 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **DISEÑO DE HARDWARE PARA PROCESAMIENTO DE AUDIO**


Diana Janeth Carbajal Pineda

Tecnología Electrónica

Alexander Arias Londoño, IEO, M.Sc.

Director del trabajo de grado

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**  
**Facultad de Ingenierías**  
**Departamento de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Medellín**  
**2018**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RESUMEN

---

El objetivo general del proyecto era diseñar e implementar cinco circuitos electrónicos como objetivo principal del proyecto, de los cuales se realiza una síntesis de cada uno de ellos. Con ayuda del semillero Modelamiento Matemático y Computación Científica y las prácticas en laboratorio se realizaron los proyectos que implementan estudios acerca de la amplificación y controles de audio.


El primer producto consistió en diseñar, implementar y ensamblar un circuito amplificador de audio de baja potencia, el cual puede ser utilizado para reforzar la salida de un preamplificador o para amplificar la salida de un reproductor. Para esto se utilizó un amplificador operacional LM386.

El segundo producto es un sistema estéreo (para dos canales de audio) amplificador de potencia de audio. Para diseñar este producto se utilizó el circuito integrado TL084.

Como tercer producto se diseñó y ensambló un mecanismo para medir el nivel de potencia de un sistema de sonido a través de indicadores luminosos Leds, donde se asigna un nivel de potencia a la cantidad de intensidad de los leds. Para diseñar este sistema, comúnmente llamado vúmetro, se utilizó el circuito integrado LM3914.

El cuarto producto es un sistema de filtros, que incluye filtros de tipos activos y pasivos, los cuales se diseñaron para frecuencias específicas pasa altos, pasa bajos y rechaza bandas. Para este producto se utilizó también el circuito integrado TL084.

El quinto producto es un circuito de control proporcional, integral y derivativo, que realiza el control de precisión de un motor a través de un PID, el cual fue diseñado con amplificadores operacionales y se utilizó el circuito integrado LM741.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RECONOCIMIENTOS

---

La elaboración de una tesis de grado no es únicamente producto del compromiso, responsabilidad, disciplina, sacrificio, dedicación e investigación del autor. También intervienen muchas personas y por eso quiero agradecer a quienes realizaron un aporte importante y valioso en el desarrollo de este proyecto de grado y fueron pieza fundamental para culminar con éxito mis estudios superiores.


Primero que todo, doy gracias a Dios por darme la vida para disfrutar esta experiencia tan maravillosa como es la formación de mí ser.

A mi director de trabajo de grado, el ingeniero Alexander Arias Londoño, por su dedicación y compromiso y por todos sus comentarios y sugerencias para que mi proceso de formación fuera integral y exitoso.

A mi padre, el Ingeniero Heliodoro Murillo, por apoyarme intelectual, académica, económica y emocionalmente durante el tiempo de mis estudios. Sin su apoyo hubiera sido muy difícil terminar exitosamente esta etapa de mi vida.

A mi esposo Santiago Maso y a mi hijo Juan José, por su apoyo y paciencia incondicional. Gracias por permitirme dejar de compartir tiempo con ustedes para dedicarlo a mis estudios.

Y a mi madre, Lina Carvajal, por estar presente en todos los momentos de mi vida, ofreciéndome lo mejor para mi vida y por su apoyo incondicional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# ACRÓNIMOS

---

**A:** Amplificador Operacional.

**PCB:** circuito tarjeta impresa.

**GND:** Conexión a tierra.

**Datasheet:** Información técnica de un dispositivo.

**Rf/Rin:** Define una ganancia de un circuito amplificador.

**AC:** Corriente Alterna.

**DC:** Corriente Directa.

**Proteus:** Simulador.

**A:** Ganancia en un circuito amplificador.

**LED:** Diodo Emisor de Luz.


**FO:** Frecuencia de oscilación.

**MMCC:** Modelamiento Matemático Computacional Científico.


# TABLA DE CONTENIDO

---


1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	JUSTIFICACIÓN .....	1
1.2.	OBJETIVO GENERAL .....	1
1.3.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4.	ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO .....	3
2.	MARCO TEÓRICO .....	4
2.1.	SEÑAL DE AUDIO .....	4
2.1.1.	PROPIEDADES DE LA SEÑAL DE AUDIO.....	4
2.1.2.	NIVELES DE UNA SEÑAL DE AUDIO.....	4
2.1.3.	AMPLIFICADORES DE AUDIO .....	5
2.1.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS AMPLIFICADORES DE AUDIO .....	6
2.1.4.1.	Amplificadores de clase A.....	6
2.1.4.2.	Amplificadores de clase B.....	7
2.1.4.3.	Amplificadores de clase AB .....	8
2.1.4.4.	Amplificadores de clase C.....	9
2.2.	MEZCLADOR DE AUDIO.....	10
2.3.	MEDIDOR DE VOLUMEN (VÚMETRO).....	10
2.4.	FILTROS .....	11
2.4.1.	FILTRO PASO BAJA BUTTERWORTH.....	11

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.4.2.	FILTRO PASA BAJOS PASIVO .....	12
2.4.3.	FILTRO PASA BAJOS ACTIVO .....	14
2.4.4.	FILTRO PASA ALTOS PASIVO .....	15
2.4.5.	FILTRO PASA ALTOS ACTIVO .....	17
2.4.6.	FILTRO RECHAZA BANDAS .....	18
2.5.	CONTROL DE POSICIÓN DE UN MOTOR DC (PID) .....	19
2.6.	FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CONTROL PID. ....	20
2.6.1.	Parte Proporcional .....	20
2.6.2.	Parte Integral .....	20
2.6.3.	Parte Derivativa .....	21
3.	METODOLOGÍA .....	23
3.1.	PRÁCTICA LABORATORIO Y SEMILLERO MMCC.....	24
3.2.	AMPLIFICADOR DE AUDIO .....	27
3.2.1.	EXPLICACIÓN DEL DISEÑO: ESQUEMÁTICO, TOPOLOGÍA .....	27
3.2.2.	SIMULACIÓN DEL AMPLIFICADOR DE AUDIO .....	28
3.2.3.	DISEÑO PCB .....	30
3.2.4.	PROTOTIPO DEL AMPLIFICADOR DE AUDIO .....	32
3.3.	MEZCLADOR .....	33
3.3.1.	EXPLICACIÓN DEL DISEÑO DEL MEZCLADOR.....	34
3.3.2.	SIMULACIÓN DEL MEZCLADOR DE AUDIO .....	34
3.3.3.	DISEÑO PCB .....	36
3.3.4.	PROTOTIPO DEL MEZCLADOR.....	38
3.4.	VÚMETRO.....	39

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

3.4.1.	EXPLICACIÓN DEL DISEÑO DEL VÚMETRO .....	39
3.4.2.	SIMULACIÓN DEL VÚMETRO EN PROTEUS.....	40
3.4.3.	DISEÑO PCB .....	41
3.4.4.	PROTOTIPO DEL VÚMETRO .....	43
3.5.	FILTROS .....	44
3.5.1.	FILTRO PASA BAJOS ACTIVO .....	44
3.5.2.	FILTRO PASA ALTOS ACTIVO .....	45
3.5.3.	FILTRO RECHAZA BANDAS .....	46
3.5.4.	SIMULACIÓN DE LOS FILTROS EN PROTEUS .....	47
3.5.5.	DISEÑO PCB DE LOS FILTROS .....	51
3.5.6.	PROTOTIPO DE LOS FILTROS.....	53
3.6.	CONTROL DE POSICIÓN PARA UN MOTOR DC A TRAVÉS DE PID .....	54
3.6.1.	EXPLICACIÓN DEL DISEÑO .....	54
3.6.2.	SIMULACIÓN DEL PID EN PROTEUS .....	56
3.6.3.	DISEÑO PCB DEL PID .....	60
3.6.4.	PROTOTIPO DEL SISTEMA PID .....	65
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	66
4.1.	LABORATORIO.....	66
4.2.	SEMILLERO MMCC .....	66
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	68
5.1.	CONCLUSIONES.....	68
5.2.	RECOMENDACIONES.....	69
5.3.	TRABAJO A FUTURO .....	69

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

REFERENCIAS .....	70
APÉNDICE .....	72
APÉNDICE A TABLAS Y FOTOS AMPLIFICADOR DE AUDIO .....	72
APÉNDICE B TABLAS Y FOTOS MEZCLADOR DE AUDIO .....	74
APÉNDICE C FOTOS VÚMETRO CON LEDES .....	78
APÉNDICE D CÁLCULOS PARA DISEÑO FILTROS ACTIVOS, TABLAS Y FOTOS.....	81
D1. PASA BAJOS.....	81
D2. PASA ALTOS.....	88
D3. RECHAZA BANDAS CON $F_c = 12KHz$ .....	94



## LISTA DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1. Circuito amplificador Clase A.....	7
Ilustración 2. Amplificador clase B, tomado de EcuRed.cu (2012).....	7
Ilustración 3. Circuito amplificador clase B, tomado de EcuRed.cu (2012).....	8
Ilustración 4. Amplificador clase AB .....	9
Ilustración 5. Amplificador clase C.....	9
Ilustración 6. Medidor de nivel de audio análogo.....	10
Ilustración 7. Medidor de nivel de audio digital.....	11
Ilustración 8. Filtro Butterworth (Fernández, 2011).....	12
Ilustración 9. Filtro pasa bajos.....	13
Ilustración 10. Respuesta en frecuencia.....	13
Ilustración 11. Respuesta en fase.....	14
Ilustración 12. Ejemplo: Filtro de pasa bajos.....	14
Ilustración 13. Filtros pasa bajos.....	15
Ilustración 14. Filtro pasa altos (ejemplo).....	15
Ilustración 15. Respuesta en frecuencia.....	16
Ilustración 16. Respuesta en fase.....	16
Ilustración 17. Filtro pasa alto activo.....	17
Ilustración 18. Circuito de frecuencia $F_{c1}$ .....	18
Ilustración 19. Circuito de frecuencia $F_{c2}$ .....	19
Ilustración 20. Laboratorio de circuitos eléctricos y electrónicos.....	25
Ilustración 21. Semillero MMCC.....	26
Ilustración 22. Laboratorio de audio.....	26
Ilustración 23. Aula de simulación, semillero MMCC.....	27
Ilustración 24. Datasheet del LM386.....	28
Ilustración 25. Simulación amplificador de audio.....	29


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Ilustración 26. Señal senoidal de la simulación del amplificador de audio.....	30
Ilustración 27. Circuito esquemático amplificador de audio.....	31
Ilustración 28. Diseño PCB – Eagle.....	31
Ilustración 29. Diseño PCB – PDF.....	32
Ilustración 30. Circuito amplificador de audio. ....	32
Ilustración 31. Datasheet del TL084. ....	34
Ilustración 32. Simulación mezclador de audio. ....	35
Ilustración 33. Señal senoidal de la simulación del mezclador de audio. ....	36
Ilustración 34. Circuito esquemático en Eagle del amplificador de audio. ....	37
Ilustración 35. Diseño Eagle del mezclador. ....	37
Ilustración 36. Diseño en PDF. ....	38
Ilustración 37. Circuito mezclador de audio. ....	38
Ilustración 38. Datasheet del Im3914.....	40
Ilustración 39. Simulación vúmetro – Proteus. ....	41
Ilustración 40. Circuito esquemático en Eagle del amplificador de audio. ....	42
Ilustración 41. Circuito diseño PCB- Eagle.....	42
Ilustración 42. Circuito diseño PCB- PDF. ....	43
Ilustración 43. Circuito vúmetro.....	43
Ilustración 44. Filtro pasa bajos.....	44
Ilustración 45. Filtro pasa altos.....	45
Ilustración 46. Circuito de frecuencia Fc1. ....	46
Ilustración 47. Circuito de frecuencia Fc2. ....	47
Ilustración 48. Simulación de filtros pasa bajos en Proteus.....	48
Ilustración 49. Señal senoidal del circuito filtro pasa bajos. ....	48
Ilustración 50. Simulación de filtros pasa altos –Proteus.....	49
Ilustración 51. Señal senoidal del circuito simulación filtro pasa altas. ....	49
Ilustración 52. Simulación de filtros rechaza bandas en Proteus.....	50
Ilustración 53. Señal senoidal del circuito simulación filtro rechaza bandas. ....	51


 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Ilustración 54. Circuitos de los filtros: (A) Alimentación, (B) Filtro pasa altos, (C) Filtro pasa bajos, (D) Filtro rechaza banda. ....	52
Ilustración 55. Diseño PCB de los filtros – Eagle.....	53
Ilustración 56. Diseño PCB de los filtros – PDF.....	53
Ilustración 57. Circuito 3 filtros activos. ....	54
Ilustración 58. Datasheet del OP 741. ....	55
Ilustración 59. Simulación control posición de un motor DC en Proteus.....	56
Ilustración 60. Etapa 1 PID.....	57
Ilustración 61. Etapa 2 PID.....	58
Ilustración 62. Etapa 3 PID.....	58
Ilustración 63. Etapa 4 PID.....	59
Ilustración 64. Etapa 5 PID.....	59
Ilustración 65. Circuito esquemático en eagle del PID. ....	60
Ilustración 66. Etapa de alimentación. ....	61
Ilustración 67. Etapa bornera potenciómetros comparadores. ....	61
Ilustración 68. Etapa restadora inversora. ....	62
Ilustración 69. Etapa control PID. ....	62
Ilustración 70. Etapa sumador inversor.....	63
Ilustración 71. Etapa seguidor y salida de la señal al motor. ....	63
Ilustración 72. Diseño de 3 filtros activos – Eagle. ....	64
Ilustración 73. Diseño de 3 filtros activos – PDF.....	64
Ilustración 74. Circuito control posición de un motor DC. ....	65
Ilustración 75. Semillero MMCC. ....	66
Ilustración 76. Laboratorio de audio. ....	67
Ilustración 77. Amplificador de audio, respuesta gráfica del circuito de frecuencia vs amplitud .....	72
Ilustración 78. Amplificador de audio, señal (10.3Hz).....	73
Ilustración 79. Amplificador de audio, señal (15.70Hz).....	73


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Ilustración 80. Amplificador de audio, señal (20.95Hz).....	74
Ilustración 81. Respuesta gráfica del circuito en frecuencia vs amplitud. ....	75
Ilustración 82. Mezclador de audio, derecho 1. ....	75
Ilustración 83. Mezclador de audio, derecho 2. ....	76
Ilustración 84. Mezclador de audio, suma de derechos.....	76
Ilustración 85. Mezclador de audio, izquierdo 1. ....	76
Ilustración 86. Mezclador de audio, izquierdo 2. ....	77
Ilustración 87. Mezclador de audio, suma de izquierdos. ....	77
Ilustración 88. Vúmetro, respuesta gráfica del circuito frecuencia vs amplitud.....	78
Ilustración 89. Vúmetro con leds, frecuencia 1. ....	79
Ilustración 90. Vúmetro con ledes, frecuencia 2. ....	80
Ilustración 91. Vúmetro con ledes, frecuencia 3. ....	80
Ilustración 92. Vúmetro con ledes, frecuencia 4. ....	81
Ilustración 93. Filtro pasa bajos activo, Respuesta gráfica del circuito de frecuencia vs amplitud. ....	83
Ilustración 94. Filtro pasa bajo activo 20 Hz. ....	84
Ilustración 95. Filtro pasa bajos activo 40.76 Hz. ....	84
Ilustración 96. Filtro pasa bajos activo 60.39 Hz. ....	85
Ilustración 97. Filtro pasa bajos activo 80.5 Hz. ....	85
Ilustración 98. Filtro pasa bajos activo 90.5 Hz. ....	85
Ilustración 99. Filtro pasa bajo activo 93.446 Hz.....	86
Ilustración 100. Filtro pasa bajos activo 99.5 Hz. ....	86
Ilustración 101. Filtro pasa bajos activo, frecuencia de corte 100 Hz.....	87
Ilustración 102. Filtro pasa bajos activo 110.13 Hz. ....	87
Ilustración 103. Filtro pasa bajos activo 120.19 Hz. ....	87
Ilustración 104. Filtro pasa bajos activo 140.1 Hz. ....	88
Ilustración 105. Filtro pasa altos activo, respuesta gráfica del circuito de frecuencia vs amplitud. ....	89



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Ilustración 106. Filtro pasa altos activo 2.04 KHz. ....	90
Ilustración 107. Filtro pasa altos activo 3.07 KHz. ....	90
Ilustración 108. Filtro pasa altos activo 4KHz. ....	91
Ilustración 109. Filtro pasa altos activo 4.5 KHz. ....	91
Ilustración 110. Frecuencia de corte 5KHz. ....	91
Ilustración 111. Frecuencia de corte 5.3KHz. ....	92
Ilustración 112. Filtro pasa altos activo 10.5KHz. ....	92
Ilustración 113. Filtro pasa altos activo 20.1KHz. ....	93
Ilustración 114. Filtro pasa altos activo 30.3KHz. ....	93
Ilustración 115. Filtro pasa altos activo 42.8KHz. ....	93
Ilustración 116. Filtro rechaza bandas activo, respuesta gráfica del circuito de frecuencia vs amplitud. ....	96
Ilustración 117. Rechaza bandas 9.09KHz. ....	97
Ilustración 118. Rechaza bandas 9.5KHz. ....	97
Ilustración 119. Rechaza bandas 10.05KHz. ....	97
Ilustración 120. Rechaza bandas 10.55KHz. ....	98
Ilustración 121. Rechaza bandas 11.06KHz. ....	98
Ilustración 122. Rechaza bandas 11.5KHz. ....	99
Ilustración 123. Rechaza bandas 11.9KHz. ....	99
Ilustración 124. Rechaza bandas, frecuencia de corte 12KHz. ....	100
Ilustración 125. Rechaza bandas 12.5KHz. ....	100
Ilustración 126. Rechaza bandas 13.5KHz. ....	101
Ilustración 127. Rechaza bandas 14.5KHz. ....	101

## LISTA DE TABLAS

---

Tabla 1. Sufijos de dB y niveles de referencia (UNED, 2009).....	5
Tabla 2. Componente para el circuito. ....	33
Tabla 3. Componentes del circuito. ....	39
Tabla 4. Componente para el circuito.....	44
Tabla 5. Componente para el circuito. ....	54
Tabla 6. Amplificador de audio unidad mV. ....	72
Tabla 7. Mezclador de audio.....	74
Tabla 8. Vúmetro. ....	78
Tabla 9. Filtro pasa bajas activo (Frecuencia corte 100 Hz). ....	83
Tabla 10. Filtro pasa altos activo (Frecuencia corte 5KHz).....	89
Tabla 10. Filtro pasa altos activo (Frecuencia corte 5KHz).....	95

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# 1. INTRODUCCIÓN

---

La institución nos brinda varias formas y oportunidades de elección para realizar nuestro trabajo de grado, que son a través de proyecto de grado, semestre de industria en las diferentes empresas, pasantías en los laboratorios de la institución como fue este caso, entre otros.


El siguiente trabajo descrito hace referencia o describe los alcances realizados en las prácticas del laboratorio de la institución, materializados básicamente en 5 objetivos básicos, plasmados en 5 proyectos de aplicación en el área de la electrónica análoga y digital que materializan lo aprendido a lo largo de mi carrera, “Tecnología electrónica”.

## 1.1. JUSTIFICACIÓN

El semillero de Modelamiento matemático y cómputo-científico (MMCC), dirigido por el profesor e ingeniero Alexander Arias, tiene como objeto de estudio el sonido y la acústica en el campo físico, es por ello que se crea la necesidad de analizar los fenómenos sonoros, las señales acústicas y la voz humana, con el fin de realizar a través de los requerimientos planteados, una serie de proyectos de investigación para proporcionar información acerca de este tema y soportar los estudios implementados dentro del semillero.

## 1.2. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño, implementación, montaje, pruebas y documentación teórica de cinco proyectos electrónicos que apliquen al área de electrónica digital y análoga, orientados a fortalecer las prácticas de laboratorio de los estudiantes de la tecnología electrónica y áreas a fines de la institución.


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del trabajo de grado son:

- Llevar a la práctica todos los conceptos teóricos adquiridos durante el programa de estudios del programa de tecnología electrónica.
- Adquirir competencias y habilidades en el diseño, medición, instrumentación, control e implementación de sistemas electrónicos que tengan aplicación directa en la tecnología electrónica.
- Adquirir competencias laborales para el mantenimiento de equipos de laboratorio, a través de las prácticas realizadas en el laboratorio como complemento a los desarrollos realizados.
- Reforzar conceptos teóricos adquiridos a lo largo de la carrera.
- Realizar la asesoría a estudiantes de pregrado durante el tiempo de permanencia en el laboratorio de electrónica, a nivel de montaje de circuitos, instrumentación y medición.
- Determinar y resolver cinco problemas prácticos que tengan aplicación directa con la ingeniería electrónica analógica y digital del mundo real, y que cumplan con los siguientes requisitos de orden técnico: diseño, simulación, corrección de errores, elaboración de circuitos impresos, montaje, pruebas y entrega a la institución para ser utilizados para las prácticas de los estudiantes de la tecnología electrónica.
- Desarrollar competencias y habilidades para la elaboración de informes técnicos periódicos relacionados con la gestión y administración y prácticas del laboratorio de electrónica de la institución, durante el semestre de pasantía o estadía en el mismo.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


#### **1.4. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto está organizado en tres partes:

La Primera parte presenta el marco conceptual o marco de referencia y se explican las bases teóricas y conceptuales necesarias para el diseño, que permitan desarrollar los objetivos propuestos y que apunten a dar solución al diseño seleccionado.

En la segunda parte se describe el diseño metodológico y presenta el diseño del desarrollo que permite dar respuesta a los objetivos planteados en el problema a resolver.

La tercera parte presenta los resultados, sus análisis, los cálculos, las simulaciones realizadas, la implementación y las pruebas finales del proyecto. Adicionalmente se verifica que el diseño en realidad si cumpla con cada uno de los objetivos y características planteadas al inicio del proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1. SEÑAL DE AUDIO

Las señales de audio son señales analógicas que están en los rangos de frecuencias audibles por los seres humanos, sus magnitudes de frecuencias oscilan aproximadamente entre 20 y 20.000 Hz. Una señal de audio tiene propiedades como ancho de banda, frecuencia fundamental, armónicos y distorsión armónica (UNED, 2009).

#### 2.1.1. PROPIEDADES DE LA SEÑAL DE AUDIO

Las características principales de las señales de audio son la frecuencia, amplitud y fase. Una señal de audio está compuesta normalmente por una frecuencia fundamental y sus armónicos.

El decibelio es una unidad relativa de la señal de audio, tal como la potencia, voltaje, etcétera. Los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibelios (dB) puede ser fácilmente sumada o restada. Lo utilizamos como unidad de referencia para medir la potencia de una señal o la intensidad de un sonido (UNED, 2009).


#### 2.1.2. NIVELES DE UNA SEÑAL DE AUDIO

El nivel de potencia de una señal de audio se define como:

$$L = 10 \log \frac{P}{P_{re}} \quad (1)$$

Donde  $P_{re}$  es el valor de referencia que se toma para establecer la escala de niveles  $\log(\ )$  representa el logaritmo decimal.

Puesto que la potencia y la tensión tienen entre sí una relación cuadrática (de la Ley de Ohm tenemos  $P = V^2/R$  el nivel de tensión L en dB, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y que se define como

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$L = 10 \log \frac{V}{V_{re}} \quad (2)$$

Donde  $V_{re}$  es el valor de la tensión de referencia

Tabla 1. Sufijos de dB y niveles de referencia (UNED, 2009)


Abreviaturas	Referencias
dBv	1 Voltio
dBu	0,775 Voltios (Europa)
dBv	0,775 Voltios (Estados Unidos)
dBW	1 vatio
dBm	1 milivatio

### 2.1.3. AMPLIFICADORES DE AUDIO

De acuerdo con la literatura revisada (Pereira, 2005), los amplificadores cumplen la función de incrementar la señal eléctrica equivalente de audio sin alterar sus características a los dispositivos que entregan una señal de salida igual a la señal de entrada se les conoce como dispositivos lineales, porque la gráfica de señal de entrada contra la señal de salida, se comporta de manera lineal.

La especificación del amplificador presenta en primer lugar, la potencia nominal, es decir, la potencia de salida, entendida también como la potencia eléctrica de salida a determinada impedancia, generalmente lo hacen a baja impedancia para que obtener un valor alto de potencia. los amplificadores pueden ser mono o estéreo, por ejemplo, los amplificadores estéreos se pueden configurar de modo puente (Bridge) que es utilizar los transistores de ambos canales para sumar la potencia y así obtener la máxima potencia de salida de una señal monoaural.

Cuando se requiera seleccionar un amplificador se debe saber que existen diferentes tipos de amplificadores dependiendo de la aplicación, no siempre se necesita buscar el amplificador que entregue la mayor potencia posible al menor precio; también hay que considerar cómo y dónde se va a utilizar. Es por esto que existen amplificadores

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

específicos, para instalaciones fijas como teatros, estudios de grabación, cines, o los amplificadores conocidos como receptores para teatros en casa o casas inteligentes. También existen los amplificadores para giras artísticas o presentaciones en vivo, al final de cuentas, todo depende de la capacidad de potencia de sus altavoces.

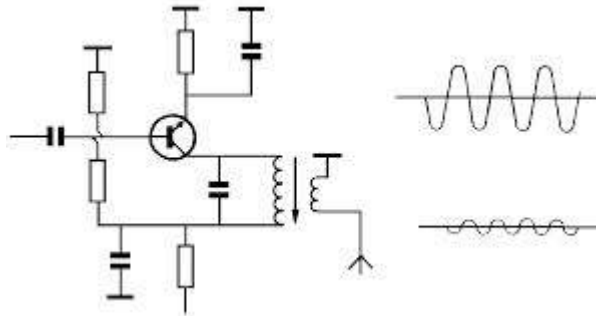
Algunos amplificadores ofrecen beneficios extras como integrar ecualizadores, mezcladores, reproductor de CD, efectos digitales entre otros, pero depende mucho de la aplicación, como recomendación es mejor utilizar los amplificadores que solo amplifican y que no traen muchas cosas extras, ya que si ese equipo falla solo pierdo la etapa de amplificación y no todo el resto.

#### **2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LOS AMPLIFICADORES DE AUDIO**

##### **2.1.4.1. Amplificadores de clase A**

un amplificador de potencia funciona en clase A, como se aprecia en la Ilustración 1, cuando la tensión de polarización y la amplitud máxima de la señal de entrada poseen valores tales que hacen que la corriente de salida circule durante todo el período de la señal de entrada (Electrónica Unicrom, 2015).

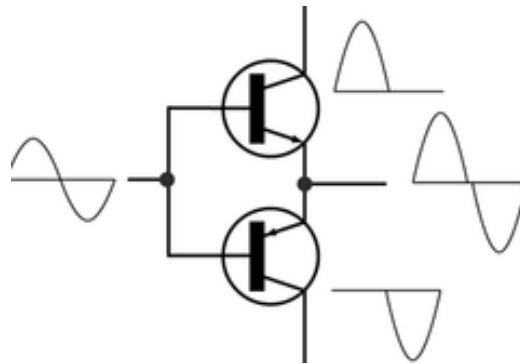
El circuito consta de tres etapas: la etapa 1 compuesta por el voltaje de polarización VCC y la serie de resistencias, esta etapa mantiene corriente de entrada todo el tiempo a la etapa de transistores. La etapa 2 la compone una señal de entrada senoidal, para este caso, la cual será amplificada por la etapa tres que corresponde a los dos transistores, colocando una señal de idénticas características a la salida, pero amplificada, es decir de mayor amplitud.



