



**Implementación de un amplificador de guitarra de 250W con dos entradas mediante dispositivos electrónicos de potencia para uso del centro de música Jospio, ubicada en la parroquia San Luis de la provincia de Chimborazo.**

Bravo Yépez, Jonathan Alejandro

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica mención Instrumentación & Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

03 de marzo de 2021



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“Implementación de un amplificador de guitarra de 250W con dos entradas mediante dispositivos electrónicos de potencia para uso del centro de música Jospio, ubicada en la parroquia San Luis de la provincia de Chimborazo”** fue realizado por el señor **Bravo Yépez, Jonathan Alejandro** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 03 de marzo del 2021**

Firma:

 **LUCIA ELIANA  
GUERRERO  
RODRIGUEZ**  
Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

**Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana**

C. C 0501878649



### Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	MONOGRAFIA_BRAVO_JONATHAN FINAL SIN ANEXOS.docx (D95004134)
<b>Submitted</b>	2/9/2021 3:35:00 AM
<b>Submitted by</b>	Guerrero Rodriguez Lucia Eliana
<b>Submitter email</b>	leguerrero6@espe.edu.ec
<b>Similarity</b>	1%
<b>Analysis address</b>	leguerrero6.espe@analysis.arkund.com

### Sources included in the report

---



URL: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/948/1/T621.3892%20C339.pdf>  
Fetched: 2/7/2020 7:13:02 AM



Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

DIRECTORA



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Bravo Yépez, Jonathan Alejandro**, con cédula de ciudadanía N°060547700-9, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un amplificador de guitarra de 250W con dos entradas mediante dispositivos electrónicos de potencia para uso del centro de música Jospio, ubicada en la parroquia San Luis de la provincia de Chimborazo.**” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 03 de marzo del 2021**

Firma:

**Bravo Yépez, Jonathan Bravo**

C.C. 060547700-9



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo **Bravo Yépez, Jonathan Alejandro** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: “**Implementación de un amplificador de guitarra de 250W con dos entradas mediante dispositivos electrónicos de potencia para uso del centro de música Jospio, ubicada en la parroquia San Luis de la provincia de Chimborazo.**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 03 de marzo del 2021**

Firma:

**Bravo Yépez, Jonathan Alejandro**

C.C. 060547700-9

**Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo a mi familia, quienes han sido un pilar importante para mí y me han apoyado a lo largo de mi profesión académica día a día a pesar de todo.

**BRAVO YÉPEZ, JONATHAN ALEJANDRO**

## **Agradecimiento**

Doy gracias a Dios por el regalo de la vida y salud para cumplir con el presente éxito, a mi madre por enseñarme que jamás debo darme por vencido ante las adversidades que se presenten en el camino, a mis hermanos y padre quienes han sido mi ejemplo más claro a seguir.

A mis profesores, amigos y compañeros quienes me proporcionaron su asistencia en el proceso de mi formación universitaria.

**BRAVO YÉPEZ, JONATHAN ALEJANDRO**

## Tabla de contenidos

<b>Carátula</b> .....	1
<b>Certificación</b> .....	2
<b>Urkund</b> .....	3
<b>Responsabilidad de autoría</b> .....	4
<b>Autorización de publicación</b> .....	5
<b>Dedicatoria</b> .....	6
<b>Agradecimiento</b> .....	7
<b>Tabla de contenidos</b> .....	8
<b>Índice de figuras</b> .....	10
<b>Índice de ecuaciones</b> .....	12
<b>Resumen</b> .....	13
<b>Abstract</b> .....	14
<b>Generalidades</b> .....	15
<b>Antecedentes</b> .....	15
<b>Planteamiento del problema</b> .....	16
<b>Justificación</b> .....	18
<b>Objetivos</b> .....	19
<b>Objetivo general</b> .....	19
<b>Objetivos específicos</b> .....	19
<b>Alcance</b> .....	19
<b>Investigación teórica</b> .....	21
<b>Definición de Amplificador</b> .....	21
<b>Evolución e Historia</b> .....	22
<b>Tipos de amplificadores</b> .....	23
<b>Amplificador Clase A</b> .....	23
<b>Amplificador Clase B</b> .....	24
<b>Amplificador Clase AB</b> .....	25
<b>Amplificador Clase C</b> .....	26
<b>Amplificadores clase D</b> .....	28
<b>Amplificadores de potencia</b> .....	29
<b>Análisis de amplificadores de simetría complementaria</b> .....	29



Diseño del amplificador .....	30
Estabilización térmica .....	31
Circuito de la etapa de entrada.....	32
Desacoplamiento de entrada y salida .....	32
Red de Zobel .....	33
Fuente de alimentación y protecciones. ....	34
Necesidad de Protección.....	34
Fuente de alimentación.....	35
Análisis de componentes de un amplificador de audio .....	35
Características e importancia .....	36
Desarrollo del tema .....	42
Etapas del circuito amplificador .....	42
Entrada diferencial.....	42
Circuito de ganancia.....	42
Preamplificador.....	43
Circuito Bias.....	44
Salida semi-complementaria .....	44
Cálculo de componentes.....	45
Simulación del circuito.....	51
Generador de señales .....	51
Vatímetro.....	52
Osciloscopio .....	53
Analizador de distorsión.....	53
Funcionamiento del amplificador.....	54
Implementación del circuito en protoboard.....	56
Implementación de la fuente de alimentación. ....	57
Implementación de la fuente en protoboard .....	57
Implementación del circuito en baquelita y ensamblaje del amplificador. ....	58
Funcionamiento del amplificador. ....	64
Conclusiones .....	67
Recomendaciones.....	68
Glosario de términos.....	69
Bibliografía.....	70
Anexos .....	71

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Amplificación de señales .....	<b>21</b>
<b>Figura 2</b> Amplificador de válvula .....	<b>22</b>
<b>Figura 3</b> Amplificación en clase A .....	<b>24</b>
<b>Figura 4</b> Configuración clase B Push-Pull complementarios .....	<b>25</b>
<b>Figura 5</b> Esquema de un amplificador clase AB.....	<b>26</b>
<b>Figura 6</b> Amplificador clase C .....	<b>27</b>
<b>Figura 7</b> Amplificación en radiofrecuencia clase C.....	<b>27</b>
<b>Figura 8</b> Circuito amplificador clase C con acoplamiento linealizado. ....	<b>28</b>
<b>Figura 9</b> Circuito amplificador Clase D.....	<b>29</b>
<b>Figura 10</b> Amplificador de simetría complementaria y emisor común.....	<b>30</b>
<b>Figura 11</b> Amplificador de simetría semi complementaria .....	<b>31</b>
<b>Figura 12</b> Estabilización Térmica .....	<b>31</b>
<b>Figura 13</b> Entrada diferencial y salida semi complementaria. ....	<b>32</b>
<b>Figura 14</b> Circuito de desacoplamiento entre la entrada y salida. ....	<b>33</b>
<b>Figura 15</b> Circuito de salida con redes de Zobel y diodos limitadores inversos. ....	<b>34</b>
<b>Figura 16</b> Puente de diodos.....	<b>35</b>
<b>Figura 17</b> Transistor BJT .....	<b>37</b>
<b>Figura 18</b> Polarización de un capacitor .....	<b>37</b>
<b>Figura 19</b> Símbolo de una resistencia.....	<b>38</b>
<b>Figura 20</b> Resistencia variable.....	<b>39</b>
<b>Figura 21</b> Polarización de un diodo.....	<b>40</b>
<b>Figura 22</b> Entrada diferencial.....	<b>42</b>
<b>Figura 23</b> Circuito de ganancia en divisor de voltaje .....	<b>43</b>
<b>Figura 24</b> Preamplificador.....	<b>43</b>
<b>Figura 25</b> Circuito Bias y transistores drivers .....	<b>44</b>
<b>Figura 26</b> Salida semi-complementaria.....	<b>45</b>
<b>Figura 27</b> Diagrama del circuito amplificador de 250W .....	<b>45</b>
<b>Figura 28</b> Amplificador de 125W .....	<b>51</b>
<b>Figura 29</b> Generador de señales .....	<b>52</b>
<b>Figura 30</b> Vatímetro .....	<b>52</b>
<b>Figura 31</b> Osciloscopio .....	<b>53</b>
<b>Figura 32</b> Analizador de distorsión THD .....	<b>54</b>
<b>Figura 33</b> Gráfica de señales de entrada y salida con una división de 2V.....	<b>55</b>
<b>Figura 34</b> Señal de salida con división de 20V.....	<b>55</b>
<b>Figura 35</b> Potencia de salida y THD .....	<b>56</b>
<b>Figura 36</b> Circuito armado en protoboard .....	<b>56</b>
<b>Figura 37</b> Fuente de alimentación en protoboard.....	<b>57</b>
<b>Figura 38</b> Circuito PCB.....	<b>58</b>
<b>Figura 39</b> Baquelita en ácido .....	<b>59</b>
<b>Figura 40</b> Pistas en baquelita .....	<b>59</b>
<b>Figura 41</b> Armado del circuito en baquelita.....	<b>60</b>

<b>Figura 42</b> Dispositivos de control del Amplificado .....	<b>60</b>
<b>Figura 43</b> Circuito de control ON-OFF de luces led.....	<b>61</b>
<b>Figura 44</b> Fuente de alimentación del circuito ON-OFF de luces led.....	<b>62</b>
<b>Figura 45</b> Armado del Amplificador.....	<b>62</b>
<b>Figura 46</b> Fusibles de protección.....	<b>63</b>
<b>Figura 47</b> Controles ON-OFF del amplificador .....	<b>63</b>
<b>Figura 48</b> Controles del amplificador.....	<b>64</b>
<b>Figura 49</b> Funcionamiento del amplificador en modo audio .....	<b>64</b>
<b>Figura 50</b> Funcionamiento del amplificador en modo guitarra .....	<b>65</b>
<b>Figura 51</b> Control de sensibilidad y modo de luces.....	<b>65</b>

**Índice de ecuaciones**

<b>Ecuación 1</b> Cálculo de VRMS.....	<b>46</b>
<b>Ecuación 2</b> Cálculo de VP.....	<b>46</b>
<b>Ecuación 3</b> Cálculo de IP.....	<b>46</b>
<b>Ecuación 4</b> Cálculo de Wc.....	<b>47</b>
<b>Ecuación 5</b> Cálculo de VCE.....	<b>47</b>
<b>Ecuación 6</b> Cálculo de VE4.....	<b>47</b>
<b>Ecuación 7</b> Cálculo de VB4.....	<b>48</b>
<b>Ecuación 8</b> Cálculo de IB4.....	<b>48</b>
<b>Ecuación 9</b> Cálculo de R16.....	<b>48</b>
<b>Ecuación 10</b> Cálculo de Ic12.....	<b>49</b>
<b>Ecuación 11</b> Cálculo IB12.....	<b>49</b>
<b>Ecuación 12</b> Cálculo de P Q5.....	<b>49</b>
<b>Ecuación 13</b> Cálculo de G.....	<b>50</b>

## **Resumen**

El presente proyecto técnico se basa en la implementación de un amplificador de Guitarra y Audio de 250W para uso de la escuela de música Jospio ubicada en la parroquia San Luis de la provincia de Chimborazo. Para el diseño del mismo, se realizó un esquema electrónico del amplificador con una entrada diferencial que posea estabilidad térmica, permitiendo eliminar las distorsiones posibles a la entrada del circuito, y una salida semi-complementaria de alta ganancia, capaz de soportar corrientes y voltajes elevados. También se diseñó un circuito de ganancia con un divisor de voltaje y un capacitor electrolítico, donde la RG marca la potencia que se obtendrá a la salida del amplificador dependiendo de su valor numérico, mientras menor resistencia posea el circuito, mayor potencia se obtendrá a la salida. Adicional a ello se implementó un circuito ON-OFF capaz de controlar el encendido y apagado de las luces, dependiendo de la potencia del sonido que emite el amplificador. Para el control de audio y guitarra, se implementó un switch de 3 posiciones a la entrada nominal del circuito amplificador, el cual ofrece tener 3 opciones operacionales, siendo así la entrada de audio, guitarra, y standby, es decir el estado de espera donde no opera ninguna de las dos entradas antes mencionadas.

