezcla de sala.
- 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.
- 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.

## **2.3 SISTEMAS PARA ESTUDIOS DE GRABACIÓN**

Un monitor para estudio deberá cumplir con varios requisitos:

- A. Ser un referente de alta fidelidad, con el mayor ancho de banda posible, la relación señal/ruido más alta, la distorsión más pequeña y el sonido más musical posible.
  - B. Ser un dispositivo de prueba para el producto comercial que se realiza en el estudio. Debido a esto, los monitores para estudio van desde grandes gabinetes de cuatro vías activas, pasando por los del tipo hogareño, hasta pequeñas bocinas de 4 pulgadas.
- Monitores principales (o de campo lejano):

Aparte de ser un dispositivo transductor, un sistema de monitores de alta fidelidad y gran precisión también actúa como un amplificador.

Cuando se graban instrumentos específicos, el sistema de monitoreo grande, también llamado de campo lejano, puede elevarse, haciendo que los instrumentos parezcan más grandes de lo que realmente son. De esta manera, los detalles pequeños se

podrán escuchar con claridad, permitiendo corregir las fallas. Si esto se realiza con todos los instrumentos que se graban, se podrá obtener un registro muy superior.

En un sistema pequeño de baja potencia, no es posible prestar esta atención a los detalles sonoros, lo que constituye la ventaja de un sistema de monitores grandes y de buena calidad.

## **2.4 CONTROL DEL SISTEMA DE MONITOREO**

Se puede realizar con dos técnicas diferentes [11]:

- 1) Desde la consola principal
- 2) Desde una consola auxiliar específicamente diseñada para monitoreo

### **2.4.1 MONITOREO DESDE CONSOLA PRINCIPAL**

Es lo más habitual controlar el monitoreo desde la misma consola que se utiliza para mezclar lo que escucha el público. Este método tiene sus ventajas y también sus limitaciones [11].

- **VENTAJAS**
  - ✓ Se requiere solamente una consola
  - ✓ Se requiere solo un operador
  - ✓ Es más sencilla la instalación y el cableado.
- **DESVENTAJAS**
  - El operador se encuentra lejos del escenario y tiene poco contacto visual y auditivo con los músicos.
  - Se puede realizar una cantidad pequeña de mezclas, generalmente dos.
  - Si se realizan más mezclas, como permiten algunas consolas con más envíos auxiliares, resulta demasiado complejo para que un solo operador las controle además de la mezcla principal.

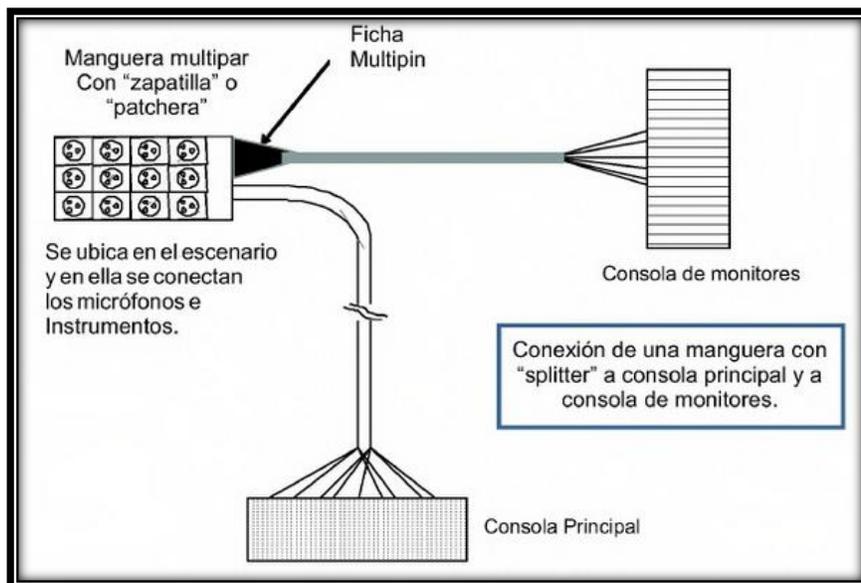
## 2.4.2 MONITOREO CON CONSOLA AUXILIAR

El término inglés “Split” se traduce como partir o dividir. En este caso lo que se divide es la señal de audio en dos señales [11].

Se puede realizar de dos maneras diferentes:

- 1) Conectar a través de una salida XLR dos salidas en paralelo, soldando dos cables uno que vaya a la consola principal y otra a la de los monitores. Este sistema tiene la ventaja de ser económico, pero también se corre el siguiente riesgo: si uno de los dos cables tiene un cortocircuito se verá afectado también el otro extremo. Aun así, es el más utilizado [11].
- 2) Utilizar, en cada canal en el que se conectan los micrófonos, un transformador que divide la señal de manera que las dos nuevas señales quedan aisladas entre sí y cualquier interferencia en una de ellas no afectara a la otra. Este sistema es bastante complejo y costoso [11].

Dicho lo anterior en la Figura 7 se muestra de manera gráfica la forma en que se conecta este tipo de monitoreo con consola auxiliar.



**Figura 7** Monitoreo de consola auxiliar [11].

## **2.5 LOS SISTEMAS DE MONITOREO**

La conexión entre dos o más dispositivos, tales como micrófonos, amplificadores, ecualizadores, altavoces, etc., da origen a lo que se denomina un sistema. Estos dispositivos, así como el sistema resultante, tienen la característica común de que todos reciben, procesan y entregan señales de algún tipo [9].

El concepto de señal es una magnitud variable en el tiempo que transmite o transporta información. En el caso de los sistemas de sonido, existen dos tipos principales de señales: acústicas y eléctricas. La conversión entre ambos tipos de señales se realiza por medio de dispositivos denominados transductores (micrófonos, altavoces, auriculares).

A efectos de lograr un resultado óptimo, es necesario tomar cierta precaución en la conexión de los componentes de un determinado sistema. Cuestiones como la adaptación de impedancias, el ancho de banda, la relación señal a ruido y otras, deben ser cuidadosamente analizadas en cada caso particular si se desea sacar el máximo provecho del equipo.

## **2.6 TIPOS DE PROCESADORES**

Existen distintos tipos de audio, los más utilizados son los procesadores de frecuencias (ecualizadores y filtros), procesadores de dinámica (compresores/limitadores, puertas de ruido) y procesadores de tiempo (reverberación) [2].

### **2.6.1 ECUALIZADORES**

Un ecualizador es un tipo de filtro, que además de atenuar, nos permite enfatizar una porción del espectro, con una envolvente en frecuencia que depende del tipo de filtro a utilizar [8].

El ecualizador más sencillo es el clásico control de tono, que permite controlar, según convenga, tres grandes bandas fijas de frecuencia, denominadas genéricamente graves, medios y agudos [9].

Para diseñar filtros y la señal que estos procesen sea de audio, es bueno considerar los sonidos que se encuentran en cada rango de frecuencia para saber cuál es el efecto que se espera escuchar, algunos de ellos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4** Rango de distintas componentes de frecuencia de una señal de audio [5].

<b>63 Hz</b>	Destaca los sonidos graves masivos como los de tambores, órganos, etc. Da sensación de grandiosidad
<b>125 Hz</b>	Subiendo da sensación de plenitud. Si bajas aumenta la transparencia.
<b>250 Hz</b>	Bajando el mando disminuye posible eco.
<b>500 HZ</b>	Aumenta la fuerza del sonido. Si se baja da la sensación de que el sonido no es completo.
<b>1 KHZ</b>	Actúa sobre la voz del cantante. Se puede dejar casi inaudible
<b>2 kHz</b>	Estimula el oído. Puede dar sensación metálica, entonces hay que disminuirlo.
<b>4 kHz</b>	Si está muy alto puede dar también sensación metálica y dura.
<b>8 kHz</b>	Aumenta la brillantez de instrumentos de cuerda y viento.
<b>16 kHz</b>	Aumenta la presencia de sonidos sutiles, como platillos, triángulos, etc.

## 2.6.2 FILTROS

Los filtros son circuitos que se caracterizan por tener una entrada y una salida de forma que en la salida solo aparecen parte de las componentes de frecuencia de la señal de entrada [6].

Los filtros se clasifican teniendo en cuenta dos conceptos por el tipo de tecnología es decir los componentes con los que se fabrican y su respuesta en frecuencia [6].

Considerando el primer concepto estos a su vez se clasifican en:

- Pasivos
- Activos

### Filtros pasivos:

Son aquellos que utilizan capacitores, inductores y resistencias. Su ventaja de estos filtros es la baja sensibilidad y su poca disipación de energía.

### Filtros activos:

Son aquellos que usan amplificadores operacionales. La ventaja en su diseño es la eliminación de inductancias, reduciendo el tamaño y costo.

Considerando el segundo concepto los filtros se dividen en 4 tipos distintos:

- Pasa baja
- Pasa alta
- Pasa banda
- Rechazo de banda

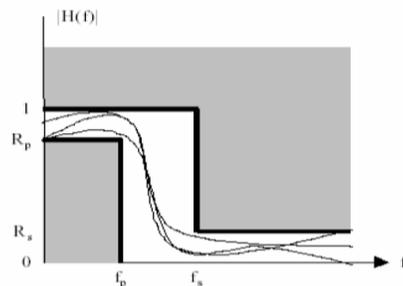
### Filtro pasa baja

Este tipo de filtros se caracteriza por dejar las frecuencias bajas en su banda de paso y rechazar frecuencias altas en la banda de rechazo las cuales están determinadas por una frecuencia de paso.

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de este tipo de filtros el cual tiene las siguientes especificaciones:

- Banda de paso: desde  $f=0$  hasta  $f=f_p$
- Banda de rechazo: desde  $f=f_s$  hasta  $f=\infty$

Donde  $f_p$ = frecuencia de paso y  $f_s$ = frecuencia de rechazo



**Figura 8** Especificaciones de un filtro pasa bajas [5].

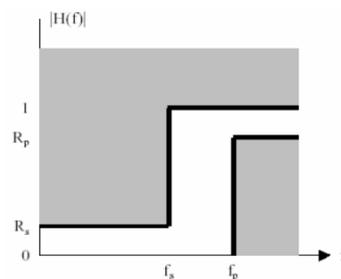
## Filtro pasa alta

La función de este filtro consiste en dejar pasar las frecuencias altas en su banda de paso y rechaza frecuencias bajas en su banda de rechazo.

En la Figura 9 se muestra el comportamiento de este tipo de filtro en donde sus especificaciones son:

- Banda de paso: desde  $f=f_p$  hasta  $f=\infty$
- Banda de rechazo: desde  $f=0$  hasta  $f=f_s$

Donde  $f_s < f_p$



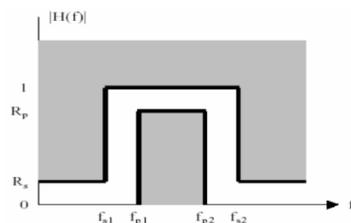
**Figura 9** Especificaciones de un filtro pasa altas [5].

## Filtro pasa banda

Este tipo de filtro cuenta con dos bandas de rechazo, una superior y otra inferior la cual va a definir la banda de paso. En la Figura 10 muestra el comportamiento de este filtro el cual tiene las siguientes especificaciones:

- Banda de paso: desde  $f=f_{p1}$  hasta  $f=f_{p2}$
- Banda de rechazo: desde  $f=0$  hasta  $f=f_{s1}$

Desde  $f=f_{s2}$  hasta  $f=f_{s1} < f_{p1} < f_{p2} < f_{s2}$



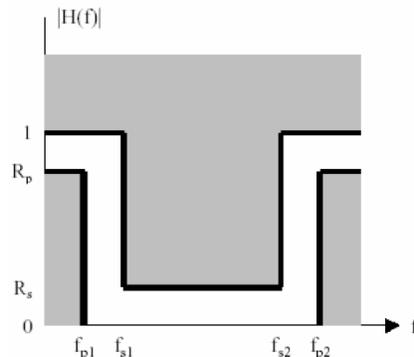
**Figura 10** Especificaciones de un filtro pasa bandas [5].

## Filtro rechaza banda

Su función consiste en tener una banda de paso inferior, una banda de rechazo y otra banda de paso superior.

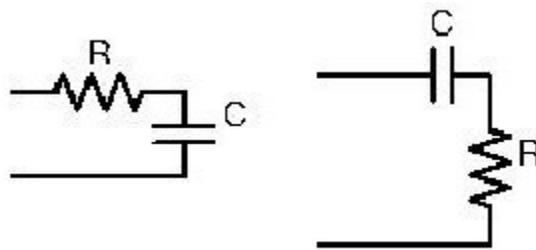
En la Figura 11 se muestra el comportamiento que tiene este tipo de filtros de acuerdo a sus siguientes especificaciones.

- Banda de paso: desde  $f=0$  hasta  $f=f_{p1}$   
Desde  $f=f_{p2}$  hasta  $f=\infty$
- Banda de rechazo:  $f=f_{s1}$  hasta  $f=f_{s2}$       $f_{p1} < f_{s1} < f_{s2} < f_{p2}$



**Figura 11** Especificaciones de un filtro rechaza bandas [5].

## MODELO PARA UN FILTRO PASO BAJOS Y PASO ALTOS



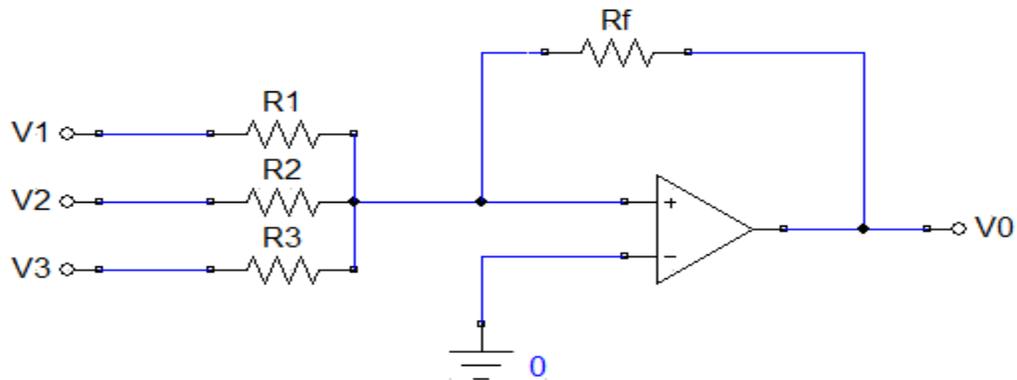
**Figura 12** Arreglo típico para circuito paso alto y paso bajos.

También puede ser considerado como un filtro elimina banda en el que la frecuencia de corte del filtro paso alto debe de ser mayor a la frecuencia del filtro pasa bajo  $f_{c1} < f_{c2}$ .

En la Figura 12 de lado izquierdo se tiene el arreglo típico para un filtro paso alto en el que su frecuencia de corte será  $f_{c1}$  y de lado izquierdo de la figura se tiene el arreglo típico al filtro paso bajos en el que será  $f_{c2}$  su frecuencia de corte.

### AMPLIFICADOR SUMADOR

Este amplificador que se muestra en la Figura 13 es una variante del amplificador inversor de voltaje y al utilizar esta configuración se tiene la posibilidad de utilizar más de una entrada a la vez.