*Ilustración 1.* Circuito amplificador Clase A.


#### 2.1.4.2. Amplificadores de clase B

Un amplificador de potencia funciona en clase B como se aprecia en la Ilustración 2, cuando la tensión de polarización y la amplitud máxima de la señal de entrada poseen valores tales que hacen que la corriente de salida circule durante un semiperíodo de la señal de entrada. (Electrónica Unicrom, 2015)

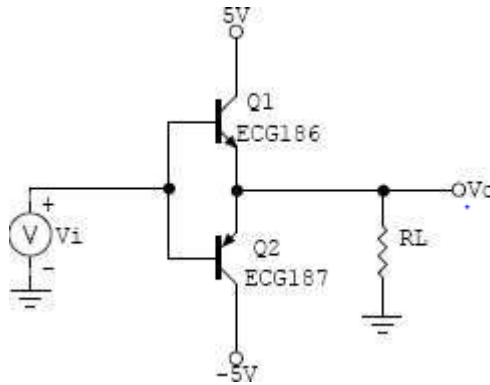


*Ilustración 2.* Amplificador clase B, tomado de EcuRed.cu (2012).

El circuito consta de tres etapas. La etapa 1 compuesta por el voltaje de polarización +VCC y la serie de resistencias  $R1$ ,  $R2$  y  $R3$ , esta etapa mantiene corriente de entrada todo el tiempo a la etapa de transistores  $Q1$  y  $Q2$ . La etapa 2 la compone una señal de entrada senoidal llamada  $V_{in}$ . La etapa tres están compuestas por un par de transistores complementarios, es decir, en el semiciclo positivo de la señal de entrada

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

conduce  $Q1$  y en el semi-ciclo negativo conduce  $Q2$ , para obtener una señal de las mismas características a la salida pero amplificada (Pereira, 2005).



*Ilustración 3.* Circuito amplificador clase B, tomado de EcuRed.cu (2012).

#### 2.1.4.3. Amplificadores de clase AB

Son una combinación de los dos anteriores; un amplificador de potencia funciona en clase AB como se aprecia en la Ilustración 4 cuando la tensión de polarización y la amplitud máxima de la señal de entrada poseen valores tales que hacen que la corriente de salida circule durante menos de un período y más de un semiperíodo de la señal de entrada (Electrónica Unicrom, 2015).

El circuito consta de tres etapas. La etapa 1 compuesta por el voltaje de polarización  $+VCC$  y la serie de diodos  $D1$  y  $D1$  que hace las veces de polarización de los transistores, aparte de tratar de mantener las corrientes constantes. La etapa 2 la compone una señal de entrada senoidal llamada  $V_i$ . La etapa tres están compuestas por un par de transistores complementarios  $Q1$  y  $Q2$  que amplifican la señal de entrada, entregándola a la carga  $R_L$  (Pereira, 2005).

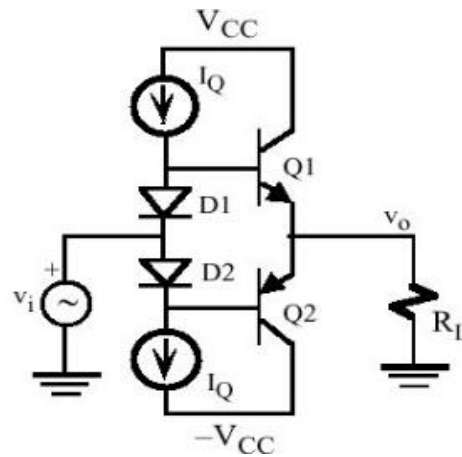


Ilustración 4. Amplificador clase AB

#### 2.1.4.4. Amplificadores de clase C

Un amplificador de potencia funciona en clase C como se aprecia en la Ilustración 5 cuando la tensión de polarización y la amplitud máxima de la señal de entrada poseen valores tales que hacen que la corriente de salida circule durante menos de un semiperíodo de la señal de entrada (Electrónica Unicrom, 2015).

El circuito consta de tres etapas. La etapa 1 compuesta por el voltaje de polarización +VCC que polariza el transistor. La etapa 2 la compone una señal de entrada senoidal. La etapa tres están compuestas por un transistor Q1, que amplifican la señal de entrada por menos de un semiciclo de la señal de entrada (Pereira, 2005).

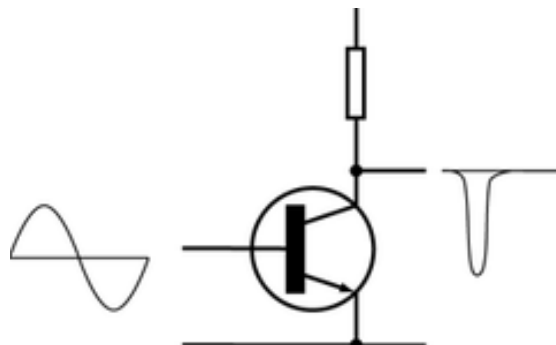



Ilustración 5. Amplificador clase C

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 2.2. MEZCLADOR DE AUDIO

Los mezcladores de audio son dispositivos electrónicos utilizados para mezclar señales de audio provenientes generalmente de diferentes fuentes, están compuestos por diferentes componentes o elementos como amplificadores, ecualizadores, filtros, entre otros. Existen en el mercado chip o integrados que hacen las veces de mezcladores de audio, como el caso diseñado y descrito en este informe.

## 2.3. MEDIDOR DE VOLUMEN (VÚMETRO)

El vúmetro (medidor de unidades de volumen), fue desarrollado originalmente por Bell Labs, CBS y NBC en 1939 para la medición y la normalización de los niveles en las líneas telefónicas. Actualmente, suelen incluirse en equipos de audio para mostrar un nivel de señal en unidades de volumen.

Un vúmetro es un medidor de volumen como se evidencia en la Ilustración 6 y en la Ilustración 7 (imágenes tomadas de [audiofanzine.com](http://audiofanzine.com) (2015)). Actualmente existen vúmetros contruidos de muchas formas, podemos encontrarlos analógicos, otros a base de leds normalmente verdes, amarillos y rojos, e incluso representando las unidades de volumen en forma de barra en una pantalla LCD o por medio de leds (Electrónica de Invierno, 2011).



*Ilustración 6.* Medidor de nivel de audio análogo.




	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Ilustración 7. Medidor de nivel de audio digital.

## 2.4. FILTROS

Un filtro permite que se transmitan una o más bandas de frecuencias, mientras rechaza las señales que no se hallen en dichas bandas (Laiton, 2017) . Encontramos:

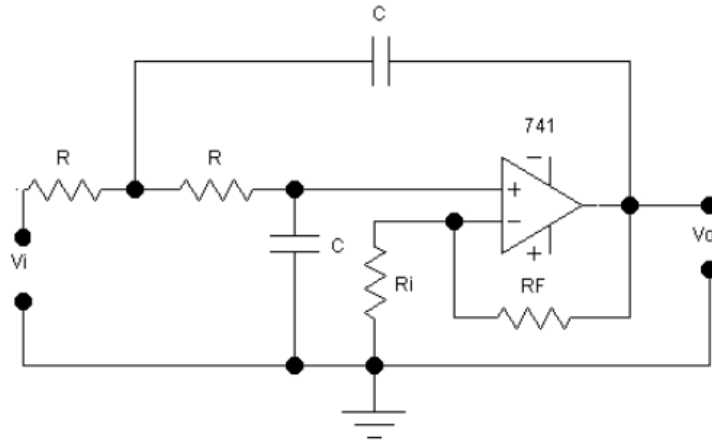
**Pasivos:** Basados en resistencias, bobinas y condensadores.

**Activos:** Se basan en elementos activos como transistores, y amplificadores operacionales a los que se añaden elementos pasivos.

- Los inductores no se emplean mucho en los filtros activos pues son voluminosos, caros y suelen tener componentes resistivas indeseables de elevada magnitud.
- Los basados en amplificadores operacionales se usan en frecuencias bajas y medias, dependiendo del modelo de AO que se utilice, pues los hay con mejor comportamiento en frecuencia.

### 2.4.1. FILTRO PASO BAJA BUTTERWORTH

Debido a su respuesta plana, se suele usar en los filtros anti-aliasing y en aplicaciones de conversión de datos; en general, donde sea necesario conseguir una buena precisión de medida en la banda de paso (Ilustración 8).



*Ilustración 8.* Filtro Butterworth (Fernández, 2011)

El filtro Butterworth, tiene las siguientes características:

Ganancia máximamente plana en banda de paso. Si nos fijamos en la Ilustración 8, la gráfica de respuesta del pasa bajos de segundo orden, para que esto sea así, debemos tomar el valor  $2 \zeta = 1$  es decir  $\zeta = 0,707$ .

- Banda de transición amplia
- Buena respuesta transitoria
- Mala respuesta en fase.

#### **2.4.2. FILTRO PASA BAJOS PASIVO**

En un filtro pasa bajos, la frecuencia transmitida se extiende desde cero hasta una cierta frecuencia máxima, se caracteriza por permitir el paso de las frecuencias más bajas y atenuar las frecuencias más altas como se muestra en la Ilustración 9:

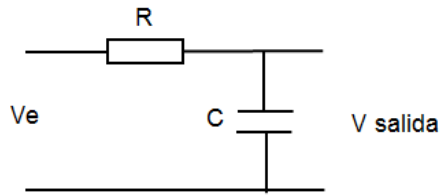


Ilustración 9. Filtro pasa bajos.

El producto de resistencia por condensador ( $R \times C$ ) es la constante de tiempo, cuyo recíproco es la frecuencia de corte, es decir, donde el módulo de la respuesta en frecuencia baja 3dB respecto a la zona pasante:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3)$$

Donde  $f_c$  es la frecuencia de corte en Hertz,  $R$  es la resistencia de la aplicación en Ohm y  $C$  es la capacidad en faradios.

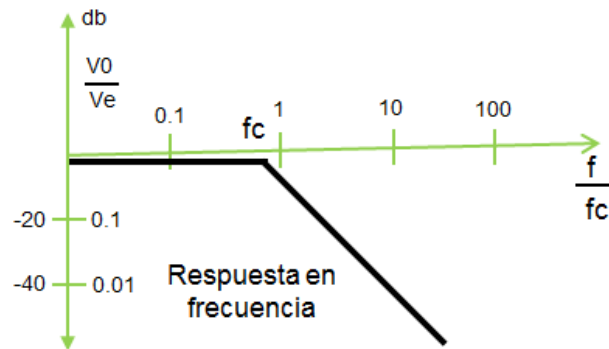


Ilustración 10. Respuesta en frecuencia.

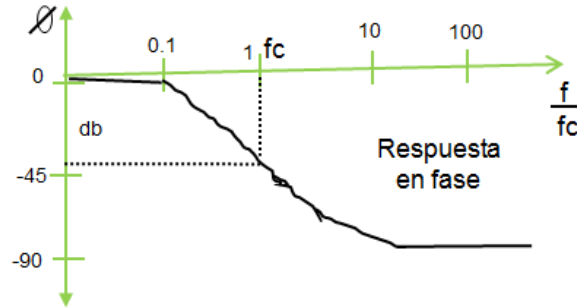


Ilustración 11. Respuesta en fase.

A continuación, en la Ilustración 12 se muestra otro ejemplo de filtro pasa bajo:

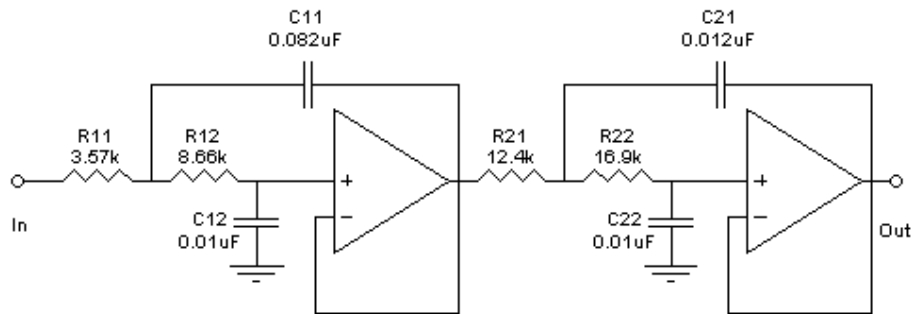


Ilustración 12. Ejemplo: Filtro de pasa bajos.

La teoría sobre la aplicabilidad de este tipo de filtros nos presenta una posible aplicación de este tipo de filtro sería la de hacer que las altas frecuencias de una señal de audio fuesen a un altavoz para sonidos agudos mientras que un filtro paso bajo haría lo propio con los graves. Otra aplicación sería la de eliminar los ruidos que provienen de la red eléctrica (50 o 60Hz) en un circuito cuyas señales fueran más altas (Portero, 1996).

### 2.4.3. FILTRO PASA BAJOS ACTIVO

En posible construir filtros pasa bajos activos, combinando un filtro RC pasa bajos con un amplificador operacional inversión o no inversor. Aquí la ganancia se ajusta a -1

mediante  $R2$  y  $R1$ , el condensador  $C1$  determina la frecuencia de corte, tal como muestra la Ilustración 13.

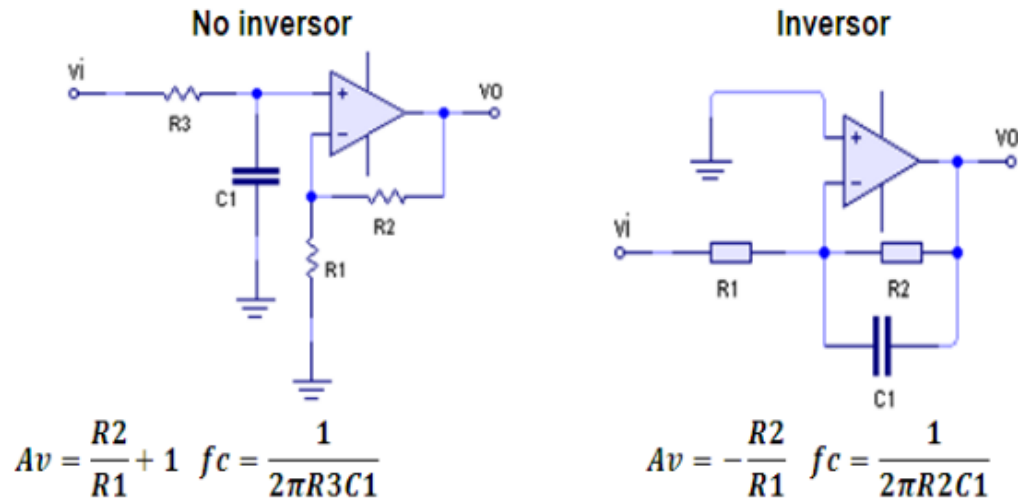


Ilustración 13. Filtros pasa bajos.

#### 2.4.4. FILTRO PASA ALTOS PASIVO

Un filtro pasa alto solo deja pasar frecuencias superiores a cierto valor específico, es decir en respuesta en frecuencia se atenúan los componentes de baja frecuencia, pero no los de alta frecuencia (Portero, 1996).

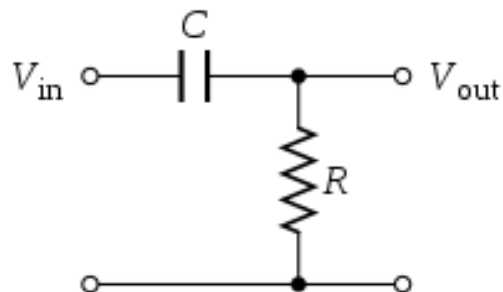


Ilustración 14. Filtro pasa altos (ejemplo).

Filtro pasivo analógico de primer orden con circuito RC. El producto de resistencia por condensador ( $R \times C$ ) es la constante de tiempo, cuyo recíproco es la frecuencia de corte, es decir, donde el módulo de la respuesta en frecuencia baja 3dB respecto a la zona pasante:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$

Donde  $f_c$  es la frecuencia de corte en Hertz,  $R$  es la resistencia de la aplicación en ohm y  $C$  es la capacidad en faradios.

El desfase depende de la frecuencia  $f$  de la señal y sería:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{f_c}{f} \quad (5)$$

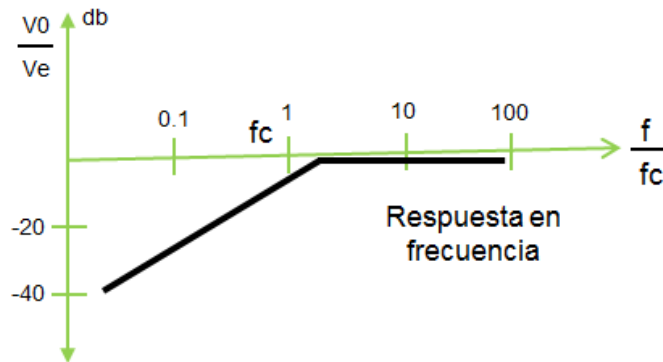


Ilustración 15. Respuesta en frecuencia

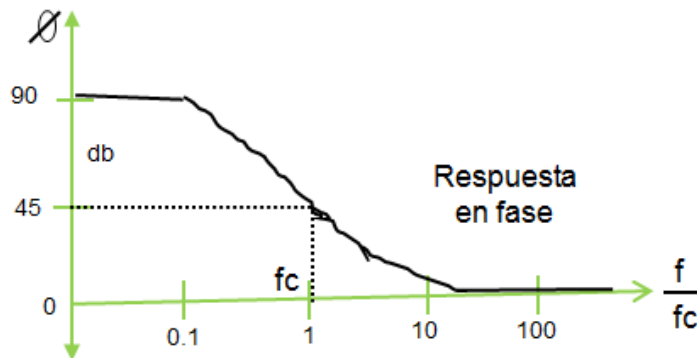


Ilustración 16. Respuesta en fase.

### 2.4.5. FILTRO PASA ALTOS ACTIVO

Es posible construir filtros pasa altos activos, combinando un filtro RC pasa altos, con un amplificador operacional inversión o no inversor. Aquí el logro se ajusta a -1 mediante  $R_2$  y  $R_1$ , el condensador  $C_1$  y  $C_2$  en cada circuito, determina la frecuencia de corte, como se muestra en la Ilustración 17 (Portero, 1996).

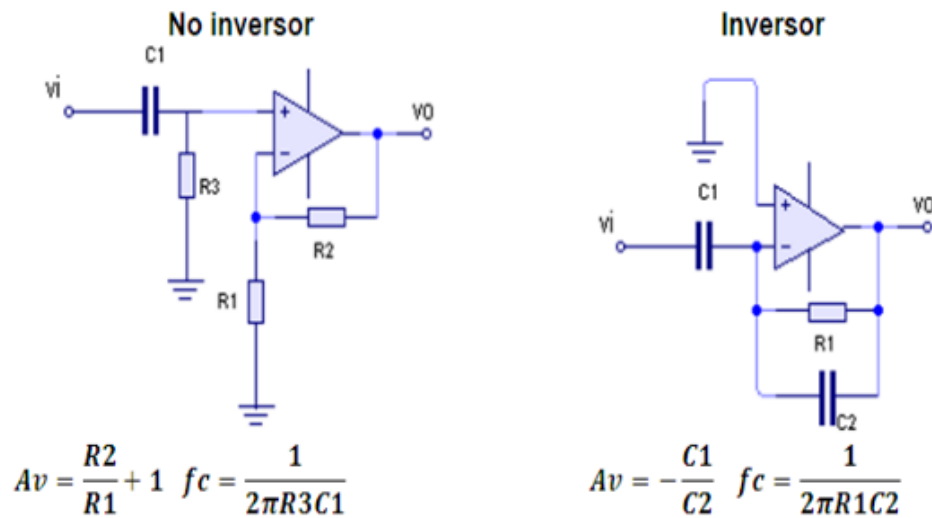


Ilustración 17. Filtro pasa alto activo.

Se concluye que los circuitos integradores son filtros pasa bajos y los circuitos diferenciadores son filtros pasa altos.

Para calcular valores, generalmente me proporcionan el valor de la frecuencia de corte ejemplo  $1500\text{Hz}$ , con este dato defino un valor del condensador ejemplo  $47\text{k}$ , con este dato despejo la Resistencia, hallando así todos los valores del circuito, de la fórmula:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (6)$$

### 2.4.6. FILTRO RECHAZA BANDAS

En la revisión de la literatura (Portero, 1996), también son nombrados filtros eliminadores de bandas o rechaza bandas, los cuales no permiten el paso de señales cuyas frecuencias que se encuentran comprendidas entre las frecuencias de corte superior e inferior. Es un circuito amplificador que incorpora condensadores en la red de entrada y en la realimentación. Para frecuencias muy bajas, la impedancia de  $C2$  se hace tan grande que la ganancia del circuito crece mucho.

Para frecuencias muy altas, la impedancia de  $C1$  se hace tan pequeña que la ganancia igualmente crece. Por lo tanto, el conjunto rechaza las señales cuyas frecuencias bajen entre dos valores que son  $F1$  y  $F2$ , las cuales están dados por:

$$F_{c1} = \frac{1}{2\pi R1 C1} \quad (7)$$

$$F_{c2} = \frac{1}{2\pi R2 C2} \quad (8)$$

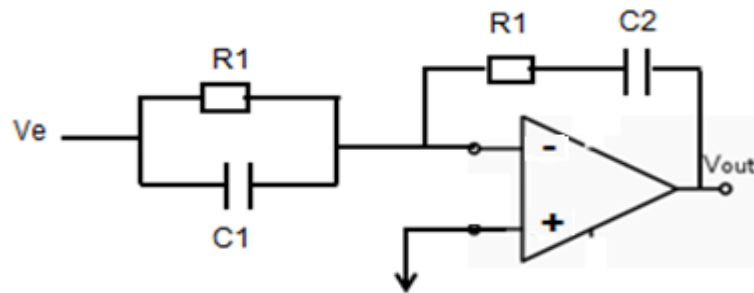
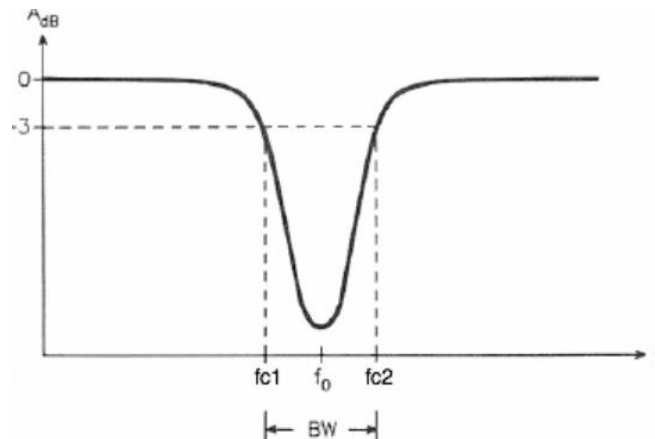


Ilustración 18. Circuito de frecuencia  $F_{c1}$ .





*Ilustración 19.* Circuito de frecuencia  $F_{c2}$ .


## 2.5. CONTROL DE POSICIÓN DE UN MOTOR DC (PID)

Un sistema de control PID (Controlador Proporcional-Integral-Derivativo) según (Mora, 1999) es definido como aquel que combina los tres modos de control tradicionales, proporcional, derivativo e integral, generalmente está dado por una ecuación que contiene un componente proporcional ( $K_p$ ), un componente integral y componente derivativo.

El control PID es el más potente de todos los sistemas de control, cuando está correctamente ajustado, tiene las siguientes ventajas:

- Respuesta rápida.
- La acción integral permite eliminar el error offset.
- La acción derivativa hace posible lograr una mayor estabilidad.

El algoritmo del control PID consiste de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor proporcional depende del error actual. El Integral depende de los errores pasados y el derivativo es una predicción de los errores futuros. La

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control, ejemplo, la posición de una válvula de control.

En un control PID, se deben calibrar:

- La banda proporcional
- La ganancia integral en repeticiones por minuto
- El tiempo derivativo en minutos.

## 2.6. FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CONTROL PID.

### 2.6.1. Parte Proporcional

En un sistema de control proporcional, el elemento final de control "EFC", puede desplazarse en forma continua entre sus dos posiciones extremas y la corrección ordenada por el controlador es proporcional a la magnitud del error, hasta lograr el valor de referencia del sistema (Mora, 1999).

La salida (P) de un controlador proporcional, expresada en porcentaje está definida por

$$P = K_p E_p + P_o$$


$E_p$  = Error porcentual de la variable controlada

$P_o$  = Salida del controlador en porcentaje (%) cuando el error es cero.

$K_p$  = Ganancia Proporcional en porcentaje.

### 2.6.2. Parte Integral

La corrección ejercida en el control integral es proporcional a la integral del error con respecto al tiempo veamos:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$P = Kl. \int_0^t ep. dt + Po \quad (9)$$

Donde

$P$  = es la salida del controlador en porcentaje

$KI$  = ganancia integral en porcentaje (%) minutos o segundos.

$ep$  = error porcentual.

$Po$  = salida inicial del controlador en porcentaje.

El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional (Mora, 1999).


### 2.6.3. Parte Derivativa

En el modo de control derivativo la corrección ejercida es proporcional a la velocidad a la que cambia el valor del error, o sea a la derivada del error con respecto al tiempo.

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente. La fórmula sería:

$$P = KD \times \frac{ep}{dt} + Po, \quad (10)$$

donde,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

*P*: Salida del controlador PI en porcentaje.


*KD*: Ganancia derivativa en  $\{(\% - \text{minutos}) / \%\}$

*ep*: Error porcentual

*Po*: Salida del controlador cuando el cambio en el error es nulo.

El modo de control derivativo se conoce como un sistema de control anticipatorio, porque al tener en cuenta la velocidad a la que se está cambiando el error, se anticipa al error previendo la tendencia del dicho error hacia el futuro y corrigiendo de acuerdo a ella.

La acción de control derivativo nunca se utiliza sola, sino junto con otra u otras acciones de control como PD (Proporcional Derivativo) y PID (Proporcional Integral Derivativo), porque cuando el error es constante, no produce ninguna corrección (Mora, 1999).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 3.METODOLOGÍA

---

El proyecto consistió en el diseño, desarrollo e implementación de cinco productos de electrónica y la metodología utilizada para los diseños e implementación de los mismos se describe a continuación:

Estudio a fondo de los temas de electrónica análoga y digital, orientada a los temas necesarios para la ejecución de manera correcta y ordenada del proyecto.


Inicio de los diseños teóricos de cada uno de los siguientes circuitos electrónicos que hacen parte del proyecto, para los cuales se aplicaron los conceptos estudiados de electrónica análoga y digital.

Se realizaron las simulaciones en Proteus y los diseños de las tarjetas en Eagle. Confrontando resultados de la simulación de cada producto diseñado con los datos teóricos de diseño calculados.

Una vez confrontados los valores, conceptos y resultados de cálculos de diseños, se procedió al montaje a nivel experimental en los laboratorios de la institución de cada uno de los circuitos o productos diseñados.

Se realizaron ajustes en laboratorio de valores, conceptos de diseño y niveles de voltajes, corrientes, frecuencias, muestreos, parámetros de diseño y ajustes de valores de componentes reales, hasta la obtención de productos terminados finales.