### **Palabras clave:**

- **AMPLIFICADOR DE GUITARRA**
- **TRANSISTORES DE POTENCIA**
- **AMPLIFICADOR DE AUDIO**

**Abstract**

This technical project is based on the implementation of a 250W Guitar and Audio amplifier for use by the Jospio music school located in the San Luis parish of the province of Chimborazo. For its design, an electronic diagram of the amplifier was made with a differential input that has thermal stability, allowing the elimination of possible distortions at the input of the circuit, and a high-gain semi-complementary output, capable of withstanding high currents and voltages. Also, the circuit was also designed with a voltage divider and an electrolytic capacitor, where the RG marks the power that will be obtained at the output of the amplifier depending on its numerical value, the less resistance the circuit has, the greater power will be obtained at the exit. In addition to this, an ON-OFF circuit was implemented capable of controlling the lights on and off, depending on the power of the sound emitted by the amplifier. For audio and guitar control, a 3-position switch was implemented at the nominal input of the amplifier circuit, which offers to have 3 operational options, thus being the audio, guitar, and standby input, that is, the standby state where neither of the two aforementioned inputs operates.

**Key words:**

- **GUITAR AMPLIFIER**
- **POWER TRANSISTORS**
- **AUDIO AMPLIFIER**

## **Generalidades**

### **Antecedentes**

En el año 2019 en el mes de noviembre se origina el Covid 19 en el País de la China, donde la contaminación se propaga para los diferentes países pues hay individuos que viajan constantemente por negocios y otros.

Es así, como el Ecuador también se vio afectado y a finales del mes de marzo del 2020 azota a nuestra población con una contaminación abrupta, matando miles de personas y afectando a la economía del país.

La escuela de música Jospio, es una escuela de rock clásica, que se vio afectada por dicho virus, la cual debido a la pandemia ocurrida meses atrás, no contaba con estudiantes, por lo que, su economía se vio perjudicada, y con ella la adquisición de amplificadores de guitarra, las cuales son muy esenciales para dictar sus clases y realizar sus ensayos.

De tal manera, que se implementó un amplificador de 250W, el cual no solo funcionará como amplificador de guitarra, sino también como entrada de audio, lo que ayudará al personal en las afinaciones de música, mediante pistas.

Se debe tener en consideración que la mayoría de los amplificadores que se encuentran en el mercado son solo para una entrada, sin embargo, este trabajo investigativo, permitió la implementación de un amplificador de dos entradas, el cual funcionará como amplificador de guitarra y también de audio.

Por la trascendencia del tema se han revisado trabajos como los que se exponen a continuación:

- Trabajo realizado por Antonio Moisés Zorzano Martines (2004) cuyo tema es: “Amplificador de audio de alta fidelidad para sistemas activos de altavoces con bajo consumo de energía”. Cuya conclusión fue: Validez de la amplificación en conmutación en sus diversas materializaciones, para la reproducción de audio. Además, se ha observado que es el tipo de amplificación que mejor se adecua a las características de las señales de audio actuales, con predominio cada vez mayor de los formatos digitales, frente a los analógicos.
- Trabajo realizado por Guillermo Serrano Callergues (2013). Cuyo tema es: “Diseño e implementación de un amplificador de audio en clase AB en puente de baja potencia”. Cuya conclusión fue: En el amplificador de potencia deben conectarse transistores apareados de tal forma que se disminuya la DAT.

De los trabajos antes mencionados, se pudo comprobar que los circuitos amplificadores deben poseer transistores pares NPN y PNP térmicamente estables, en especial en la entrada de un circuito, para eliminar la distorsión a la entrada y de esta manera no se amplifique a la salida, obteniendo un TDH razonable.

### **Planteamiento del problema**

La Escuela de Música Jospio, se ha visto afectada por los problemas económicos que ha generado la pandemia que actualmente afecta a todo el mundo, pues el desempleo es muy notable dentro del país.



Esta Institución de música no contaba con amplificadores que les permita ensayar y llevar a cabo las actividades académicas, por lo que se consideró necesario implementar un amplificador que beneficiaría a los estudiantes, padres de familia y docentes; pues con él podrán ensayar, tocar la guitarra y al mismo tiempo afinar el instrumento mediante pistas, con la finalidad de captar el sonido y duplicarlo en la guitarra. El hecho de que la escuela de música Jospio no posea amplificadores ha dado origen a que:

- La escuela de música Jospio no pueda llevar a cabo sus clases y ensayos, por no poseer amplificadores suficientes.
- El gasto sea mayor por la compra de amplificadores de una sola entrada en el mercado.
- Las guitarras eléctricas emiten ondas demasiadas bajas de apreciar, sin embargo, al poseer un amplificador de audio y guitarra de 250W, pueden aumentar dicha señal para tener un mayor aprecio.

De no solucionarse este inconveniente dentro de la escuela de música Jospio, los estudiantes no podrán llevar a cabo sus prácticas al 100% debido a que no poseen un amplificador de guitarra y música.

Por lo mencionado anteriormente, es necesario que se implemente un amplificador de audio de 250W con dos entradas "Amplificador de guitarra y audio" para uso del centro de música Jospio, ubicada en la parroquia San Luis de la provincia de Chimborazo.

### **Justificación**

Todas las escuelas de música, en especial las escuelas de rock, poseen amplificadores de guitarra, los cuales ayudan a los estudiantes a ensayar y practicar sus clases, debido a que las ondas que emiten las guitarras eléctricas son demasiadas bajas de apreciar, tal es el caso de la escuela de música Jospio, la cual, al no poseer dicho amplificador, no puede llevar a cabo sus prácticas y ensayos. De tal manera, es de suma importancia que dicha escuela posea un amplificador de guitarra de doble entrada, que ayudará a amplificar el sonido emitido por la guitarra eléctrica y un guitarrista podrá afinar la guitarra mediante pistas, ya que este amplificador posee dos entradas diferenciándose de los demás amplificadores que existen ya en el mercado a altos precios.

Así como también:

- El amplificador de guitarra cuenta con una entrada adicional de audio, la cual, mediante música o pistas, se podrá afinar dependiendo del género de música que vaya a emplear.
- La escuela de música Jospio, podrá optimizar costos, ya que no tendrá necesidad de hacer adquisición de dos amplificadores de una sola entrada.
- El prototipo posee una menor cantidad de componentes electrónicos a comparación de los amplificadores comunes de una sola entrada, tomando en cuenta que dicho aparato contará con dos entradas.

Con el presente trabajo se beneficia a la escuela de música Jospio, y todo el personal que pertenece a ella, incluido los estudiantes, ya que podrán minimizar precios al no comprar amplificadores de alto coste, ya que, podrán adquirir un amplificador de dos entradas el cual ayuda considerablemente a realizar sus ensayos de manera exitosa, ofreciendo también una entrada adicional de audio, el cual beneficia mucho la afinación del personal que lo utilice.

Por lo expuesto es importante que se implemente un amplificador de audio de 250W con dos entradas “Amplificador de guitarra y audio” para que los estudiantes realicen sus prácticas.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Implementar un amplificador de Guitarra de 250W con dos entradas mediante dispositivos electrónicos de potencia para uso del centro de Música Jospio, ubicada en la parroquia San Luis de la provincia de Chimborazo.

### **Objetivos específicos**

- Analizar el esquema eléctrico de un amplificador de guitarra y audio, dividiéndolo por etapas.
- Analizar el funcionamiento de cada uno de los componentes que posee el amplificador.
- Implementar y comprobar el funcionamiento del amplificador de guitarra y audio.

### **Alcance**

El presente trabajo investigativo abarca el diseño, implementación y ejecución de un amplificador de 250W de dos entradas, el cual funciona como amplificador de guitarra y audio, beneficiando a la escuela de música Jospio y sus estudiantes, ya que

proporciona un diseño seguro y confiable con el cual pueden practicar sus ensayos de una manera segura, brindando no solamente un amplificador de guitarra, sino también a diferencia de la mayoría de amplificadores que existe en el mercado, este artefacto permitirá también usar una entrada extra de audio, para varios usos, entre ellos la afinación de la guitarra mediante pistas o músicas, la cual dependerá del género a utilizar.

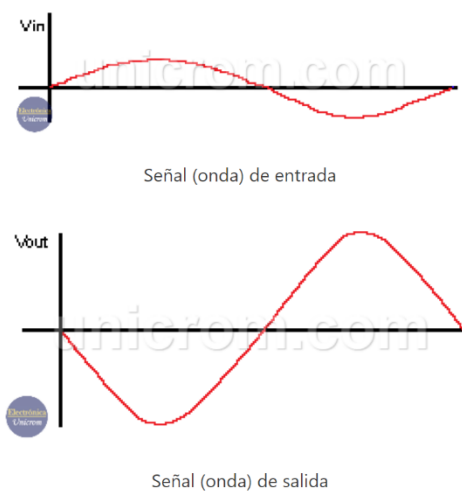
## Investigación teórica

### Definición de Amplificador

Los amplificadores, son circuitos que permiten incrementar el valor de una señal de entrada, la cual es sumamente pequeña, obteniendo a la salida una señal con una amplitud mucho mayor a la señal inicial como se puede observar en la figura 1.

### Figura 1

#### Amplificación de señales



*Nota:* El gráfico representa *la amplificación en amplitud de una señal*. Tomado de (Luciano, 2020).