**Figura13** Amplificador sumador.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1.3)$$

Dónde:

$f_c$  = frecuencia de corte

$R$  = resistencia

$C$  = capacitor

## ANCHO DE BANDA

Es el rango de frecuencias dentro de las cuales va a responder el filtro.

$$\Delta f = f_2 - f_1 \quad (1.4)$$

Donde

$\Delta f =$  ancho de banda

$f_2 =$  frecuencia de corte superior

$f_1 =$  frecuencia de corte inferior

## FACTOR DE CALIDAD

En un filtro nos da la idea de que tan selectivo es en cuanto al ancho de banda.

$$Q_0 = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \quad (1.5)$$

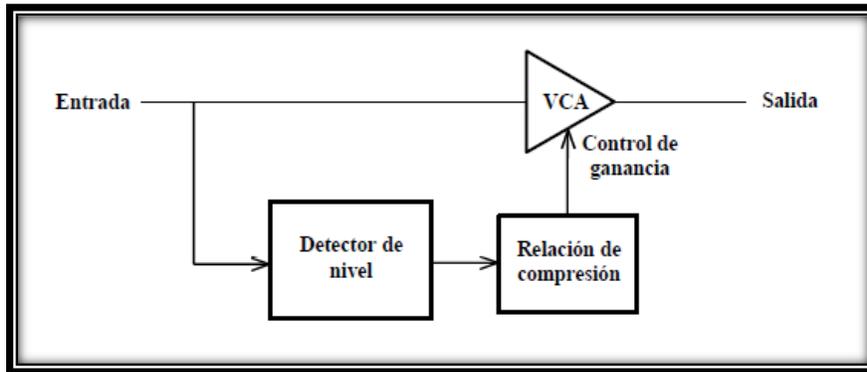
$f_0 =$  frecuencia central

$f_1 =$  frecuencia de corte inferior

$f_2 =$  frecuencia de corte superior

### 2.6.3 COMPRESOR DE AUDIO

Compresor de audio, es un procesador capaz de reducir la relación señal a ruido. La clave del funcionamiento del compresor está en un dispositivo denominado amplificador controlado (VCA), que posee una entrada auxiliar por medio de la cual se le puede variar la ganancia [9].



**Figura 14** Diagrama a bloques básico de un compresor [9].

Tal como se muestra en la Figura 14 se observa el diagrama a bloques básico de un compresor el cual opera de la siguiente forma. En primer lugar, un detector de nivel está continuamente verificando si la señal de entrada supera o no cierto nivel denominado umbral. Si el umbral no se supera, el VCA tiene ganancia 1, por lo tanto la señal no experimenta alteraciones. Si, en cambio, se supera el umbral, el VCA reducirá su ganancia de tal modo que el excedente de nivel de entrada se reduzca a la salida en una proporción llamada relación de compresión. Así, si la relación de compresión es 2:1, un exceso de 10 dB respecto al umbral se transformará en un exceso de sólo 5 dB. El funcionamiento es equivalente al de un operador humano que acciona el control de volumen cuando el nivel sonoro sube demasiado [9].

Algunos controles que tiene un compresor de audio son [12]:

- Umbral de compresión (Threshold): Ajusta el volumen en el que comienza la compresión. Cuando la señal se sitúa por encima del valor del umbral es seleccionada para la compresión.
- Relación de compresión (Ratio): Ajusta el “campo” de la compresión. Puede ser definida como el volumen de salida frente al volumen de entrada.
- Ganancia: cuando se comprime una señal, la reducción de la ganancia generalmente provoca un descenso del volumen general. Este control permite restaurar la pérdida de volumen que se produce como consecuencia de la compresión utilizada.

# **Capítulo 3**

## **Sistema de monitoreo actual del estudio de grabación**

### 3.1 CONDICIONES INICIALES

El sistema de monitoreo con el que se cuenta en el laboratorio de acústica (Figura 15) está constituido por la cabina donde se encuentra la consola de mezcla la cual se puede observar en la Figura 16, los transductores de salida (altavoces), un equipo de cómputo en el que se utiliza el programa “protools” con el cual se puede grabar, editar y mezclar todo el audio generado en la salas que conforman el laboratorio de grabación.



**Figura 15** Laboratorio de grabación. Academia de acústica, Esime Zacatenco.



**Figura 16** Consola de mezcla. Academia de acústica, Esime Zacatenco.

En la Figura 18 se muestra la sala de grabación desde la cual se llevan a cabo las grabaciones, aquí se encuentran las cajas que cuentan con las salidas para conectar los instrumentos o micrófonos que se utilizarán para hacer llegar a la consola los sonidos a grabar (Figura 17).



**Figura 17** Salida de conectores. Academia de acústica, Esime Zacatenco.



**Figura 18** Sala A de grabación. Academia de acústica, Esime Zacatenco.

El sistema de monitoreo (Figura 19) para el alumno o músico con el que cuenta este laboratorio consiste en un amplificador de potencia, en la parte de atrás se encuentra la entrada por la cual por medio de un conector XRL hembra es conectado el audio que es mandado desde la consola de mezcla, en la parte frontal se localiza el switch de encendido y las cinco salidas XRL en donde se conectarán los audífonos que el alumno o músico utilizará para escucharse.



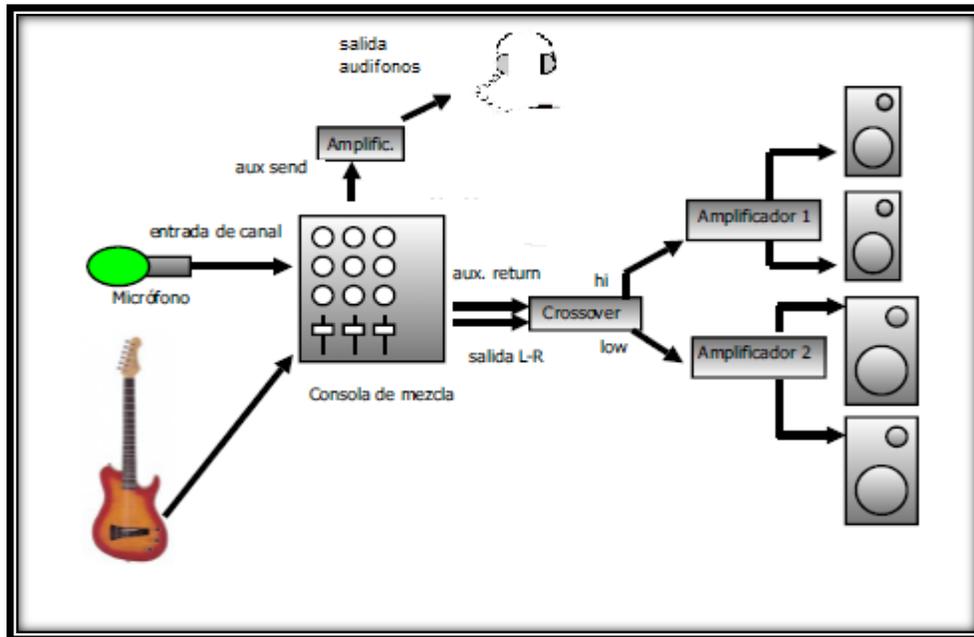
**Figura 19** Amplificador de potencia. Academia de acústica, Esime Zacatenco.

### 3.2 SISTEMA DEL LABORATORIO DE GRABACIÓN

El laboratorio de grabación consiste en un sistema de monitoreo en el que primero se graba al músico, el audio que es grabado va directo a la mezcladora en donde el ingeniero a través de protools hace la edición (ecualización y compresión por mencionar algunas funciones) del audio que se está grabando, posteriormente es enviado al músico mediante un canal que llega a un amplificador de potencia en el que se encuentran las conexiones para audífonos para que de esta manera el músico pueda escuchar y saber cómo se está grabando el sonido que está generando previamente editado por el ingeniero.

También puede escuchar lo que se esté grabando en modo bypass es decir, sin pasar por la mezcla que el ingeniero está realizando va a escuchar el sonido directamente, se

le conoce como una retroalimentación, no hay ninguna modificación al audio que el músico este generando. Dentro del sistema de monitoreo del laboratorio de grabación de la academia de acústica se encuentran amplificadores que solo nos ayudan a tener una ganancia de la señal de audio. Con referencia a lo anterior la Figura 20 muestra la forma en el que se encuentra conectado el sistema de monitoreo en el laboratorio de acústica.



**Figura 20** Diagrama de conexión para grabación. Academia de acústica, Esime Zacatenco.

### 3.3 PROBLEMÁTICA

El laboratorio de acústica ubicado en la escuela ESIME Zacatenco no cuenta con un sistema de monitoreo personal que puedan ocupar los alumnos de dicha escuela, considerando que el laboratorio es empleado para la realización de prácticas e incluso de grabaciones, es muy difícil que el ingeniero de audio y el músico concuerden con lo que se está grabando, puesto que el músico carece de un sistema de monitoreo personal que le ayude a escucharse dependiendo de sus características auditivas, el músico debe conformarse con el audio que el ingeniero le regresa de la consola, el

problema se agrava al intentar hacer una grabación de una banda completa ya que cada músico va tener diferentes necesidades auditivas.

Es en este punto en el que nos enfocaremos con nuestro sistema de monitoreo propuesto, el problema que se tiene es que cuando un músico-cantante lleva muchas horas en un estudio de grabación llega un momento en que su oído se encuentra muy cansado y no puede ser capaz de detectar sus errores, se implementara nuestro sistema para que el músico no solo reciba el sonido en bypass si no que pueda hacer mejoras en el audio que él este grabando. Esto sin olvidar que solo será para ayuda del músico en el momento en que se efectuó la grabación, ya que el audio que va a la mezcladora deberá ir en bypass para que se le hagan las respectivas modificaciones vía software.

Pero cuando la grabación sea de una guitarra este sonido procesado a través del sistema de monitoreo que proponemos puede ser el que vaya directo a la consola, ya que la función que le dará al sonido de la guitarra procesado por nuestro sistema será como el de un pre-amplificador de guitarra, esto nos será útil porque en una emergencia se podrá utilizar como pre-amplificador de guitarra ante la grabación.

La manera en que va a operar el sistema de monitoreo propuesto es que al realizar una grabación en el laboratorio se debe conectar al canal de entrada el audio que se está generando por el músico. Se tendrán 2 salidas en el sistema de monitoreo, una salida del audio que se va a enviar a la consola para que el audio pueda ser procesado vía software, esta señal estará en modo bypass, en la otra salida se van a conectar los audífonos para el músico teniendo directamente los controladores integrados del sistema de monitoreo a su alcance y pueda manipular el sonido que envía a la consola de manera que le sea más agradable para su audición el sonido que está generando.

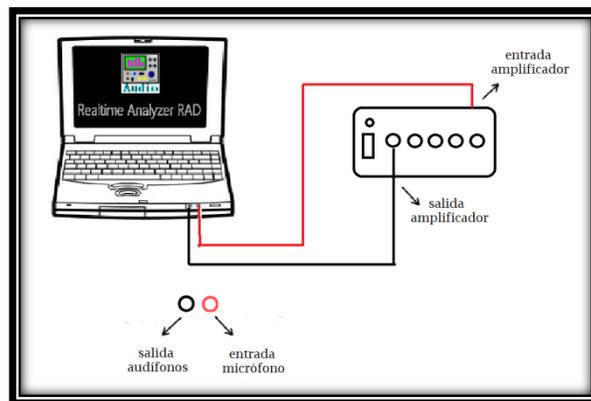
### 3.4 PRUEBAS DEL SISTEMA DE MONITOREO ACTUAL

Se realizaron las pruebas (Figura 21) para ver el comportamiento de la respuesta en frecuencia del sistema con el que se cuenta en el laboratorio. La función principal que tiene es de amplificación.



**Figura 21** Conexión para pruebas.

Las pruebas se efectuaron utilizando el programa Real time Analyzer RAD, el cual es un instrumento de medición virtual, el cual incluye un analizador de frecuencia en tiempo real. En la siguiente figura se muestra un diagrama de la conexión, las cuales consiste que por medio de una laptop en la cual está instalado el programa antes mencionado, se conectó la entrada del amplificador con la entrada del micrófono y la salida del amplificador con la salida para audífonos de la lap-top.



**Figura 22** Diagrama de conexión.

Una vez que se realizó la conexión por medio del programa se hizo un barrido de 20 Hz a 20 KHz

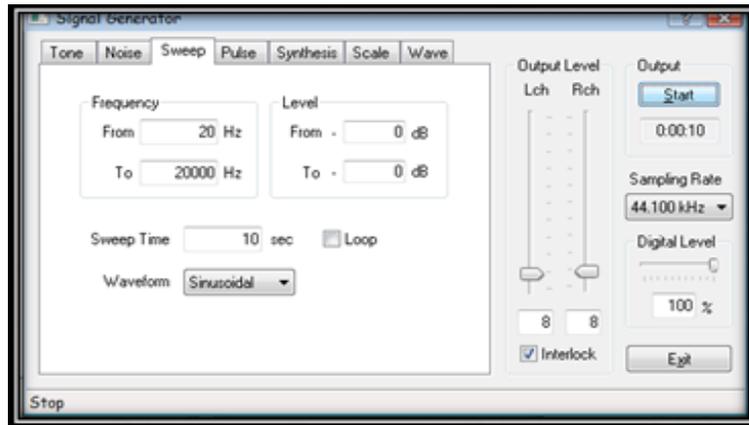


Figura 23 Barrido de frecuencia.

En el potenciómetro del amplificador se establecieron tres puntos de prueba, el primero se colocó al 0% es decir al mínimo valor de la resistencia del amplificador, el segundo se situó al 50% del valor de la resistencia y por último el tercero al 100% que es al máximo rendimiento.

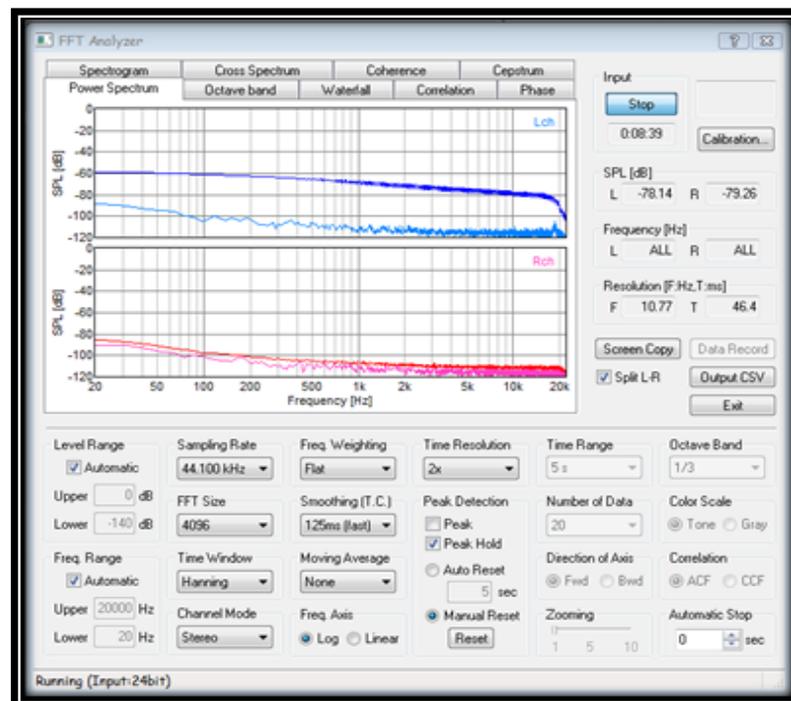


Figura 24 Primer punto de prueba  $0\Omega = 0\%$ .