Se adquirieron los materiales físicos para cada uno de los circuitos diseñados y ajustados en los laboratorios de la institución.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Implementación de cada diseño, para ello se utilizaron los laboratorios de la institución, laboratorios externos, los componentes adquiridos y los circuitos impresos o artes diseñadas.

Después de la implementación, se realizaron pruebas finales de cada circuito o producto implementado, los cuales se resumen a continuación:

- Implementación de un sistema amplificador de audio.
- Implementación de un sistema mezclador de audio.
- Implementación de un sistema que mide el nivel de audio “Vúmetro”.
- Implementación de un Sistema de filtros pasa bajos, pasa altos y rechaza bandas.
- Implementación de un sistema de control de posición de un motor DC con (PID).

Los productos diseñados, desarrollados e implementados y probados en los laboratorios, fueron revisados por el profesor asesor del proyecto y se entregaron para que sean utilizados en los laboratorios de la institución, en las diferentes prácticas de los estudiantes de pregrado futuros.


### **3.1. PRÁCTICA LABORATORIO Y SEMILLERO MMCC<sup>1</sup>**

En primer lugar, en la función como auxiliar del laboratorio de Circuitos Eléctricos y Electrónicos (Ilustración 20 ) la instrucción y supervisión del laboratorista encargado son primordiales a la hora de cada procedimiento. Labores como: mantenimientos preventivos, atención y asesoría a los usuarios, ingreso de registros al sistema, apoyo a docentes y la adquisición de datos, se llevan a cabo para prestar un servicio efectivo dentro de las practicas e instalaciones del ITM.

Durante la práctica en el laboratorio de Circuitos Eléctricos y Electrónicos del ITM se garantizó que el laboratorio cumpliera efectivamente con la prestación del servicio a la

---

<sup>1</sup> Semillero de Modelamiento Matemático y Cómputo Científico (MMCC)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


comunidad ITM, al cuidado de los equipos y a la correcta utilización del espacio. Además de responder a manera satisfactoria a las exigencias del laboratorista encargado.



*Ilustración 20. Laboratorio de circuitos eléctricos y electrónicos*

Además de cumplir con sesenta y cuatro (64) horas de trabajo en laboratorio, se asiste semanalmente al semillero MMCC durante los semestres 2017-2 y 2018-1 donde se participa activamente, se recibe capacitaciones y se profundizan conocimientos que tratan a su vez con los proyectos de grado.

En el semestre 2017-2 el grupo de estudio MMCC (Ilustración 21) hace presencia dentro de la institución ofreciendo espacios para el aprendizaje de un lenguaje de programación: Python; este se convierte en la base inicial para el desarrollo de proyectos y temáticas de investigación en acústica y sonido.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27




*Ilustración 21. Semillero MMCC*

En el semestre 2018-1, ya siendo semillero, cuenta con espacios de reunión como el laboratorio de artes digitales y su estudio de grabación (Ilustración 22) para el desarrollo de proyectos que no solo compete al trabajo de grado de algunos estudiantes, sino que a su vez genera nuevas propuestas de investigación con la voz humana.



*Ilustración 22. Laboratorio de audio.*



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27




*Ilustración 23.* Aula de simulación, semillero MMCC.

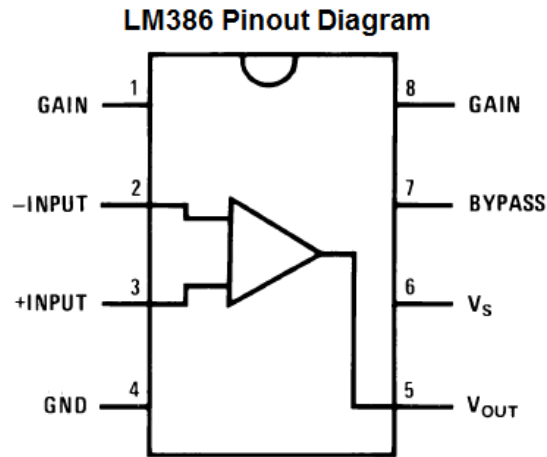
A partir de lo aprendido en el semillero MMCC, se lleva a cabo procedimientos que ayudan a la elaboración de los proyectos; a continuación, se describen los resultados que durante el desarrollo se evidencian.

## **3.2. AMPLIFICADOR DE AUDIO**

### **3.2.1. EXPLICACIÓN DEL DISEÑO: ESQUEMÁTICO, TOPOLOGÍA**

Descripción del circuito y su funcionamiento. El objetivo es diseñar, implementar y ensamblar un circuito amplificador de audio de baja potencia, el cual puede ser utilizado para reforzar la salida de un preamplificador o para amplificar la salida de un reproductor. El circuito mezclador de audio con LM386 (Ilustración 24) tiene como elemento principal un integrado LM386=> es un amplificador utilizado para aplicaciones de baja potencia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



*Ilustración 24.* Datasheet del LM386.

Se aplica a la entrada una señal de audio la cual va hacia un filtro; que está compuesto por un capacitor y una resistencia, este tiene como función filtrar el ruido de la señal del audio; luego la señal va hacia un potenciómetro que tiene como función el control del volumen del circuito, ya que permite el paso de mayor o menor voltaje hacia la entrada no inversora del Im386 que es el pin 3. Se conecta entre el pin 1 y el pin 8 una resistencia en serie con un capacitor para determinar la ganancia del amplificador. Se opta por no conectarse esta configuración ya que al momento de ensayarla no me permitía la amplificación de audio deseada.

### 3.2.2. SIMULACIÓN DEL AMPLIFICADOR DE AUDIO

La señal amplificada sale por el pin 5, la cual va hacia la configuración de resistencia y capacitor que tiene como función el desacople de la señal antes de llegar al parlante. El pin 7 está conectado a un condensador cerámico y a tierra, que tiene como función reducir el ruido a la entrada del integrado y proporcionar una mejor señal. Este circuito se alimenta entre pin 4 y pin 6, de 9v a 12v respectivamente.

Explicación de las etapas de la simulación:

En la Ilustración 25 se aprecia el montaje y simulación, realizado en Proteus de un circuito amplificador de audio, el cual se compone de tres etapas: La etapa **1**, consta de una señal de entrada de forma senoidal, la cual se conecta a la etapa **2**, que hace las veces de filtro y está conformada por condensador y resistencia. La etapa **3**, esta representa la ganancia del circuito la cual es ajustable con un potenciómetro. La etapa **4**, la cual está compuesta por un elemento activo LM386. La etapa **5**, es la señal de salida amplificada

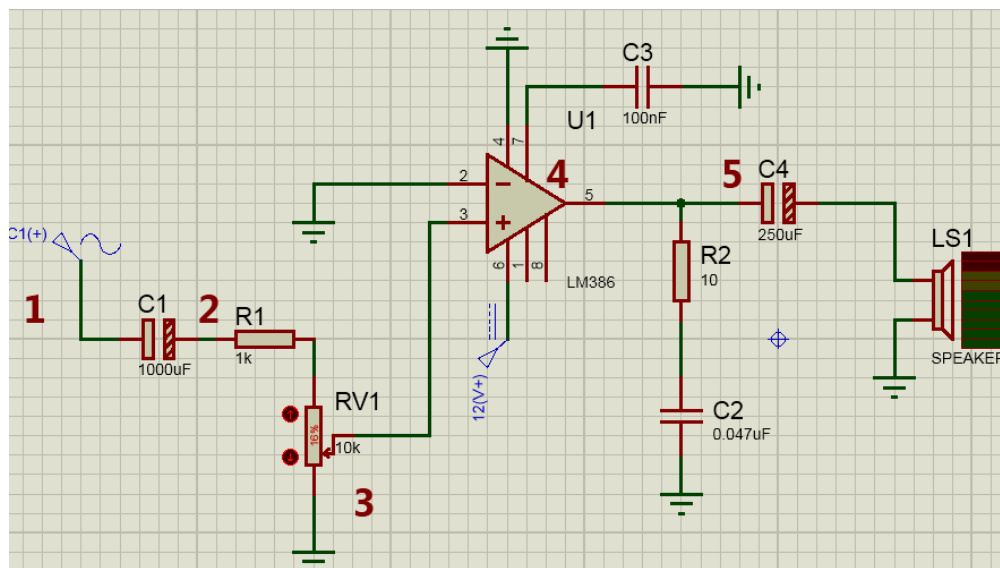
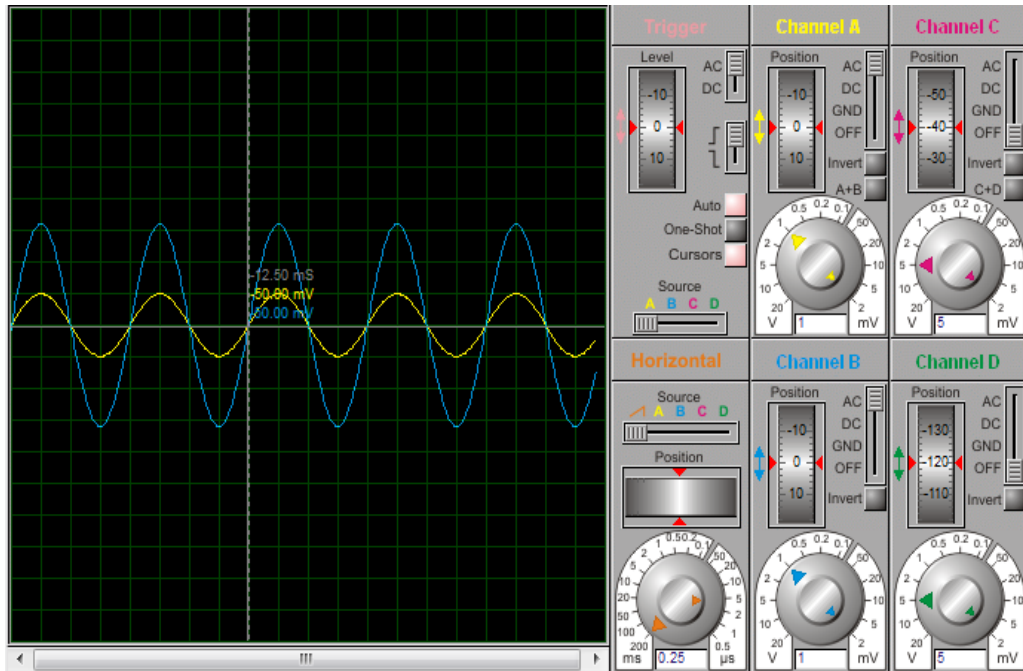


Ilustración 25. Simulación amplificador de audio.



*Ilustración 26. Señal senoidal de la simulación del amplificador de audio.*

### 3.2.3. DISEÑO PCB

En esta sección se puede observar el diseño en esquemático de Eagle del circuito y su imagen para su planchado en PDF a la baquelita (Ilustración 27, Ilustración 28, Ilustración 29).

En la Ilustración 27 se observa el circuito esquemático en Eagle del amplificador de audio, el cual se va a describir brevemente: X3-1 y X3-2 equivalen a la bornera de alimentación del circuito. X1-1 y X1-2 equivalen a la bornera por donde ingresará el audio al circuito y X2-1 y X2-2 equivalen a la bornera por donde saldrá la señal de audio amplificada al parlante.

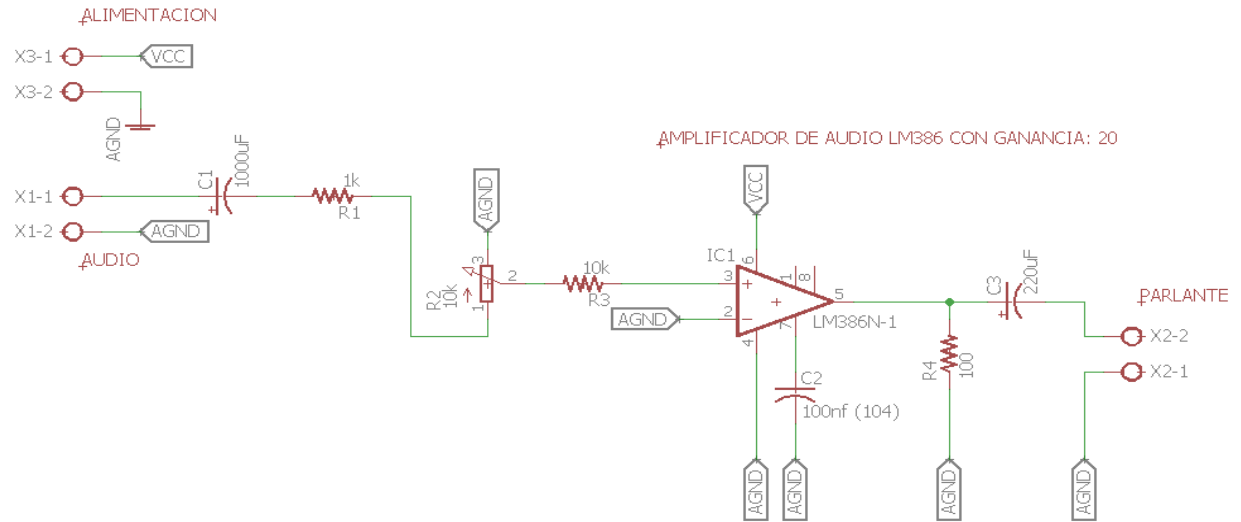


Ilustración 27. Circuito esquemático amplificador de audio.

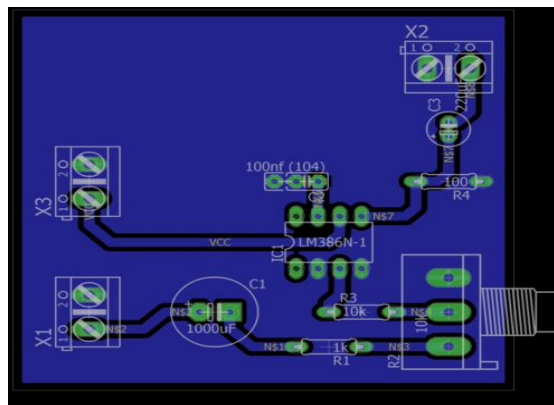
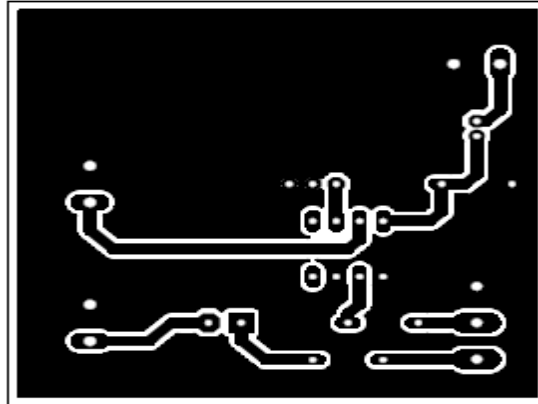


Ilustración 28. Diseño PCB – Eagle.



*Ilustración 29. Diseño PCB – PDF.*

#### **3.2.4. PROTOTIPO DEL AMPLIFICADOR DE AUDIO**

La Ilustración 30 corresponde al circuito físico impreso implementado con cada uno de sus componentes, los cuales se describen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



*Ilustración 30. Circuito amplificador de audio.*


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 2. Componente para el circuito.

Componentes	Valores
RESISTENCIAS	100, 1k
CAPACITORES	1000 $\mu$ f 20 $\mu$ F
POTENCIOMETROS	10k
INTEGRADO	LM386
BORNERAS	2 puestos

### 3.3. MEZCLADOR

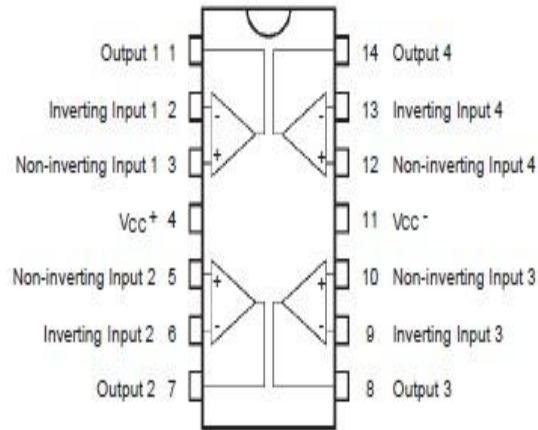
Circuito de mezclador de audio con LM386, tiene como elemento principal un circuito integrado LM386, en el cual se han agrupado todos los componentes necesarios para conformar una etapa de potencia de audio.

La señal de entrada pasa a través de un filtro que está conformado por un condensador electrolítico de 1000 $\mu$ F y este va a una resistencia de 1k $\Omega$ . La señal va a un potenciómetro que es el encargado de aumentar o disminuir la ganancia del circuito, también hace las veces de control de volumen ya que permite el paso de mayor o menor voltaje hacia la entrada del amplificador integrado (pin 3).

Entre el pin 3 y el potenciómetro se encuentra una resistencia de 10k. La salida amplificada sale por el pin 5 del LM386 y pasa a través del capacitor de desacople antes de llegar al parlante. Para obtener un mayor valor solamente se conecta el condensador cerámico (100nF) entre el pin 7 y GND.

Todo el circuito puede ser alimentado con una fuente de 9 o 12VDC pin 6

### 3.3.1. EXPLICACIÓN DEL DISEÑO DEL MEZCLADOR



*Ilustración 31.* Datasheet del TL084.

### 3.3.2. SIMULACIÓN DEL MEZCLADOR DE AUDIO

En la Ilustración 32 se aprecia el montaje y simulación del circuito con cada una de sus etapas. El circuito mezclador de audio consta de 4 etapas, las etapas **1** y **2** corresponden a las señales de entrada que se van a mezclar, las cuales son señales de audio, la etapa **3** corresponde al circuito mezclador que corresponde al circuito integrado TL084, la etapa **4** corresponde a la señal de salida mezclada



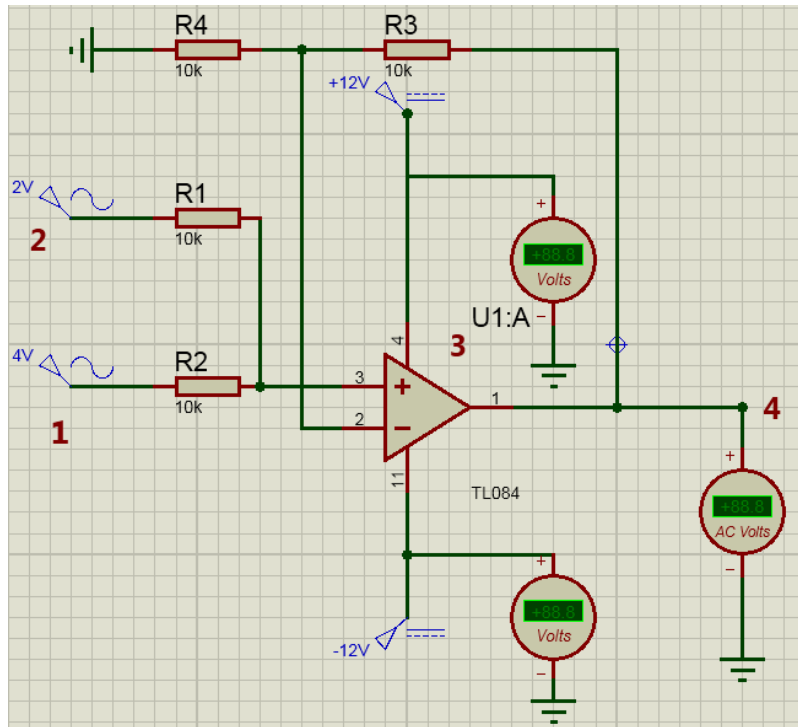


Ilustración 32. Simulación mezclador de audio.

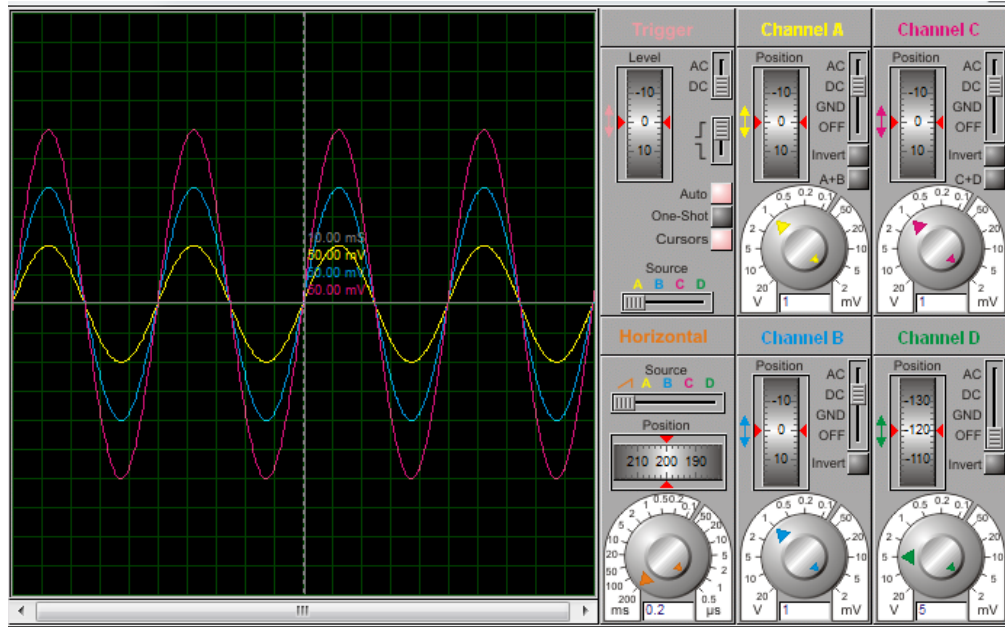


Ilustración 33. Señal senoidal de la simulación del mezclador de audio.

### 3.3.3. DISEÑO PCB

En la Ilustración 34 se observa el circuito esquemático en Eagle del amplificador de audio, el cual se va a describir brevemente: X3-1 y X3-2 equivalen a la bornera de alimentación del circuito; X4-1 y X4-2 equivalen a la bornera de la tierra del circuito; X1-1 y X1-2 equivalen a la bornera donde ingresará el audio de los cables derecho 1 y derecho 2; y X2-1 y X2-2 equivalen a la bornera de los cables izquierdo 1 e izquierdo 2. Estos cables izquierdos y derechos son a los cuales se le hace la suma para que salga un audio o una señal mezclada. X5-1 y X5-2 equivalen a la bornera por donde saldrá la señal ya mezclada del audio hacia el parlante o el circuito amplificador de audio.

En la Ilustración 35 se puede observar el diseño en esquemático de Eagle del circuito y su imagen para su planchado en PDF a la baquelita.

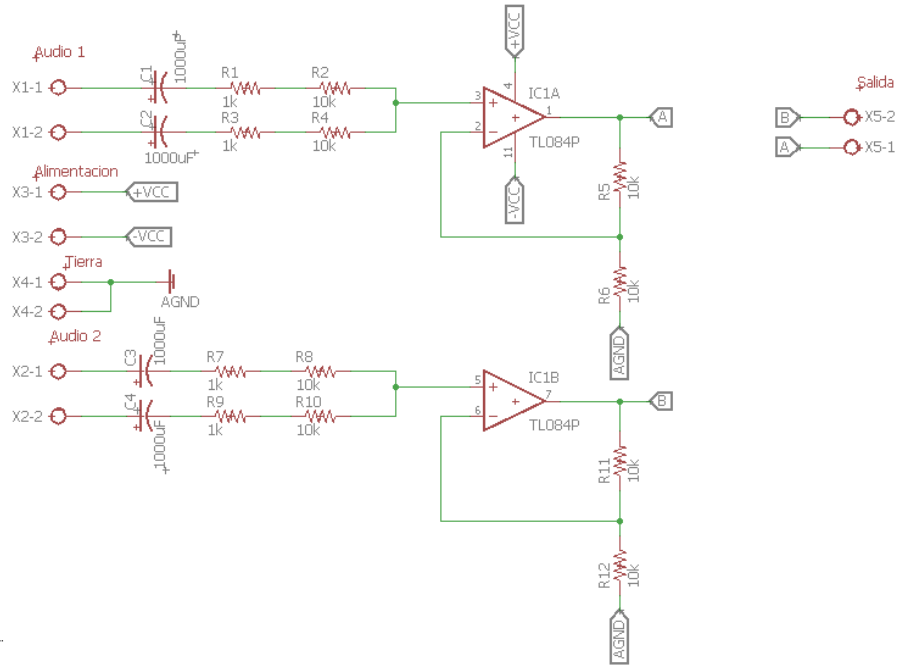


Ilustración 34. Circuito esquemático en Eagle del amplificador de audio.

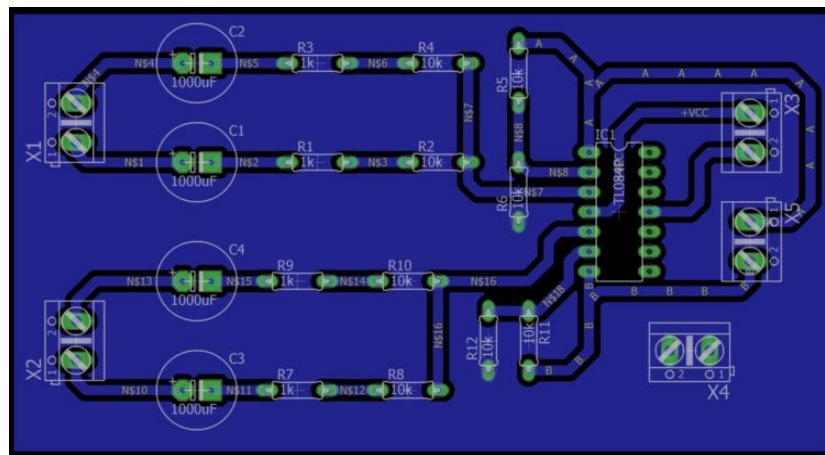


Ilustración 35. Diseño Eagle del mezclador.

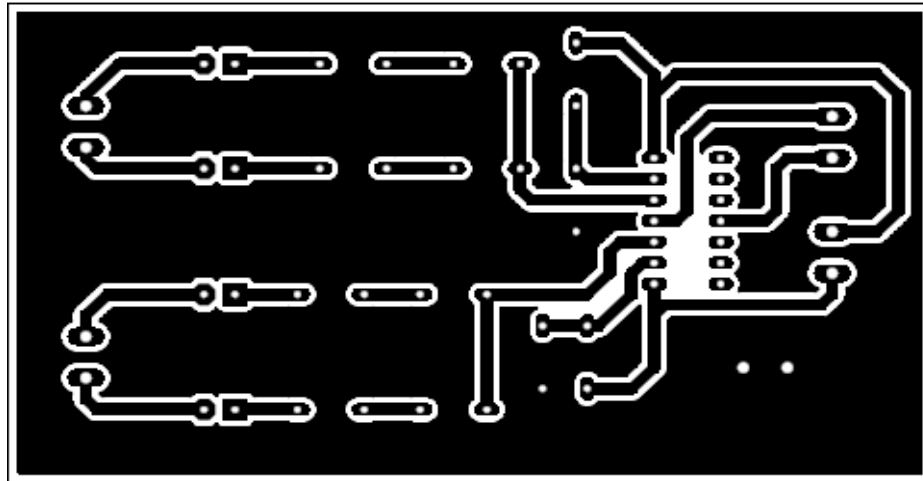


Ilustración 36. Diseño en PDF.

### 3.3.4. PROTOTIPO DEL MEZCLADOR

Los componentes para el circuito que se observa en la Ilustración 37 se describen en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..