Comúnmente la amplificación de señales que se obtiene a la salida, causa distorsiones debido a las amplificaciones grandes o defectos del dispositivo amplificador, para lo cual existen circuitos que reducen la distorsión de la señal, obteniendo una señal de salida limpia sin distorsión alguna.

## Evolución e Historia

En la antigüedad, los circuitos amplificadores eran basados en los triodos, los cuales son considerados como un invento significativo que dio origen a los primeros amplificadores de válvulas. En la figura 2 se puede observar los primeros amplificadores de válvulas de la historia.

### **Figura 2**

*Amplificador de válvula*



*Nota:* El gráfico representa un amplificador de válvula. Tomado de (Luciano, 2020).

Lee De Forest, fue el inventor del triodo a principios del siglo XX, el cual estaba compuesto por una rejilla de platino, ánodo y cátodo, todo encerrado en una bombilla transparente vacía. Años después surgieron las válvulas de vacío de triodo, las cuales tenían el mismo principio, solo que estas no poseían ningún tipo de gas dentro, lo que hacía que el cátodo no se quemara rápidamente siendo así más duradero.

En los años 60 las válvulas o tubos de vacío fueron perdiendo fama debido a la aparición del transistor de silicio. Estos dispositivos amplificaban significativamente el sonido mediante el cambio de tensión de la entrada de audio con semiconductores.

(Luciano, 2020)

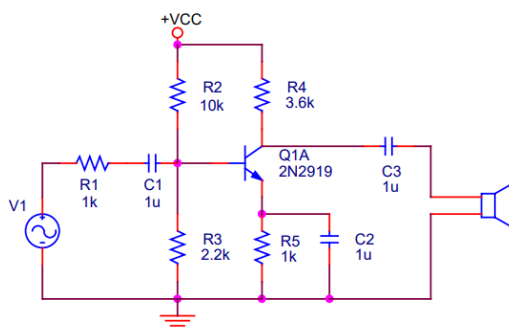
## **Tipos de amplificadores**

Existen 4 clases de amplificadores, los cuales son (A, B, C, D), sin embargo, otra clase de amplificador que se le puede considerar básico, es el amplificador clase AB, el cual es la unión de 2 tipos de amplificadores. Se debe considerar que estos 5 tipos de amplificadores forman parte de los amplificadores más complejos, como la clase G y S que básicamente vendrían siendo la unión de los amplificadores básicos antes mencionados.

### **Amplificador Clase A**

Los amplificadores clase A se caracterizan porque el dispositivo de salida permanece activo, es decir en funcionamiento durante todo el ciclo de la señal de entrada.

La característica principal de este tipo de amplificador es que, en la etapa de entrada, la señal de base del transistor, tiene una fuerte polarización directa de tal manera que la corriente del colector toma, en ausencia de señal, un valor aproximado entre el máximo y el mínimo de la corriente de salida deseada. De existir impedancias en el régimen continuo y alterno de la carga de altavoz, obteniendo un valor similar, la tensión en el colector del transistor alcanzará un valor medio de la tensión de alimentación en ausencia de señal. La figura 3 representa un circuito de amplificación clase A.

**Figura 3****Amplificación en clase A**

*Nota:* El gráfico representa un amplificador en clase A. Tomado de (Zorzano, 2010).

**Amplificador Clase B**

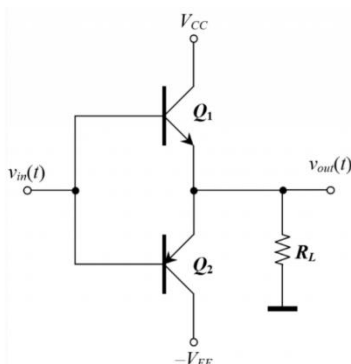
En este tipo de amplificación, el circuito tiende a reducir casi el 50% del ciclo de salida. La finalidad de estos circuitos es reducir la disipación de potencia de un transistor, haciendo que su corriente sea 0, durante la mitad del ciclo de entrada. Sin embargo, si se usa un solo transistor, la onda a la salida será entrecortada, provocando futuras distorsiones.

Una solución apta para estos problemas es añadir más transistores para que trabajen de forma conjunta, llamadas también configuraciones. Entre las configuraciones más conocidas se tiene los amplificadores clase B Push-Pull complementarios (Figura 4).



**Figura 4**

Configuración clase B Push-Pull complementarios.



*Nota:* El gráfico representa un amplificador clase B Push-Pull complementario.

Tomado de (Zorzano, 2010).

La característica más importante de esta configuración es que al usar dos transistores el uno debe ser PNP y el otro NPN.

Al no existir una señal de entrada ambos transistores se encontrarán en zona de corte, pero cuando la entrada se encuentra en el ciclo positivo Q1 conducirá, mientras que Q2 seguirá en corte de tal manera que la tensión de entrada se copiará a la salida mediante la malla de base-emisor de Q1. Al invertir la señal, sucederá lo contrario.

Dicha configuración presenta varias ventajas. La amplificación de impedancias es baja, por lo que es una configuración ideal para cargas como altavoces sin necesidad de transformadores para la adaptación de impedancias.

### **Amplificador Clase AB**

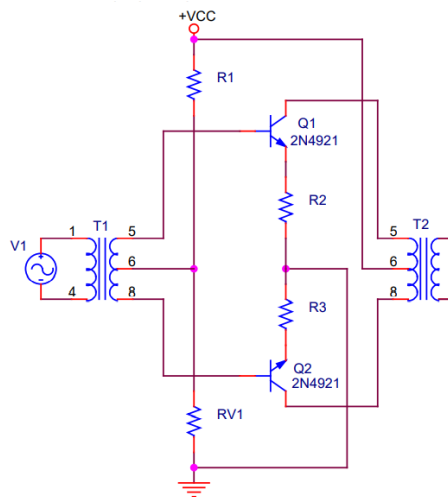
Los transistores clase B poseen un problema de distorsión de cruce. Los transistores se encontraban configurados de forma push-pull, es decir, un transistor trabaja en la parte positiva y el otro en la parte negativa. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los transistores solo trabajan cuando poseen una tensión mínima de 0,7V.

Debido a ello surgen los amplificadores Clase AB, para tratar de evitar la distorsión que poseen los amplificadores clase B.

En este tipo de amplificadores, el dispositivo de la etapa de salida del amplificador conduce menos del 100%, pero más del 50%. La amplificación clase AB produce más distorsión que la clase B. El circuito de la figura 5 muestra un esquema de un amplificador clase AB. Para poder evitar la distorsión de cruce, se realiza una polarización en la base de cada transistor.

### **Figura 5**

*Esquema de un amplificador clase AB*



*Nota: El gráfico representa un esquema de un amplificador clase AB. Tomado de (Zorzano, 2010).*

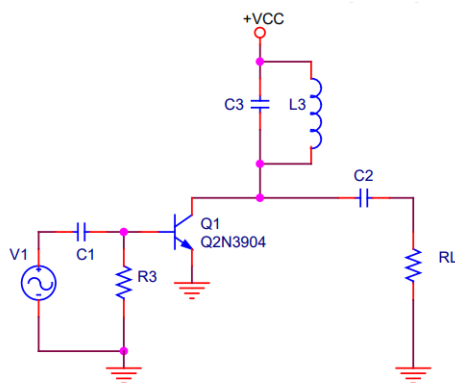
### **Amplificador Clase C**

Los amplificadores clase C se caracterizan por mantener la conducción en la etapa de salida por menos del 50% del ciclo (Figura 6). Los amplificadores de clase C generan potencias elevadas, mediante transistores que generan pulsos cortos de

corriente que excita un ciclo resonante, que elimina los componentes de distorsión producidos, por la no linealidad del transistor.

### Figura 6

#### Amplificador clase C

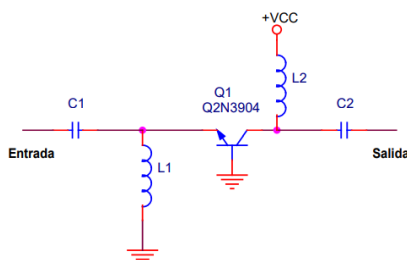


*Nota:* El gráfico representa un amplificador en clase C. Tomado de (Zorzano, 2010).

Este tipo de circuitos se emplean generalmente en señales de radio frecuencia (Figura 7), donde se puede utilizar un LC para suavizar los pulsos de corriente y así poder filtrar armónicos. Se puede obtener etapas amplificadoras con amortiguamiento de corriente, utilizando una combinación de amplificadores Clase A y Clase C.

### Figura 7

#### Amplificación en radiofrecuencia clase C



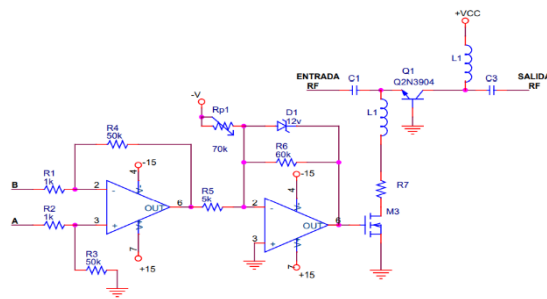
*Nota:* El gráfico representa un amplificador de radiofrecuencia clase C. Tomado de (Zorzano, 2010).

La relación entre potencia de salida y entrada tiene un comportamiento lineal para potencias bajas, y un no lineal para potencias elevadas. Este problema se puede resolver con la implementación de un circuito que regule la potencia de salida.

Dicho circuito permite realizar un control activo con realimentación negativa. Para conseguir esta regulación se debe aumentar o disminuir el valor de la resistencia colocada en serie con la bobina L1 (Figura 8), fijando así la ganancia del amplificador y manteniendo estable y constante la potencia de salida.

### Figura 8

Circuito amplificador clase C con acoplamiento linealizado.



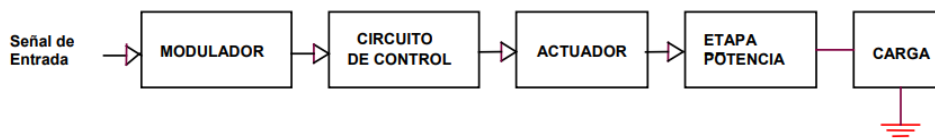
*Nota:* El gráfico representa un amplificador clase C con acoplamiento no linealizado. Tomado de (Zorzano, 2010).

## Amplificadores clase D

La principal diferencia que existe entre las etapas de amplificación clase A, B y AB, con respecto a la clase D, es que esta última no alimenta directamente la señal de audio a la etapa de salida, sino que esta pasa por una modulación, es decir una etapa que genera pulsos que se envían a la etapa de salida. Los principales elementos que conforma son el Modulador, Circuito de control, Actuador y la Etapa de potencia propiamente dicha. (Figura 9). (Zorzano, 2010).

### Figura 9

#### Circuito amplificador Clase D



*Nota:* El gráfico representa un circuito amplificador clase D. Tomado de (Zorzano, 2010).