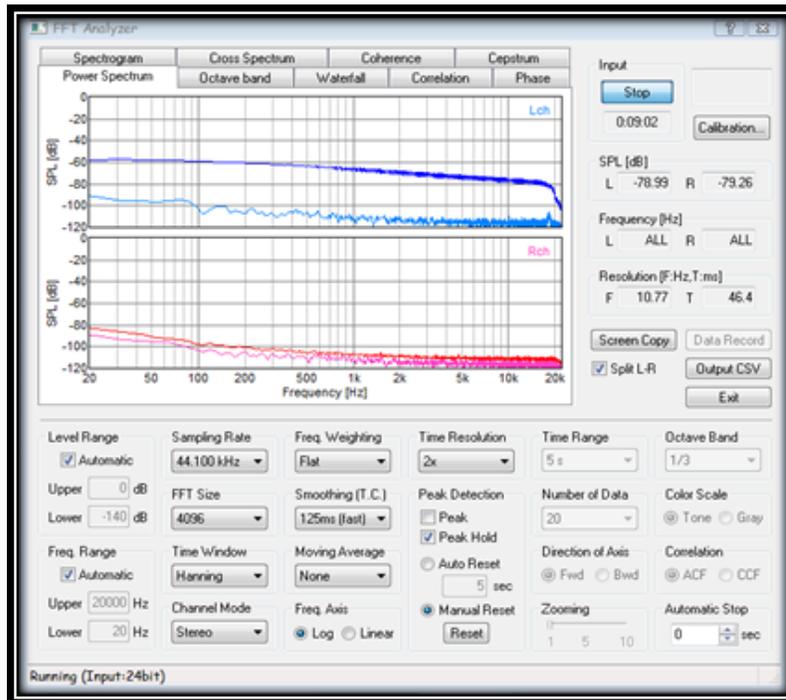


Figura 25 Segundo punto de prueba  $50\Omega=50\%$ .

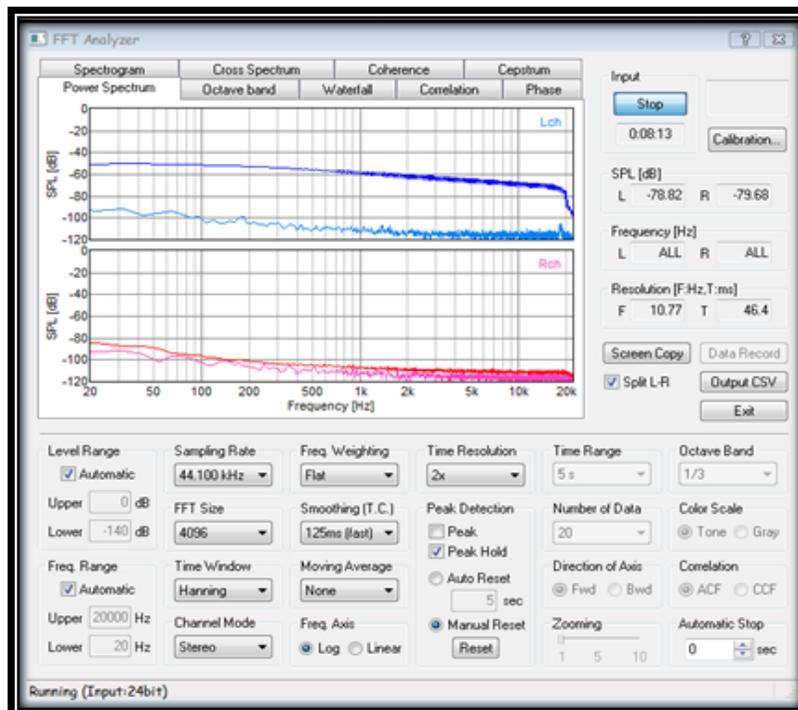


Figura 26 Tercer punto de prueba  $100\Omega=100\%$ .

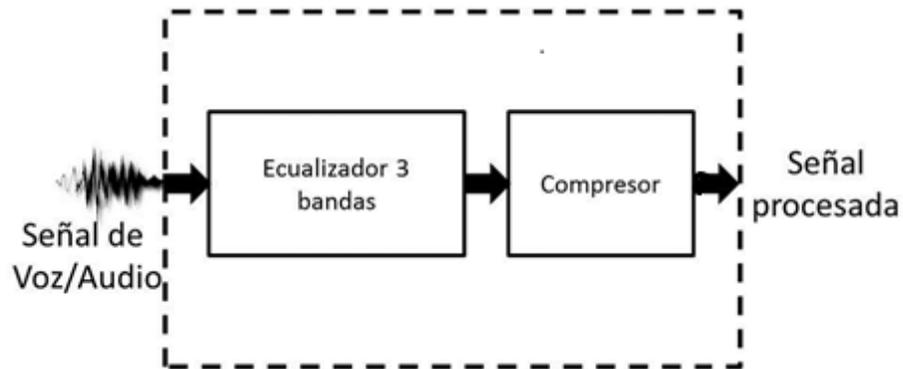
En las figuras anteriores la señal de color azul fuerte muestra el resultado que se obtuvo al hacer las pruebas, como se conoce el funcionamiento de un amplificador es modificar la señal en función de su amplitud, sin modificar la forma de onda, en otras palabras lo que se logra con este sistema es tener mayor o menor ganancia dependiendo de las modificaciones que el usuario haga, solo es un controlador de volumen.

Cuando se efectuaron estas pruebas se encontró un inconveniente con el amplificador, debido a que los potenciómetros no marcaban un valor de resistencia exacto, por lo que no se pudo hacer una relación en ohms con los porcentajes que se asignaron a los tres puntos de prueba.

## **Capítulo 4**

# **Sistema de monitoreo de audio propuesto para el estudio de grabación**

## 4.1 DIAGRAMA DEL SISTEMA DE MONITOREO PROPUESTO



**Figura 27** Etapas de sistema de monitoreo propuesto.

En la Figura 27 se muestra gráficamente los bloques internos del sistema propuesto, a continuación se presenta la descripción de cada etapa del sistema mencionado.

**Señal de Voz/Audio:** El sistema está diseñado con el fin de procesar señales de audio, al ser introducidas estas serán procesadas al pasar por cada etapa entrando en función cada uno de los componentes electrónicos que pertenecen a cada una de ellas.

**Ecualizador 3 bandas:** En esta etapa tenemos el control de tonos de frecuencias altas, medias y bajas. Esta etapa hace la función de un filtro debido a que se encuentran 3 controladores con los que se podrá ajustar a la frecuencia que se desea.

**Compresor:** El compresor tiene la función de cortar los picos de la señal de entrada a esta etapa, en función del nivel de umbral. El objetivo es dar una mejor calidad de audio cuando se realiza una grabación de audio, evitando los picos durante lapsos de la grabación haciendo que la pista completa tenga el mismo nivel de umbral.

**Fuente de Alimentación:** No es considerada como una etapa interna del sistema pero si fundamental para el funcionamiento físico del sistema.



**Figura 28** Parte frontal del sistema de monitoreo propuesto.

La Figura 28 nos muestra una imagen del sistema que se realizó, tomando en cuenta las etapas que se propusieron en la Figura 27, el sistema tiene los siguientes controladores en la parte externa:

Un switch de encendido y apagado seguido de 4 controladores para la etapa de ecualización siendo el primero para frecuencias altas, el segundo frecuencias medias, el tercero frecuencias bajas y el cuarto para dar ganancia (volumen) a esa etapa.

Las frecuencias bajo las que actúan cada controlador del ecualizador son:

- Altos 3.5kHz – 1.5kHz
- Medios 300Hz – 3kHz
- Bajos 50Hz – 150Hz

Posteriormente se encuentra el controlador de ganancia para la etapa de ecualización, su función consiste en poder incrementar el volumen sin afectar la ecualización, en caso de sufrir alguna atenuación dicho volumen.

El siguiente controlador es el umbral, su función es identificar cual será el punto sobre el cual comenzara a actuar la compresión.

Los últimos dos controladores son el compresión y ganancia. La función de la compresión es ubicar la relación de compresión que se requiere tener, esto es ya una vez que se fija el nivel de umbral se puede modificar la compresión 1:1 es decir que la señal sea igual o hasta  $\infty$ .

Se tiene dos salidas una XRL y otra en plug 3.5mm estas son las salidas con el audio modificado por el sistema de monitoreo, en la entrada se utiliza un conector XRL ya que en la mayoría de los instrumentos como la guitarra y el bajo usan este tipo de conectores.



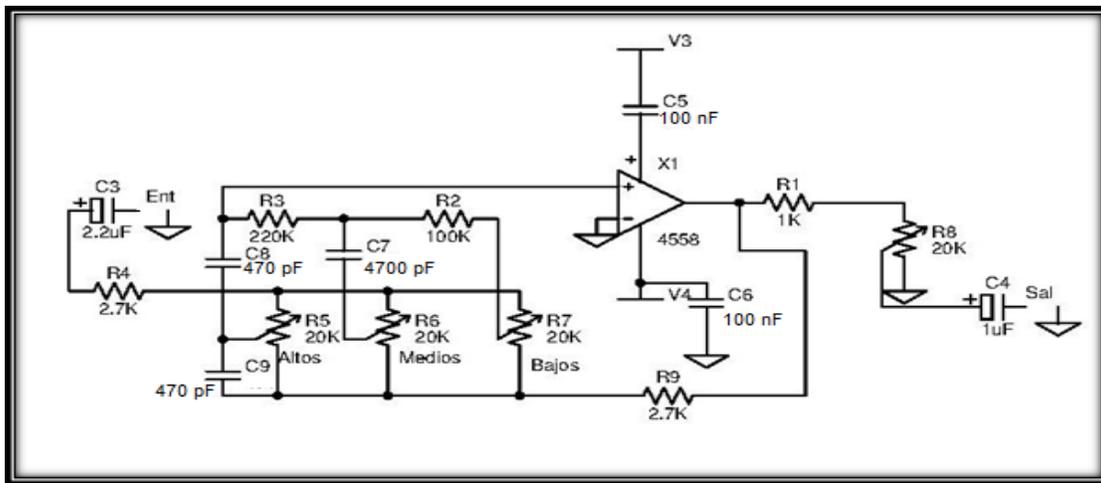
**Figura 29** Parte trasera del sistema de monitoreo propuesto.

La Figura 29 muestra la parte trasera del sistema de monitoreo propuesto, se tiene la salida en bypass para que se pueda diferenciar el efecto que el sistema causa a la señal de entrada y pueda ser comparada auditivamente, también considerando que esta salida puede ir a la mezcladora para sus respectivas modificaciones vía software.

## 4.2 ECUALIZADOR

El ecualizador está basado en un control de tonos que permite controlar 3 bandas fijas de frecuencia las cuales genéricamente son denominadas como alta, medias y bajas frecuencias.

### 4.2.1 CIRCUITO IMPLEMENTADO



**Figura 30** Diagrama de ecualizador 3 bandas.

Este circuito se elaboró en base al circuito integrado JRC4558 configurado como amplificador sumador no inversor.

Para la configuración se basó en el arreglo de los medios en el que se tiene la resistencia de 20K y el capacitor de 4700pF. Se empleó este arreglo y se obtuvo una respuesta en frecuencia de 1693.13Hz la cual se utilizó como frecuencia central.

Para obtener dicho valor de frecuencia se calculó de la siguiente manera considerando la ecuación 1.3 con la sustitución de los valores se obtuvo lo siguiente:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_6 C_7} \quad (1.6)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi * 20000 * 4700 * 10^{-12}} = 1693.1376 Hz \quad (1.7)$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi(R_2 + R_7)C_7} \quad (1.8)$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi * 120000 * 4700 \times 10^{-12}} = 282.189 \text{Hz} \quad (1.9)$$

Para la frecuencia de corte superior:

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_5(C_8 + C_9)} \quad (2.1)$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi * 20000 * 940 \times 10^{-12}} = 8665.688 \text{Hz} \quad (2.2)$$

La resistencia variable de los altos vista en el circuito de la Figura 30 modificará la frecuencia de corte que esta entre paso bajos y pasa banda esta frecuencia es de 175Hz aproximadamente aunque se debe considerar que esta puede variar.

Al modificar las resistencias variables de los altos y medios, se alterará además de la frecuencia de corte, la ganancia de la señal.

En la Figura 31 se observa la comprobación de la frecuencia de corte la cual se realizó mediante un programa editor de audio, el punto 1 y 2 que se observa en la parte de arriba de la señal mostrada nos dan una idea de que las frecuencias se aproximan a los valores esperados.

Ancho de banda del circuito

$$\Delta f = f_2 - f_1 = 8665.688 - 282.189 = 8383.499 \text{Hz} \quad (2.3)$$

Factor de calidad

$$Q_0 = \frac{w_0}{w_2 - w_1} = \frac{10638.29729}{54448.12352 - 1773.102327} = 0.2019 \quad (2.4)$$



Figura 31 Gráfica de frecuencias de corte de señal pasa banda.

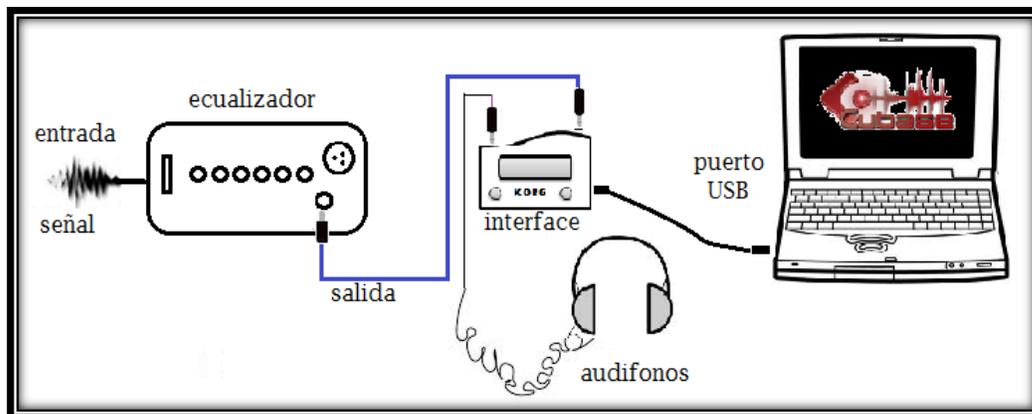
## 4.2.2 PRUEBAS

Para probar el circuito ecualizador de 3 bandas y ver los efectos gráficamente en la computadora se conectó el sistema de monitoreo a través de un procesador multi-efecto para que se pudiera observar la manipulación del audio mediante un programa editor de audio (Figura 32).