Ilustración 37. Circuito mezclador de audio.


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 3. Componentes del circuito.

Componentes	Valores
RESISTENCIAS	1k y 10k
CAPACITORES	1000 $\mu$ F
BORNERAS	3 y 2 PUESTOS
INTETEGRADO	TI084

### 3.4. VÚMETRO

#### 3.4.1. EXPLICACIÓN DEL DISEÑO DEL VÚMETRO

Como mencionamos anteriormente, el vúmetro es un dispositivo indicador en equipos de audio para mostrar el nivel de señal en unidades de volumen, también es llamado indicador del volumen. Para el diseño del sistema, se utilizó el dispositivo denominado LM3914. Con una escala lineal podemos hacer que los ledes se enciendan logarítmicamente cada voltio, ya que está diseñada para audio, en decibeles. El pin 9 es el que determina el modo, conectado al positivo trabaja en el modo tradicional o "barra", si el pin 9 se conecta al pin 11 se activa el modo *punto*, es decir led por led.

Estos circuitos integrados pueden operar de 3 a 20 voltios. Para ayudar a la estabilidad se puede colocar un capacitor electrolítico entre positivo y negativo, cerca del circuito integrado, según el fabricante con 2.2 microfaradios es suficiente, puede ser mayor (en el ejemplo 10 microfaradios 25 Voltios).

Para aplicaciones electrónicas prácticas, donde se debe ajustar la ganancia del circuito, podemos agregar una resistencia variable o potenciómetro en la entrada. Y si es con audio mejor colocar un capacitor de  $1\mu F$ .

Cada salida de estos circuitos integrados controla la corriente, por ello no es necesario colocar alguna resistencia limitando la corriente, además se pueden conectar

leds en serie en cada salida para lograr un efecto de mejor presencia. El LM3914 es equivalente al NTE1508 (TI2-CAW, 2015).

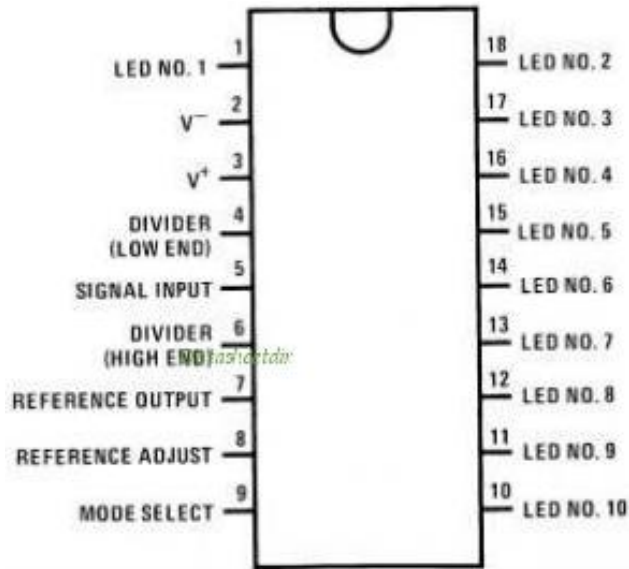


Ilustración 38. Datasheet del Im3914.

### 3.4.2. SIMULACIÓN DEL VÚMETRO EN PROTEUS

La Ilustración 39 corresponde a la simulación del circuito vúmetro que consta de 3 etapas. La etapa **1**, corresponde a una señal de entrada de audio. La etapa **2**, consta de un potenciómetro a través del cual se varía la ganancia del circuito. La etapa **3**, consta de un circuito integrado LM3914, el cual convierte una señal análoga de audio a una representación digital a su salida, a través de la cual se observa por medio de leds la intensidad o nivel de la señal de entrada del audio.

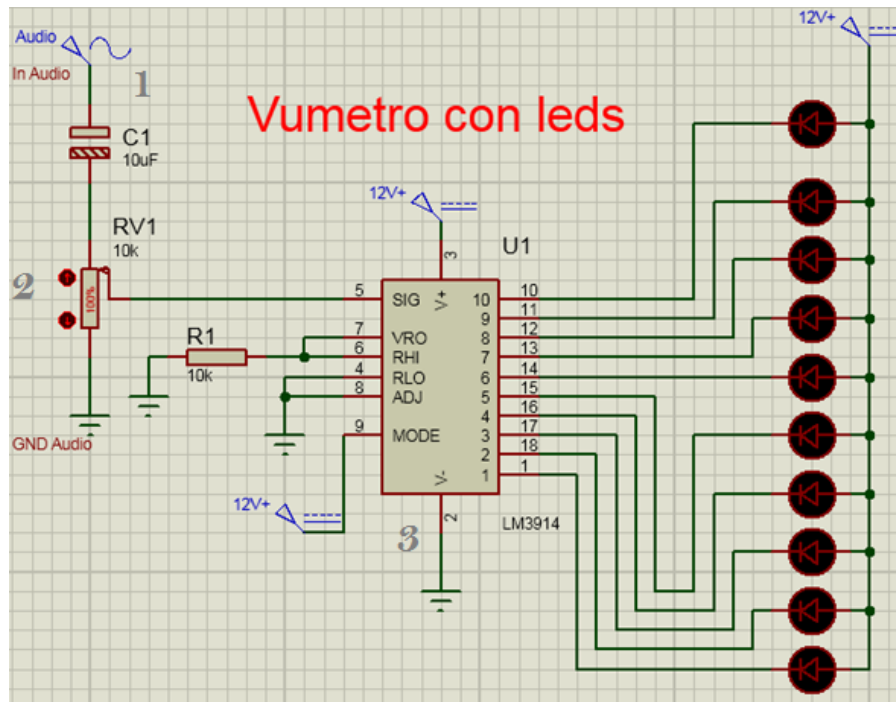


Ilustración 39. Simulación vúmetro – Proteus.

### 3.4.3. DISEÑO PCB

En la Ilustración 40 se observa el circuito esquemático en Eagle del amplificador de audio, el cual se va a describir brevemente: X1-1 y X1-2 equivalen a la bornera de alimentación del circuito; X2-1 y X2-2 equivalen a la bornera por donde ingresará el audio al circuito.

En las siguientes ilustraciones (Ilustración 41, Ilustración 42) se puede observar el diseño en esquemático de Eagle del circuito y su imagen para su planchado en PDF a la baquelita.

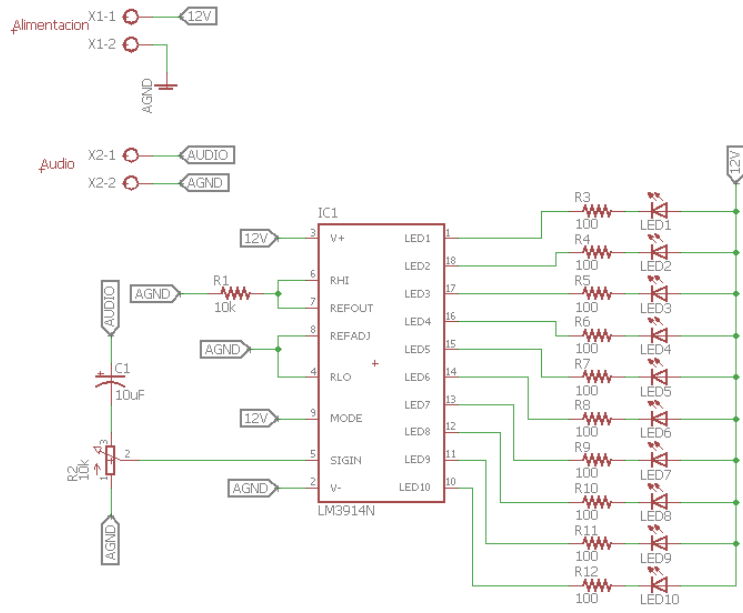


Ilustración 40. Circuito esquemático en Eagle del amplificador de audio.

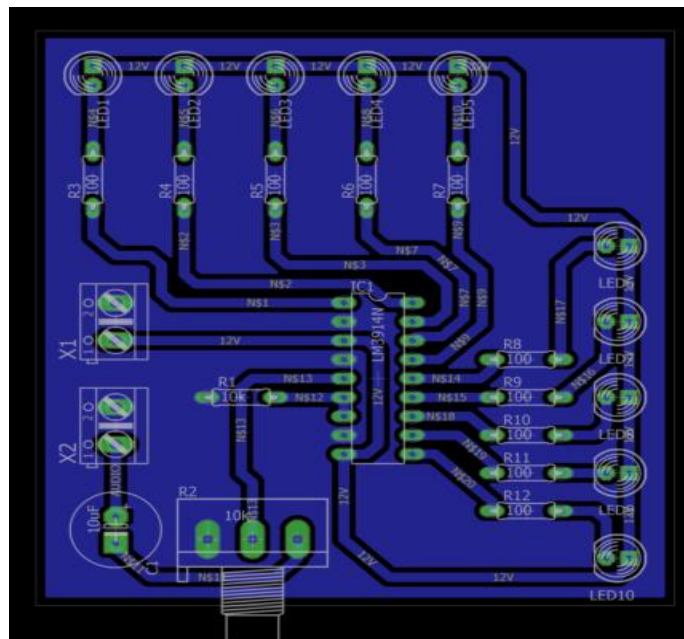
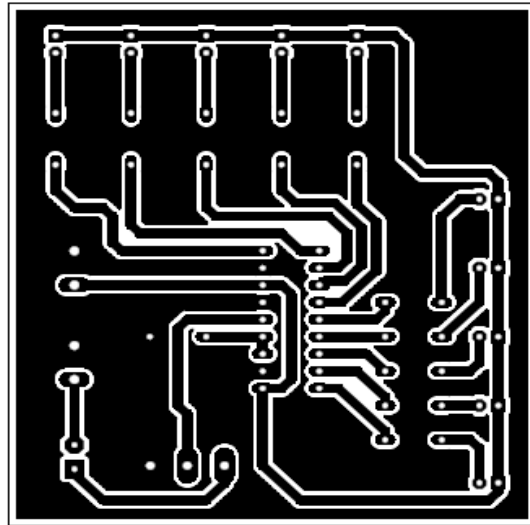


Ilustración 41. Circuito diseño PCB- Eagle.

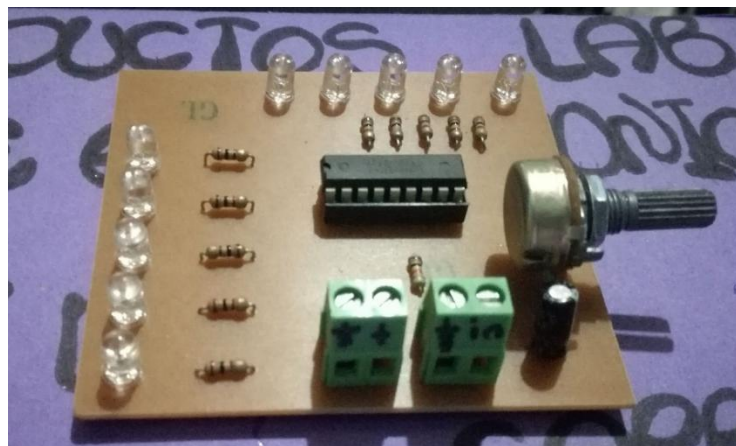




*Ilustración 42. Circuito diseño PCB- PDF.*

#### 3.4.4. PROTOTIPO DEL VÚMETRO

La Ilustración 43 corresponde al circuito físico impreso implementado con cada uno de los componentes, los cuales se describen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



*Ilustración 43. Circuito vúmetro.*

Tabla 4. Componente para el circuito.

Componentes para el circuito	Valores
Resistencias	100k y 10k
Potenciometro 10k	10k
Ledes	Verdes
Borneras	2 Puestos
Integrado	LM3914

### 3.5. FILTROS

#### 3.5.1. FILTRO PASA BAJOS ACTIVO

Es posible construir filtros pasa bajos activos, combinando un filtro  $RC$  pasa bajos con un amplificador operacional inversión o no inversor. Aquí la ganancia se ajusta a  $-1$  mediante  $R2$  y  $R1$ , el condensador  $C1$  determina la frecuencia de corte (Portero, 1996) tal como muestra en (Ilustración 44).

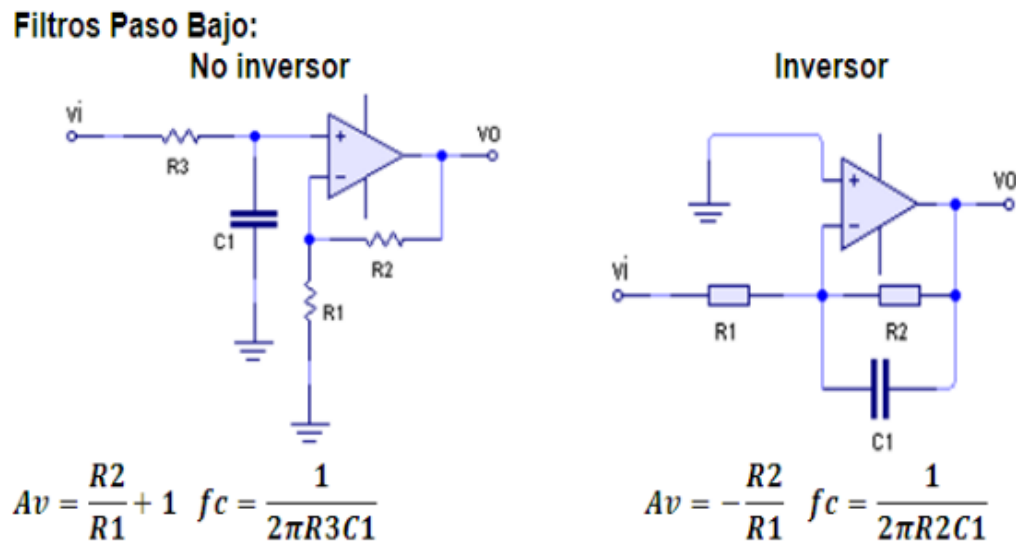


Ilustración 44. Filtro pasa bajos.

### 3.5.2. FILTRO PASA ALTOS ACTIVO

Es posible construir filtros pasa altos activos, combinando un filtro RC “pasa altos” con un amplificador operacional inversión o no inversor. Aquí la ganancia se ajusta a -1 mediante  $R_2$  y  $R_1$ , el condensador  $C_1$  y  $C_2$  en cada circuito, determina la frecuencia de corte, tal como muestra en Ilustración 45:

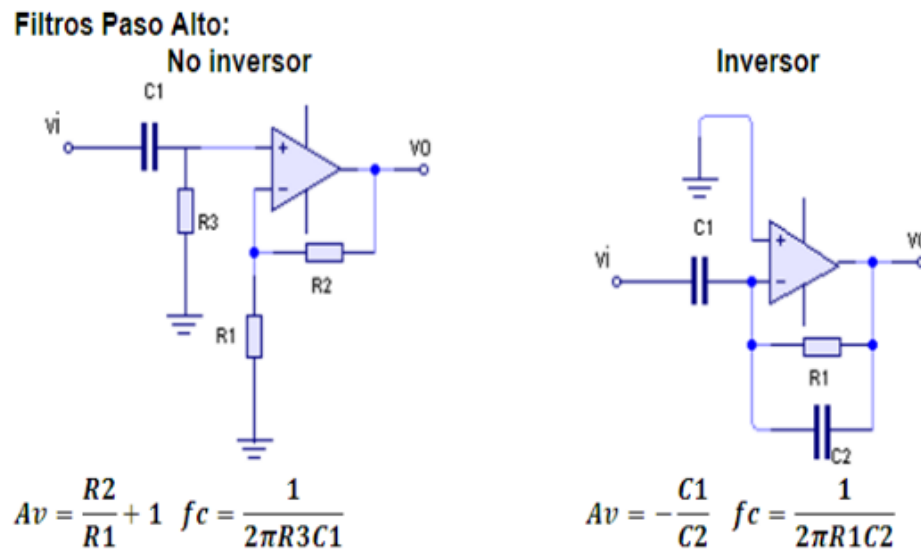


Ilustración 45. Filtro pasa altos.

Podemos concluir que, los circuitos integradores son filtros pasa bajos y los circuitos diferenciadores son filtros pasa altos (Portero, 1996).

Para calcular valores, generalmente me proporcionan el valor de la frecuencia de corte ejemplo 1500Hz, con este dato defino un valor del condensador ejemplo 47k, con este dato despejo la Resistencia, hallando así todos los valores del circuito, de la fórmula:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (11)$$

### 3.5.3. FILTRO RECHAZA BANDAS

Es un circuito amplificador que incorpora condensadores en la red de entrada y en la realimentación. Para frecuencias muy bajas, la impedancia de  $C2$  se hace tan grande que la ganancia del circuito crece mucho. Para frecuencias muy altas, la impedancia de  $C1$  se hace tan pequeña que la ganancia crece igualmente (Portero, 1996).

Por lo tanto, el conjunto rechaza las señales cuyas frecuencias caigan entre dos valores que son  $F1$  y  $F2$ , las cuales están dados por:

$$F_{c1} = \frac{1}{2\pi R1C1} \quad (12)$$

$$F_{c2} = \frac{1}{2\pi R2C2} \quad (13)$$

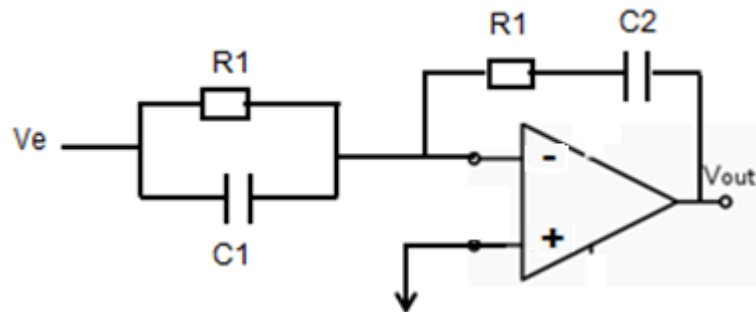
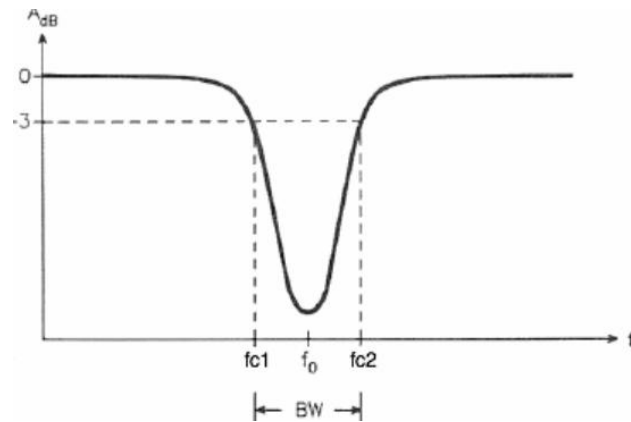


Ilustración 46. Circuito de frecuencia  $F_{c1}$ .



*Ilustración 47.* Circuito de frecuencia  $F_{c2}$ .

#### 3.5.4. SIMULACIÓN DE LOS FILTROS EN PROTEUS

**Filtro pasa bajos.** En la Ilustración 48 se representa un circuito filtro pasa bajos, el cual está compuesto por 3 etapas. La etapa **1**, corresponde a una señal de entrada senoidal, la cual se conecta a la etapa **2**, que hace las veces de filtro y está compuesta por resistencia condensador y un elemento activo de referencia TL084. La etapa **3** es una señal de salida, la cual permite el paso de frecuencias bajas de la señal de entrada.

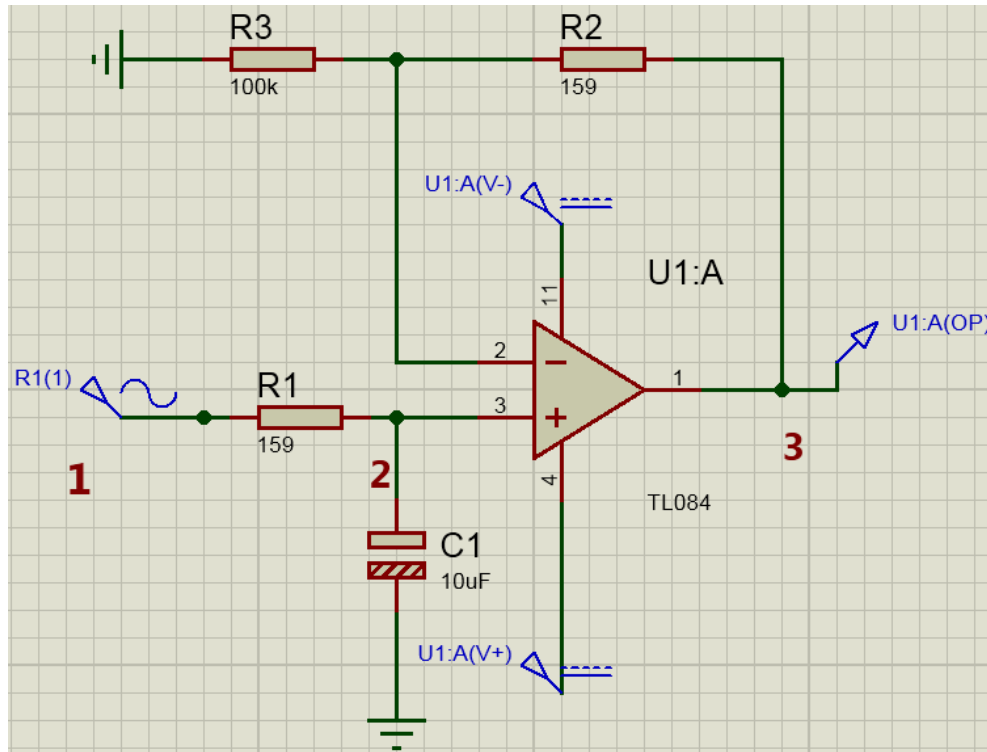


Ilustración 48. Simulación de filtros pasa bajos en Proteus.

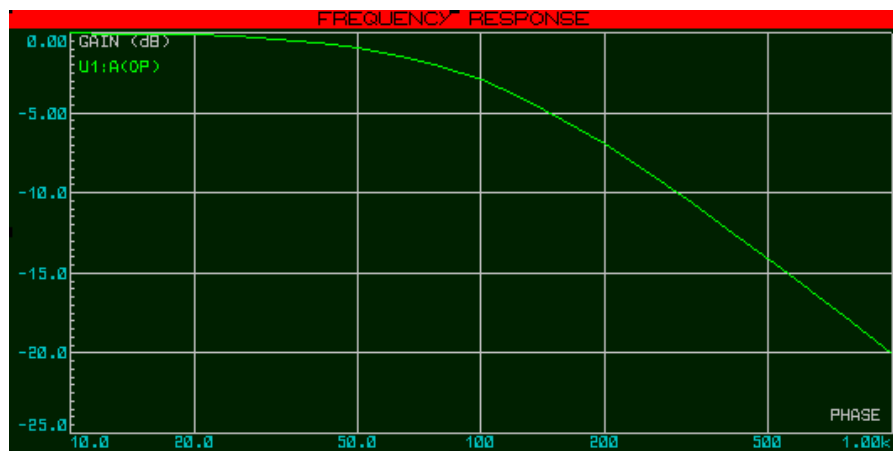


Ilustración 49. Señal senoidal del circuito filtro pasa bajos.

**Filtro pasa altos.** En la Ilustración 50 representa un circuito filtro pasa altos, el cual está compuesto por 3 etapas. La etapa **1**, corresponde a una señal de estrada senoidal, la cual ese conecta a la etapa **2**, que hace las veces de filtro y está compuesta por

Condensador, resistencias y un elemento activo de referencia TL084. La etapa **3** es una señal de salida, la cual permite el paso de frecuencias altas de la señal de entrada

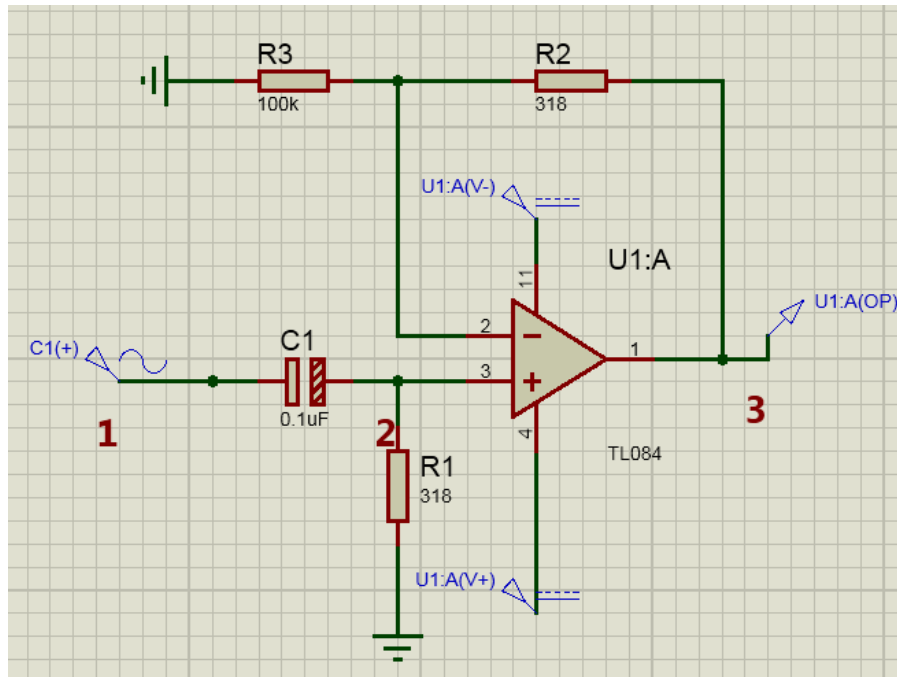


Ilustración 50. Simulación de filtros pasa altos –Proteus.



Ilustración 51. Señal senoidal del circuito simulación filtro pasa altas.

**Filtro rechaza banda:** La Ilustración 52 representa un circuito filtro rechaza bandas, el cual está compuesto por 3 etapas. La etapa **1**, corresponde a una señal de entrada senoidal, la cual ese conecta a la etapa **2**, que hace las veces de filtro rechaza banda y está compuesta por elementos pasivos resistencia-condensador conectados en serie y condensador-resistencia conectados en paralelo los cuales van conectados a elementos activo TL084, conformando el filtro rechaza bandas. La etapa **3**, es una señal de salida, la cual rechaza las frecuencias altas y las bajas de la señal de entrada.