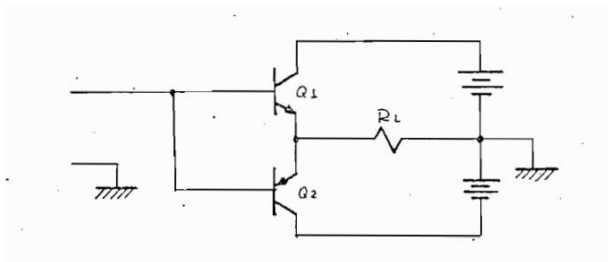
#### **Amplificadores de potencia.**

Los amplificadores de potencia, aumentan la amplitud de la señal de entrada, obteniendo a la salida una señal con mayor amplitud. Los amplificadores de potencia reciben en su entrada una señal con una amplitud baja, comprendida entre décimas de voltios. Dicha señal proviene de una etapa amplificadora anterior, la cual es capaz de suministrar corrientes de bajo valor, menos de 1mA. Por lo tanto, la impedancia de entrada debe ser mayor a 5K.

Los amplificadores de potencia se caracterizan por tener un comportamiento no lineal, es sumamente necesario utilizar realimentación negativa, ya que de esta manera se puede mantener los niveles de distorsión dentro de un margen razonable. Además, la realimentación negativa facilita la obtención del ancho de banda necesario, (20Hz a 20KHz para audio).

#### **Análisis de amplificadores de simetría complementaria.**

En la Figura 10 se puede apreciar un circuito amplificador de simetría complementaria, este circuito tiene como objetivo, eliminar las armónicas pares y la no existencia de componentes continuos en la carga. (Figura 2.10).

**Figura 10***Amplificador de simetría complementaria y emisor común*

*Nota:* El gráfico representa un amplificador de simetría complementaria y emisor común. Tomado de (Zorzano, 2010).

La ventaja de este circuito es que, al estar conectados los transistores en colector común, su impedancia de salida será baja, permitiendo conectar la carga directamente.

**Diseño del amplificador**

Un amplificador de simetría complementaria (Figura 10), necesita un excitador clase A, el cual debe proporcionar una corriente considerable y una potencia de disipación alta.

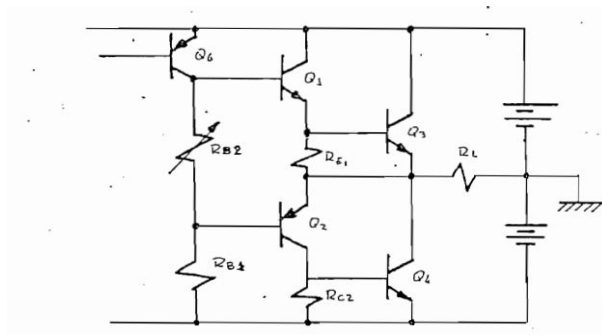
Generalmente el transistor de potencia PNP del par complementario de salida, consume más que el transistor NPN.

Para solucionar este inconveniente, existe un circuito semi complementario (Figura 11), en el cual se introduce un transistor PNP de corriente baja y un transistor NPN de corriente alta, ya que así se podrá simular un transistor PNP de corriente alta.

En este circuito también se realiza la regulación de distorsión de cruce, ya que la resistencia  $R_{B2}$ , al ser variable permite regular la distorsión de cruce que se tiene a la salida, la cual es producida por la no linealidad de los transistores de corriente baja.

**Figura 11**

*Amplificador de simetría semi complementaria*



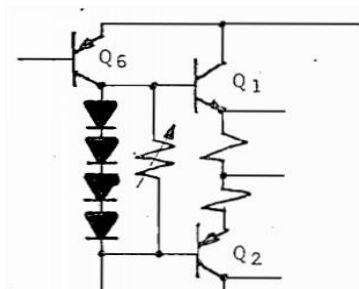
*Nota:* El gráfico representa un amplificador de simetría semi complementaria. Tomado de (Zorzano, 2010).

### Estabilización térmica

La temperatura, afecta directamente al voltaje de juntura base- emisor de los transistores, debido a ello la estabilización es muy inestable. Para evitar estos inconvenientes, se debe polarizar la base de ambos transistores, Q1 y Q2 con diodos que deben ir en paralelo con la RB2 (Figura 12). De esta manera se logra estabilizar el voltaje ya que los diodos se acoplan térmicamente a los Transistores.

**Figura 12**

Estabilización Térmica



*Nota:* El gráfico representa un circuito de estabilización térmica. Tomado de (Zorzano, 2010).

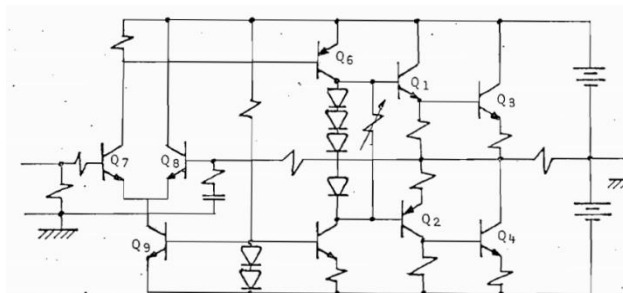
### Circuito de la etapa de entrada

Se debe tener en cuenta que la etapa inicial del amplificador debe ser de alta impedancia, además debe ser estable térmicamente, ya que, si hay variaciones en la entrada, estas se van a amplificar a lo largo de las etapas del circuito amplificador, provocando interferencias y distorsiones.

Para ello se debe alimentar el circuito con voltaje negativo. Además, a su entrada, es importante colocar un circuito diferencial (Figura 13), alimentado con una fuente de corriente, que permitirá obtener una alta ganancia de salida, con las distorsiones lo menor posible.

#### **Figura 13**

*Entrada diferencial y salida semi complementaria.*



*Nota:* El gráfico representa un amplificador de potencia con entrada diferencial y salida semi complementaria. Tomado de (Zorzano, 2010).

### Desacoplamiento de entrada y salida

Todas las fuentes poseen resistencia interna, lo cual produce que el voltaje de polarización tienda a variar en la presencia de señal en el amplificador. Para ello se utiliza capacitores electrolíticos que ayudan a desacoplar las fuentes de polarización, por lo general se utilizan capacitores con valores alrededor de 1000uF, los cuales deben ir en paralelo con capacitores de

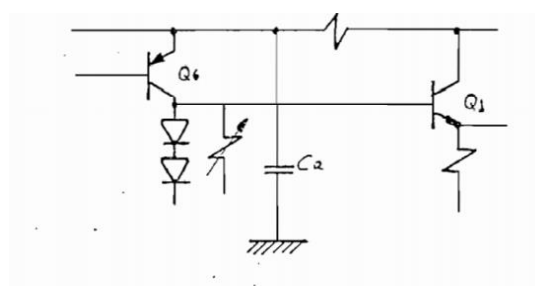


1 $\mu$ F, de esta manera se procura erradicar el efecto inductivo que produce el capacitor electrolítico en frecuencias altas.

Es necesario colocar un circuito pasa bajos, RC (Figura 14), en la etapa de salida ya que la etapa de entrada y el excitador tienden a trabajar con corrientes bajas, entonces es necesario desacoplarlas a la salida, para así poder evitar efectos regenerativos.

### **Figura 14**

*Circuito de desacoplamiento entre la entrada y salida.*



*Nota:* El gráfico representa un circuito de desacoplamiento entre la entrada y salida.

Tomado de (Zorzano, 2010).

### **Red de Zobel**

Generalmente cuando la señal de entrada tiene una amplitud considerablemente alta, el transistor Q1 se saturará y Q2 se abrirá, cuando trabaje en el ciclo positivo, y viceversa, provocará a la salida una señal cuadrática.

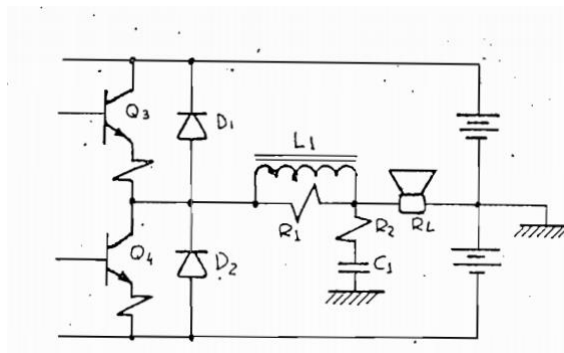
El parlante es una carga inductiva, esto provocará picos inversos de voltaje en los transistores de la etapa de salida en instantes de conmutación. Todo esto se puede evitar colocando diodos limitadores de pico inverso, D1 y D2, en paralelo a los transistores de salida y también se debe conectar una red RC conocida como Red de

Zobel, en paralelo con el parlante, ya que así se puede obtener una carga resistiva en los transistores (Figura 15).

(Jacome, 1979).

### **Figura 15**

*Circuito de salida con redes de Zobel y diodos limitadores inversos.*



*Nota:* El gráfico representa un circuito de salida con redes de Zobel y diodos inversos.

Tomado de (Jacome, 1979).

### **Fuente de alimentación y protecciones.**

#### **Necesidad de Protección.**

Los amplificadores de potencia, al manejar corrientes y voltajes altos, necesita una variedad de protecciones a corto circuitos y sobrecargas, como las siguientes:

- a) Fusibles: Debido a que los parlantes se conectan directamente a la red de 110V, se puede presentar el caso de sobrecargas, las cuales no son muy comunes, sin embargo, no se las puede descartar, para ello se coloca fusibles a la entrada de 110V, para evitar daños internos en el circuito.

- b) Protección de sobretensiones: Una señal con amplitud excesiva a la entrada puede destruir los transistores de potencia, para ello se debe colocar diodos limitadores de pico inverso, y una red de Zobel.

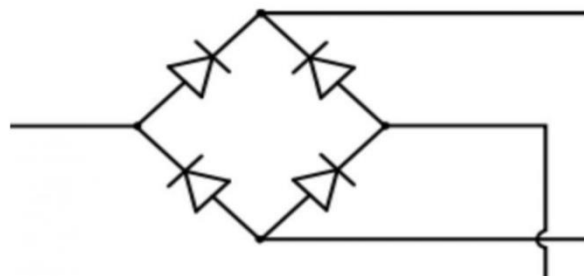
### Fuente de alimentación.

Para la alimentación del circuito amplificador, es necesario obtener una fuente con voltaje positivo y negativo, para ello es necesario un transformador, capaz de obtener a la salida un voltaje  $\pm 50V$ .

A la salida del transformador se obtendrá una señal en alterna, sin embargo, se debe tener en cuenta que el circuito debe ser alimentado con una señal continua, para ello es necesario implementar un puente de diodos que convierta la señal alterna en una señal continua (Figura 16).

#### Figura 16

Puente de diodos



*Nota:* El gráfico representa un puente de diodos. Tomado de (Hart, 2008).