**Figura 32** Conexión de circuito a software a través del procesador multi-efecto.

A la entrada del ecualizador se introdujo una señal de audio en formato wav para saber qué tan óptimo es el circuito, el audio introducido fue el ruido rosa (Figura 34), posteriormente la salida del ecualizador se mandó al procesador multi-efecto para enviarla a la entrada de audio de la computadora y así observar la señal introducida. La siguiente figura muestra las consideraciones hechas anteriormente.



**Figura 33** Diagrama de conexión a software.



**Figura 34** Señal de ruido rosa.

En la Figura 35 muestra la señal de audio del ruido rosa modificada. Dicha modificación se hizo alterando los controladores del ecualizador poniendo al máximo el potenciómetro de los altos, conservando los bajos y medios en su valor resistivo mínimo.



**Figura 35** Señal modificada por filtro pasa-alto.

En la Figura 36 se observa que los controladores de altos y bajos se colocaron en su valor mínimo y el controlador de los medios se colocó en el valor máximo, esto nos permite observar en la gráfica como es la respuesta en frecuencia para los medios.



**Figura 36** Señal modificada por filtro pasa-medio.

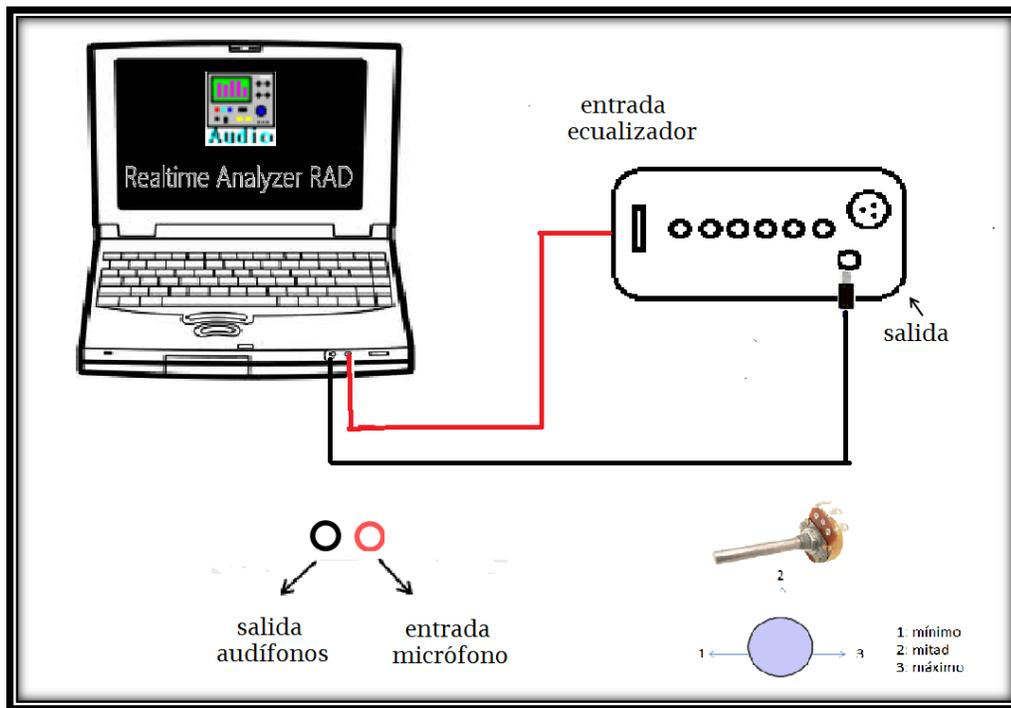
La última modificación que se realizó fue el poner el control de los bajos a su valor máximo, por lo consiguiente los controladores de los medios y altos se colocaron en su valor resistivo mínimo, dicho lo anterior en la Figura 37 se muestra la respuesta en frecuencia que se obtuvo.



**Figura 37** Señal modificada por filtro pasa-bajo.

Las pruebas del ecualizador también se realizaron mediante el programa de Real time Analyzer RAD, en la Figura 38 se muestra un diagrama de la conexión que se hizo para realizar las pruebas, como se puede observar la conexión es muy parecida a la que se realizó al amplificador, estas pruebas consistieron en localizar tres puntos en cada uno de los potenciómetros correspondientes a los altos, medios y bajos, considerando que

los potenciómetros que se utilizaron en el ecualizador son de  $20K\Omega$ , el primer punto se fijó en el valor mínimo del potenciómetro es decir en los  $0\Omega$ , el segundo punto en el 50% del potenciómetro en otras palabras a los  $10K\Omega$  y el tercer punto se localizó en el 100% correspondiente a los  $20K\Omega$ , una vez ubicados estos puntos mediante el programa se hizo un barrido de frecuencias que va desde los 20Hz a los 20KHz, cabe mencionar que mientras se realizó la prueba de alguno de los tres potenciómetros, dos se mantuvieron en  $0\Omega$  para no tener alguna alteración con el que se encontraba a prueba.



**Figura 38** Diagrama de conexión.

A continuación la señal de color rojo muestra los resultados obtenidos:

### Pruebas de agudos (altos)

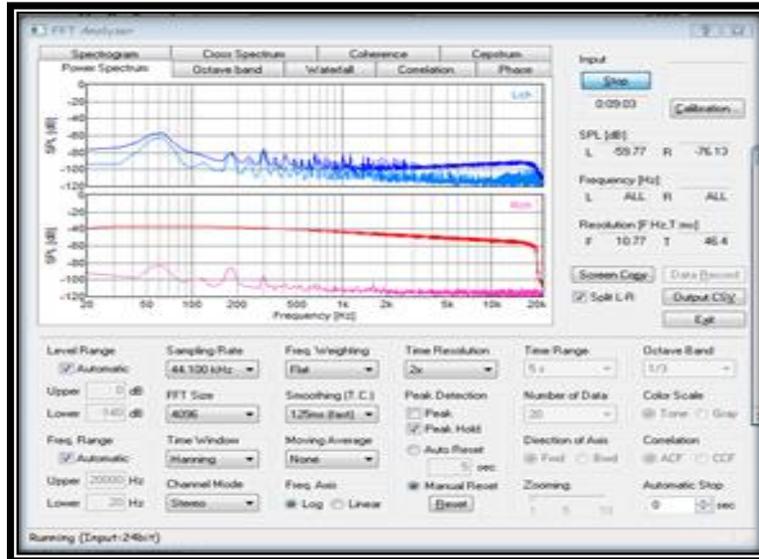


Figura 39 Primer punto de prueba  $0\Omega=0\%$ .

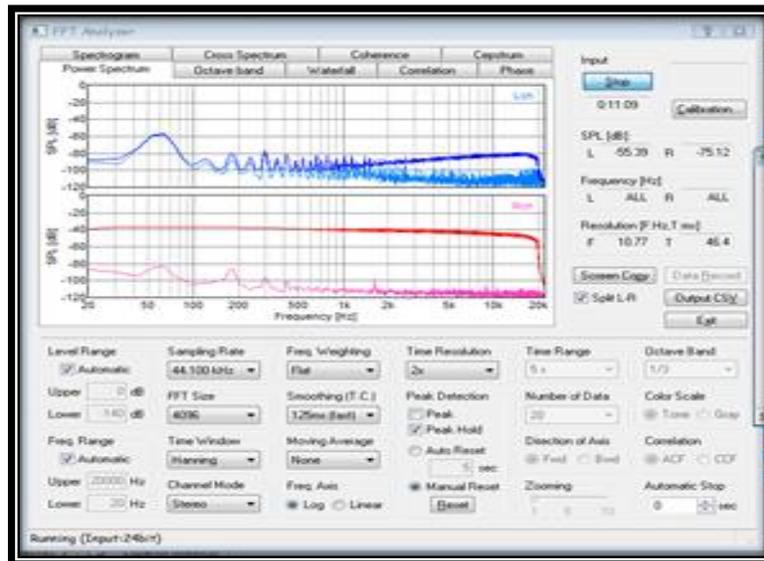


Figura 40 Segundo punto de prueba  $10K\Omega=50\%$ .

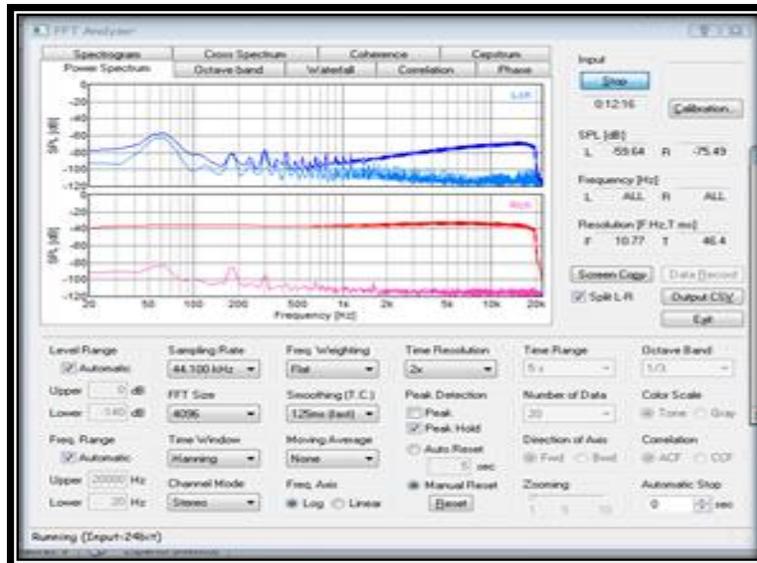


Figura 41 Tercer punto de prueba  $20K\Omega=100\%$ .

Las pruebas que se realizaron al primer potenciómetro correspondiente a los agudos, mayor conocidas como las frecuencias altas se puede ver que en la Figura 39 se observa que no hay ninguna modificación en la respuesta de frecuencia mientras se aumentó el valor del potenciómetro las frecuencias altas son las que fueron predominando haciendo una discriminación a las frecuencias bajas.

### Pruebas Medios

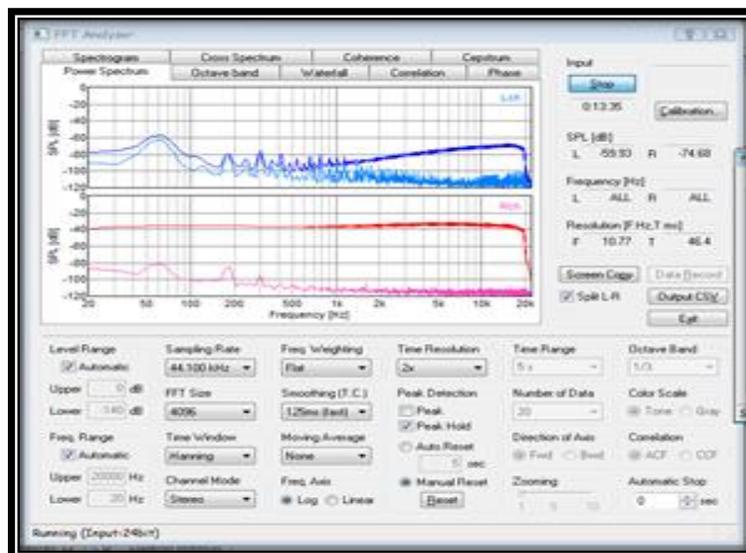
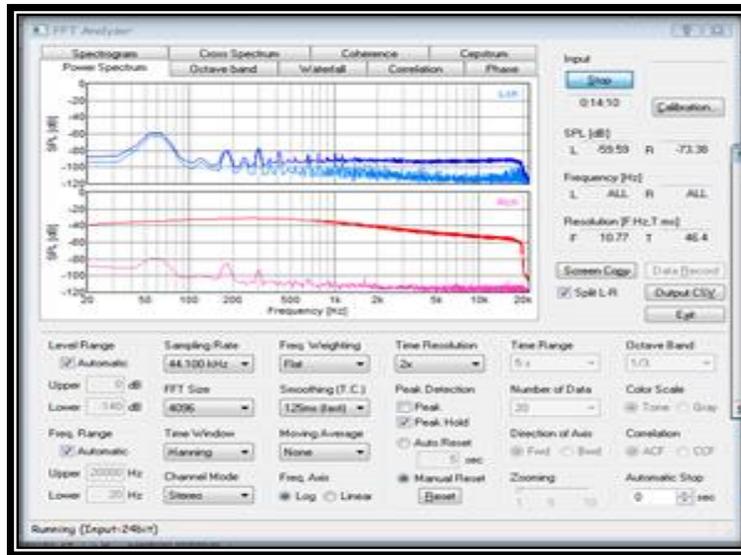
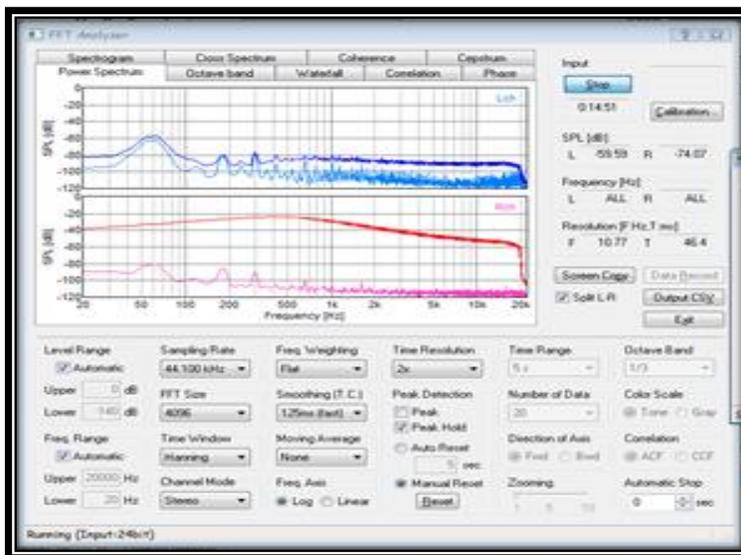


Figura 42 Primer punto de prueba  $0\Omega=0\%$ .



**Figura 43** Segundo punto de prueba  $10K\Omega=50\%$ .



**Figura 44** Tercer punto de prueba  $20K\Omega=100\%$ .

Estas pruebas corresponden al potenciómetro número dos, en otras palabras, a los medios en la primera imagen (Figura 42) se puede ver el mismo comportamiento que se mostró en la de los agudos cuando el potenciómetro está en  $0\Omega$  (Figura 39) debido a que no ha sufrido ninguna alteración, al igual que las muestras anteriores mientras el potenciómetro se fue girando para obtener mayor resistencia la respuesta en frecuencia empezó a modificarse haciendo una curva más pronunciada en las frecuencias medias, hasta que el potenciómetro llegó a su 100%.

## Pruebas de graves (bajos)

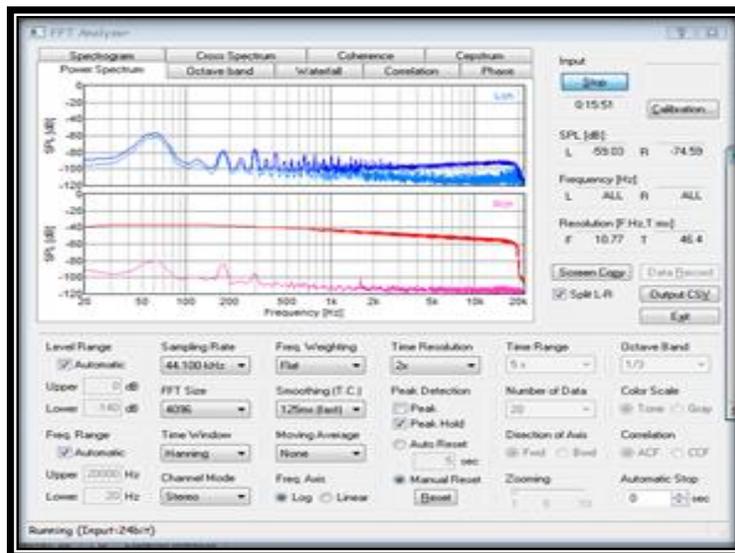


Figura 45 Primer punto de prueba  $0\Omega=0\%$ .