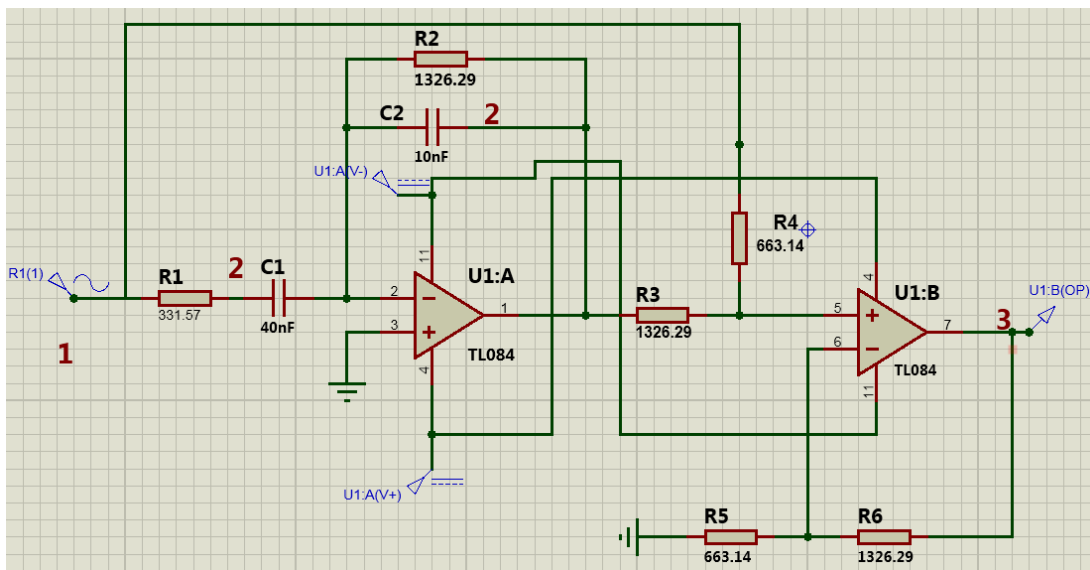
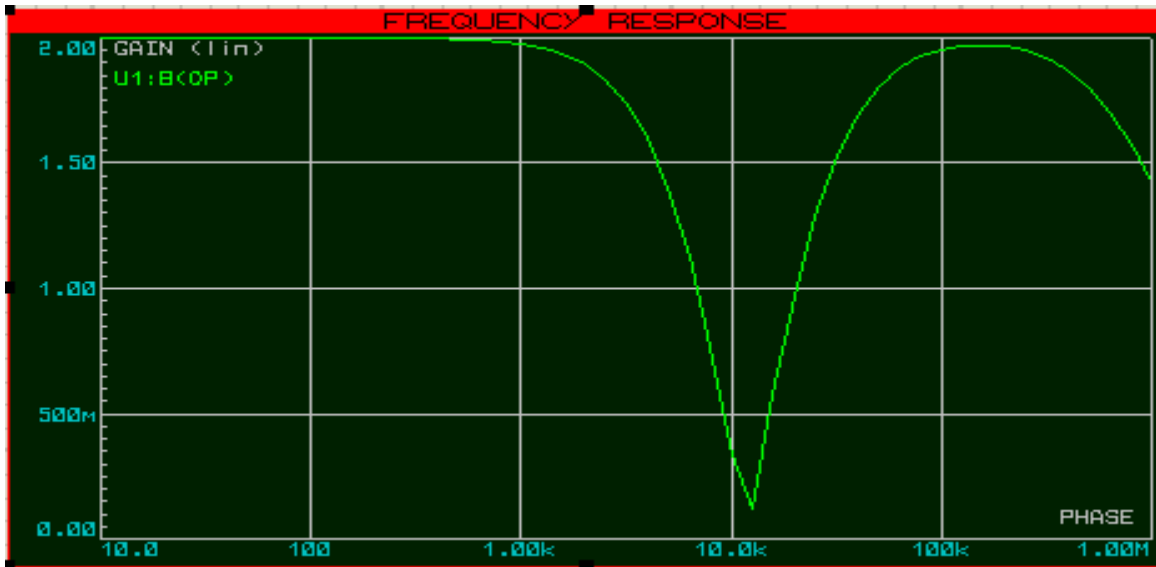


Ilustración 52. Simulación de filtros rechaza bandas en Proteus.





*Ilustración 53.* Señal senoidal del circuito simulación filtro rechaza bandas.

### 3.5.5. DISEÑO PCB DE LOS FILTROS

En la Ilustración 54 se observan cada uno de los circuitos de los filtros en el sistema esquemático de Eagle. También, en esta sección se puede observar el diseño en esquemático de Eagle del circuito y su imagen para su planchado en PDF a la baquelita (Ilustración 55 e Ilustración 56).

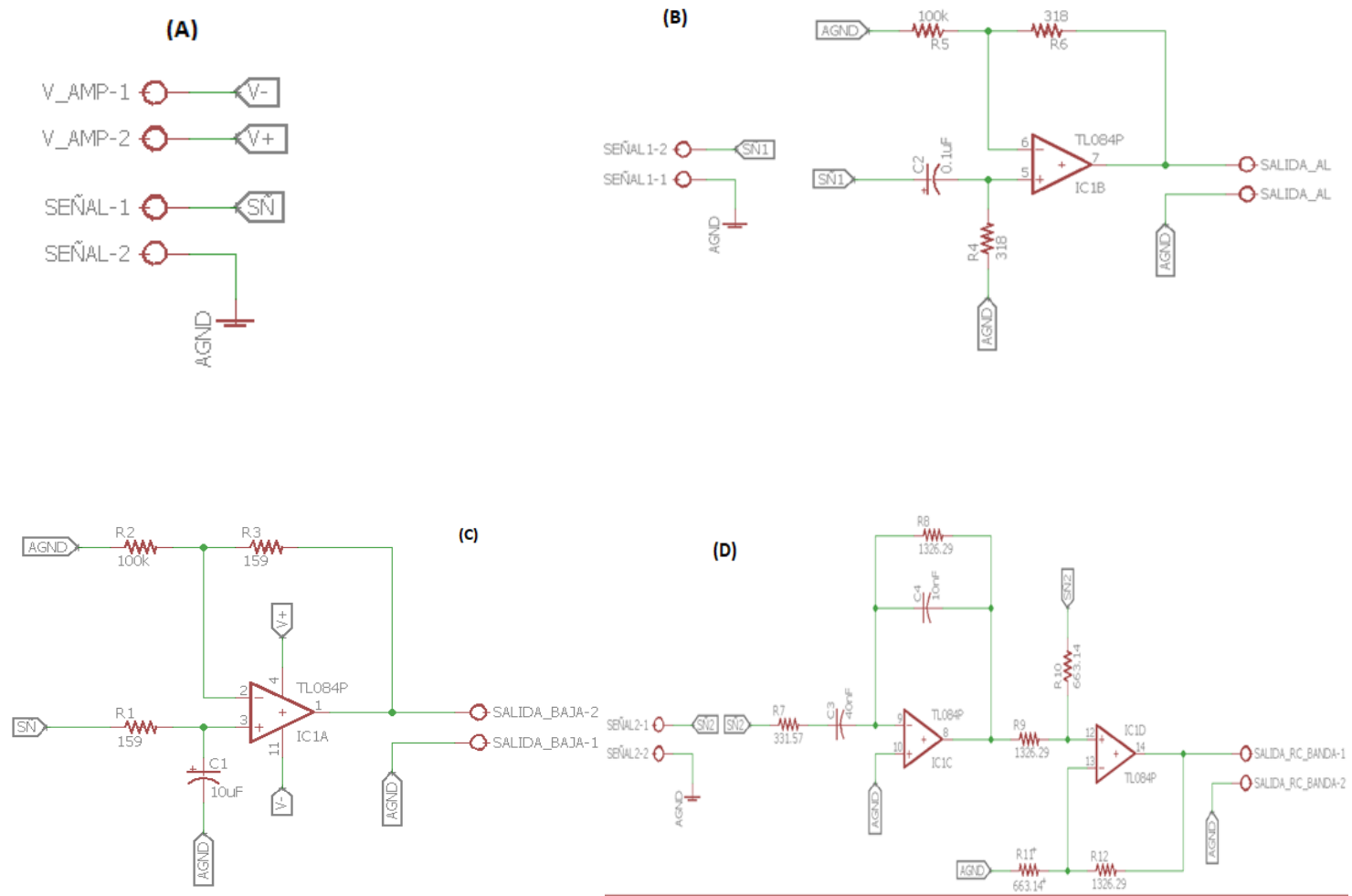


Ilustración 54. Circuitos de los filtros: (A) Alimentación, (B) Filtro pasa altos, (C) Filtro pasa bajos, (D) Filtro rechaza banda.

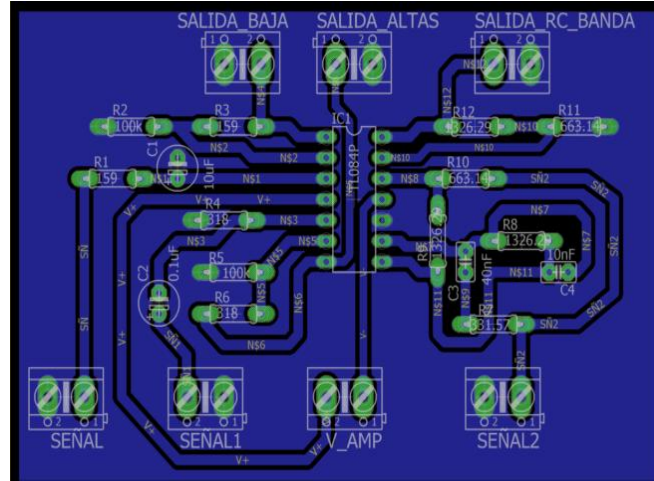


Ilustración 55. Diseño PCB de los filtros – Eagle.

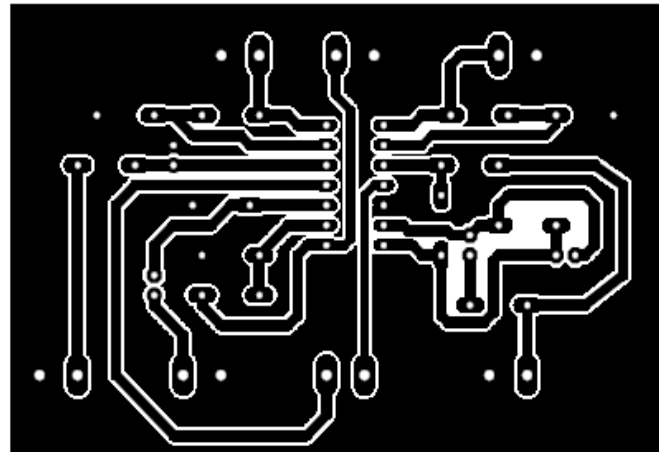
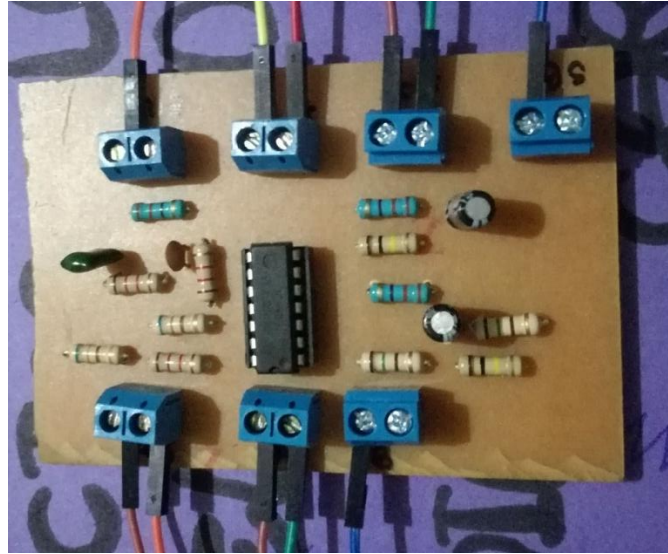


Ilustración 56. Diseño PCB de los filtros – PDF.

### 3.5.6. PROTOTIPO DE LOS FILTROS

En la Ilustración 57 se observa el resultado del proceso del circuito, en este implementamos el montaje de los tres filtros activos (pasa bajos, pasa altos y rechaza bandas), en una sola tarjeta impresa, así como se puede observar el circuito cuenta con una mejor presentación.



*Ilustración 57. Circuito 3 filtros activos.*

*Tabla 5. Componente para el circuito.*

Componentes para el circuito	Valores
Resistencias	100k, 151k, 13.18, 31.57, 26.29, 663.14
Capacitores	0.1 $\mu$ f – 10nF – 40nF
Borneras	2 PUESTOS
Integrado	TL084

### 3.6. CONTROL DE POSICIÓN PARA UN MOTOR DC A TRAVÉS DE PID

#### 3.6.1. EXPLICACIÓN DEL DISEÑO

A la entrada del circuito encontramos que este se alimenta con 12 VDC y -12V DC. Se utiliza una fuente simétrica (dual) porque con un voltaje (+) se mueve el motor en sentido horario y con el voltaje (-) se mueve antihorario.

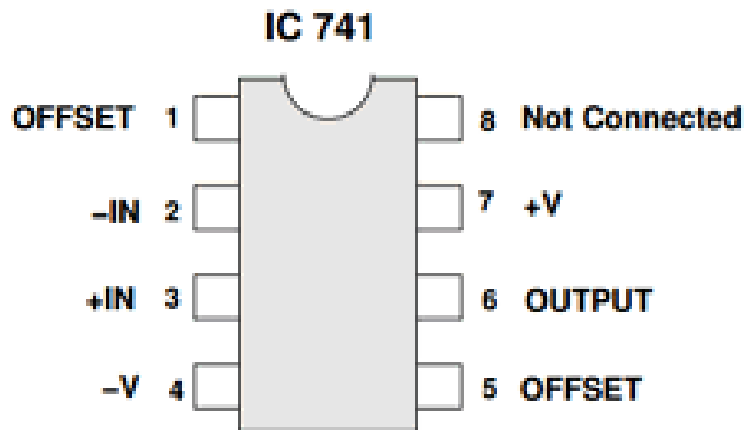
Luego, este voltaje se dirige al potenciómetro R7 que va a un amplificador en modo restador que es el encargado de hacer las veces de comparador de la señal de entrada con el potenciómetro que rija al que está acoplado al motor, de ahí vuelve a su ciclo de

comparación. Luego, la señal entra a el control proporcional que es el encargado de igualar el error con el valor deseado. En este, el motor va a hacer la diferencia de que el sentido sea mínimo del valor deseado, esa trata de llegar al valor deseado, pero nunca llega a él. De ahí va a el control I integral este elimina errores pasados. Al existir errores por corregir, se agrega este control que es el encargado de eliminar el error y acercase más al valor deseado.

Luego, va al control derivativo este es el encargado de eliminar errores futuros. Este es el encargado de hacer la estabilización de la señal que ni se pase ni baje del valor deseado.

Luego va al sumador que las dos señales las suma y sale una señal invertida positiva, luego va a un seguidor para que mantenga la señal que va a activar el par complementario de transistores que es un NPN y un transistor PNP, estos son los encargados de controlar la corriente deseada del motor, ya que si se manda la señal directamente del seguidor no se movería el motor.

Ahora se mueve el motor y el cual mueve el potenciómetro y vuelve a su ciclo de realimentación y así realiza su proceso.



*Ilustración 58.* Datasheet del OP 741.

### 3.6.2. SIMULACIÓN DEL PID EN PROTEUS

La Ilustración 59 muestra la simulación del circuito del PID, el cual está compuesto por cinco etapas. **La etapa 1** consta de 2 entradas, una es la señal de entrada del circuito y la otra que hace las veces de determinar el valor de referencia del sistema de control. **La etapa 2** es el circuito restador inversor U1, el cual hace las veces de comparación de la señal. **La etapa 3** está compuesta por los componentes de la parte proporcional integral y derivativa, los circuitos integrados U3 corresponde a la parte proporcional, el circuito integrado U2 corresponde a la parte integral y el circuito integrado U4 que corresponde a la parte derivativa. **La etapa 4** corresponde al circuito del sumador inversor U5. **La etapa 5** corresponde al seguidor y el par complementario de transistores que son los encargados de darle la corriente deseada al motor.

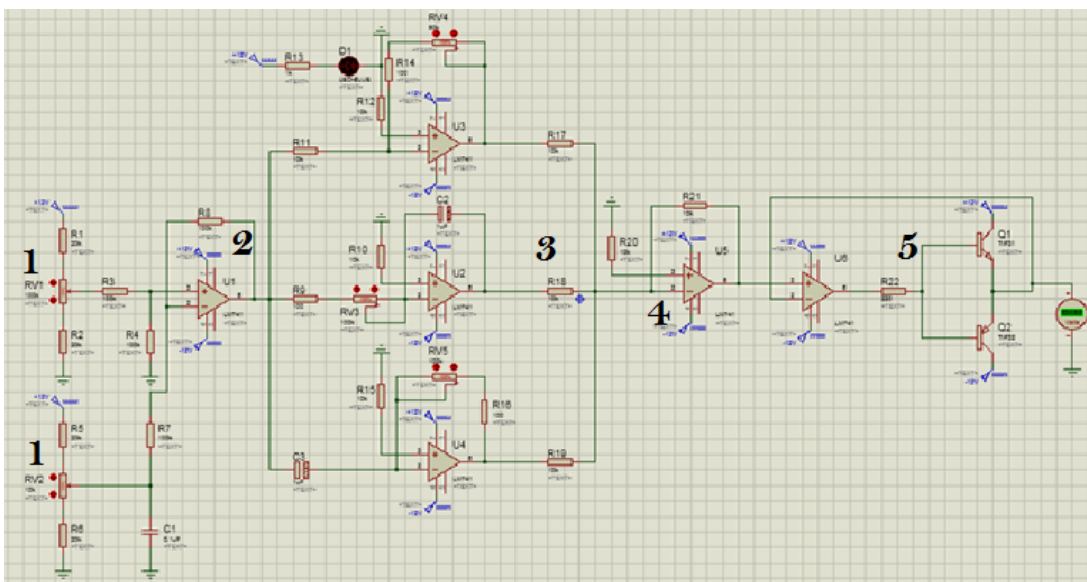


Ilustración 59. Simulación control posición de un motor DC en Proteus.

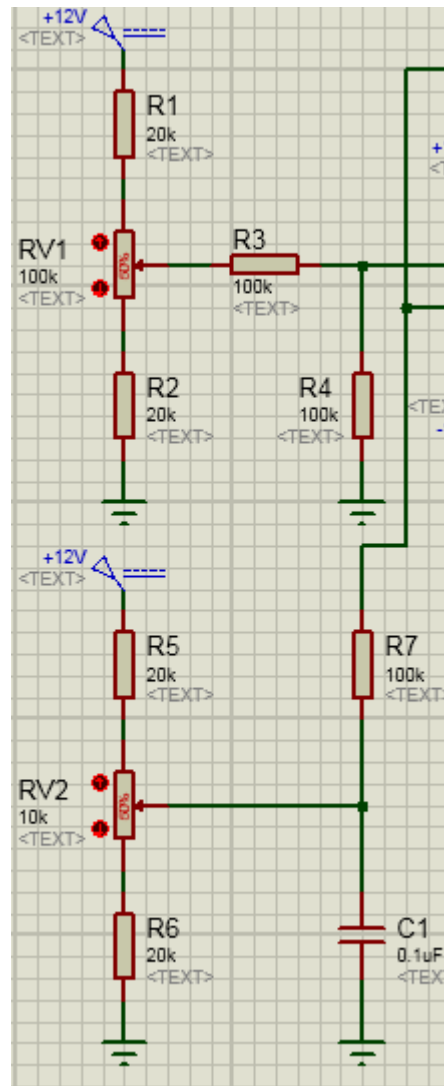


Ilustración 60. Etapa 1 PID.

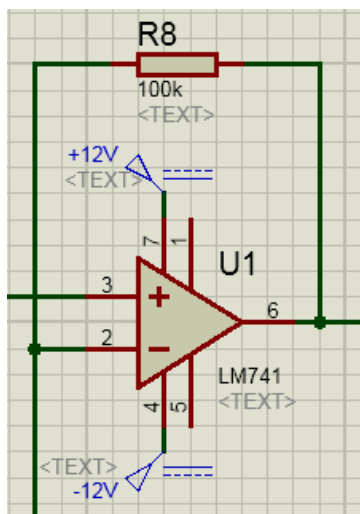


Ilustración 61. Etapa 2 PID.

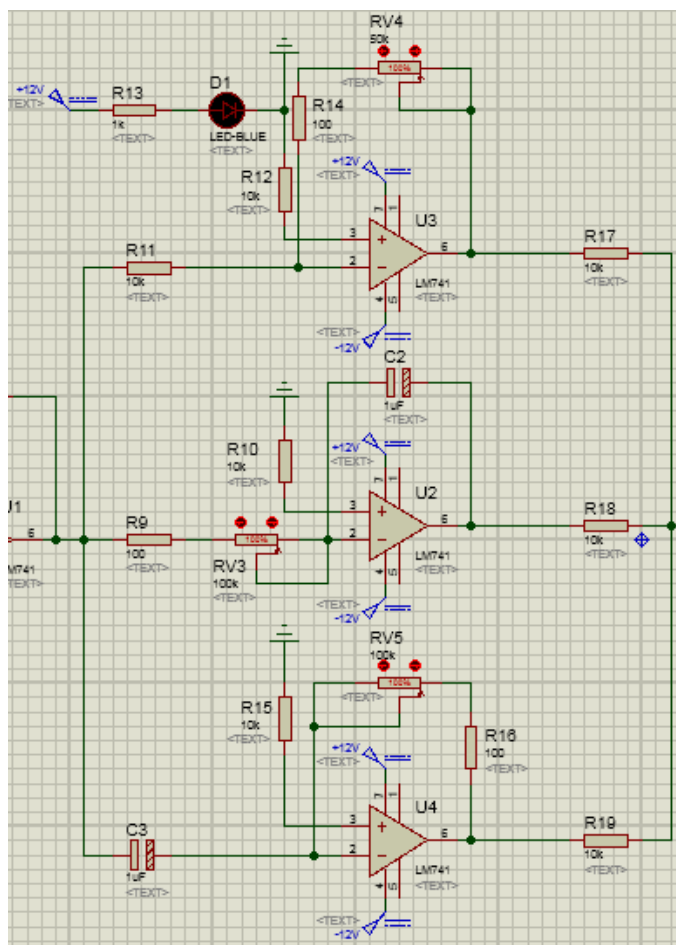


Ilustración 62. Etapa 3 PID.



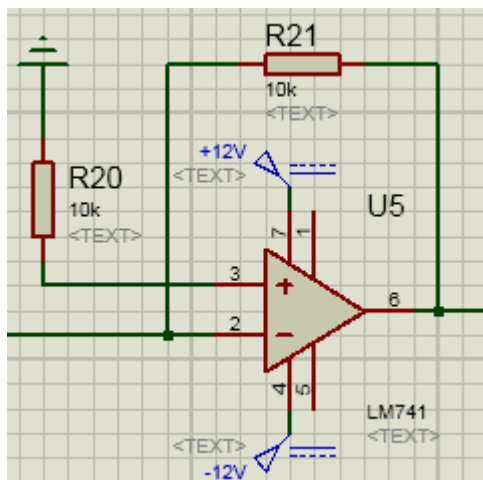


Ilustración 63. Etapa 4 PID.

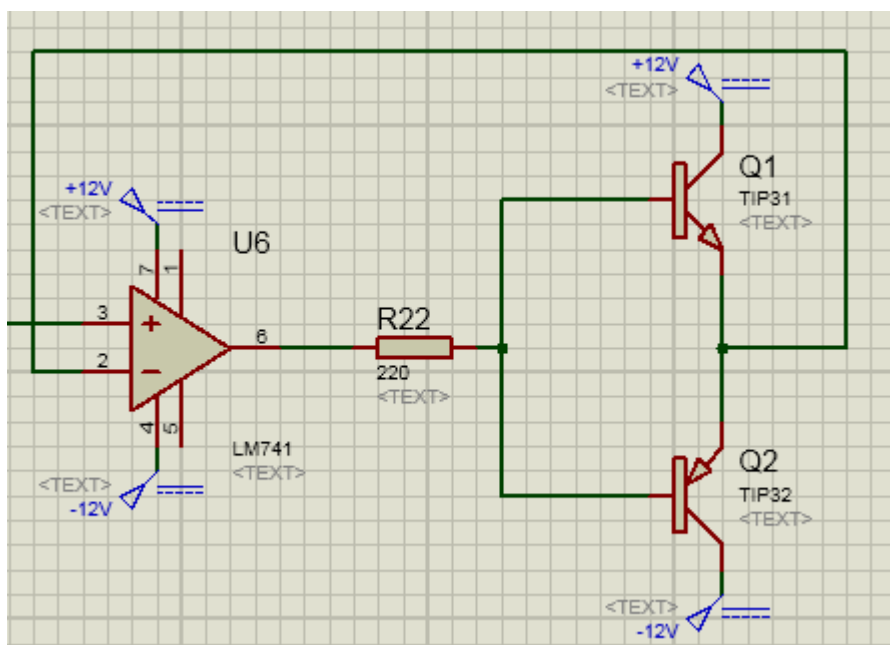



Ilustración 64. Etapa 5 PID.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 3.6.3. DISEÑO PCB DEL PID

En esta sección se puede observar el diseño en esquemático de Eagle del circuito. Ilustración 65 adicional se colocara por etapas para mejor visualización y su imagen para su planchado en PDF a la baquelita (Ilustración 72, Ilustración 73)

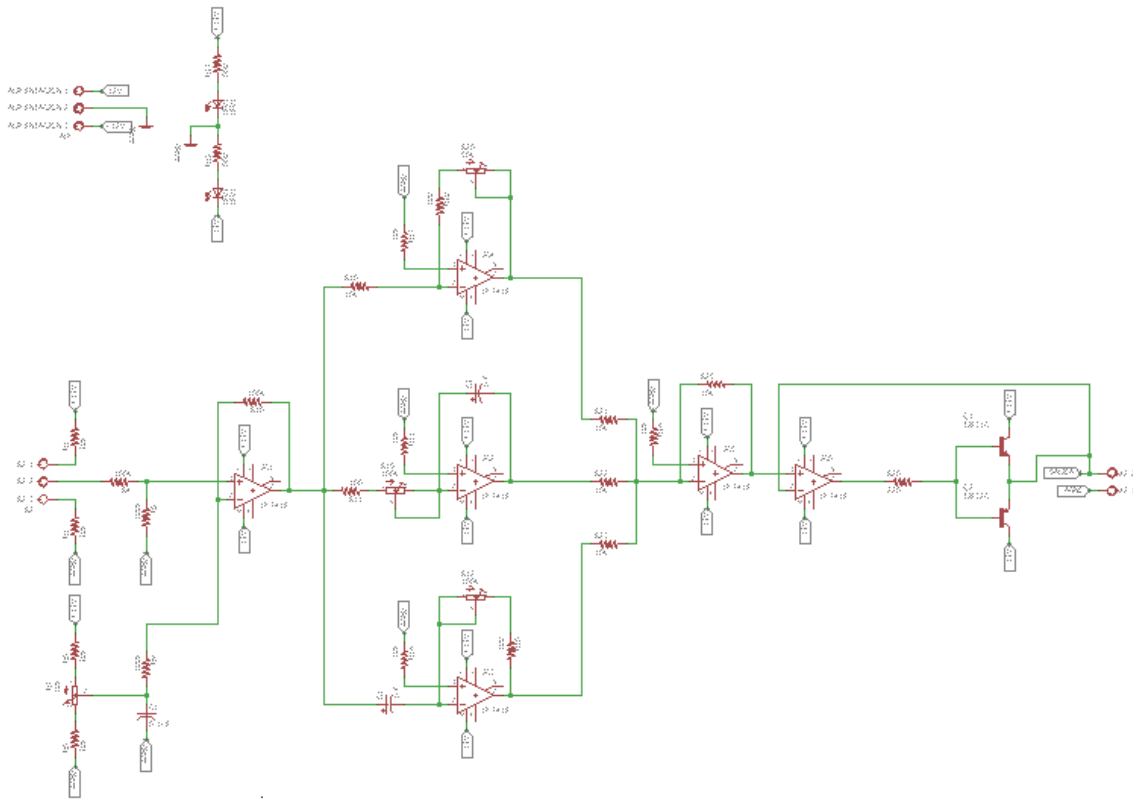


Ilustración 65. Circuito esquemático en eagle del PID.