### Análisis de componentes de un amplificador de audio

Existen varios componentes electrónicos que conforman el diseño de un amplificador, entre los más importantes se tiene:

- Transistores de potencia

- Capacitores electrolíticos
- Resistores
- Diodos

### **Características e importancia**

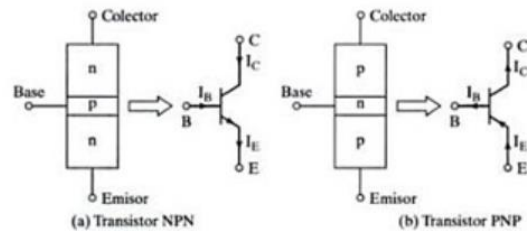
- Transistores de potencia: Las características de los transistores depende del tipo de transistor. Los transistores de potencia se clasifican en 3 tipos:
  - a) Transistores bipolares de unión (BJT)
  - b) Transistores Efecto de campo (FET)
  - c) Transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT).

El presente amplificador fue diseñado a base de transistores BJT, así que se hablará netamente de las características de dichos transistores.

Los transistores BJT poseen dos uniones, las cuales son colector-base y base-emisor. Posee dos regiones tipo N para el emisor NPN y dos regiones P para el emisor PNP (Figura 17).

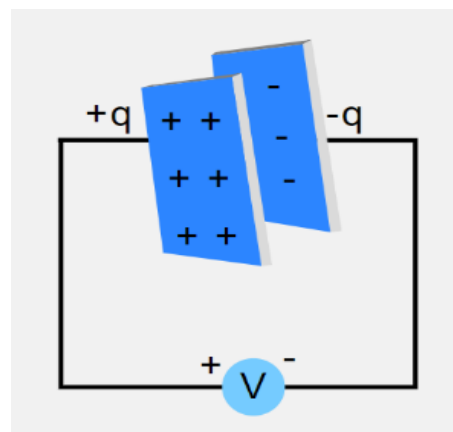
Los transistores BJT operan en 3 regiones:

- Región de corte: Ocurre cuando el transistor está apagado, debido a que la corriente no es lo suficientemente fuerte para entrar en estado activo.
- Regio activa: El transistor se encuentra activo, funcionando como un amplificador donde la corriente de base amplifica una ganancia determinada, y el voltaje que se tiene en la configuración colector-emisor tiende a disminuir cuando aumenta la corriente de base.
- Región de saturación: Se produce cuando el transistor funciona como un interruptor debido a que la corriente de base es demasiada alta y el voltaje colector-emisor es bajo.

**Figura 17***Transistor BJT*

*Nota:* El gráfico representa la polarización de un transistor BJT (Hart, 2008).

Capacitores: Los capacitores son dispositivos capaces de almacenar energía en forma de campo eléctrico en su interior. Generalmente los capacitores están compuestos por placas que se encuentran separados por un dieléctrico, estas placas generalmente son dos, una parte positiva y una parte negativa (Figura 2.18). La unidad de medida de los capacitores son los faradios.

**Figura 18***Polarización de un capacitor*

*Nota:* El gráfico representa la polarización de un capacitor. Tomado de (Hart, 2008).

Un capacitor tiene ciertas características técnicas, estas son:

- Capacidad nominal: Es el valor que se encuentra marcado en un capacitor, representa la capacidad del dispositivo.
- Tolerancia: Representa la diferencia entre las capacidades superiores e inferiores indicadas por el fabricante.
- Tensión nominal: Es la máxima tensión que un capacitor puede soportar antes de entrar en deterioro.

Resistores: Son dispositivos electrónicos pasivos que no poseen polaridad, sus principales funciones son la disipación de calor y la oposición al flujo de corriente hacia otro dispositivo. La unidad de medida de los capacitores son los Ohms. Una resistencia tiene el siguiente símbolo (Figura 19). Sin embargo, existen resistencias variables, capaces de ajustar su valor, más conocidos como potenciómetros (Figura 20).

### **Figura 19**

*Símbolo de una resistencia*



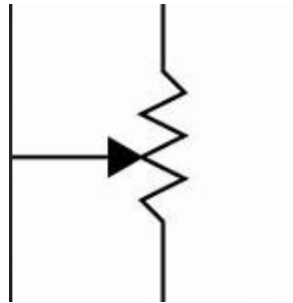
*Nota:* El gráfico representa el símbolo de una resistencia. Tomado de (Hart, 2008).

Características técnicas:

- Resistencia nominal: Es el valor teórico de una resistencia, generalmente se indica con un código de colores.
- Tolerancia: Se mide en porcentaje, y representa la precisión de la resistencia, cuando más baja sea la tolerancia del dispositivo, mayor precisión tendrá.
- Potencia nominal: Es la potencia que puede manejar la resistencia sin sufrir daños, generalmente se lo mide en W.

**Figura 20**

Resistencia variable

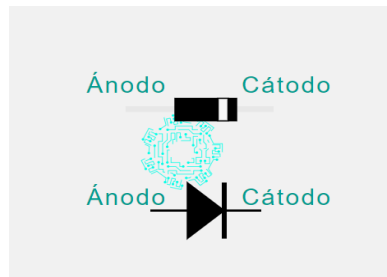


*Nota:* El gráfico representa el símbolo de una resistencia variable. Tomado de (Hart, 2008).

Diodos: Los diodos son dispositivos semiconductores que poseen polaridad, es decir una parte positiva y otra negativa, una característica importante es que solo permiten el paso de la corriente en un solo sentido (Figura 21).

**Figura 21**

Polarización de un diodo



*Nota:* El gráfico representa la polarización de un diodo. Tomado de (Hart, 2008).

**Características técnicas:****Valores de tensión:**

- $V_F$  = Tensión directa en los extremos del diodo en conducción.
- $V_R$  = Tensión inversa en los extremos del diodo en polarización inversa.
- $V_{RSM}$  = Tensión inversa de pico no repetitiva.
- $V_{RRM}$  = Tensión inversa de pico repetitiva.
- $V_{RWM}$  = Tensión inversa de cresta de funcionamiento

**Valores de corriente:****Valores nominales de corriente:**

- $I_F$  = Corriente directa.
- $I_R$  = Corriente inversa.
- $I_{FAV}$  = Valor medio de la forma de onda de la corriente durante un periodo.
- $I_{FRMS}$  = Corriente eficaz en estado de conducción. Es la máxima corriente eficaz que el diodo es capaz de soportar.
- $I_{FSM}$  = Corriente directa de pico (inicial) no repetitiva.



- AV= Average (promedio) RMS= Root Mean Square (raíz de la media cuadrática)  
(Hart, 2008).

## Desarrollo del tema

### Etapas del circuito amplificador

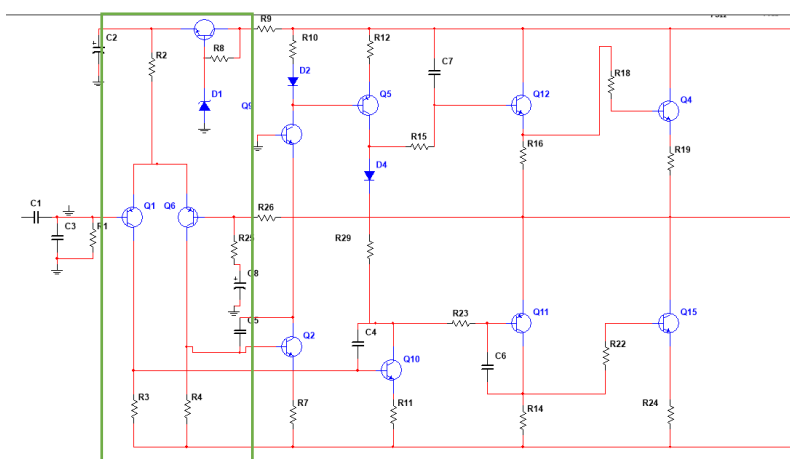
Para la implementación del circuito amplificador se diseñó las etapas que conforman el amplificador:

#### Entrada diferencial

Para la implementación del circuito amplificador, se diseñó el esquema electrónico dividiéndolo por etapas, obteniendo a la entrada un circuito diferencial, el cual debe ser de una impedancia alta y además debe ser térmicamente estable, para que no exista distorsiones en la entrada, ya que, de existir distorsiones, estas se amplificaran hasta la etapa de salida (Figura 22).

**Figura 22**

*Entrada diferencial*



*Nota:* El gráfico representa la entrada diferencial de un circuito amplificador.

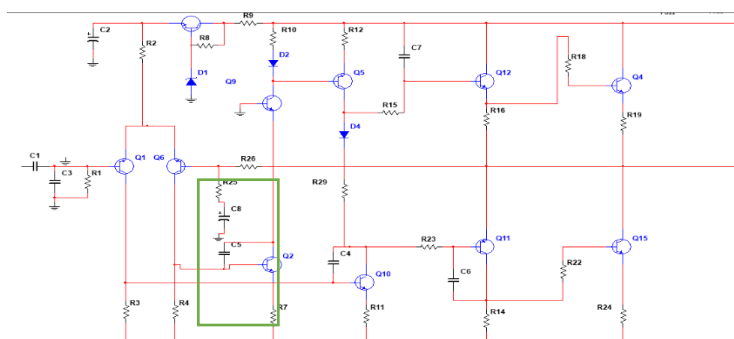
#### Circuito de ganancia

La señal que se obtiene a la salida del amplificador diferencial, es tomada por un circuito de ganancia, que viene compuesto por un divisor de voltaje y un

capacitor, el valor de estas resistencias juega un papel importante en la ganancia de amplificación que se obtendrá a la salida del amplificador (Figura 23).

**Figura 23**

*Circuito de ganancia en divisor de voltaje*



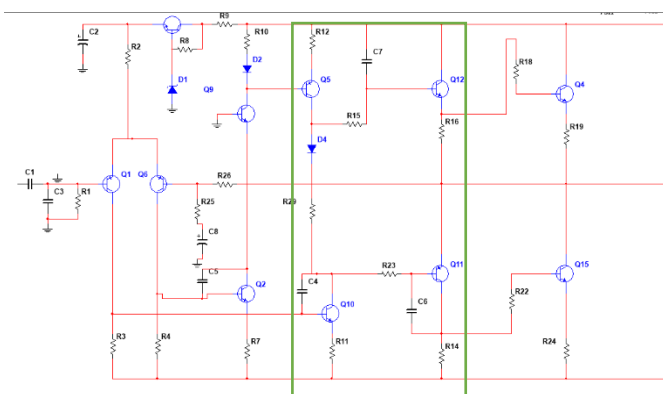
*Nota:* El gráfico representa un circuito de ganancia con divisor de voltaje.

### Preamplificador

Posteriormente se diseñó un preamplificador, el cual tomará la ganancia y amplificará para llevarla a la última etapa de amplificación (Figura 24).