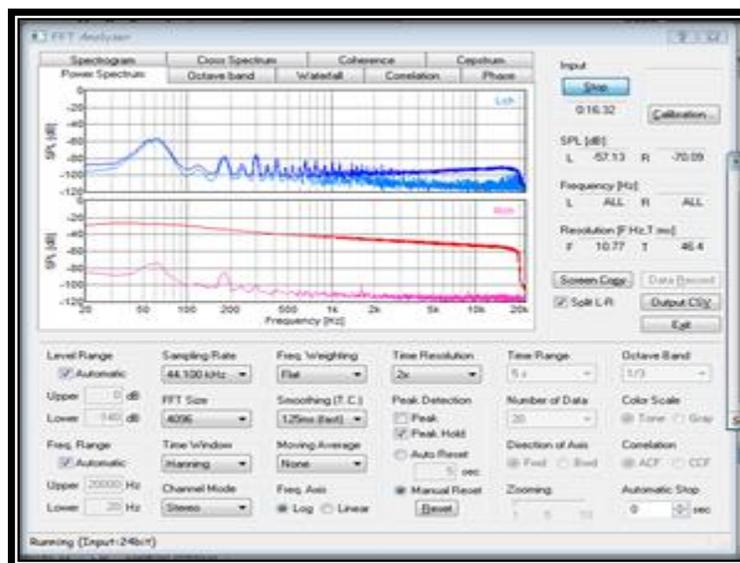
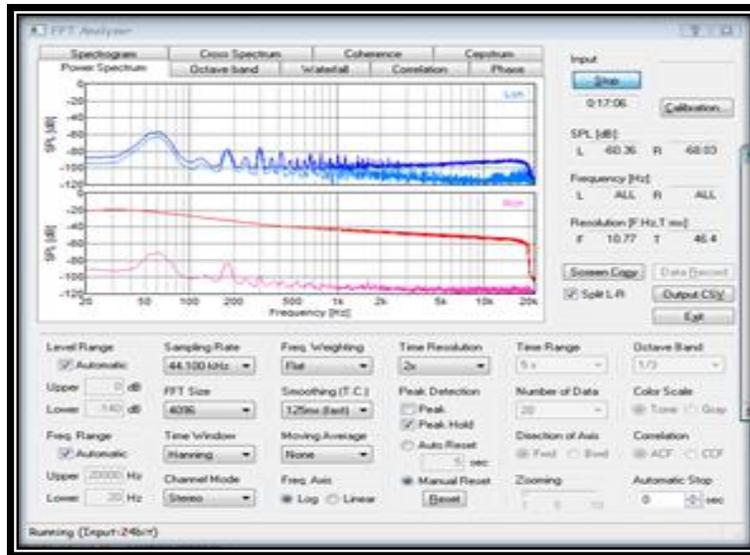


Figura 46 Segundo punto de prueba  $10K\Omega=50\%$ .



**Figura 47** Tercer punto de prueba  $20K\Omega=100\%$ .

En el potenciómetro tres se encuentran los graves es decir las frecuencias bajas, como se mencionó en el capítulo 2 el comportamiento de este tipo de filtros es dejar pasar las frecuencias bajas discriminando las altas, en las imágenes que se muestran se puede observar como en los dos casos anteriores cuando el potenciómetro se encontraba en  $0\Omega$  no existía alteración alguna de las frecuencias y mientras el potenciómetro se fue girando para que pasara por los puntos del 50% y 100% la respuesta en frecuencia empezó a ser más pronunciada en las frecuencias bajas.

## 4.3 COMPRESOR

### 4.3.1 CIRCUITO IMPLEMENTADO

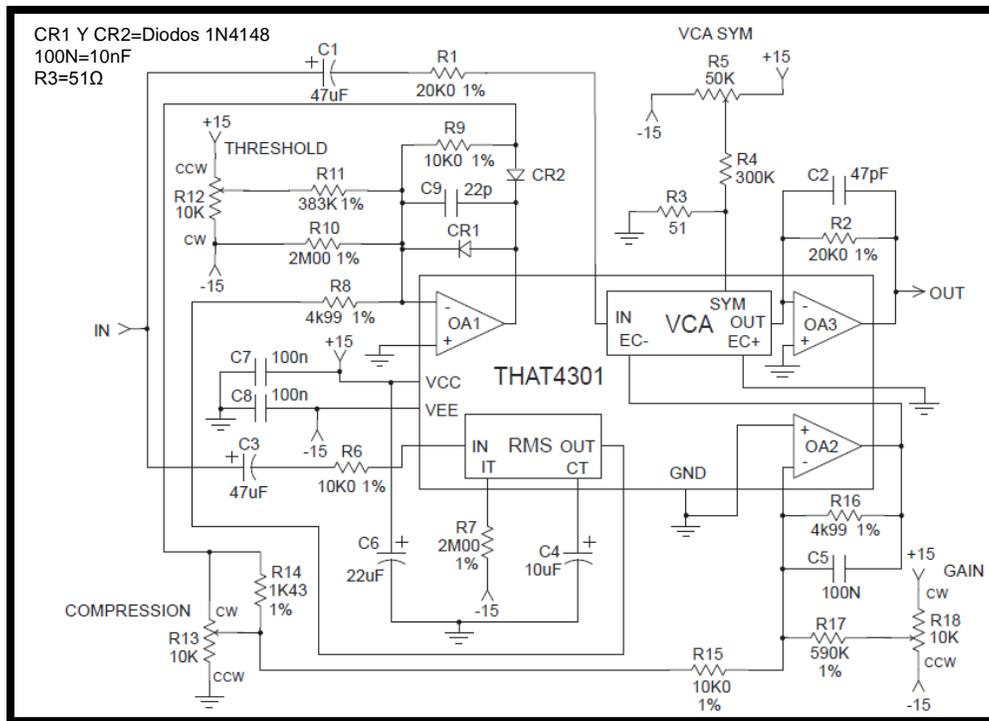


Figura 48 Circuito compresor de audio.

El diseño de este circuito está basado en el circuito integrado THAT4301. La relación de compresión del sistema (ratio) es de 4:1. El umbral de compresión se puede variar de  $\pm 30\text{dB}$ .

El VCA SYM ayudará a modular la variación de corriente que pudiera ingresar al circuito.

C1 y R1 definen el límite de baja frecuencia por lo que se tiene:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot 47 \times 10^{-6} \cdot 20 \times 10^3} = 0.169\text{Hz} \quad (2.5)$$

La salida de VCA está conectada a un amplificador operacional interno el cual está configurado como un inversor convertidor de corriente a voltaje. Esta configuración tiene los componentes ( $R_2$ ,  $20\text{ kW}$ , y  $C_2$ ) determina la constante de conversión de corriente a voltaje. El capacitor  $C_2$  proporciona estabilidad al sistema.

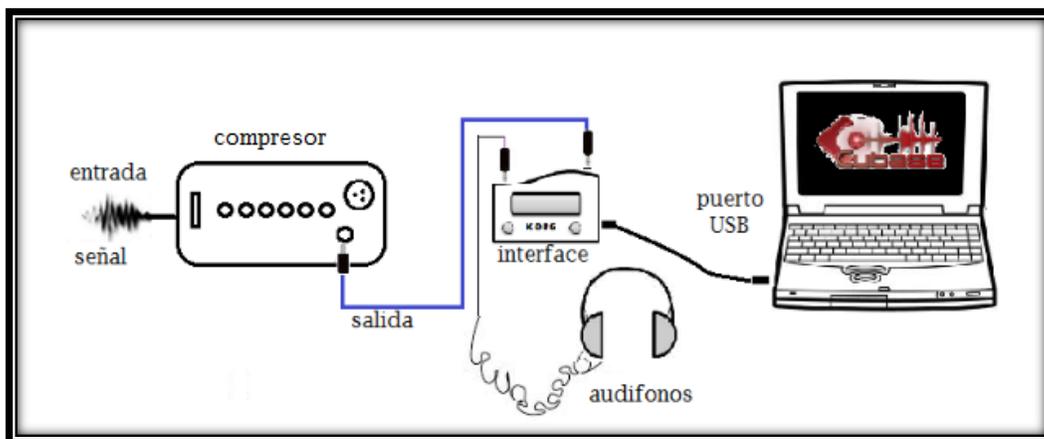
Para saber la ganancia que nos proporciona el compresor esta será equivalente a dividir  $R_2/R_1$  que a su vez serán  $0\text{ dB}$  (umbral de audición del ser humano). Si quisiéramos cambiar este valor se deberán cambiar las resistencias y por lo tanto los capacitores de  $47\mu F$ .

$R_{12}$  nos ayuda a variar el nivel de umbral. Por lo tanto, el control de la compresión permite al usuario variar la ganancia por encima del umbral entre el RMS salida del detector y la salida de  $OA_1$  de cero a un máximo de la unidad.

$R_{18}$  proporciona un control de ganancia esto debido a que durante la trayectoria de la señal esta pudo haber sufrido alguna atenuación.

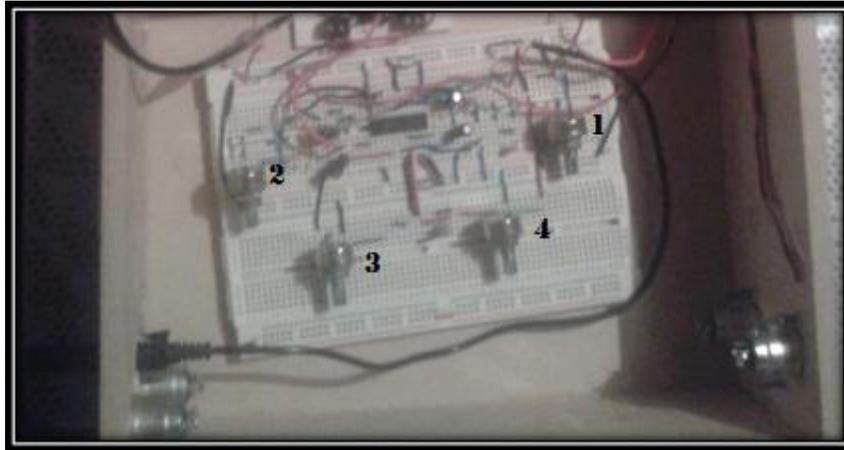
### 4.3.2 PRUEBAS

Se utilizó el programa editor de audio para observar el espectro de nuestra señal e ir comparándola al variar los controladores de compresión (ratio) y el nivel de umbral (Threshold) en la Figura 49 se muestra el diagrama en cómo fue conectado el compresor para realizar las pruebas.



**Figura 49** Diagrama de conexión.

Primero se probó el circuito poniendo los controladores del circuito en su nivel medio, en su nivel máximo y su nivel mínimo.



**Figura 50** Conexión de circuito para prueba.

Los controladores del circuito compresor se encuentran ubicados de la siguiente manera considerando la vista del circuito mostrada en la Figura 50:

El primer potenciómetro es el controlador VCA que ayuda a regular los picos de la fuente que alimenta al circuito integrado que es entre  $\mp 7v$  y  $\mp 15v$ .

El segundo potenciómetro es el controlador de nivel de umbral (Threshold), este controlador nos proporciona el valor de voltaje bajo el cual actuara la compresión del audio introducido al circuito.

El tercer potenciómetro es el controlador de compresión el cual funciona en relación al nivel de umbral (Threshold) con una mínima compresión que es 1:1 en bypass y la máxima compresión que es 4:1.

El cuarto potenciómetro es el controlador de ganancia, es utilizado cuando se tiene una máxima compresión y el nivel de audio tiende a bajar, debido a esto se utiliza una

ganancia para poder aumentar el volumen y tener una mejor apreciación del sonido y ajustar de acuerdo a las necesidades auditivas.



**Figura 51** Prueba utilizando el programa editor de audio.

En la Figura 51 podemos observar cuatro envolventes distintas de la señal.

La envolvente acústica número dos es la señal en bypass esto se refiere a que el audio que se hizo pasar por el circuito compresor es el mismo que se obtuvo en la salida, es decir, dicho audio no tuvo ninguna modificación.

La envolvente acústica número uno es la señal en media compresión es decir que los controladores del nivel de umbral (Threshold) y la compresión (ratio) se encuentran a la mitad del rango en el que se pueden variar, por consiguiente, considerando que las resistencias variables de cada control mencionados es de 10K $\Omega$ , dicho lo anterior estos se encontraban colocados en 5K $\Omega$ .

La envolvente acústica número tres al igual que en el caso anterior se tiene una compresión parecida 2:1, esto es porque el nivel de umbral (Threshold) no se varió, y la referencia que se tiene para la compresión es la misma.

La envolvente acústica número cuatro se tiene alta compresión el cual es el máximo nivel de compresión que el circuito proporciona, con una relación 4:1, es observable que el cambio es muy notorio en relación a la señal en bypass y media y baja compresión.

Se realizaron otras pruebas para comprobar la funcionalidad de la etapa de compresión, se fijaron diferentes puntos de prueba variando el nivel de umbral (threshold) y ratio (compresion). La señal utilizada para estas pruebas es el sonido de un bombo, el porque utilizar una señal de este tipo, es que esta señal nos permite tener una mejor apreciacion del cambio que sufre la señal al variar los parametros del sistema ya que esta señal solo muestra un pico.

A continuación se muestran los resultados obtenidos.

### Primer punto de prueba



**Figura 52** Primer punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

El nivel de umbral se colocó en 0 es decir que no se desea que haya alguna variación y debe de coincidir con la señal de prueba de entrada. Aunque se de una variación al compresor no se dio ninguna modificación ya que el nivel de umbral no se varió.

El valor obtenido en dB es de -20.61dB.

## Segundo punto de prueba



**Figura 53** Segundo punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

Para el segundo punto de prueba se realizó una pequeña variación al nivel de umbral, en el circuito se logra variando el valor de la resistencia, en este caso la variación fue a  $2.5\text{K}\Omega$ , también se dio una variación a la compresión de  $5\text{K}\Omega$ .

El valor del resultado obtenido es de  $-20.41\text{dB}$ .