A continuación, se presentan las ilustraciones de las etapas del circuito esquemático de Eagle para mayor visualización:

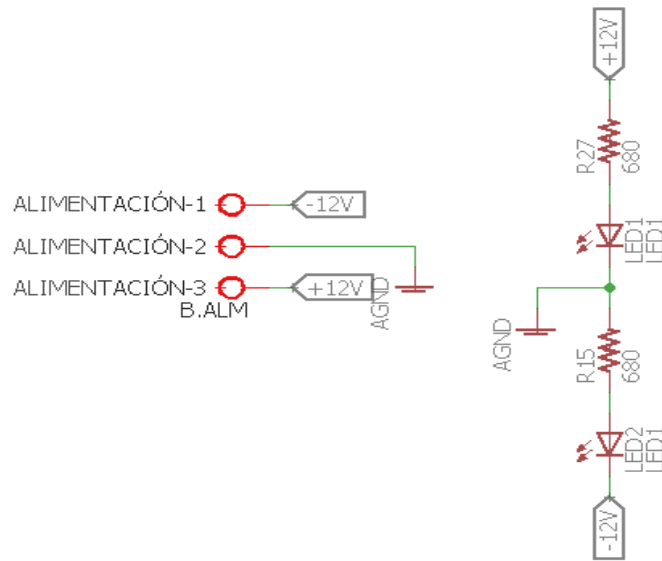


Ilustración 66. Etapa de alimentación.

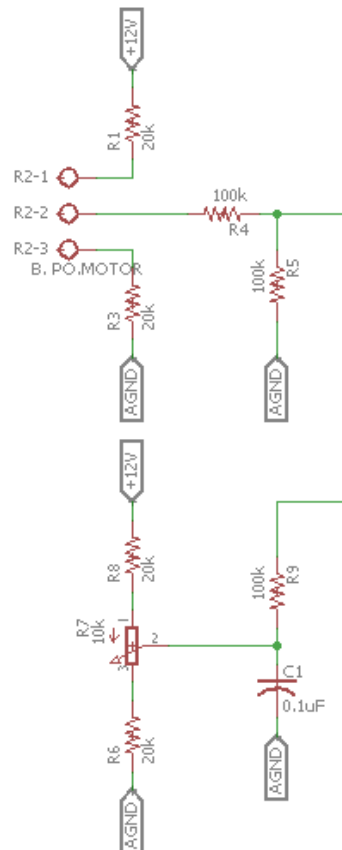


Ilustración 67. Etapa bornera potenciómetros comparadores.

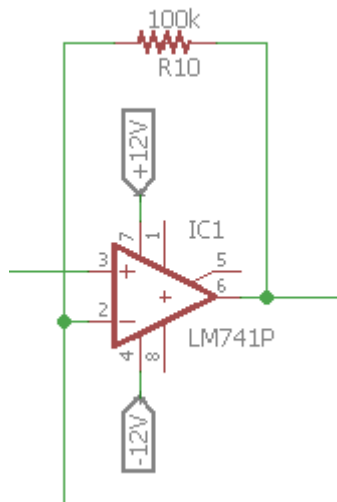


Ilustración 68. Etapa restadora inversora.

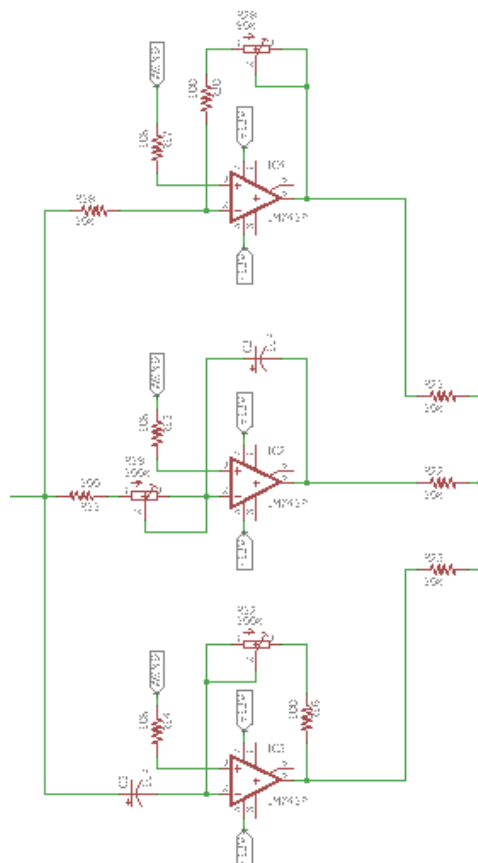


Ilustración 69. Etapa control PID.

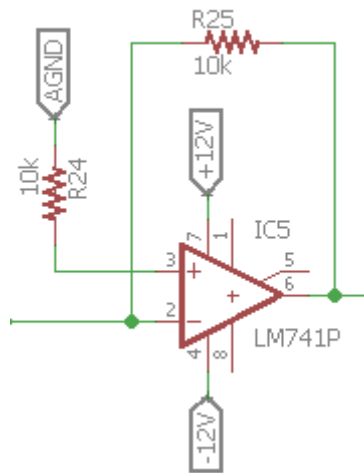


Ilustración 70. Etapa sumador inversor.

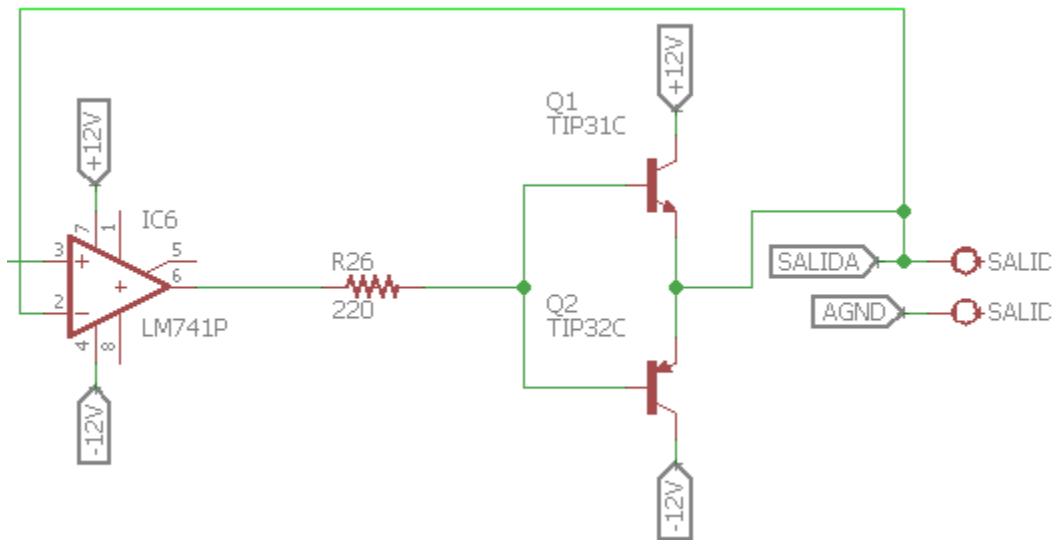


Ilustración 71. Etapa seguidor y salida de la señal al motor.

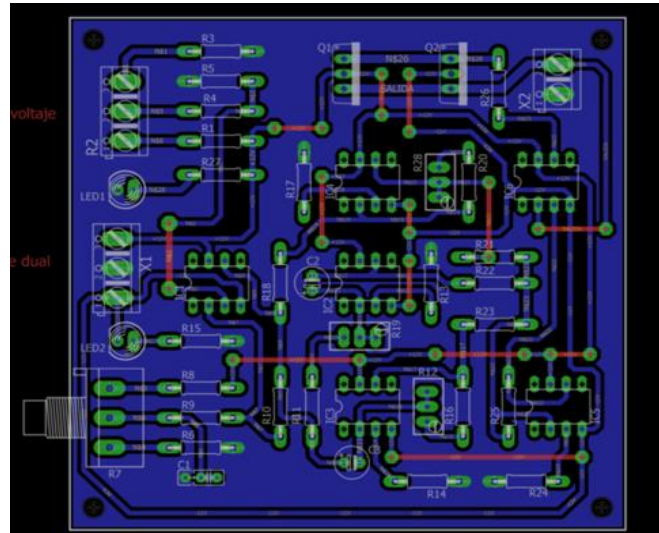


Ilustración 72. Diseño de 3 filtros activos – Eagle.

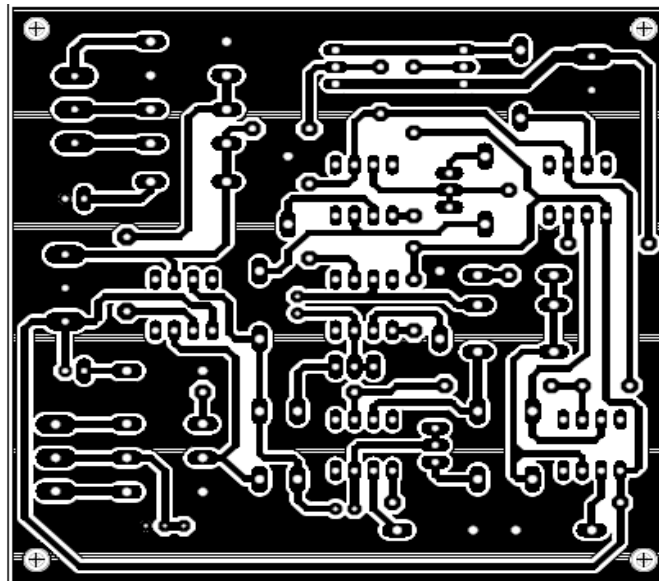



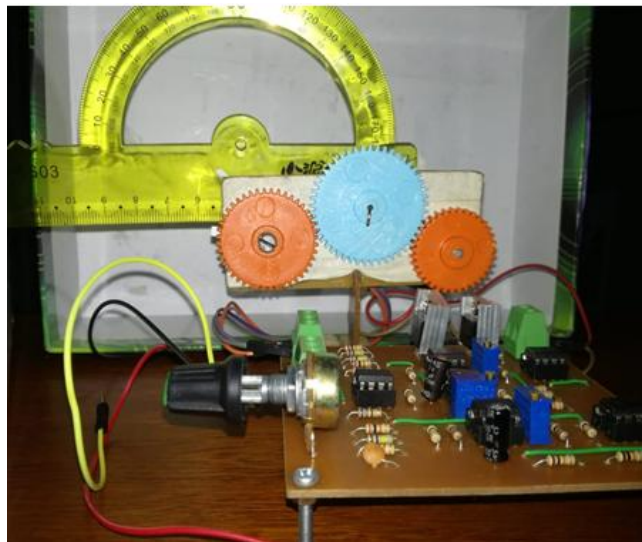
Ilustración 73. Diseño de 3 filtros activos – PDF.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


### 3.6.4. PROTOTIPO DEL SISTEMA PID

La Ilustración 74 corresponde al circuito físico impreso implementado con cada uno de sus componentes.

Como se puede observar en la ilustración del prototipo PID cuenta con una escuadra, esta me indica que grado de giro tiene el engranaje del motor; después de verificarlo nos damos cuenta que tiene un giro de  $45^\circ$ .



*Ilustración 74.* Circuito control posición de un motor DC.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

### 4.1. LABORATORIO

Durante la práctica en el laboratorio de Circuitos Eléctricos y Electrónicos del ITM se garantizó que el laboratorio cumpliera efectivamente con la prestación del servicio a la comunidad ITM, al cuidado de los equipos y a la correcta utilización del espacio. Además de responder a manera satisfactoria a las exigencias del laboratorista encargado.


### 4.2. SEMILLERO MMCC

En el 2017-2 el grupo de estudio MMCC (Ilustración 75) hace presencia dentro de la institución ofreciendo espacios para el aprendizaje del lenguaje de programación Python; este se convierte en la base inicial para el desarrollo de proyectos y temáticas de investigación en acústica y sonido.



*Ilustración 75. Semillero MMCC.*




	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En el 2018-1, ya siendo semillero, cuenta con espacios de reunión como el laboratorio de artes digitales y su estudio de grabación (Figura 38), para el desarrollo de proyectos que no solo compete al trabajo de grado de algunos estudiantes, sino que a su vez genera nuevas propuestas de investigación con la voz humana.



*Ilustración 76. Laboratorio de audio.*

A partir de lo aprendido en el semillero MMCC, se lleva a cabo procedimientos que ayudan a la elaboración de los proyectos; a continuación, se describen los resultados que durante el desarrollo se evidencian.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 5.CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---


Las prácticas de laboratorio es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje para afianzar la fundamentación teórica y desarrollar habilidades y destrezas en los estudiantes en las diferentes áreas del conocimiento.

El trabajo experimental fue fundamental para potenciar aspectos relacionados con capacidades de razonamiento y pensamiento, podríamos afirmar que la educación científica quedaría incompleta sin haber obtenido alguna experiencia práctica o a nivel de laboratorio.

### 5.1. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones hacen referencia a cada uno de los proyectos desarrollados a lo largo del trabajo de grado.

- Analizamos que para el circuito amplificador de audio era mejor descartar la configuración del pin 8 del amplificador, ya que si lo conectábamos esta configuración le aumentaba el ruido al circuito.
- En el circuito mezclador de audio le agregue unos filtros a la entrada del audio para disminuirle el ruido al circuito
- Opte en colocarle resistencias al circuito del vúmetro a las salidas del amplificador para mayor protección de los leds, ya que estos sin la protección se estaban quemando los leds.
- Concluí que para los circuitos de los filtros había que comprar resistencias comerciales que más se asemejaran a las calculadas, ya que estas daban unos valores pequeños o muy grandes y no se consiguen en el mercado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Realice un análisis a profundidad con el circuito PID, ya que realizaba el montaje de este circuito y no funcionaba su proceso PID. Analice que los puntos de soldadura deben ser bien fuertes para que haga un buen contacto y tenga un mejor funcionamiento.
- Se concluye que es mejor realizar una prueba de laboratorio en protoboard de los circuitos, esto con el fin

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Se sugiere que, a nivel de la institución se dé continuidad al trabajo de semilleros, y se extienda para todas las áreas de la ingeniería electrónica.


Que se siga fortaleciendo y orientando los trabajos de grado en conjunto con la parte práctica de laboratorio, por el gran aporte que genera esta combinación.

Que los trabajos de grado continúen dejando insumos para enseñanza/aprendizaje de los estudiantes futuros.

## **5.3. TRABAJO A FUTURO**

Con estos proyectos podremos inducir que se ara continuación de hardware para clases de BCD, incursionadas para sistemas realicen la combinación de lo análogo con lo digital.

Se realizará una pedalera con Ras Berry PI. También se tendrá como planificación que el semillero MMCC participe en eventos locales, nacionales e internacionales.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## REFERENCIAS

audiofanzine.com. (2015). Entender las diferentes normas de nivel del audio. Recuperado

5 de agosto de 2018, a partir de <https://es.audiofanzine.com/primeros-pasos/articulos/dossiers/los-niveles-en-el-ambito-digital.html>

EcuRed. (2012). Amplificador Clase B. Recuperado 5 de agosto de 2018, a partir de

<https://goo.gl/ZnPfsb>

Electrónica de Invierno. (2011, mayo 28). Vúmetro a base de leds. Recuperado 29 de julio

de 2018, a partir de <https://goo.gl/U2q5VA>

Electrónica Unicrom. (2015, septiembre 10). Amplificadores de Potencia: clasificación,

clase A, B, AB, C. Recuperado 28 de julio de 2018, a partir de <https://goo.gl/oUhMXx>

Fernández, G. (2011). Matlab tutorial: Noise Cancellation and simple Butterworth filter

design. Recuperado 5 de agosto de 2018, a partir de <https://goo.gl/2fDDxL>

Laiton, W. (2017, enero). Filtro Pasa altos Pasivo de 1er Orden RC. Recuperado 26 de julio

de 2018, a partir de <https://goo.gl/HsgXPQ>

Mora, A. (1999). *Tecnología del control de procesos industriales*. Bogotá: Universidad


Nacional de Colombia.

Pereira, M. (2005). *Amplificadores de audio*. Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao.

Recuperado a partir de <https://goo.gl/4MF7qF>

Portero, M. (1996). *Circuitos integrados lineales: sus aplicaciones*. Madrid: Paraninfo.

TI2-CAW. (2015). Proyectos de electrónica. Recuperado a partir de <https://goo.gl/2LRtNJ>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

UNED. (2009). La señal de audio. Recuperado a partir de <https://goo.gl/YPXL5C>

# APÉNDICE

## APÉNDICE A TABLAS Y FOTOS AMPLIFICADOR DE AUDIO

En esta sección se encontrarán los datos de Excel e ilustraciones de las señales tomadas del osciloscopio.

Tabla 6. Amplificador de audio unidad mV.

Frecuencias In	Voltaje pico-pico	Amplitud	Frecuencia out
4.63 Hz	29.6mV	29.30mV	20.5Hz
10.3Hz	29.6mV	29.30mV	29.2Hz
15.7Hz	29.6mV	29.30mV	28.9Hz
20.5Hz	29.2mV	28.9mV	20.6Hz

En la Ilustración 77 encontramos la respuesta que tuvo el circuito en frecuencia vs amplitud, se puede notar que en las frecuencias bajas se precia la señal y a medida que va aumentando la frecuencia se van atenuando las señales altas.

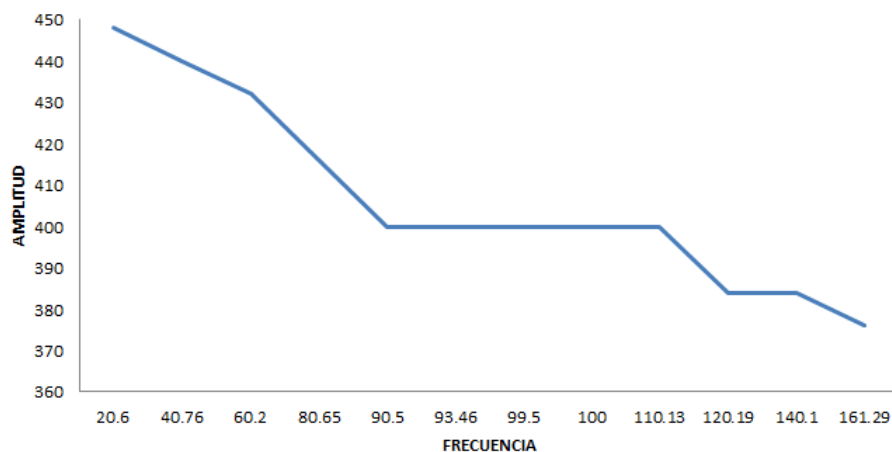



Ilustración 77. Amplificador de audio, respuesta gráfica del circuito de frecuencia vs amplitud

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En las siguientes ilustraciones (Ilustración 78, Ilustración 79, Ilustración 80) tomadas de los osciloscopios del ITM, se observa como a medida que se le aumenta la frecuencia al circuito las señal se va amplificando

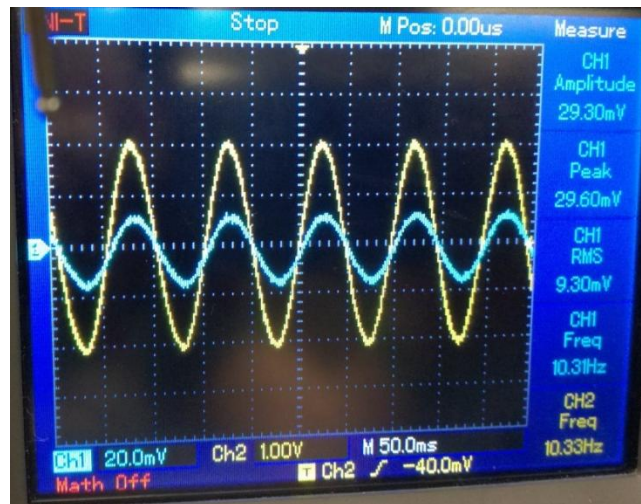


Ilustración 78. Amplificador de audio, señal (10.3Hz).

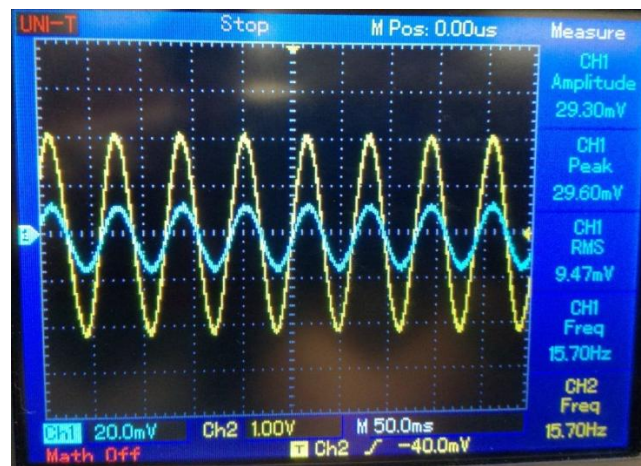


Ilustración 79. Amplificador de audio, señal (15.70Hz).

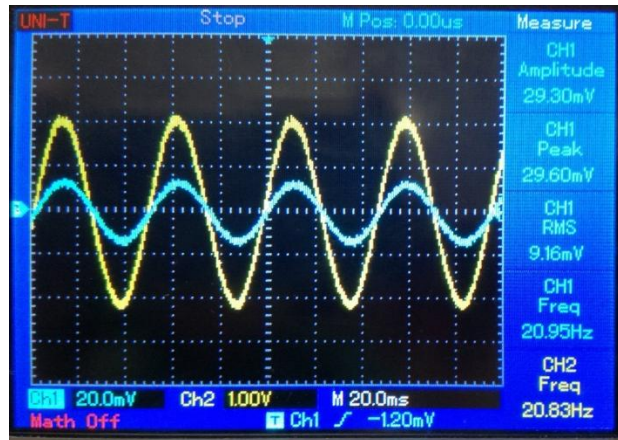


Ilustración 80. Amplificador de audio, señal (20.95Hz).

## APÉNDICE B TABLAS Y FOTOS MEZCLADOR DE AUDIO

Tabla 7. Mezclador de audio.

	FRECUENCIA	VOLTAJE PICO-PICO	AMPLITUD
FRECUENCIA D1	101Hz	5V	4.92V
FRECUENCIA D2	1KHz	230mV	204mV
RESULTADO SUMA	101.63Hz	5.28V	4.88V

	FRECUENCIA	VOLTAJE PICO-PICO	AMPLITUD
FRECUENCIA IZ1	101.63Hz	5V	4.92V
FRECUENCIA IZ2	1KHz	234mV	208mV
RESULTADO SUMA	101.63Kz	5.16V	4.84V

**Señal Azul, RAMPA =200Mv**

En la Ilustración 81 encontramos la respuesta que tuvo el circuito en frecuencia vs amplitud.



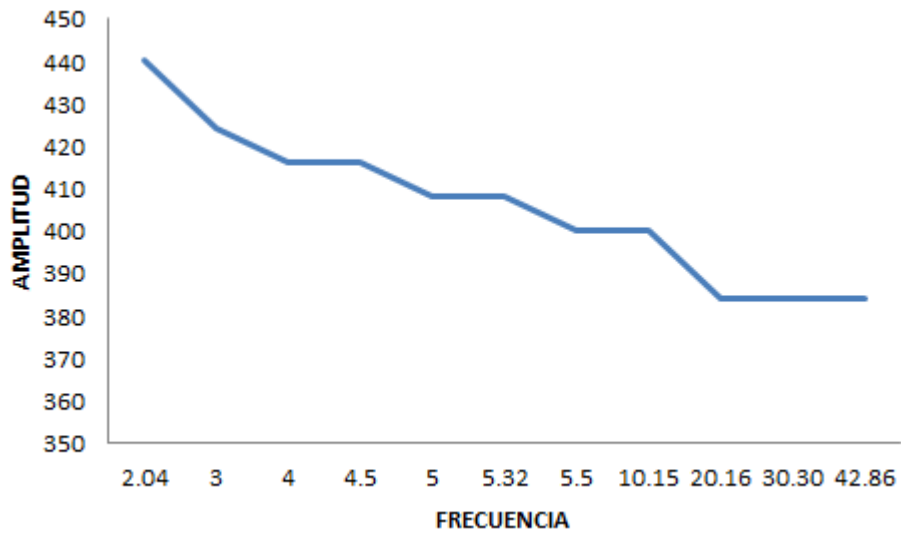


Ilustración 81. Respuesta gráfica del circuito en frecuencia vs amplitud.

En las ilustraciones 82 a 87, tomadas de los osciloscopios del ITM, se observa como a medida que se le aumenta la frecuencia al circuito con la ayuda de un generador de señales, el cual aporta una señal senoidal y rectangular, con el fin de cuando se haga la sumas se las señales se pueda observar su variación, como lo vemos en las siguientes ilustraciones

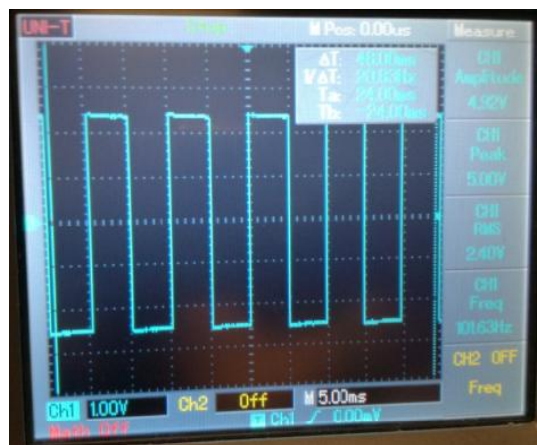


Ilustración 82. Mezclador de audio, derecho 1.

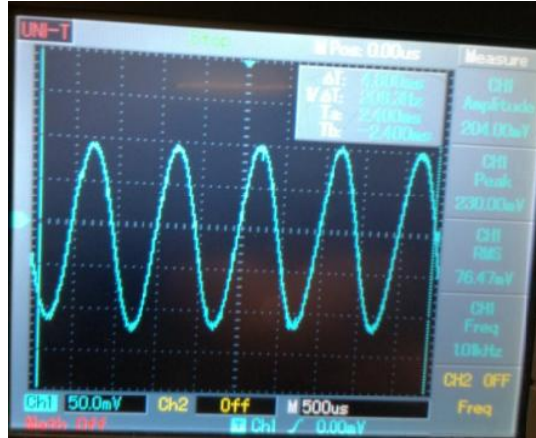


Ilustración 83. Mezclador de audio, derecho 2.

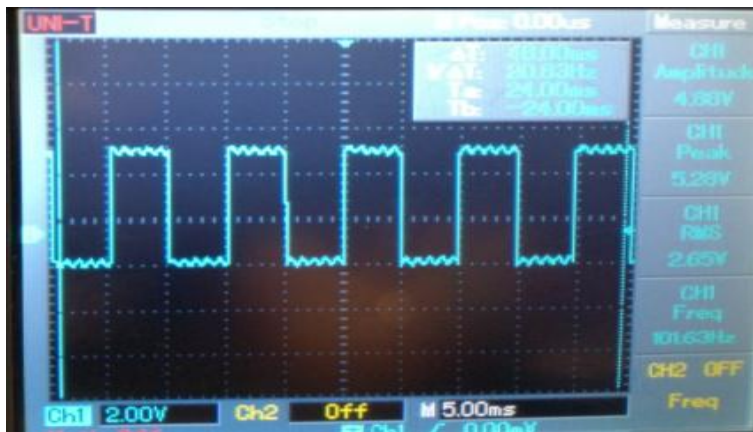


Ilustración 84. Mezclador de audio, suma de derechos.