**Figura 24**

*Preamplificador*



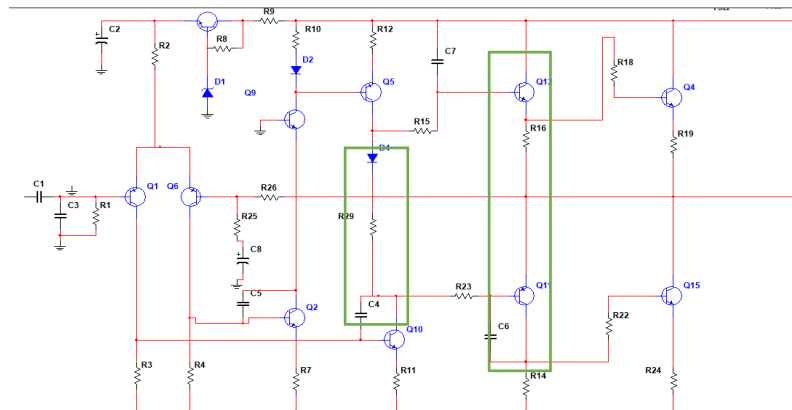
*Nota:* El gráfico representa un circuito preamplificador.

## Circuito Bias

Este preamplificador consta con un sistema de bias, el cual cuenta con dos diodos, o a su vez un diodo y una resistencia, el cual fija un voltaje de aproximadamente 1.4V para los transistores drivers (Transistores Q12-Q11) (Figura 25). De esta manera se asegura que los transistores no tengan cruce por cero ya que van a estar excitados todo el tiempo de funcionamiento.

**Figura 25**

*Circuito Bias y transistores drivers*



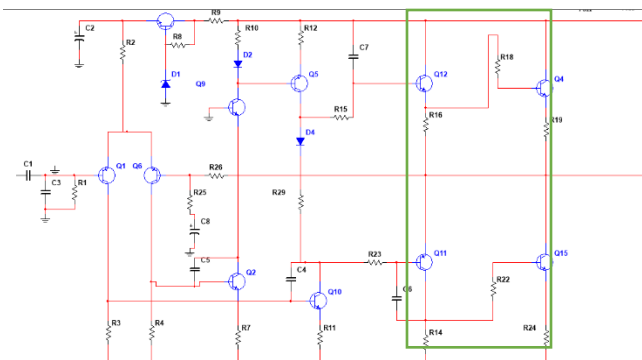
*Nota:* El gráfico representa un circuito Bias y transistores drivers de un amplificador.

## Salida semi-complementaria

A la salida se colocó un circuito semi-complementario, el cual se encarga de tomar la señal de la etapa preamplificadora, y volverla a amplificar, manejando corrientes y voltajes mucho más altos (Figura 26). Este circuito está formado por un transistor PNP y un NPN.

**Figura 26**

*Salida Semi-complementaria*



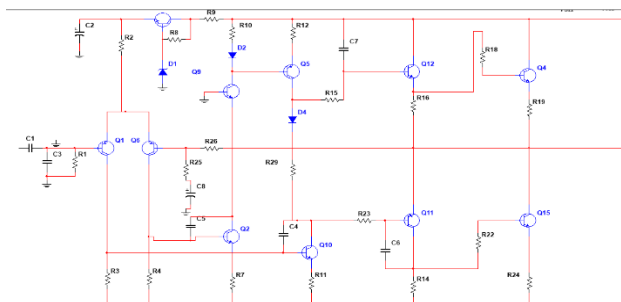
*Nota:* El gráfico representa un amplificador con salida semi complementaria.

**Cálculo de componentes**

El diseño del amplificador consta de 2 circuitos amplificadores (Figura 27), cada uno de 125W, obteniendo a la salida 250W. El amplificador se diseñó de la siguiente manera para evitar exceso de disipación de calor en los transistores debido al manejo de corrientes altas, pues al dividirlo en dos circuitos, manejarán menos corriente y voltajes, obteniendo una mayor duración de vida de los componentes y menor disipación de calor.

**Figura 27**

*Diagrama del circuito amplificador de 125 W*



*Nota:* El gráfico representa un circuito amplificador de 125W.

- a) **Cálculo de la Fuente de alimentación:** Para calcular la fuente de alimentación de todo el circuito, se debe considerar la carga y la potencia de salida.

**Ecuación 1**

**Cálculo de VRMS**

$$V_{RMS} = \sqrt{P \cdot RL}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{125W \cdot 4 \text{ Ohms}}$$

$$V_{RMS} = 22.36V$$

**Ecuación 2**

**Cálculo de VP**

$$V_p = V_{RMS} \times \sqrt{2}$$

$$V_p = 22.36v \times \sqrt{2}$$

$$V_p = 31.62V$$

Para ello el circuito se alimentará con un voltaje VCC de hasta 50V

- b) Transistores de potencia: La corriente que pasa por cada transistor es:

**Ecuación 3**

**Cálculo de IP**

$$I_p = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

$$I_p = \sqrt{\frac{125W}{4 \text{ Ohms}}}$$

$$I_p = 5.5A$$

Para ello se escogió transistores que puedan tolerar 6A con un voltaje de ruptura colector emisor de 200V.

Para poder determinar la mínima disipación de potencia, se debe considerar la eficiencia del circuito y la disipación a máxima corriente del transistor.

#### **Ecuación 4**

##### **Cálculo de Wc**

$$W_c (\text{min}) = (1-n) \frac{P_o}{2} + \frac{V_{CE} (\text{min}) \times I_C (\text{max})}{2}$$

$$N\% = 0,75$$

#### **Ecuación 5**

##### **Cálculo de VCE**

$$V_{CE} = V_{CC} - V_P$$

$$V_{CE} = 50 - 31.62 = 18,38V$$

$$W_c (\text{min}) = (1-0,75) \frac{125}{2} + \frac{18,38 \times 5.5A}{2}$$

$$W_c (\text{min}) = 66,17W$$

En base a los datos obtenidos, se investigó transistores que puedan trabajar bajo los parámetros indicados de corriente, voltaje y potencia. Para ello se utilizó los transistores 2SC3858.

c) Cálculo de elementos que conforman el circuito.

En las etapas de salida es considerable colocar resistencias de ganancia (R19-R24) de 0,47ohms o a su vez resistencias de 0,33 ohms.

Para calcular la máxima potencia en los transistores de salida se debe considerar:

#### **Ecuación 6**

##### **Cálculo de VE4**

$$V_{E4} = R_G \cdot I_p$$

$$V_{E4} = 0,47 \times 5,5 = 2,6V$$

Por lo tanto:

### ***Ecuación 7***

#### ***Cálculo de $V_{B4}$***

$$V_{B4} = V_{E12} = V_{E4} + 0,6V$$

$$V_{E12} = 2,6 + 0,6 = 3,2V$$

Entonces la corriente de base de Q4 es:

### ***Ecuación 8***

#### ***Cálculo de $I_{B4}$***

$$I_{B4} = \frac{I_P}{\beta}$$

$$I_{B4} = \frac{5,5A}{20}$$

$$I_{B4} = 275mA$$

Las resistencias R16 y R14 aceleran la recombinación de los portadores en los transistores Q4 y Q15. Para calcular las dos resistencias se asumió la corriente a la décima parte de la corriente de base de Q4.

### ***Ecuación 9***

#### ***Cálculo de R16***

$$R16 = \frac{3,2V}{27,5mA} = 116 \text{ Ohms}$$

Para ello se utilizó resistencias equivalentes de 100 Ohms

También se calculó la  $I_{c12}$ :



**Ecuación 10****Cálculo de Ic12**

$$I_{c12} = 275\text{mA} + 27,5\text{mA}$$

$$I_{c12} = 302,5\text{mA}$$

Para encontrar la corriente de base de Q12, se debe considerar que Q1 es Beta veces menor que la corriente de colector del mismo transistor.

**Ecuación 11****Cálculo IB12**

$$I_{B12} = \frac{275\text{mA}}{20} = 13,75\text{mA}$$

Para calcular la potencia de disipación en Q6, se debe considerar que la caída de tensión en el transistor es de aproximadamente 50V.

**Ecuación 12****Cálculo de P Q5**

$$P_{Q5} = V_P \times I_{B12}$$

$$P_{Q5} = 50 \times 13,75\text{mA}$$

$$P_{Q5} = 687,5\text{mW}$$

Para ello se usó transistores D718 para Q5 y B688 en Q10.

Las resistencias R10, R11, R12 y R7 son limitadoras y se escogió valores de 10 Ohms.

La R1 determina la impedancia de entrada del amplificador. Para ello la resistencia de entrada R1 es igual a 1,5K.

Se debe tener en cuenta que R1 debe ser igual a RBB para presentar el mínimo desbalance de corriente en la entrada del amplificador.

Entonces la ganancia de voltaje a la entrada está dada por la siguiente fórmula:

### **Ecuación 13**

#### **Cálculo de G**

$$G = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} = 1 + \frac{R_{BB}}{R_{25}}$$

$$G = \frac{22,36V}{1V}$$

$$G = 22,36$$

Entonces la resistencia R25 será de:

$$R_{25} = \frac{R_{BB}}{G-1}$$

$$R_{25} = \frac{22K}{21,316}$$

$$R_{25} = 1032 \text{ Ohms}$$

Para ello se consideró una resistencia de 1,5K

El capacitor de realimentación C8 se asumió el valor típico 220uF

Para los capacitores C4 y C5 se utilizó los valores típicos de igual manera, los capacitores cerámicos 0,1uF.

Para la red de Zobel se utilizó los siguientes valores.

$$R_{28} = 10 \text{ Ohms}$$

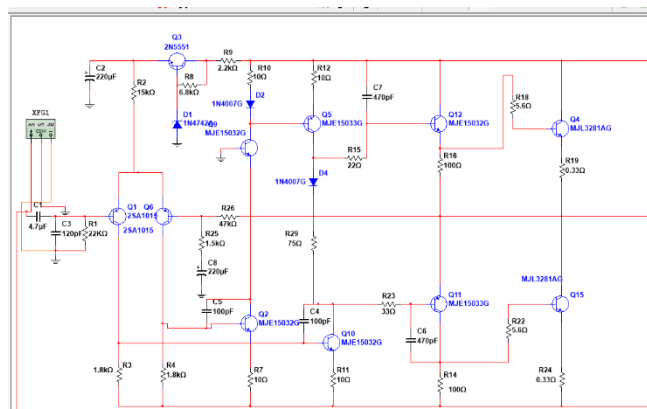
$$C_9 = 0,1 \mu\text{F}$$

$$L_1 = 5 \mu\text{H}$$

$$R_{28} = 10 \text{ Ohms}$$

**Figura 28**

Amplificador de 125W



*Nota:* El gráfico representa un circuito amplificador de 125W.