### Tercer punto de prueba

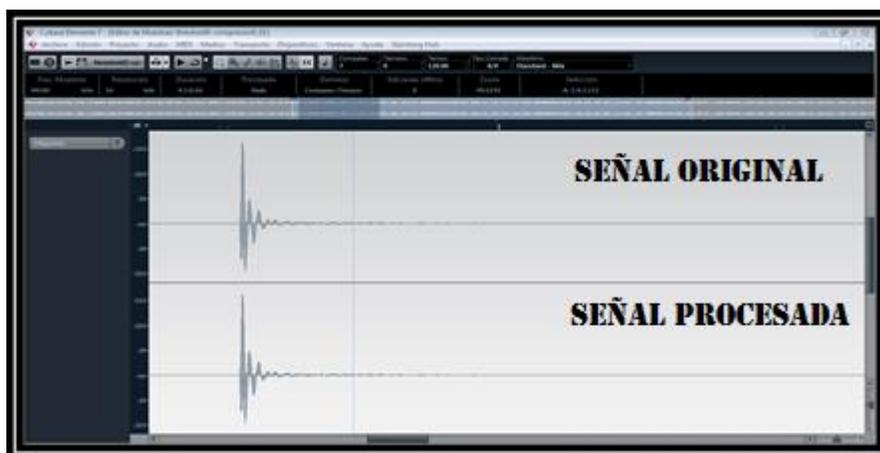


**Figura 54** Tercer punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

Para el tercer punto de prueba se realizó una variación al nivel de umbral, en el circuito se logra variando el valor de la resistencia, en este caso la variación fue también a  $2.5\text{K}\Omega$ , y la variación que se dió a la compresión fue el máximo que es colocando la resistencia en  $10\text{K}\Omega$ .

El valor del resultado obtenido es de  $-12.61\text{dB}$ .

### Cuarto punto de prueba



**Figura 55** Cuarto punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

En esta ocasión la variación en el nivel de umbral para los siguientes tres casos, se colocó la resistencia en  $5k\Omega$  y para el control de nivel de compresión fue de  $0k\Omega$ .

El valor del resultado obtenido es de  $-14.8dB$ .

### Quinto punto de prueba



Figura 56 Quinto punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

Como se mencionó anteriormente el valor de nivel de umbral se mantuvo en  $5K\Omega$  y ahora el valor de compresión se varió a  $5K\Omega$ .

El valor del resultado obtenido es de  $-14dB$ .

### Sexto punto de prueba

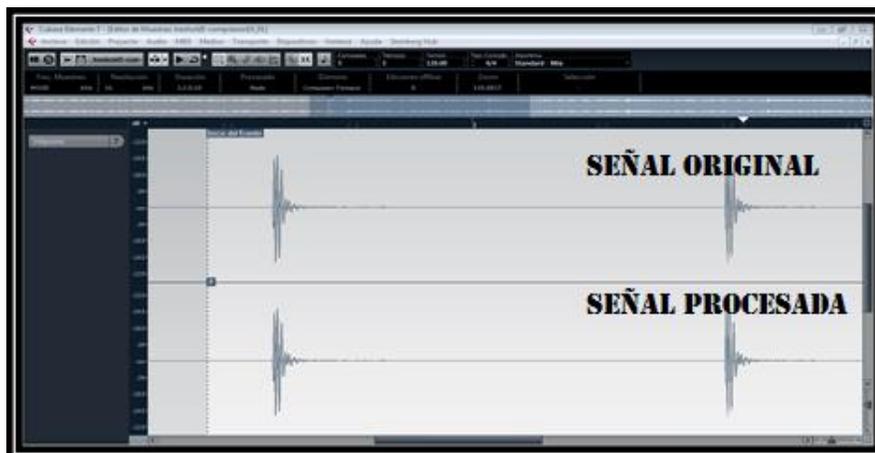


Figura 57 Sexto punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

Al igual que en las dos pruebas anteriores se mantuvo el valor del nivel de umbral en  $5K\Omega$  y ahora el valor de compresión se varió a  $10K\Omega$ .

El valor del resultado obtenido es de  $-13.5dB$ .

### Séptimo punto de prueba

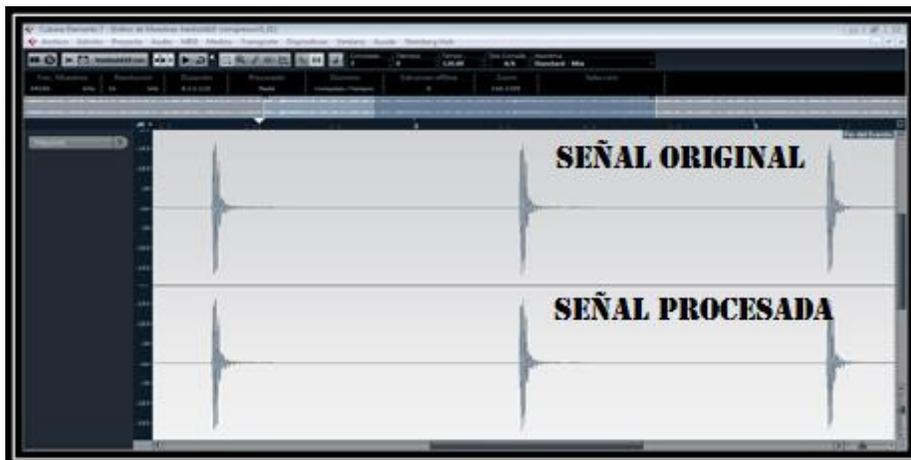


**Figura 58** Séptimo punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

En los 3 siguientes puntos de prueba se utilizó el máximo valor del nivel de umbral, en otras palabras se colocó la resistencia del circuito en su valor máximo de  $10K\Omega$  y el valor de compresión para este primer caso fue de  $0K\Omega$ .

El valor del resultado obtenido es de  $-13.5dB$ .

### Octavo punto de prueba

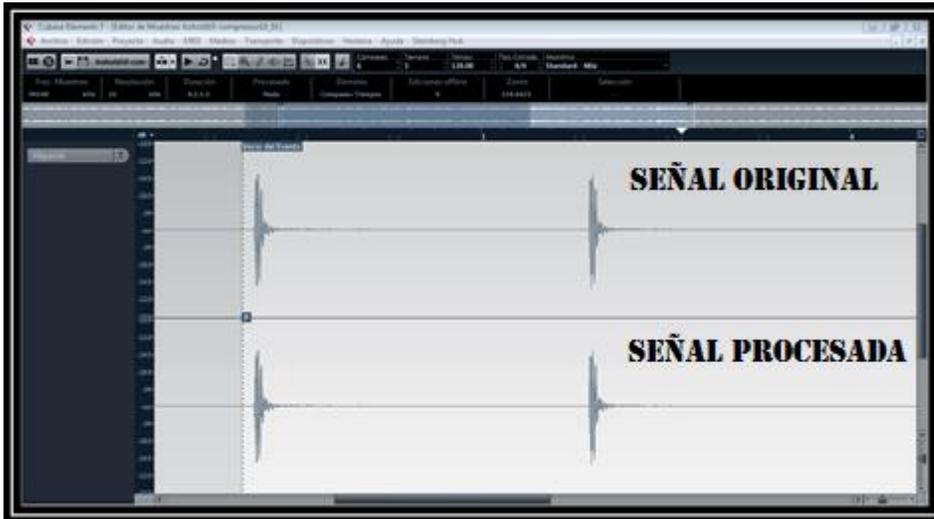


**Figura 59** Octavo punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

Tomando como referencia el caso anterior se mantuvo el valor de nivel de umbral en  $10\text{K}\Omega$  y el valor de compresión se colocó a  $5\text{K}\Omega$ .

El valor del resultado obtenido es de  $-13.5$ .

### Noveno punto de prueba



**Figura 60** Noveno punto de prueba utilizando el programa editor de audio.

Tomando como referencia los dos últimos casos, se mantuvo el nivel de umbral en  $10\text{K}\Omega$  y se cambió el valor de compresión a su máximo el cual es de  $10\text{K}\Omega$  también.

El valor del resultado obtenido es de  $-13.5\text{dB}$ .

Es importante aclarar que los valores que se obtuvieron en los nueve puntos de prueba arrojaron niveles negativos en dB esto se debe a que la señal introducida originalmente presento atenuación al ser procesada, razón por la que dichos resultados se obtuvieron con signo negativo.

De acuerdo a la variación de los potenciómetros referentes al nivel de umbral y compresión y tomando en cuenta los valores que se obtuvieron anteriormente, los resultados quedaron de la siguiente manera (Figura 61).



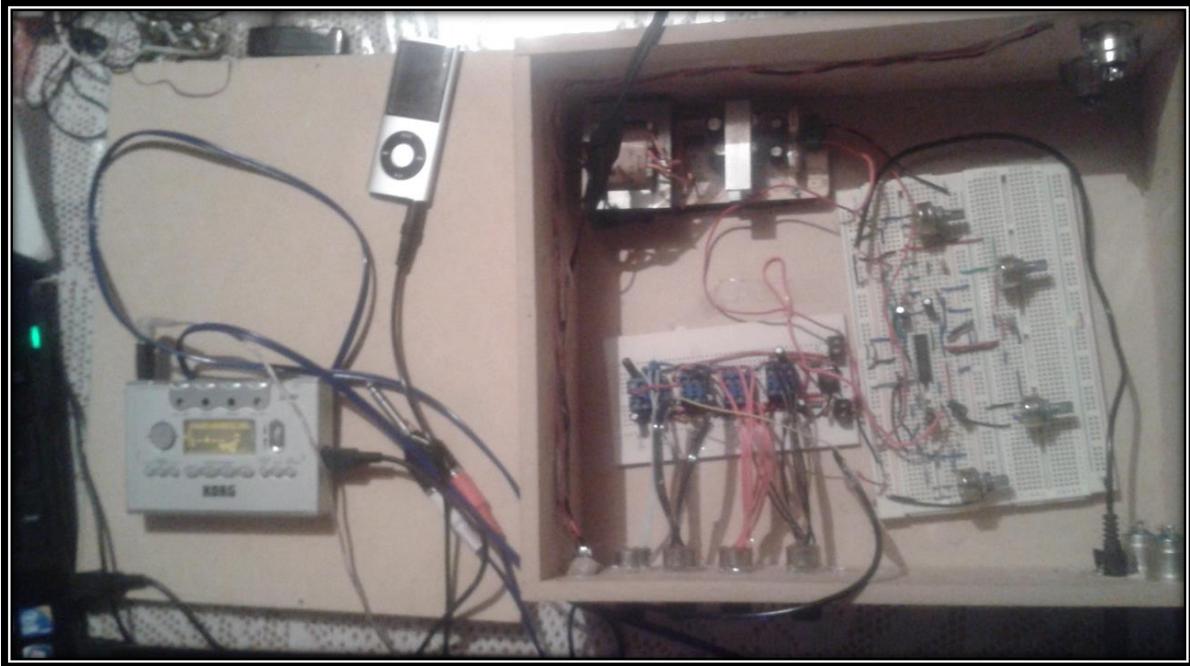
**Figura 61** Controladores de umbral y compresión.

# **Capítulo 5**

## **Resultados del sistema propuesto**

## 5.1 RESULTADOS

En el circuito ecualizador se introdujo una señal de audio, la salida se envió a la entrada del circuito compresor. En la salida del compresor se conectaron los audifonos teniendo como elección conectarlos en la salida jack 3.5" o en la salida de XLR.



**Figura 62** Conexión de ecualizador y compresor de audio.

En la primera etapa se tiene el bloque de ecualización, posteriormente la etapa de compresión en la que se puede ajustar la compresión a los sonidos que previamente fueron seleccionados en el ecualizador altos, medios o bajos.

A continuación se tiene un ejemplo del funcionamiento en el que se introdujo el ruido rosa y se ajustó el ecualizador poniendo los 3 controladores del ecualizador en el mismo nivel, se puede variar la compresión y el nivel de umbral (Threshold) y observar los resultados. En este caso están ambos en nivel medio, esto es una relación de compresión 2:1.



**Figura 63** Vista en el software del ruido rosa procesado a través del ecualizador y compresor de audio.

Para comprobar que el sistema que se implementará en el laboratorio de grabación cumple con el objetivo deseado que es el de ajustar el sistema de acuerdo a las características auditivas del usuario, se realizaron 4 pruebas con distintos alumnos para hacer la comparación de las envolventes de cada uno de ellos y compararlos con la señal de audio original, y así observar si el sistema cumple con la relación de compresión y ecualización

El objetivo de esto es verificar que el sistema cumple con las necesidades auditivas que cada uno de ellos requería.

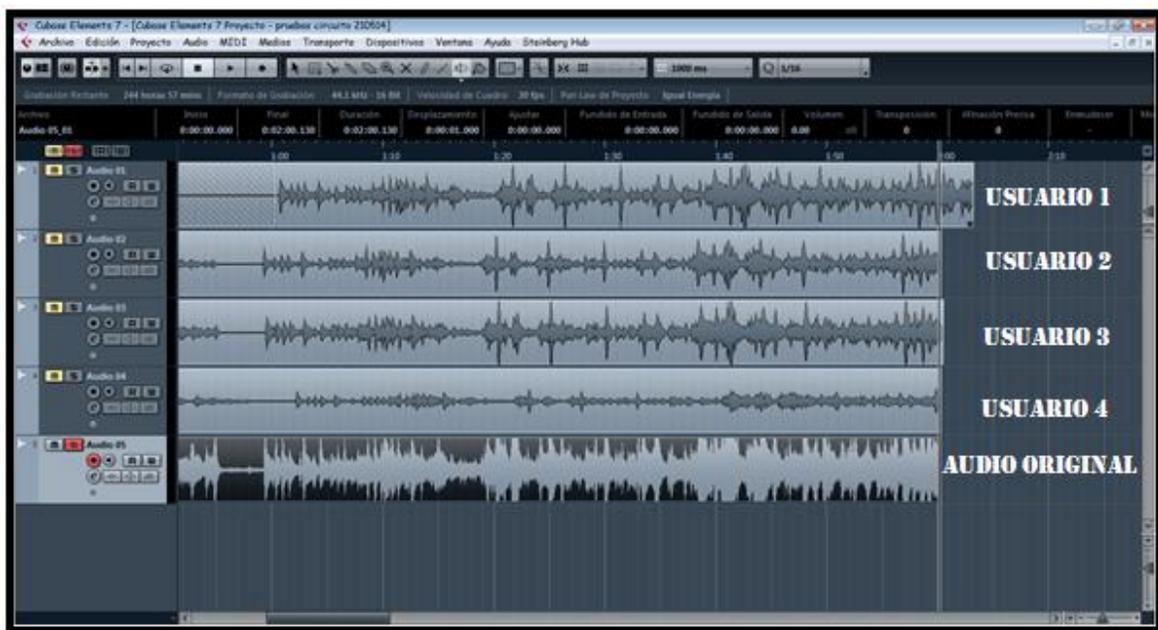
Para hacer las pruebas se realizó lo siguiente:

Se reprodujo una pista de audio por 1 minuto aproximadamente, el usuario podía estar regresando la pista e ir haciendo modificaciones en los controladores del ecualizador y compresor hasta que él considerara que se encontraba en los niveles necesarios teniendo una mejor percepción del audio reproducido.

En la Figura 64 se puede observar el resultado de las envolventes de la señal resultante la cual fue modificada por cada usuario. Para obtener estas envolventes se utilizó un programa editor de audio para tener una mejor precisión y poder comparar cada envolvente.

Las 4 primeras envolventes son las del audio modificado por cada uno de los usuarios, la envolvente número 5 es el audio original es decir sin ninguna modificación.