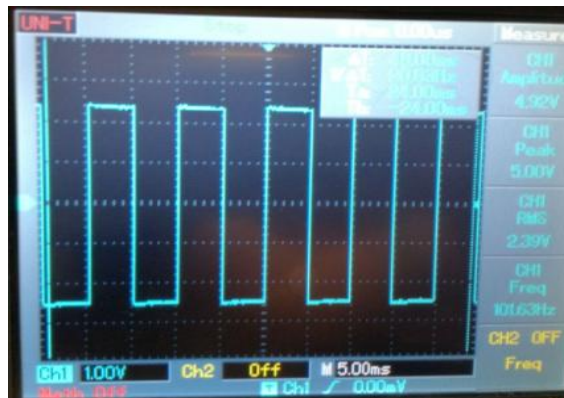


Ilustración 85. Mezclador de audio, izquierdo 1.

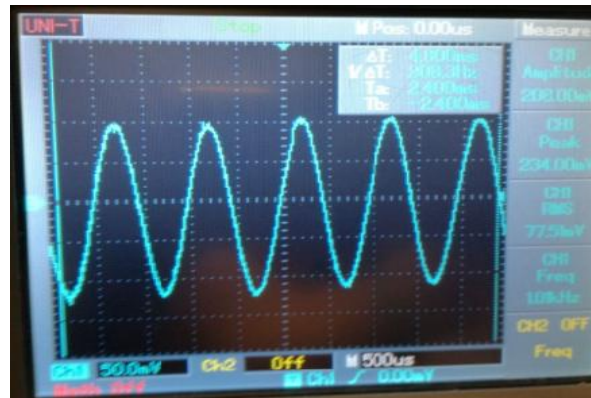


Ilustración 86. Mezclador de audio, izquierdo 2.

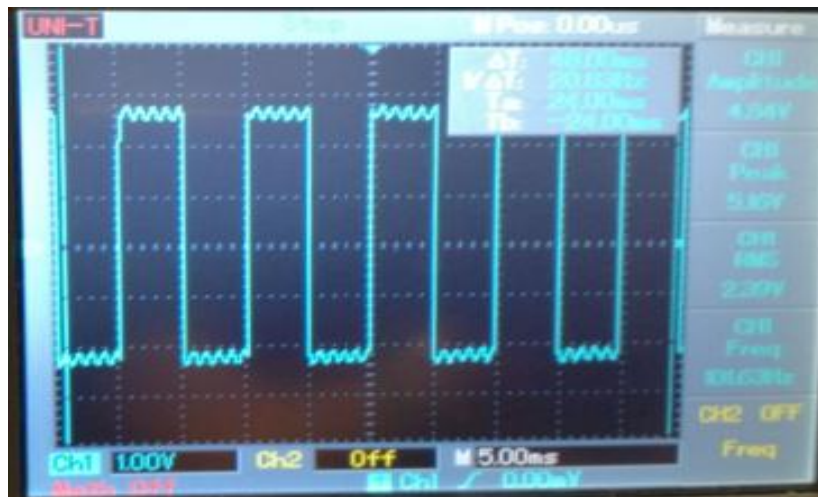


Ilustración 87. Mezclador de audio, suma de izquierdos.

## APÉNDICE C FOTOS VÚMETRO CON LEDES

Tabla 8. Vúmetro.

Frecuencias in	Voltaje pico-pico	Amplitud
1.9	2.68	2.65
3.03	2.65	2.63
5	2.68	2.63
7.59	2.66	2.63
10.02	2.65	2.63

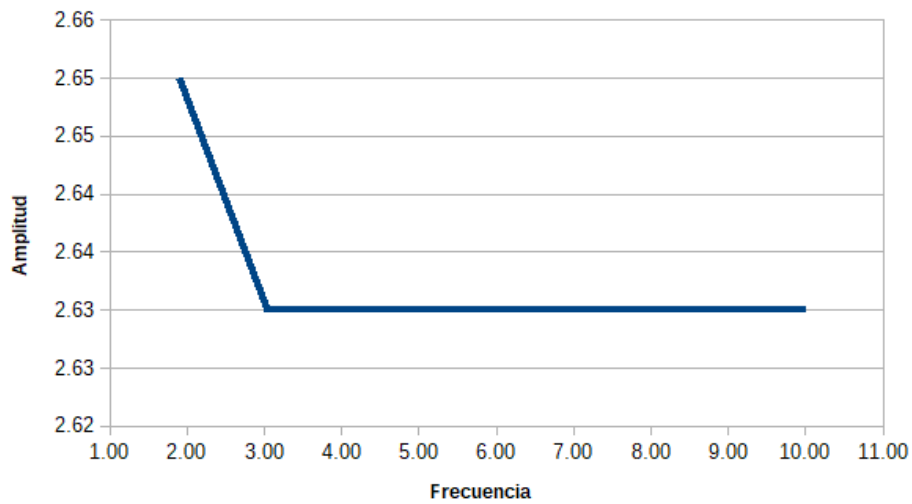



Ilustración 88. Vúmetro, respuesta gráfica del circuito frecuencia vs amplitud.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En las Ilustraciones 90 a 93, tomadas de los osciloscopios del ITM, se observa cómo a medida que se le aumenta la frecuencia al circuito con la ayuda de un generador de señales, se analiza que entre más se aumenta la señal más se va amplificando el circuito.

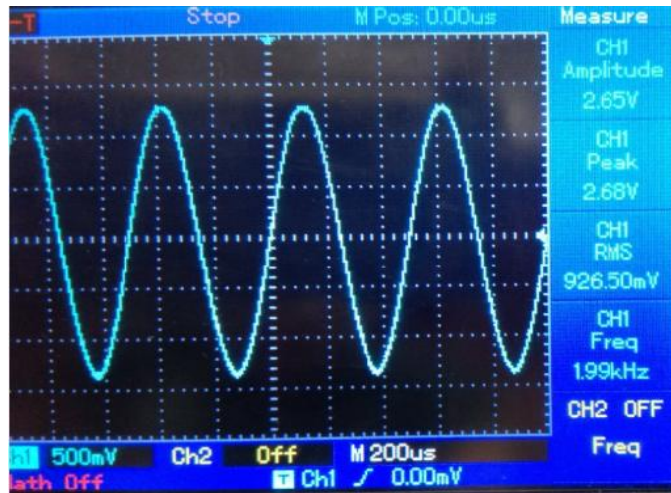
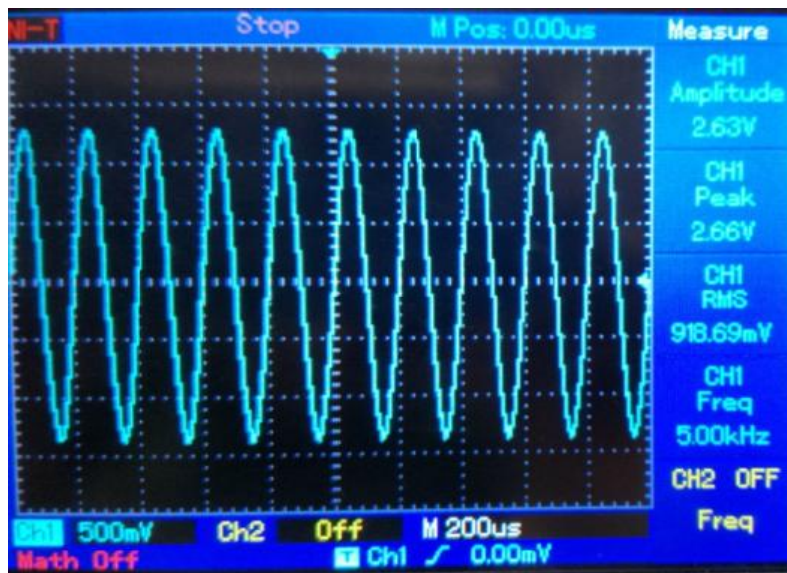


Ilustración 89. Vúmetro con leds, frecuencia 1.




 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Ilustración 90. Vúmetro con ledes, frecuencia 2.

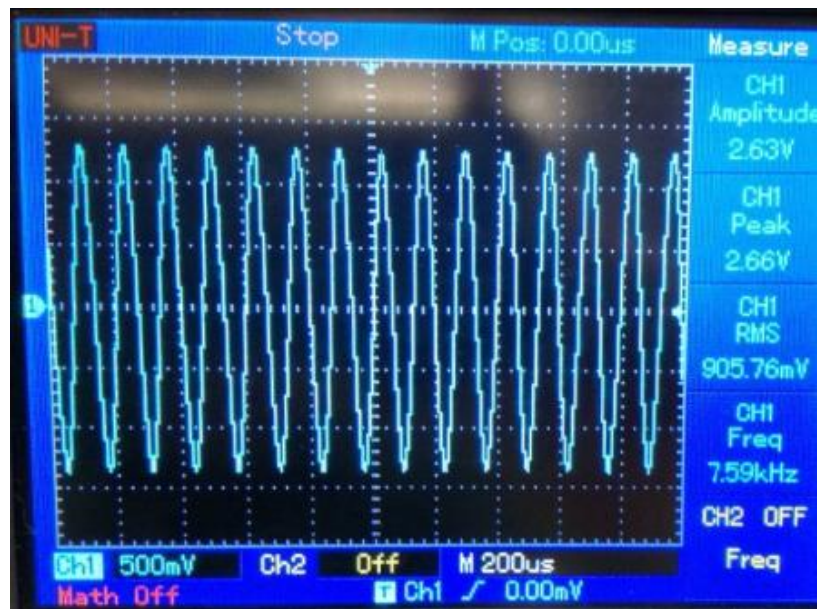



Ilustración 91. Vúmetro con ledes, frecuencia 3.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

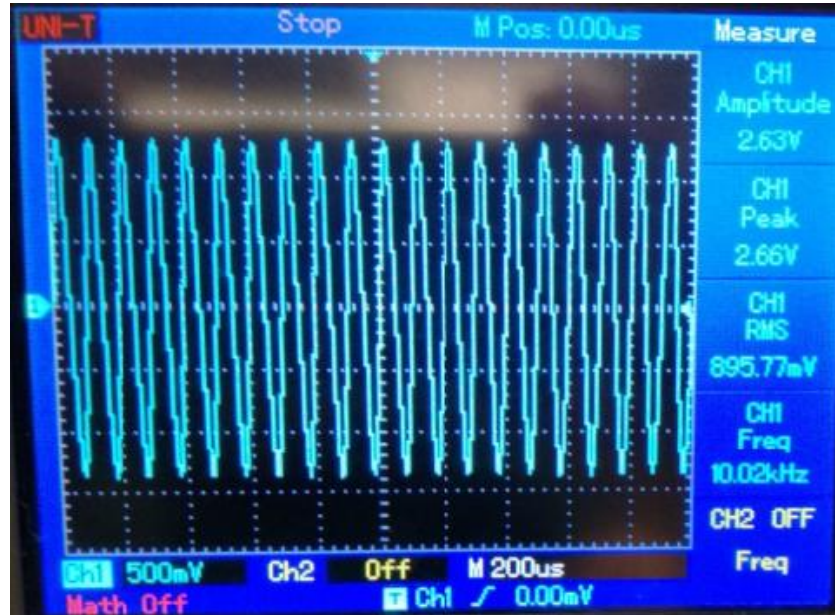


Ilustración 92. Vúmetro con ledes, frecuencia 4.

## APÉNDICE D CÁLCULOS PARA DISEÑO FILTROS ACTIVOS, TABLAS Y FOTOS

### D1. PASA BAJOS

Ecuación de diseño filtro pasa bajas 1er orden


$$R = \frac{1}{2\pi f c C}$$

$$R1 = \frac{AR}{A} - 1$$

$$RF = AR$$

A= la ganancia del filtro.

El valor de C es libre.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

La mínima ganancia es 1 .

Ecuación de diseño filtro pasa bajas activo no inversor de 1er orden  $F_c = 100\text{Hz}$

$F_c = 100\text{Hz}$ , se escoge  $C = 10\mu\text{F}$ , se halla  $R_1 = 100\text{k}\Omega$

$$R = \frac{1}{2\pi \times 100\text{Hz} \times 10\mu\text{F}}$$

$$R = 159.15 \cong 160\Omega$$

$$A = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

$$A = 1 + 15.59\Omega / 100\text{k}\Omega$$

$$A = 1.00159$$

$$R_F = A R_1$$

$$R_F = 1 \times 159.15$$

$$R_F = 129.15 \sim 160\Omega$$

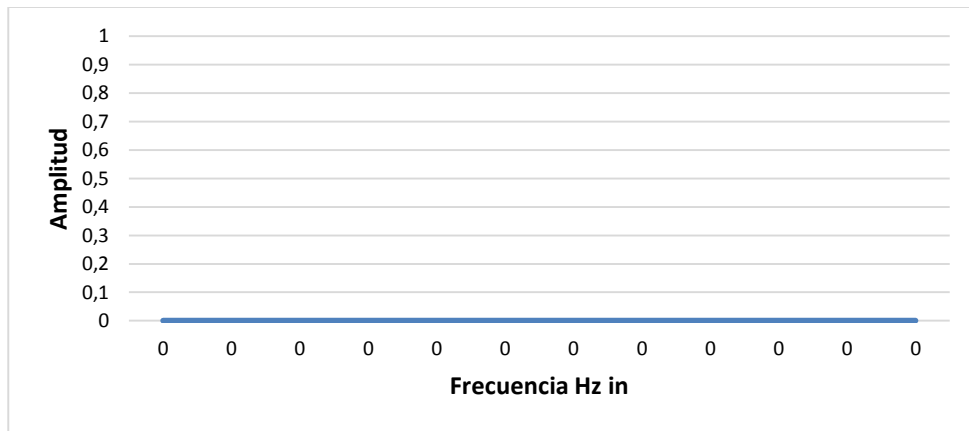


**TABLAS**

Tabla 9. Filtro pasa bajas activo (Frecuencia corte 100 Hz).


Frecuencias Hz in	Voltaje pico-pico	Amplitud	Frecuencia out
20.6	496mV	448	20.60Hz
40.76	480mV	440	40.76Hz
60.2	464mV	432	60.39Hz
80.65	448mV	416	80.66Hz
90.5	480mV	400	90.5Hz
93.46	448mV	400	93.46Hz
99.5	432mV	400	99.01Hz
100.00	432mV	400	100Hz
110.13	432mV	400	110.13Hz
120.19	432mV	384	120.19Hz
140.1	416mV	384	140.85Hz
161.29	416mV	376	160.26Hz

Nota: Señal Azul in = 200mV; Señal Naranja out = 1V



*Ilustración 93.* Filtro pasa bajas activo, Respuesta gráfica del circuito de frecuencia vs amplitud.

En las Ilustraciones 95 a 105, tomadas de los osciloscopios del ITM, se observa cómo a medida que se le aumenta la frecuencia al circuito con la ayuda de un generador de señales, se analiza que si agregamos frecuencias por debajo de la frecuencia de corte el

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

circuito deja pasar la señal baja, pero si comenzamos a aumentar la frecuencia por encima de la frecuencia de corte la señal comienza a atenuarse

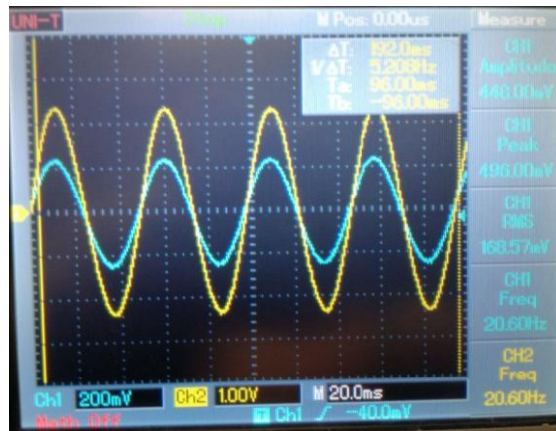


Ilustración 94. Filtro pasa bajo activo 20 Hz.

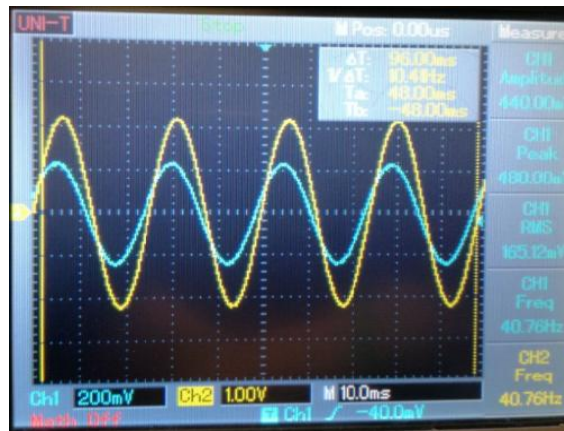


Ilustración 95. Filtro pasa bajos activo 40.76 Hz.

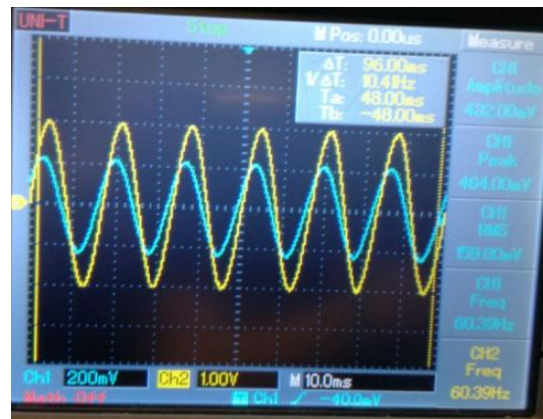


Ilustración 96. Filtro pasa bajos activo 60.39 Hz.

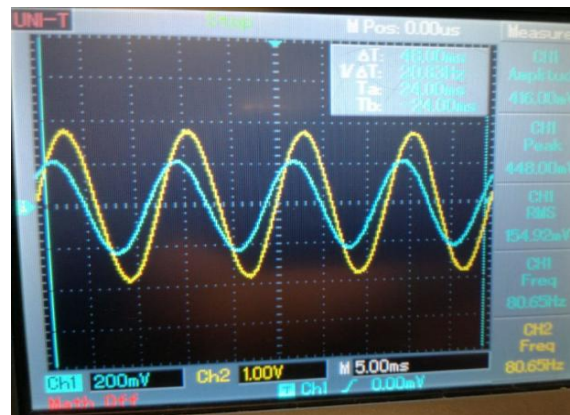


Ilustración 97. Filtro pasa bajos activo 80.5 Hz.

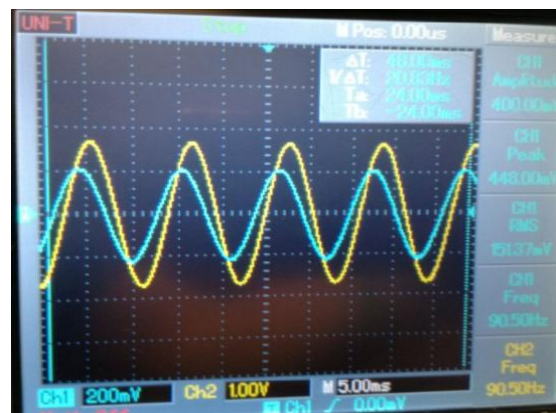



Ilustración 98. Filtro pasa bajos activo 90.5 Hz.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

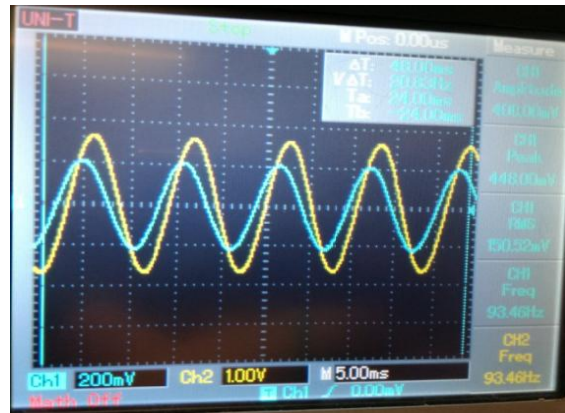


Ilustración 99. Filtro pasa bajo activo 93.446 Hz.

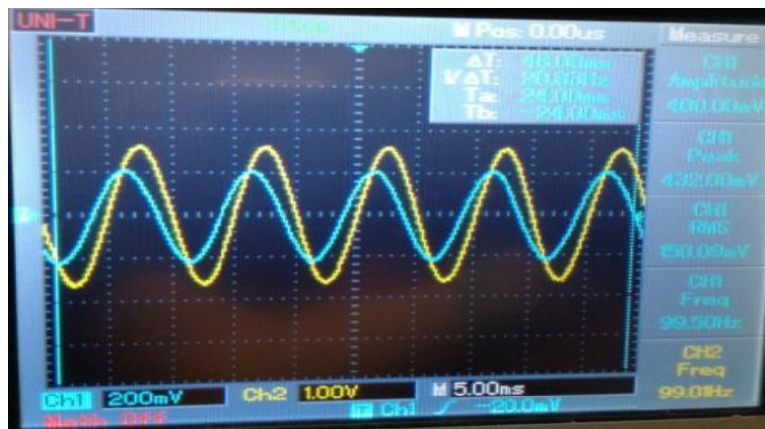
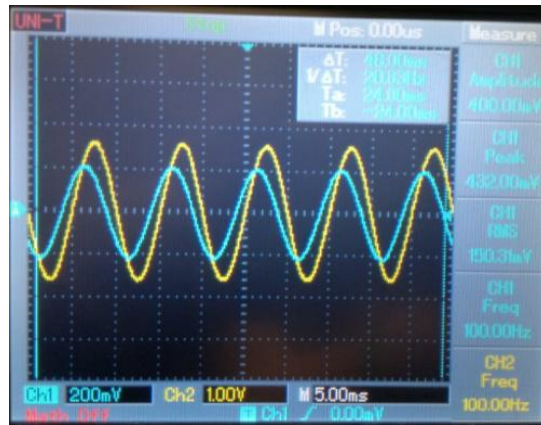
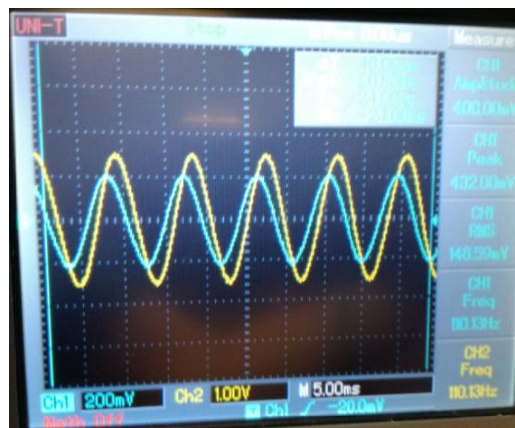


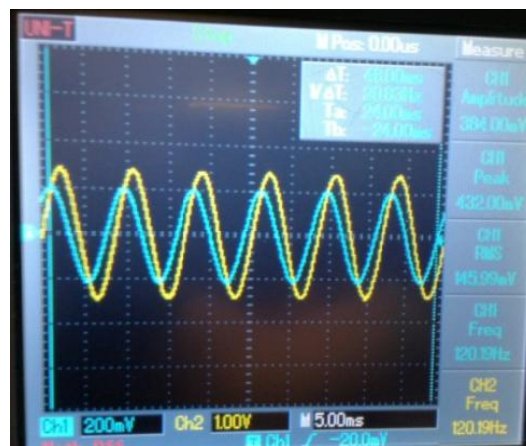
Ilustración 100. Filtro pasa bajos activo 99.5 Hz.




*Ilustración 101.* Filtro pasa bajos activo, frecuencia de corte 100 Hz.



*Ilustración 102.* Filtro pasa bajos activo 110.13 Hz.



*Ilustración 103.* Filtro pasa bajos activo 120.19 Hz.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

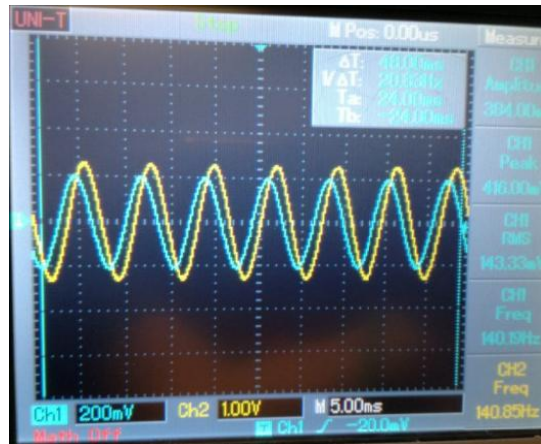


Ilustración 104. Filtro pasa bajos activo 140.1 Hz.

## D2. PASA ALTOS

Ecuación de diseño filtro pasa bajas 1er orden

$$R = \frac{1}{2\pi F_c C}$$

$$R_f = \frac{AR}{A-1}$$

$$R_f = AR$$

$$R_f = \frac{R_f}{R_1} + 1$$

A= ganancia del filtro

La mínima ganancia es 1

El valor de C es libre

Ecuación de diseño filtro pasa altos activo no inversor de 1er orden con  $F_c=5\text{KHz}$

Se escoge  $C = 0.1\mu F$

$$R = \frac{1}{2\pi \times 5000 \times 0.1} \mu\text{F}$$

$$R = 318.30 \cong 320$$

Tabla 10. Filtro pasa altos activo (Frecuencia corte 5KHz).

Frecuencias in	Voltaje pico-pico	Amplitud	Frecuencia out
2.04KHz	480mV	440mV	2.04KHz
3KHz	464mV	424mV	3KHz
4KHz	456mV	416mV	4KHz
4.5KHz	448mV	416mV	4.56KHz
5KHz	448mV	408mV	5.08KHz
5.32KHz	448mV	408mV	5.32KHz
5.5KHz	448mV	400mV	5.49KHz
10.15KHz	432mV	400mV	10.15KHz
20.16KHz	424mV	384mV	20.16KHz
30.30KHz	424mV	384mV	30.12KHz
42.86KHz	424mV	384mV	43.10KHz

Nota: Señal Azul in =200mV; Señal Naranja out = 1V

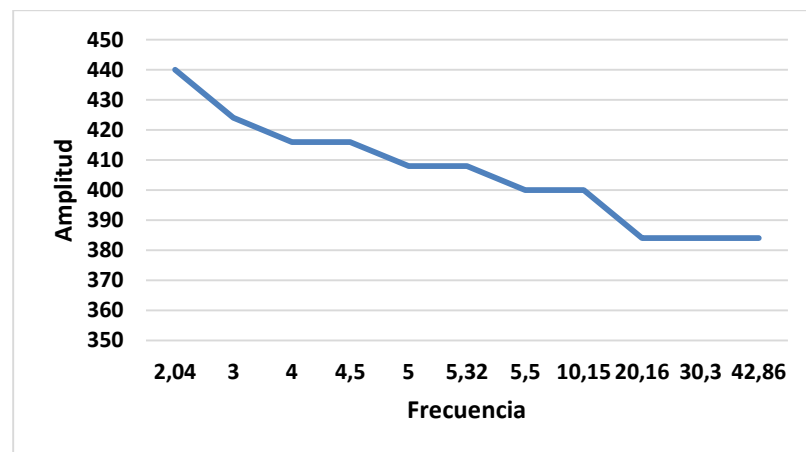



Ilustración 105. Filtro pasa altos activo, respuesta gráfica del circuito de frecuencia vs amplitud.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En las siguientes ilustraciones (Ilustración 106 a la Ilustración 115) tomadas de los osciloscopios del ITM, se observará cómo a medida que se le aumenta la frecuencia al circuito con la ayuda de un generador de señales, se analiza todo lo contrario que con el filtro pasa bajas, este filtro pasa altas cuando ingreso frecuencias por encima de la frecuencia de corte oscila normal mente, pero si le ingreso frecuencias por debajo de la de corte la señal comienza a atenuarse.