### Simulación del circuito

Una vez ya diseñado el circuito, y luego de haber obtenido los cálculos respectivos que indicaran los componentes a usar, se procedió a realizar la respectiva simulación para verificar el funcionamiento del amplificador. Para ello se utilizó un generador de señales a la entrada, un vatímetro, un osciloscopio y un analizador de distorsión.

### Generador de señales

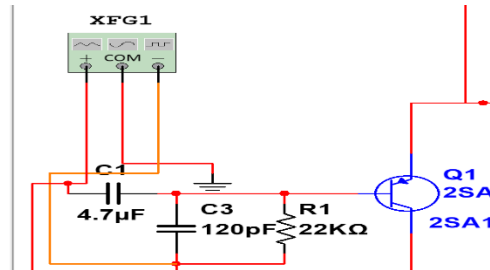
Para verificar el funcionamiento fue necesario usar un generador de señales a la entrada del circuito amplificador (Figura 29). De esta manera se puede simular el sonido que se obtendrá a la entrada.

Un generador de señales consta con 3 puntos de conexión, el primero es el +, este extremo debe ser conectado a la entrada del circuito amplificador. El segundo es el

COM, debe conectarse directamente a tierra. Por último, se tiene el extremo -, el cual debe conectarse a una tierra integrada en el circuito.

### Figura 29

Generador de señales



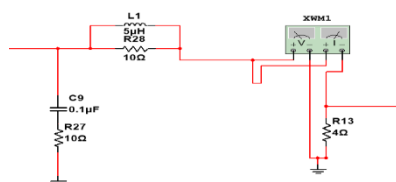
Nota: El gráfico representa un generador de señales.

### Vatímetro

Se colocó un vatímetro a la salida del circuito amplificador para poder medir los vatios que se obtendrá a la salida. Para conectar este artefacto, se debe hacer un puente entre las dos entradas positivas y las dos negativas, además se podrá colocar la carga de las bocinas con una resistencia para que la simulación sea más real (Figura 30).

### Figura 30

Vatímetro



Nota: El gráfico representa un vatímetro.

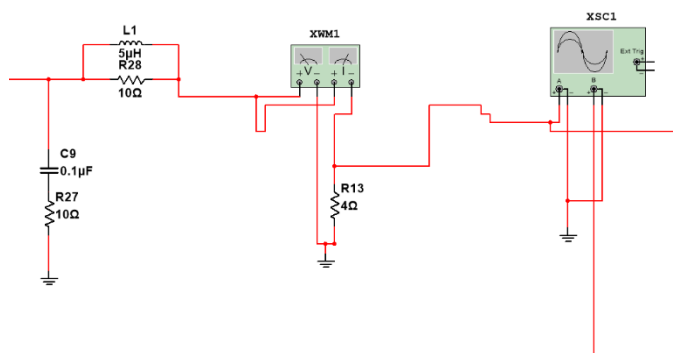
## Osciloscopio

El osciloscopio ayudará a graficar las señales de entrada y salida del amplificador, para así poder apreciar el aumento de la amplitud de la señal que se obtendrá a la salida con respecto a la entrada.

El osciloscopio presenta dos entradas, una entrada A y otra B. Cada una posee dos extremos, un + y otro -, las entradas + se deben conectar a la entrada del circuito y a la salida del mismo, para así poder observar la onda de entrada y salida. Las entradas - se deben conectar a tierra (Figura 31).

### Figura 31

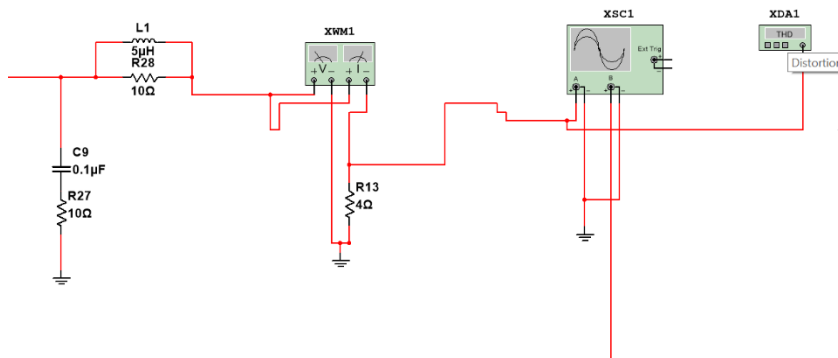
#### Osciloscopio



*Nota:* El gráfico representa un osciloscopio.

## Analizador de distorsión

El analizador de distorsión indica el porcentaje de distorsión armónica que presenta el circuito amplificador, y se lo debe conectar de igual manera a la salida del mismo.

**Figura 32***Analizador de distorsión THD*

*Nota:* El gráfico representa un analizador de distorsión THD.

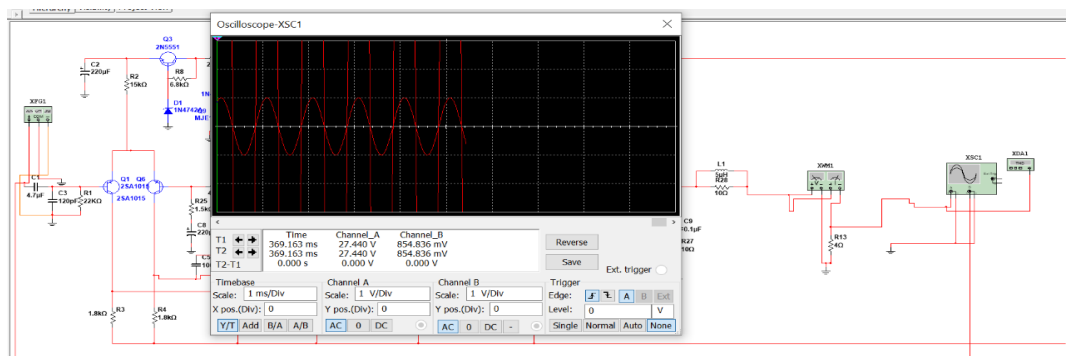
### **Funcionamiento del amplificador**

Una vez colocado el generador de señales a la entrada y el osciloscopio a la salida, se puede obtener el funcionamiento del circuito con sus respectivas gráficas.

Como se puede observar en la figura 33, el canal A se asignó a la señal de salida y el canal B a la entrada. La amplitud de la señal de salida es mucho mayor a la señal de entrada, para poder apreciar mejor la onda se debe subir la división de la escala gráfica a 20V (Figura 34).

**Figura 33**

Gráfica de señales de entrada y salida con una división de 2V.

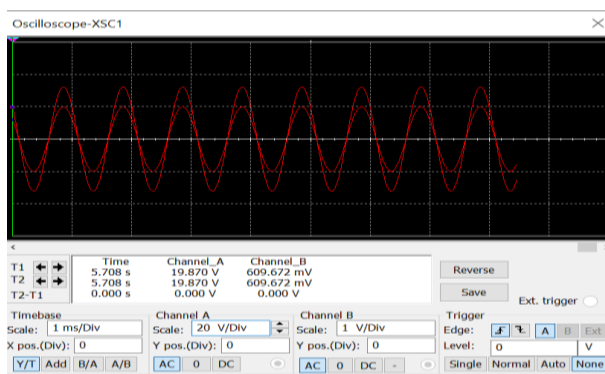


*Nota:* El gráfico representa la gráfica de señales de entrada y salida de un amplificador de 125W con una división de 2V.

En la figura 34 se puede apreciar que, aunque la señal A tenga una división de 20V aún sigue teniendo mayor amplitud que la señal de salida con una división de 2V.

**Figura 34**

Señal de salida con división de 20V



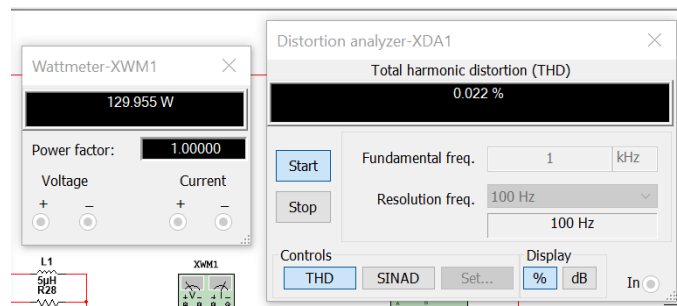
*Nota:* El gráfico representa una señal de salida con división de 20V.

Como se pudo observar en la figura 34, la amplitud de la señal de salida es mucho mayor a la amplitud de la señal de entrada.

Además de la gráfica de señales, se puede conocer los vatios que se tiene a la salida y también el total de la distorsión armónica (Figura 35).

### Figura 35

Potencia de salida y THD



*Nota:* El gráfico representa la potencia se salida y THD del amplificador de 125W.

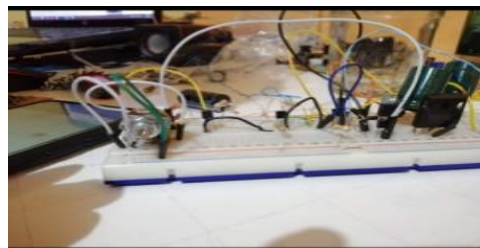
En la figura 35 se puede apreciar que a la salida se obtiene un total de 129,995W, aproximadamente 130W, y un THD del 0,022% lo cual está dentro de un margen razonable.

### Implementación del circuito en protoboard

Una vez probado el funcionamiento del circuito en la simulación, se procedió a armar el mismo en un protoboard para verificar el funcionamiento en físico (Figura 36)

### Figura 36

Circuito armado en protoboard



*Nota:* El gráfico representa el armado de un amplificador de 125W en un protoboard.



El circuito armado en el protoboard funcionó de una manera correcta, sin embargo, se armó un solo circuito de 125W debido al espacio del protoboard, teniendo en cuenta que la otra mitad es el mismo circuito.

### **Implementación de la fuente de alimentación.**

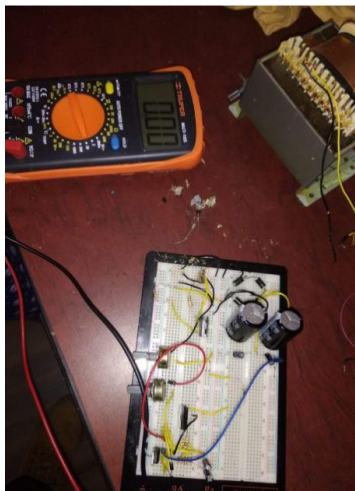
Para el diseño de la fuente de alimentación se necesitó de un transformador con tab central, con una salida de más de 20V, un puente de diodos que transformará la señal de alterna a continua y dos capacitores de 6800uF.

### **Implementación de la fuente en protoboard**

Antes de diseñar un circuito para la fuente en baquelita, se procedió a realizar una prueba del funcionamiento en un protoboard (Figura 37).