Se observa que la señal original tiene diferentes picos, cuando cada usuario ajustó la ecualización hay lapsos en el espectro en el que no aparece la señal esto es porque fue omitida esa señal a través del ecualizador, el efecto que se puede observar del compresor en la señal es que redujo los picos a comparación de la señal original. También cada usuario tuvo la opción de modificar la ganancia de cada etapa esto es visible en cada una de las señales ya que cambia el tamaño de la señal.



**Figura 64** Envolventes obtenidos del audio modificado por cada usuario.

A continuación se muestra un cuadro comparativo sobre los controles que tiene el sistema actual y el sistema propuesto.

**Tabla 5** Cuadro comparativo de los sistemas.

<b>CONTROLES</b>	<b>SISTEMA ACTUAL</b>	<b>SISTEMA PROPUESTO</b>	<b>BENEFICIO</b>
<b>ECUALIZADOR</b> ☞ <b>Agudos</b> ☞ <b>Medios</b> ☞ <b>Graves</b>		✓	Con estos controles se pueden variar de forma independiente la intensidad de los tonos básicos, ayudando a reforzar ciertas bandas de frecuencias o para ajustar el resultado a gustos personales
<b>GANANCIA</b>	✓	✓	Ayuda para poder ajustar el nivel de salida deseado (control de volumen).
<b>COMPRESIÓN</b> ☞ <b>Umbral de compresión (Threshold)</b> ☞ <b>Compresión</b>		✓	Este control tiene el beneficio de controlar los picos de una grabación, evitando generar distorsión a la salida al ser utilizados algunos instrumentos

Como se puede observar en la tabla anterior el sistema de monitoreo que se propuso tiene mejores beneficios al contar con más funciones, a comparación del actual que solo cuenta con un control de ganancia.

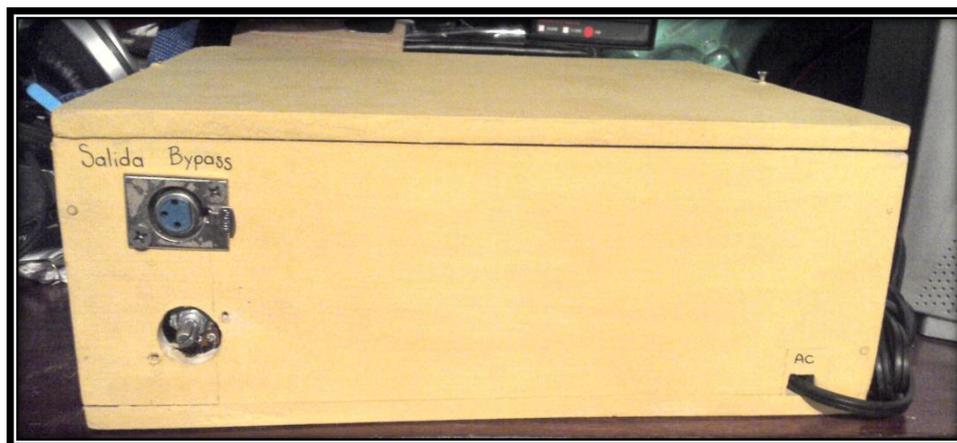
A continuación se muestran en las figuras el sistema de monitoreo terminado.

En la Figura 65 se muestra la parte frontal en donde se indica el funcionamiento al igual que el rango en el que trabaja cada uno de los controladores, también se encuentran especificados los conectores de entrada y salida.



**Figura 65** Sistema de monitoreo terminado parte frontal.

La Figura 66 se observa la parte trasera del sistema de monitoreo terminado en el cual se especifica que la salida es en bypass la cual cuenta con un control de ganancia.



**Figura 66** Sistema de monitoreo terminado parte trasera.

## 5.2 ESTUDIO ECONÓMICO

En las tablas siguientes se muestran los precios de cada componente que se utilizó para realizar las diferentes etapas de dicho sistema de monitoreo propuesto, así mismo en la Tabla 9 se mostrará el tiempo que fue invertido.

### 5.2.1 TABLA DE COSTOS DE MATERIALES

- **ECUALIZADOR**

**Tabla 6** Costo del material del ecualizador.

COMPONENTE	CANTIDAD DE ELEMENTOS	VALOR COMERCIAL	COSTO
Resistencias	2	2.7 k	\$4.00
	1	220 k	\$2.00
	1	100 k	\$2.00
	1	1 k	\$2.00
Potenciómetro	4	20k	\$8.00
Capacitores	1	2.2 $\mu$ F	\$3.50
	1	1 $\mu$ F	\$3.50
	2	100nF	\$1.00
	2	470 pF	\$1.00
	1	4700 pF	\$0.50
Integrado	1	4558	\$10.00
		<b>Total</b>	<b>\$37.50</b>

- COMPRESOR

**Tabla 7** Costo del material del compresor.

COMPONENTE	CANTIDAD DE ELEMENTOS	VALOR COMERCIAL	COSTO
Resistencias	2	22.1 k	\$4.00
	3	10 k	\$6.00
	1	383 k	\$2.00
	2	2.2 M	\$4.00
	2	4.7 k	\$2.00
	1	560 k	\$2.00
	1	330 k	\$2.00
	1	1.5 k	\$2.00
	1	47	\$2.00
Potenciómetro	3	10 k	\$24.00
	1	50 k	\$8.00
Diodo	2	1N4148	\$1.00
Capacitores	2	47 $\mu$ F	\$7.00
	1	22 $\mu$ F	\$3.50
	1	10 $\mu$ F	\$3.50
	1	22 pF	\$0.50
	1	47 pF	\$0.50
	3	100 n	\$1.50
Circuito Integrado	1	That4301	\$147.668
		<b>Total</b>	<b>\$223.168</b>

**Nota:** El costo de los componentes puede variar dependiendo de la fecha y lugar en que se compren y para el caso del circuito integrado That4301 el costo también dependerá del valor de venta del dólar.

En la cotización anterior se está considerando el valor de venta del dólar de \$13.40. El tiempo que tarda el integrado en llegar es un lapso de 12 a 15 días.

**Tabla 8** Material adicional.

<b>COMPONENTE</b>	<b>CANTIDAD DE ELEMENTOS</b>	<b>COSTO</b>
Madera	-	\$100
Clavos	10	\$5
Botones	6	\$30
Switch	1	\$3
Led	1	\$2
Cable	2m	\$8
Conectores XRL	3	\$30
Tablas fenolicas	2	\$20
Fuente de alimentación asimétrica	1	\$300
	<b>Total</b>	<b>\$498</b>

En la Tabla 8 se muestran los componentes que fueron utilizados para la realización de la caja y las conexiones.

El costo total del material para el sistema de monitoreo es de \$758.668.

**Tabla 9** Tiempo invertido al proyecto.

Mes	Horas por día (entre semana)	Horas fines de semana	Horas a la semana	Horas al mes	Actividades T=teórico P=practico
Agosto	4	6	32	142	T
Septiembre	3	6	27	117	T
Octubre	4	6	32	140	T
Noviembre	4	6	32	144	T,P
Diciembre	6	6	42	186	T,P
Enero	6	6	42	186	T,P
Febrero	4	6	32	128	T,P
Marzo	6	8	46	206	T,P
Abril	6	6	42	180	T,P
Mayo	8	8	56	248	T,P
Junio	0	8	8	8	T,P
<b>Horas totales</b>				<b>1685</b>	

En la tabla anterior se muestra el promedio de las horas utilizadas en la realización del proyecto, se marcan las horas por día contabilizando las horas de cada uno de los integrantes, el proyecto se realizó durante 10 meses. Las actividades teóricas consistían en investigación sobre el tema para obtener las bases necesarias y poder realizar el proyecto, en cuanto a las pruebas prácticas consistían en probar los circuitos realizados durante el proyecto.

Para dar un aproximado de cuánto costaría realizar este proyecto para ser comercializado se cobrarían \$16,000 pesos por mano de obra. Dando un costo total de \$16,758.668 pesos.

## CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto logramos fortalecer los conocimientos obtenidos durante la carrera, y además aprendimos nuevas cosas, obtuvimos habilidades para desarrollar un buen proyecto.

La implementación del sistema propuesto logrará tener un complemento al sistema con el que cuenta actualmente el laboratorio de acústica de la escuela, lo cual podrá ayudar a los alumnos o músicos dando una mayor comodidad al realizar sus grabaciones.

Los objetivos planteados al inicio de nuestro proyecto se lograron alcanzar, al terminar un sistema de monitoreo el cual puede ajustar las frecuencias por medio de un ecualizador, las cuales podrán ser modificadas por un compresor de audio, además que se podrá recuperar la ganancia de la señal al haber sido atenuada por los efectos que las modificaciones anteriores pudieron haber hecho.

Durante el proceso de realización se encontraron algunos problemas al ir probando los circuitos ya que debido a que el integrado que se utilizó para armar el compresor es importado y tarda muchos días en llegar se puede atrasar el proyecto si en algún momento se requiere de otro integrado en caso de que se dañe por haber hecho alguna conexión equivocada y por esa razón se haya afectado e incluso quemado. El mayor problema que se presentó es el haber quemado dicho integrado, y el hecho de volverlo a solicitar provocó que hubiera un atraso en el proyecto.

Los beneficios con los que cuenta el sistema es que además de ser utilizado como un sistema de monitoreo personal, puede servir como pre-amplificador de guitarra o de bajo, lo cual ayudará a los músicos que utilicen dichos instrumentos, también servirá como parte del proceso de audio el cual se enviará a la consola principal.

## REFERENCIAS

- [1] ACADEMIA UNIMUSICA producción & composición musical profesional. (04 de Abril de 2012). *Producción musical*. 22 de noviembre de 2013, de [http://www.unimusica-peru.com/produccion\\_musical\\_ganancia.htm](http://www.unimusica-peru.com/produccion_musical_ganancia.htm)
- [2] Calitto, P. J. (2008). *Procesadores de audio*. 14 de Enero de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/19141308/Procesadores-de-Audio>
- [3] Carrasco, D. O. (02 de Agosto de 2011). Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. 14 de Marzo de 2014, de *Tipos de conexiones multimedia*: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/equipamiento-tecnologico/hardware/1002-tipos-de-conexiones-multimedia>
- [4] Domingo, R. B. (2010). Acustica medioambiental. Vol. 1 En R. B. Domingo, *Capitulo 5 Efectos del ruido sobre las personas*. (pp. 175-177). San Vicente (Alicante): Editorial Club Universitario .
- [5] Eduardo, O. V. (2005). Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías C.U.C.E.I.27 de enero de 2014, de *Sistema de iluminacion audio-ritmica* (pp. 1-11): [http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/proyectos/ILUMINACION\\_AUDIORITMICA.pdf](http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/proyectos/ILUMINACION_AUDIORITMICA.pdf)
- [6] J.I. Escudero, M. P. (s.f.). Departamento de Tecnología Electrónica 04 de Febrero de 2014, de *Tema 4. Filtros* (pp. 1-35). [http://www.dte.us.es/ing\\_inf/ins\\_elec/temario/Tema%204.%20Filtros.pdf](http://www.dte.us.es/ing_inf/ins_elec/temario/Tema%204.%20Filtros.pdf)
- [7] Jaramillo, A. M. Audición humana Psicoacustica. En A. M. Jaramillo, *Acústica: la ciencia del sonido* (pp. 37). Medellin Colombia: Fondo editorial ITM.
- [8] Martín, J. E. (s.f.). Mezcla y Masterización II . 17 de Enero de 2014, de *Filtros y ecualizadores* (pp. 1-14): [http://www.astormastering.com.ar/Clase\\_3\\_Filtros\\_y\\_Ecualizadores.pdf](http://www.astormastering.com.ar/Clase_3_Filtros_y_Ecualizadores.pdf)
- [9] Miraya, I. F. (2002). Soporte teórico. En I. F. Miraya, *Acústica y sistemas de sonido* (pp. 4). iberoamericana.
- [10] Muñoz-Repiso, J. M. (2013). *La percepción acustica: tono y timbre*. 06 octubre 2013 de: [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4458407.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4458407.pdf)

- [11] Pinilla, E. G. (2009). *Sonido en vivo 3ra parte*. 02 de diciembre de 2013, de [www.cetear.com](http://www.cetear.com)
- [12] PreSonus Audio Electronics. (13 de Diciembre de 2006). *Compresor/Limitador/Puerta de dos canales estéreo*. 15 de Enero de 2014, de Manual de usuario Versiion 1.1 ACP-22: [http://www.presonus.com/uploads/products/930/downloads/ACP\\_22\\_Owners\\_Manual\\_EN.pdf](http://www.presonus.com/uploads/products/930/downloads/ACP_22_Owners_Manual_EN.pdf)
- [13] Roa, L. D. (08 de Marzo de 2008). Universidad de las Americas 15 de Febrero de 2014, *Capitulo 2. Filtros*. (pp. 9-14) de: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/rufino\\_a\\_j/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/rufino_a_j/capitulo2.pdf)
- [14] Rodríguez, A. (septiembre de 2005). *Conceptos básicos de la Psicoacústica* (pp. 31). 20 de octubre de 2013, de [http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/gmm/audio/seminario/seminariosviejos/2005/charlas2005/charla4\\_Diapositivas.pdf](http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/gmm/audio/seminario/seminariosviejos/2005/charlas2005/charla4_Diapositivas.pdf)
- [15] Shure. (2009 - 2014). *Micrófonos: Respuesta en frecuencia*. 10 de octubre de 2013, de [http://www.shure.es/asistencia\\_descargas/contenido-educativo/microfonos/microphones\\_frequency\\_response](http://www.shure.es/asistencia_descargas/contenido-educativo/microfonos/microphones_frequency_response)
- [16] Shure. (2009-2012). *¿Qué es la monitorización personal?*. 5 de octubre de 2013, de [http://www.shure.es/asistencia\\_descargas/contenido-educativo/monitorizacion-personal/what-is-in-ear-monitoring](http://www.shure.es/asistencia_descargas/contenido-educativo/monitorizacion-personal/what-is-in-ear-monitoring)
- [17] Shure. (2009-2012). *Sistema de monitorización personal PSM 1000*. 20 de Agosto de 2013, de <http://www.shure.es/productos/monitorizacion-personal/psm1000>
- [18] Shure. (2012). *Sistemas de micrófonos inalámbricos y sistemas de monitoreo personal para iglesia*. 23 de Abril de 2014, de [http://cdn.shure.com/publication/upload/286/AL1542C-SP\\_2012\\_Intro\\_to\\_HOW\\_8.28.pdf](http://cdn.shure.com/publication/upload/286/AL1542C-SP_2012_Intro_to_HOW_8.28.pdf)
- [19] UNAD Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (s.f.). Unidad 2 Sistema de monitores y/o monitoreo. 17 de septiembre de 2013, de *Lección 16 Introducción a los monitores de cuña*: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/222719/contLinea/leccin\\_16\\_introduccion\\_a\\_los\\_monitores\\_de\\_cua.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/222719/contLinea/leccin_16_introduccion_a_los_monitores_de_cua.html)

## GLOSARIO

**dB(A):** Unidad de nivel sonoro en la cual se expresa habitualmente los resultados de la medición de ruido con fines legales o para determinación de riesgo auditivo.