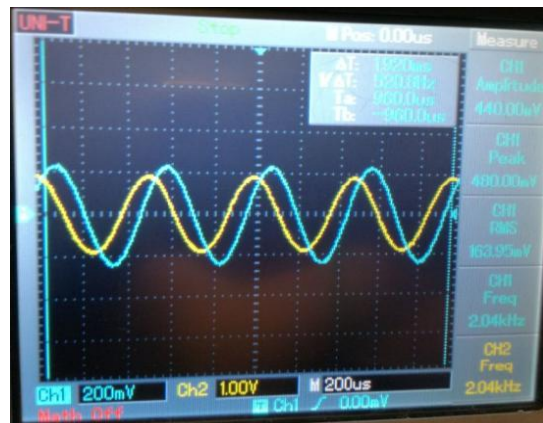


Ilustración 106. Filtro pasa altos activo 2.04 KHz.

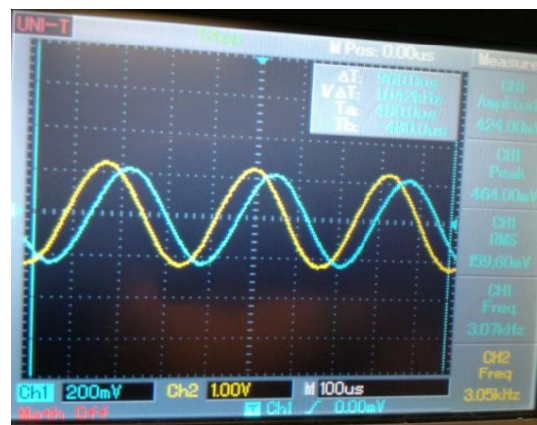


Ilustración 107. Filtro pasa altos activo 3.07 KHz.



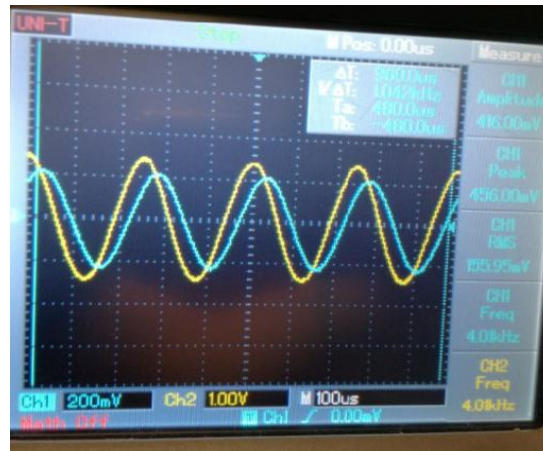


Ilustración 108. Filtro pasa altos activo 4KHz.

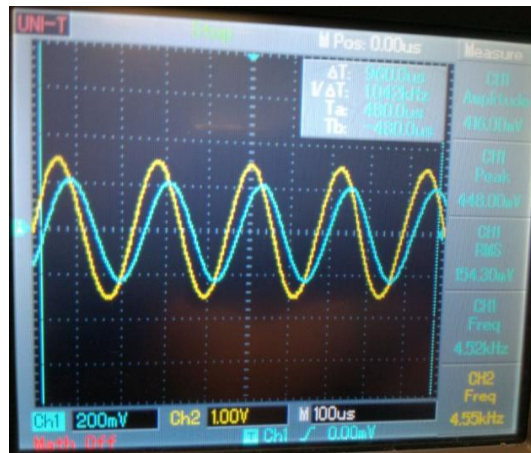


Ilustración 109. Filtro pasa altos activo 4.5 KHz.

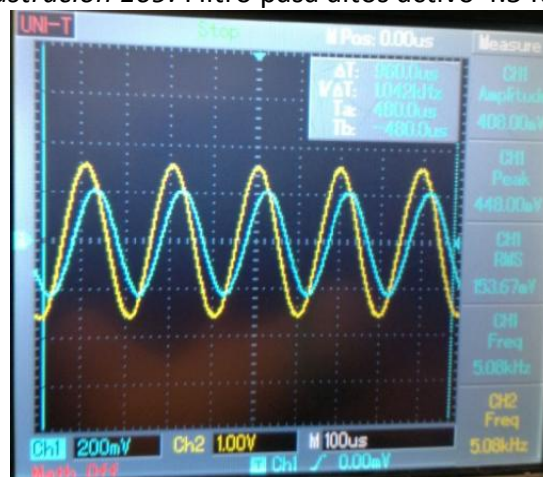


Ilustración 110. Frecuencia de corte 5KHz.

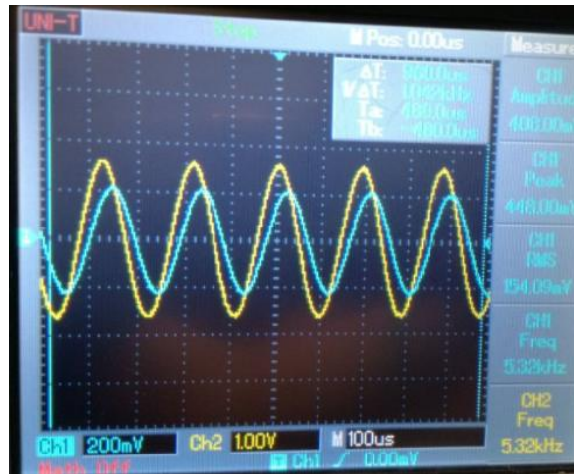


Ilustración 111. Frecuencia de corte 5.3KHz.

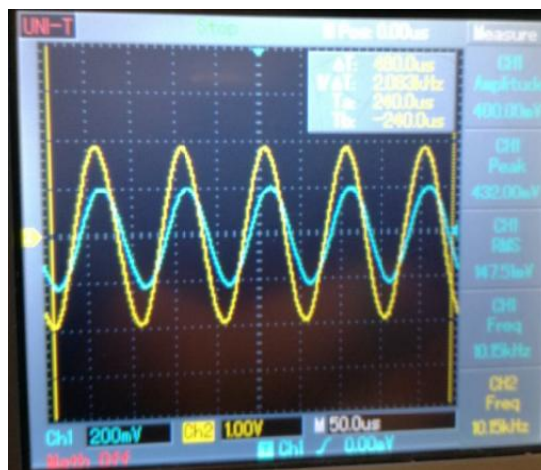


Ilustración 112. Filtro pasa altos activo 10.5KHz.

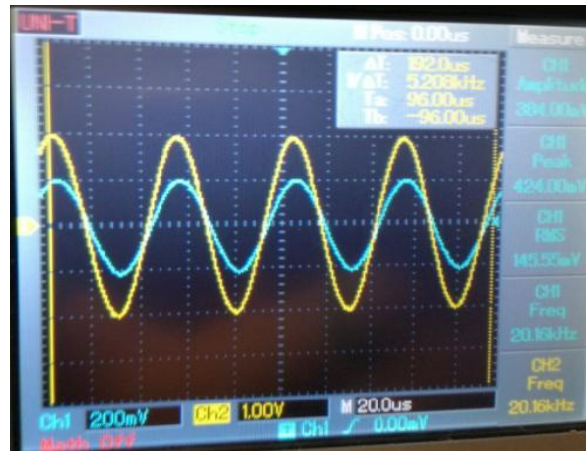


Ilustración 113. Filtro pasa altos activo 20.1KHz.

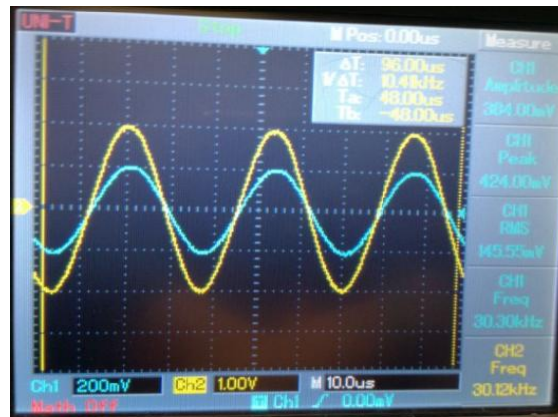


Ilustración 114. Filtro pasa altos activo 30.3KHz.

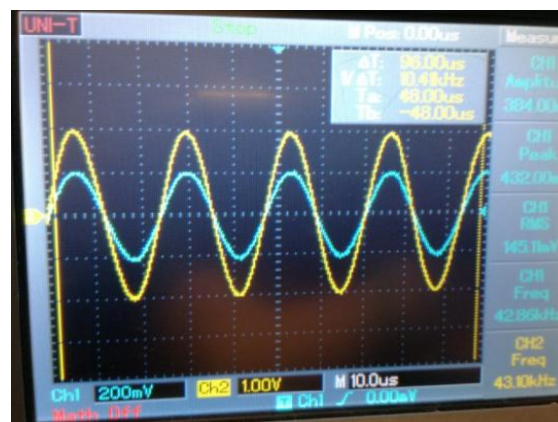



Ilustración 115. Filtro pasa altos activo 42.8KHz.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### D3. RECHAZA BANDAS CON $F_c = 12\text{KHz}$

Ecuación de diseño:

$$B = \frac{1 - \sqrt{1 - 4Q^2}}{2Q^2}$$

$$CPA = \frac{BACpB}{B - 1}$$

$$RPB = \frac{BQ}{2\pi F_o C p B}$$

$$RPA = \frac{Q}{2\pi F_o A C p B}$$

Tener en cuenta:

- El factor de calidad máxima Q debe ser igual o menor a 0.5 adimensional
- La magnitud en la frecuencia de control Fo ideal es cero
- Las magnitudes en las frecuencias de corte A sobre raíz de 2
- El diseño gira en torno al valor del condensador CpB, este valor es libre

Diseño de un filtro activo rechaza bandas RC con una frecuencia de control de 12KHz un factor de calidad Q de 0.5 y una ganancia A de 2


Hallamos B

$$B = \frac{1 - \sqrt{1 - 4(0.5)^2}}{2(0.5)^2}$$

$$B = 2$$

Ahora hallamos RpB

$$RPB = \frac{2(0.5)}{2\pi 12kx2x10nF}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$R_{pB} = 1326.29 \Omega$$

Hallamos  $R_{pA}$

$$R_{pA} = \frac{Q0.5}{2\pi 12kx2x10nf}$$

$$R_{pA} = 339.57\Omega$$

Hallamos  $C_{pA}$

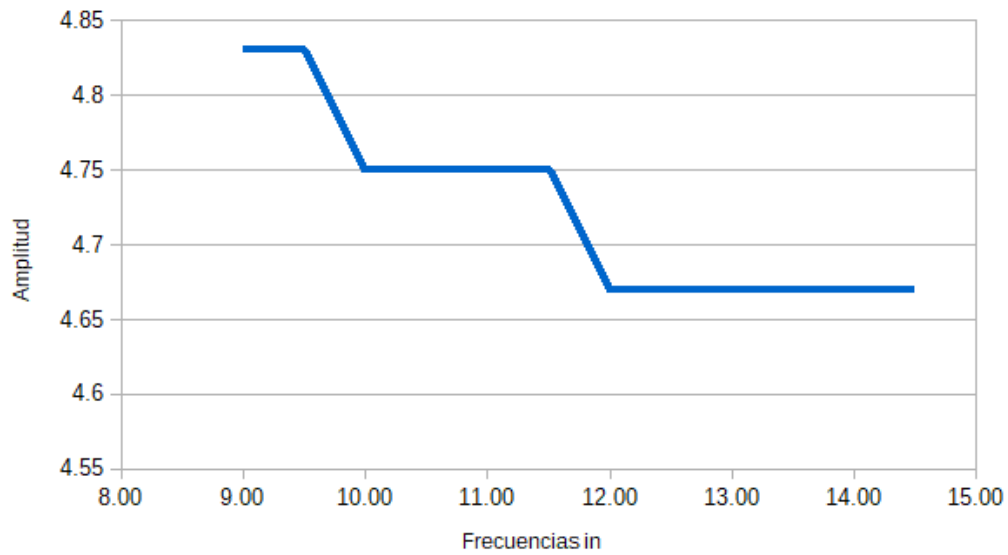
$$C_{pA} = \frac{2x2x10nF}{2 - 1}$$

$$C_{pA} = 40nF$$

Tabla 11. Filtro pasa altos activo (Frecuencia corte 5KHz).

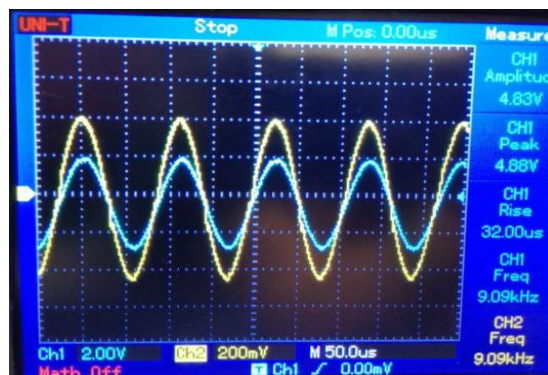
in	Frecuencias pico	Voltaje pico- tud	Ampli out	Frecuencia
	9KHz	488V	4.83V	9,09KHz
	9.5KHz	488V	4.83V	9.5KHz
	10KHz	4.8V	4.75V	10.5KHz
	11KHz	4.8V	4.75V	11KHz
	11.5KHz	4.8V	4.75V	11.5KHz
	12KHz	4.72V	4.67V	12KHz
	12.5KHz	4.72V	4.67V	12.5KHz
	13.5KHz	4.72V	4.67V	13.5KHz
	14.5KHz	4.72V	4.67V	14.5KHz

Nota Señal Azul in = 2V; Señal Naranja out=200mV



*Ilustración 116.* Filtro rechaza bandas activo, respuesta gráfica del circuito de frecuencia vs amplitud.

En las siguientes ilustraciones (desde la Ilustración 117 a la Ilustración 127) la ilustración 111) tomadas de los osciloscopios del ITM, se observara como a medida que se le aumenta la frecuencia al circuito con la ayuda de un generador de señales, en este circuito se puede observar que solo permite oscilar señales que se encuentran en el punto de corte, las señales por debajo o por encima de la de corte las atenúa.




 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Ilustración 117. Rechaza bandas 9.09KHz.

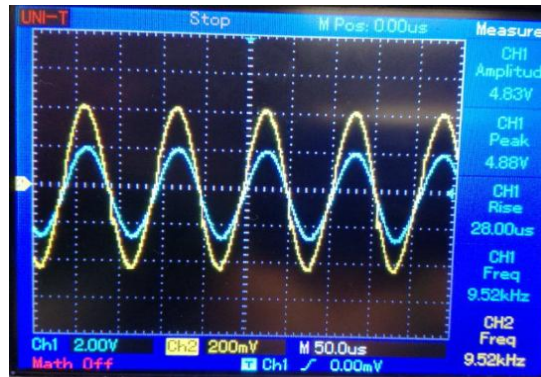


Ilustración 118. Rechaza bandas 9.5KHz.

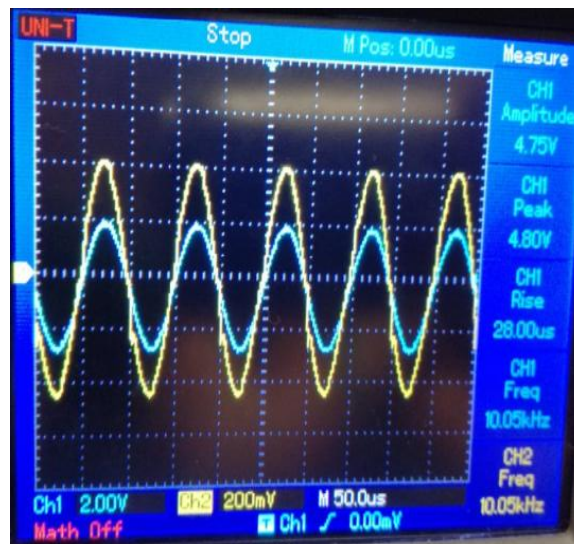


Ilustración 119. Rechaza bandas 10.05KHz.

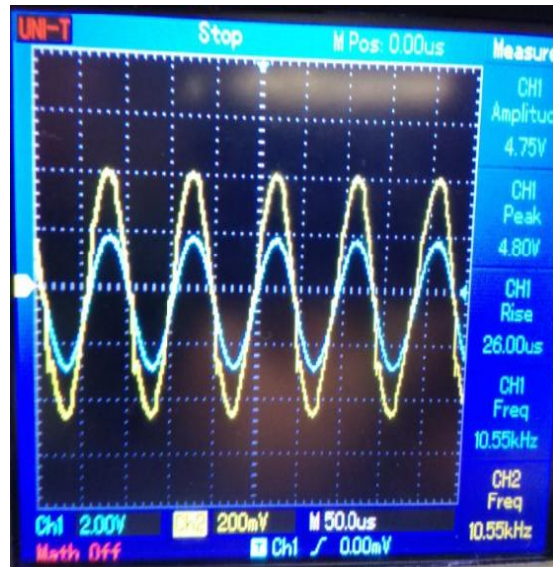


Ilustración 120. Rechaza bandas 10.55KHz.

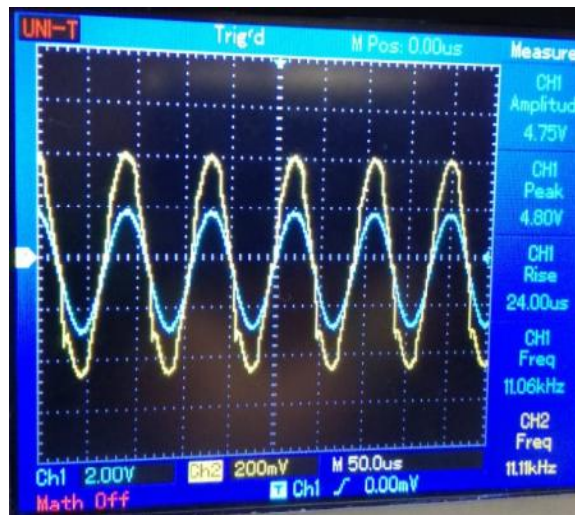


Ilustración 121. Rechaza bandas 11.06KHz.



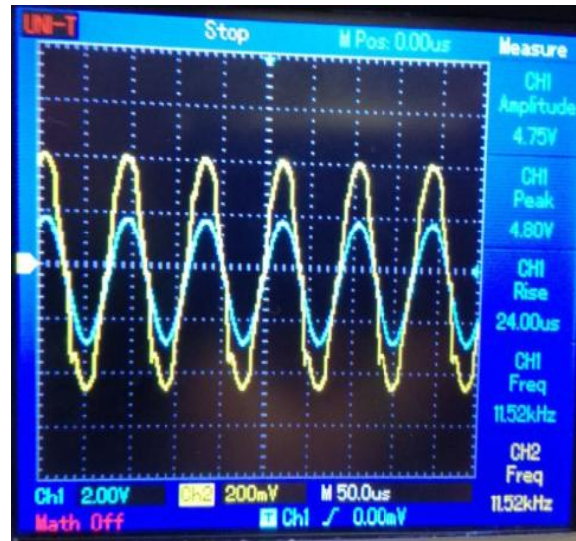


Ilustración 122. Rechaza bandas 11.5KHz.



Ilustración 123. Rechaza bandas 11.9KHz.

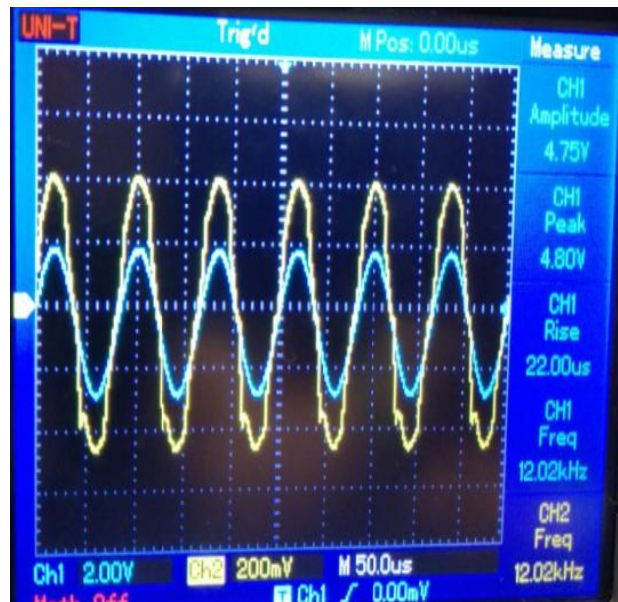


Ilustración 124. Rechaza bandas, frecuencia de corte 12KHz.

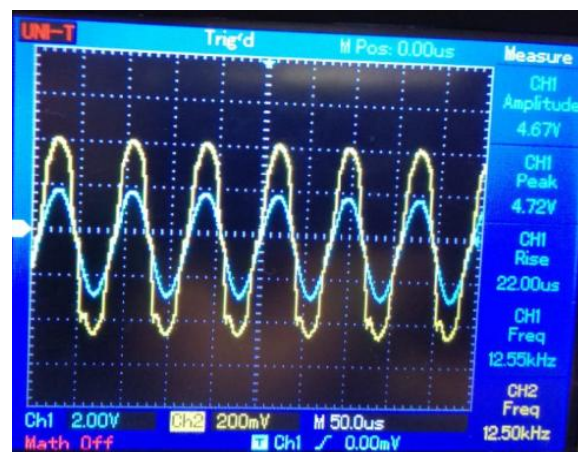


Ilustración 125. Rechaza bandas 12.5KHz.



Ilustración 126. Rechaza bandas 13.5KHz.

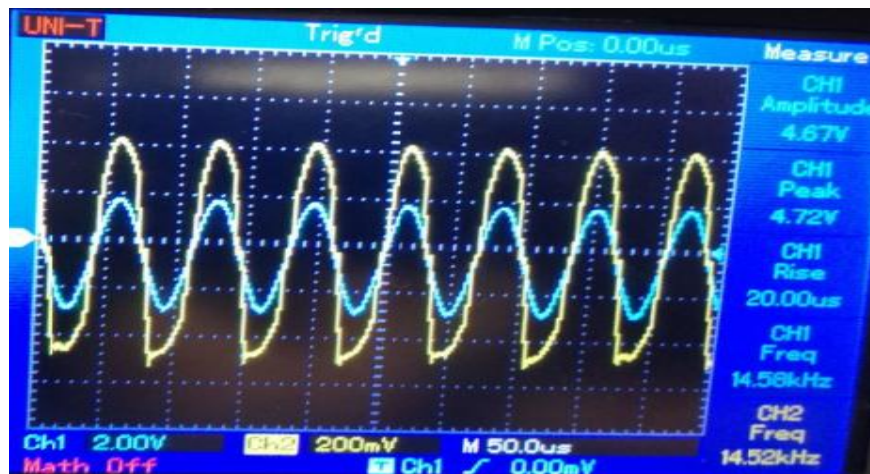



Ilustración 127. Rechaza bandas 14.5KHz.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

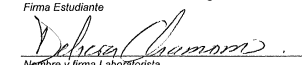
Miércoles 19/01/15

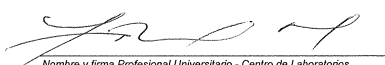
 Institución Universitaria	<b>MODALIDAD TRABAJO DE GRADO</b> <b>PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM</b>	Código	FDE 146
	<b>Registro de actividades y cumplimiento de horas / Talleres o Laboratorios de DOCENCIA</b>	Versión	02
		Fecha	2015-09-30

Documento de Identidad:	1036655784		
Nombre completo del estudiante:	Diana Janeth Carbajal Pineda.		
Programa académico ITM:	Tecnología en electrónica.		
Nombre completo del Docente Asesor:	Alexander Arias.		
Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd):	17-8-12	Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd):	
Nombre Taller o Laboratorio:	Circuitos eléctricos y electrónica.		
Ubicación:	Aula #103		
Campus:	Fitcheridad.		

Fecha			Actividad desempeñada por el estudiante	Hora ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laboratorista	Firma Estudiante
A	M	D						
17	08	17	Desoldar componentes electrónicos	14:00	15:00	1	Manuel Estrada	Diana J. Carbajal
17	08	22	Atención usuarios LAB	8:00	12:00	4	Delicia Chumero	Diana J. Carbajal
17	08	23	Organizar transformadores Atención usuarios LAB	14:00	18:00	4	Manuel Estrada	Diana J. Carbajal
17	08	30	Atención de T.I.	14:00	18:00	4	Delicia Chumero	Diana J. Carbajal
17	09	6	Avance en proyectos Atención usuarios LAB	14:00	18:00	4	Manuel Estrada	Diana J. Carbajal
17	09	13	Atención usuarios LAB Ingreso información control lab's Práctica de soldadura	14:00	18:00	4	Manuel Estrada	Diana J. Carbajal
17	09	19	Atención usuarios LAB Ingreso información control lab's	14:00	18:00	4	Manuel Estrada	Diana J. Carbajal
17	09	20	Atención usuarios LAB Ingreso información control lab's	14:00	18:00	4	Manuel Estrada	Diana J. Carbajal
17	09	27	Atención usuarios LAB Ingreso información control lab's	14:00	16:30	2 1/2	Manuel Estrada	Diana J. Carbajal
17	10	11	Atención usuarios LAB Adelanto entregables	14:00	18:00	4	Manuel Estrada	Diana J. Carbajal

17	10	18	Atención usuarios LAB Chequeo puntos osciloscopio	14:00	18:00	4	Mauricio Estrada	Diana J. Carbajal	
17	10	21	Atención usuarios LAB	8:00	12:00	4	Mauricio Estrada	Diana J. Carbajal	
17	10	25	Atención usuarios LAB Reparar cableado puente y pta oscilos	14:00	18:00	4	Mauricio Estrada	Diana J. Carbajal	
17	10	28	Atención usuarios LAB Ingreso de información al SAM	8:00	12:00	4	Mauricio Estrada	Diana J. Carbajal	
17	11	1	Atención usuarios LAB Ingreso información al SAM	8:00	12:00	4	Mauricio Estrada	Diana J. Carbajal	
17	11	4	Atención usuarios LAB Ingreso información al SAM	14:00	18:00	4	Mauricio Estrada	Diana J. Carbajal	
17	11	8	Atención de grupos programados y T.I.	14:00	18:00	4	Delicia Osorno	Diana J. Carbajal	
17	11	11	Atención de T.I.	08:00	12:00	4	Delicia Osorno	Diana J. Carbajal	
TOTAL HORAS								67:30	


Diana J. Carbajal.  
Firma Estudiante  
  
Nombre y firma Laboratorista

  
Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios

FIRMA ESTUDIANTES Diana J. Carbajal P.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FIRMA ASESOR 

FECHA ENTREGA: 6 agosto 2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_