**Fon:** Unidad de medida de la intensidad de la sensación sonora (o sonoridad). Un fon produce al oído la misma sensación que otro sonido de una frecuencia de 1000 Hz y una intensidad de 1 decibel.

**Hipoacusia:** Es la pérdida de la audición por efectos de la exposición aguda a un ruido excesivo, puede ser pérdida temporal o permanente hasta causar la sordera.

**ISO:** International Organization for Standardization Organización Internacional de Normalización

**Magnetofonica:** *adj.* ACÚS. Díc. Del aparato llamado magnetófono y de la cinta, etc., que en él se emplea o con la que se graba.

**Nidcd:** National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (Instituto Nacional de la Sordera y Otros Trastornos de Comunicación)

**PAP:** Pérdida Auditiva Promedio.

**Presbiacusia:** La presbiacusia es la pérdida de la audición gradual en la mayoría de las personas, según van envejeciendo.

**Reverberación:** Es la permanencia del sonido en un espacio después de haber cesado de emitir sonido la fuente, debido a las múltiples reflexiones del mismo.

**Ruido rosa:** Es una señal de ruido blanco (señal que contiene toda la banda de frecuencias de audio con amplitudes aleatoriamente cambiantes) filtrada con un filtro de pendiente constante de -3dB/Octava.

**Somático:** adj. *Biol.* Se dice del síntoma cuya naturaleza es eminentemente corpórea o material, para diferenciarlo del síntoma psíquico.

**Umbral auditivo:** Mínimo nivel de presión acústica capaz de producir una sensación sonora audible en un individuo determinado.

**UHF:** Sigla del inglés ultra high frequency, frecuencia de las ondas radioeléctricas comprendidas entre 300 MHz y 3 GHz.

**WAV (o WAVE):** es un formato de audio digital normalmente sin compresión de datos desarrollado y propiedad de Microsoft y de IBM que se utiliza para almacenar sonidos en la PC, admite archivos mono y estéreo a diversas resoluciones y velocidades de muestreo.

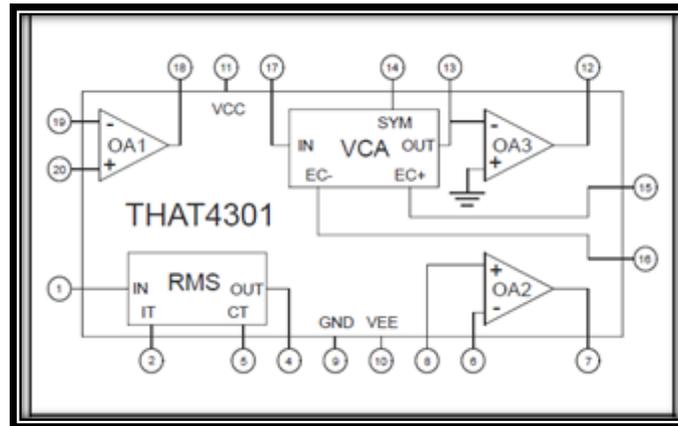
# ANEXO 1

## HOJA DE ESPECIFICACIONES

Tabla 10 Características y aplicaciones del THAT 4301.

CARACTERISTICAS	APLICACIONES
Amplificador de alto rendimiento Controlado por voltaje	Compresor
Detector de alto rendimiento RMS Nivel	Limitador
Tres Operacionales para fines generales	Expansores
Amplio rango dinámico:> 115 dB	Sistemas de reducción de ruido
Baja distorsión armónica total :<0.03%	Medidores de amplio rango de nivel
Bajo costo	De-Essers
Paquetes DIP y de montaje en superficie	Duckers
<b>DESCRIPCION</b>	
<p>THAT 4301 procesador de Dinámica, apodado " THAT motor analógico ", combina en un solo IC toda la circuitería activa necesaria para la construcción de una amplia gama de procesadores de dinámica. El 4301 incluye un alto rendimiento, controlado por VCA exponencialmente, un sensor de registro responden RMS nivel y tres amplificadores operacionales de propósito general.</p> <p>El VCA ofrece dos de oposición de polaridad, puertos de control sensibles al voltaje. El rango dinámico excede 115 dB, THD es típicamente de 0,003 % a 0 dB de ganancia. En el 4301A, el VCA se selecciona para la baja THD a niveles extremadamente altos. El detector RMS proporciona información precisa de conversión de valor eficaz a cc en un rango dinámico de 80 dB para señales con factores de cresta de hasta 10. Un amplificador operacional está dedicado como un convertidor de corriente a voltaje para el VCA, mientras que los otros dos pueden ser utilizados para el procesamiento de tensión de trayectoria de la señal o de control.</p> <p>La combinación de control de ganancia exponencial VCA y la respuesta del detector logarítmico - respuesta " de decibelios lineal " - simplifica las matemáticas del diseño de las rutas de control de los procesadores de dinámica. Esto hace que sea fácil diseñar compresores de audio, limitadores, puertas, expansores, deessers, duckers, sistemas de reducción de ruido y similares. El alto nivel de integración garantiza el seguimiento de la temperatura excelente entre el VCA y el detector, y reducir al mínimo el número de piezas externas.</p>	

- THAT 4301



**Figura 67** Diagrama interno del THAT4301.

**Tabla 11** Especificaciones de los grados máximos absolutos.

<b>GRADOS MAXIMOS ABSOLUTOS (<math>T_A=25^{\circ}\text{C}</math>)</b>	
Voltaje Positivo de alimentación ( $V_{CC}$ )	+ 18V
Voltaje Negativo de alimentación ( $V_{EE}$ )	-18V
Corriente de suministro ( $I_{CC}$ )	20 mA
Disipación de energía ( $P_D$ ) ( $T_a=75^{\circ}\text{C}$ )	700 mW
Rango de temperatura de funcionamiento ( $T_{OP}$ )	0 a +70 °C
Rango de temperatura de almacenamiento ( $T_{ST}$ )	-40 a +125 °C

**Tabla 12** Características generales del THAT 4301.

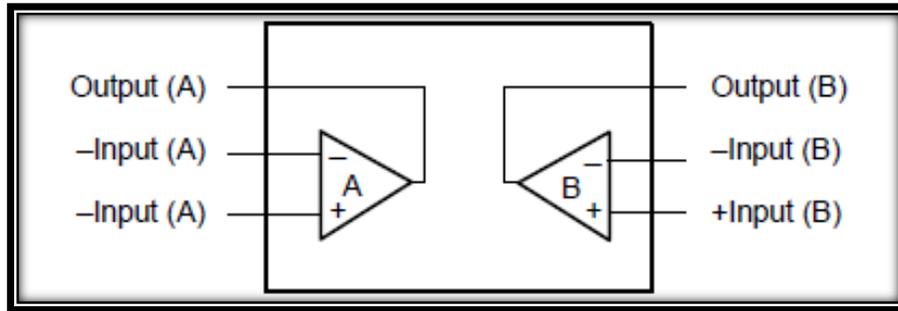
<b>CARACTERISTICAS GENERALES ELECTRICAS</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>símbolo</b>	<b>Mín</b>	<b>Tipo</b>	<b>Max</b>	<b>Unidades</b>
Voltaje Positivo de alimentación	$V_{CC}$	+7	-	+15	V
Voltaje Negativo de alimentación	$V_{EE}$	-7	-	-15	V
Corriente Positiva de suministro	$I_{CC}$	-	12	18	mA
Corriente Negativa de suministro	$I_{EE}$	-	-12	-18	mA

- **RC4558**

**Tabla13** Características y aplicaciones del RC4558.

CARACTERSTICAS	APLICACIONES
2.5 MHz Ancho de banda de ganancia unitaria	Seguidor de voltaje
Tensión de alimentación $\pm 22V$ para RM4558 y $\pm 18V$ para RC/RV4558	Controlador de lámpara
Protección contra circuitos	Amplificador de potencia
No compensación de frecuencia requerida	Oscilador controlado por voltaje (VCO)
Rangos de modo común y diferencial de tensión grandes	Filtro Activo Pasa-banda
Bajo consumo de energía	Filtro de paso bajo activo (DC)
Seguimiento de parámetros sobre el rango de temperatura	Inversor no amplificador (AC)
Ganancia y partido de fase entre amplificadores	Amplificador inversor acoplado

DESCRIPCION
<p>El circuito integrado RC4558 es un amplificador operacional de alta ganancia doble compensada y construido internamente en un solo silicio IC mediante un proceso epitaxial avanzada.</p> <p>La combinación de las características de la 741 con el cierre de parámetros de comparación y de seguimiento de un dispositivo de doble en unos monolíticos resultados de chips en las características únicas de rendimiento. Excelente separación de canales permite el uso de esta doble dispositivo en densos 741 aplicaciones de amplificadores operacionales individuales. Es especialmente adecuado para aplicaciones en diferencial-in, de ganancia y fase canales emparejados diferenciales de salida, así como en los amplificadores potenciométricos y donde son obligatorios.</p>



**Figura 68** Diagrama interno del RC4558.

**Tabla 14** Características generales del RC4558.

<b>CARACTERISTICAS GENERALES ELECTRICAS</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Max</b>	<b>Unidades</b>
Voltaje de alimentación	RM4558		±22	V
	RC4558		±18	
Voltaje de entrada			±15	V
Voltaje diferencial de entrada			30	V
$P_D T_A < 50^\circ\text{C}$	SOIC		300	Mw
	PDIP		468	
	CerDIP		833	
	TO-99		658	
Temperatura de unión	SOIC,PDIP		125	°C
	Cerdip, to-99		175	
Temperatura de funcionamiento	Rm4558	-55	125	°C
	Rc4558	0	70	
Temperatura de soldadura de plomo	PDIP, CeRDIP, TO-99(60 sec)		300	°C
	SOIC (10 sec)		260	
Duración de cortocircuito de salida	Indefinido			

- **CÓDIGO DE CAPACITORES CERAMICOS**

**Tabla 15** Código de capacitores utilizados.

<b>SÍMBOLO</b>	<b>VALOR</b>
104	100n
220	22 pF
470	47 pF
471	470 pF
472	4700 pF

## ANEXO 2

### ESPECIFICACIONES PARA USO DEL SISTEMA PROPUESTO

- Voltaje de alimentación sugerido  $\mp 12$  volts.

Se recomienda utilizar una fuente simétrica hecha a base de un transformador con características de 1 ampere a 24volts.

Y así poder alimentar ambos circuitos paralelamente con un voltaje de  $\mp 12$  volts

- Utilizar resistencias de precisión para evitar variaciones que puedan afectar el funcionamiento adecuado del sistema.
- Utilizar potenciómetros dobles para controlar ambos canales Izquierdo (L) y Derecho (R).
- Conectores recomendables para usar:

En el caso de XLR se recomiendan ya que la mayoría de los aparatos utilizados en audio tiene este tipo de conectores integrados.

También se consideran los conectores plug de 3.5" ya que los audífonos comerciales tienen este tipo de conector.

### TIPOS DE CONECTORES [3].

Los conectores de chasis son aquellos que se encuentran instalados en la carcasa de un aparato.

En la actualidad hay gran cantidad de conexiones de audio en el mercado para este sistema de monitoreo se requieren dos diferentes conectores

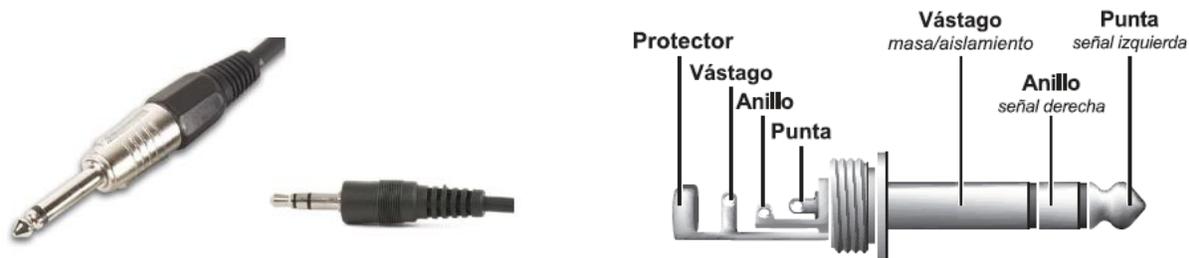
- **Jack**

Es el más utilizado para interconectar instrumentos como guitarras eléctricas, o teclados con sus respectivos amplificadores o altavoces, o para equipos de audio profesional en general. Hay tres tamaños bien diferenciados según el diámetro del conector.

- 6,35 mm: Es el que se utiliza en audio profesional, para instrumentos.

- 3,5 mm o Mini Jack: lo utilizan la mayoría en dispositivos de reproducción de audio como mp3, para conectar auriculares estándar.
- 2,5 mm: Es un Mini Jack más reducido aún, se utiliza para conectar auriculares a dispositivos en los que se necesita reducir el tamaño al mínimo, como algunos teléfonos móviles.

El conector que se usó en el sistema diseñado fue el jack de 6,35 mm de diámetro.



**Figura 69** Conector Jack Mono (6,35 mm) Conector Mini Jack Estéreo (3,5 mm).

Además se dividen en dos tipos de conectores Jack según el número de canales que transmiten, independientemente del tamaño:

- Mono: Transmiten la señal a un único canal. Se diferencian porque llevan una banda transversal en la punta del conector.
- Estéreo: Transmiten la señal en dos canales (izquierdo y derecho). Se diferencian por que llevan dos bandas transversales en la punta del conector.

- **Conector balanceado XLR**

Estos cables y conectores son los más utilizados para audio profesional, Se utilizan sobre todo para módulos de sonido de estudio, micrófonos, y aparatos de alta gama para uso doméstico, también se utiliza para equipos de iluminación de gran tamaño. Consiste en un conector de 3 pines que transmite una señal de audio balanceada (Figura 69), esto consiste en que un pin que conduce la señal, otro la señal invertida y otro hace de masa, las dos señales se suman en el receptor y dan como resultado una señal con más ganancia y sin ruidos, esto sirve para aumentar la ganancia, y poder cubrir distancias más largas de cable sin pérdidas de volumen y sin interferencias.

Permite tiradas de cable muy largas, de hasta 350 metros. Transmite audio estéreo y codificado en Dolby Digital y DTS, pero no admite sonido en alta definición.



Figura 70 Conectores XLR hembra y macho.

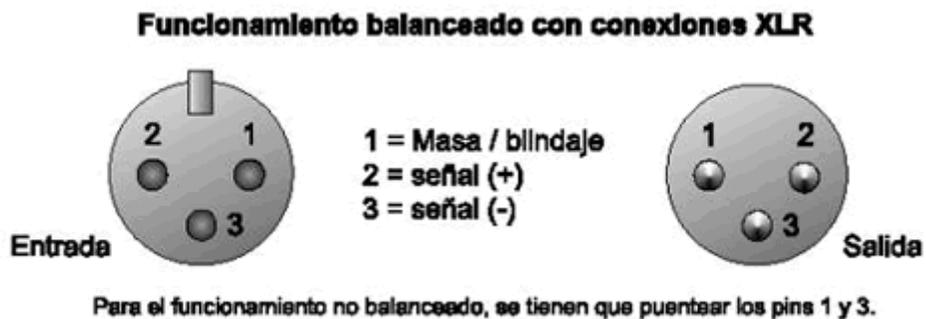


Figura 71 Pines de conector XLR.