#### ***Figura 37***

*Fuente de alimentación en protoboard*



*Nota:* El gráfico representa el armado de la fuente de alimentación en protoboard.

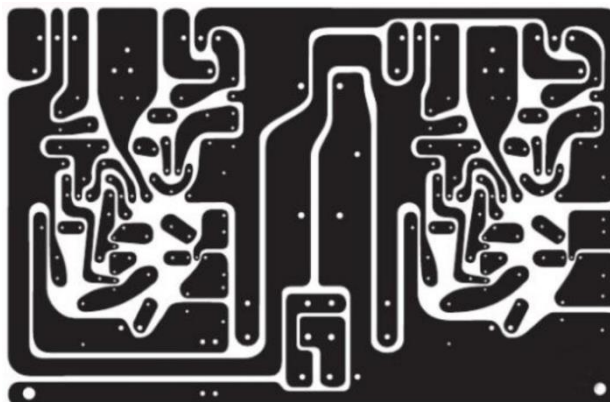
Una vez que se comprobó el funcionamiento de la fuente de alimentación, se decidió añadir al circuito del amplificador el puente de diodos y los capacitores de 6800uF para filtrar la señal.

### **Implementación del circuito en baquelita y ensamblaje del amplificador.**

Para implementar el circuito en baquelita, lo primero que se debe hacer es transformar el circuito hecho en multisim a PCB (Figura 38).

#### **Figura 38**

*Circuito PCB*



*Nota:* El gráfico representa el circuito PCB del amplificador de 250W.

Una vez que el circuito esté pasado a PCB, lo que se debe hacer es imprimir el circuito para posteriormente quemarlo en una baquelita con ácido. (Figura 39).

**Figura 39**

*Baquelita en ácido*



*Nota:* La imagen representa el quemado de una baquelita en ácido.

Una vez que se haya quemado la baquelita se obtuvo el circuito impreso indicado en la Figura 40.

**Figura 40**

*Pistas en baquelita*



*Nota:* El gráfico representa las pistas en una baquelita.

Luego de tener el circuito en la baquelita, se colocaron los dispositivos electrónicos en cada lugar de la baquelita, basándose en el circuito simulado, sin equivocarse. (Figura 41).

**Figura 41**

*Armado del circuito en baquelita*



*Nota:* El gráfico representa el armado del circuito amplificador de 250W en baquelita.

También se soldó un potenciómetro que regulará el volumen del amplificador, un switch de 3 posiciones que permite seleccionar el tipo de entrada que se va a utilizar, ya sea entrada de audio, o guitarra con su respectivo Jack (Figura 42), todos estos componentes se colocaron en el interior de una caja negra de acrílico polarizado que se diseñó acorde al amplificador.

**Figura 42**

*Dispositivos de control del Amplificador*

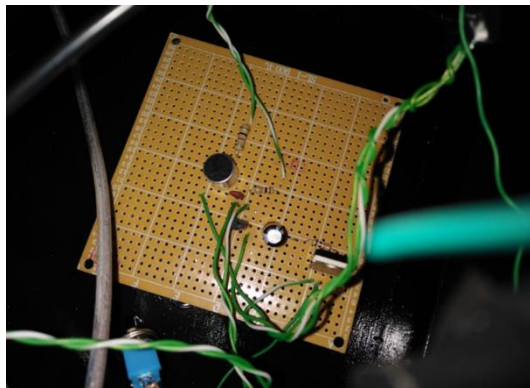


*Nota:* El gráfico representa los dispositivos de control del amplificador.

Adicional al circuito amplificador se diseñó e implementó un circuito capaz de controlar una tira de luces led, las cuales parpadean de acuerdo a la intensidad del sonido que emite el amplificador. Esto fue posible con la ayuda de un micrófono, el mismo que reconoce el sonido y acorde a la potencia que este emite, las luces se encienden, además posee un potenciómetro que permite regular la sensibilidad del micrófono y un switch que permite cambiar el color de las luces led (Azul-Rojo), (Figura 43).

**Figura 43**

Circuito de control ON-OFF de luces led.

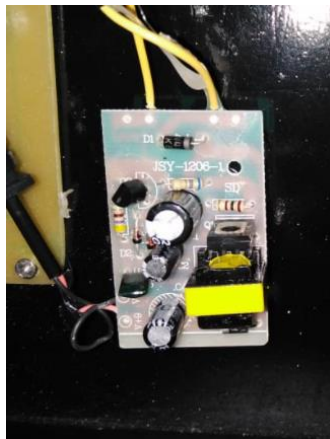


*Nota:* El gráfico representa el circuito de control ON-OFF de luces led.

Este pequeño circuito es alimentado por una fuente que viene conjuntamente con la tira de luces led, se conectaron en paralelo a la entrada del transformador (Figura 44).

**Figura 44**

*Fuente de alimentación del circuito ON-OFF de luces led.*

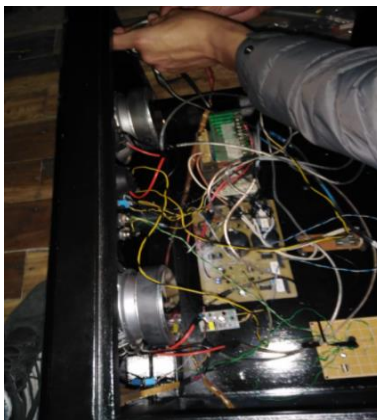


*Nota: El gráfico representa la fuente de alimentación del circuito ON-OFF de luces led.*

Todos los circuitos que componen el amplificador se colocaron en una caja negra de acrílico polarizado (Figura 45).

**Figura 3. 45**

*Armado del Amplificador.*

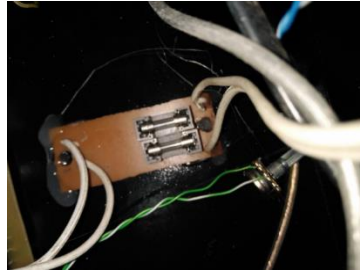


*Nota: El gráfico representa el armado del amplificador de 250W en una caja de acrílico polarizado.*

A la entrada de 110V del amplificador se colocaron fusibles, ya que, en caso de existir sobre corrientes, se quemen los fusibles y no exista daños en el circuito amplificador (Figura 46).

**Figura 46**

*Fusibles de protección*



*Nota:* El gráfico representa los fusibles de protección de sobre corrientes.

En la figura 47 se puede apreciar la parte frontal del amplificador, en la parte superior izquierda se encuentra el interruptor ON/OFF del mismo, en la parte inferior derecha se encuentra el switch que indica el color de luces que se va a utilizar.

**Figura 47**

*Controles ON-OFF del amplificador*



*Nota:* El gráfico representa los controles ON-OFF del amplificador.

En la parte frontal media del amplificador se encuentran la entrada de audio, guitarra, el selector de audio o guitarra, el potenciómetro que regula la sensibilidad ON-

OFF de las luces y el potenciómetro que regula el volumen del sonido del amplificador. (Figura 48).

### **Figura 48**

*Controles del amplificador*



*Nota:* El gráfico representa los controles del amplificador.

### **Funcionamiento del amplificador.**

Ya armado el amplificador, se conectó la alimentación de 110V para probar su funcionamiento, se seleccionó la entrada de audio con el switch de 3 posiciones y se comprobó que el sonido sea el esperado, adicional a ello las luces que se conectaron en la parte frontal del amplificador se encendían y se apagaban acorde a la música. (Figura 49).

### **Figura 49**

*Funcionamiento del amplificador en modo audio*



*Nota:* El gráfico representa el funcionamiento del amplificador en modo audio.



Posteriormente se cambió el switch de 3 posiciones a modo guitarra, donde se pudo evidenciar que funcionaba correctamente (Figura 50).

**Figura 50**

*Funcionamiento del amplificador en modo guitarra*



*Nota:* El gráfico representa el funcionamiento del amplificador en modo guitarra.

También se comprobó que el regulador de sensibilidad del micrófono que controla las luces, funcione correctamente junto al switch que controla el color de los leds, como se puede evidenciar en la Figura 51.

**Figura 51**

*Control de sensibilidad y modo de luces.*



*Nota:* El gráfico representa el control de sensibilidad y modo de luces del amplificador.

Una vez que se ha verificado el funcionamiento correcto de los componentes del amplificador, se realizó las pruebas respectivas de las entradas de audio y guitarra junto al profesor de música de la escuela Jospio, donde se pudo evidenciar que el sonido emitido por el amplificador era el esperado, además cumple con las expectativas deseadas.

## Conclusiones

- Se implementó un amplificador de Guitarra de 250W con dos entradas mediante dispositivos electrónicos de potencia para uso del centro de Música Jospio, ubicada en la parroquia San Luis de la provincia de Chimborazo.
- El análisis de los tipos de amplificadores y sus etapas fue de suma importancia para el diseño del amplificador de guitarra y audio de 250W, ya que basándose en ello se pudo analizar el funcionamiento de cada etapa y su importancia para el circuito amplificador.
- La resistencia  $R_G$  es la que define la ganancia del amplificador, es decir, su valor determina la potencia que se obtendrá a la salida del circuito, sin embargo, mientras menor valor de resistencia tenga  $R_G$ , se obtendrá más ganancia de amplificación a la salida, por lo tanto, más corriente y voltaje pasará por los transistores, de tal manera que se debe diseñar un circuito con transistores capaces de soportar dichas corrientes y voltajes para no sufrir daños.
- Un circuito diferencial a la entrada de un amplificador, permite disminuir las distorsiones a la entrada y evita amplificarlas hasta la etapa de salida, obteniendo un porcentaje de TDH tolerable.

**Recomendaciones.**

- Para implementar un circuito amplificador, primero se debe desarrollar un esquema del mismo, basándose en el estudio de las clases de amplificadores y sus etapas, posteriormente se debe realizar los cálculos de los componentes a utilizar dentro del circuito, para conocer las características que deben poseer los dispositivos electrónicos junto al voltaje y corriente que deben soportar individualmente.
- Se debe considerar una RG estable para el diseño de un amplificador, ya que esta definirá la potencia de salida, y si se diseña un amplificador para una potencia definida, los elementos no soportaran más ganancia de la indicada mediante los cálculos, por esta razón, se debe asegurar que el valor de la RG sea adecuado para el diseño indicado con su respectiva potencia.
- Para el diseño del circuito diferencial que se colocó a la entrada del amplificador, se debe usar transistores capaces de ser térmicamente estables, ya que de existir inestabilidad en la entrada provocará distorsiones que se amplificarán a la salida, obteniendo un TDH elevado.

## **Glosario de términos**

**AMPLIFICADOR DE POTENCIA:** Dispositivo electrónico que amplifica una señal de entrada, obteniendo a la salida una señal con mayor amplitud.

**BAQUELITA:** Material para realizar circuitos impresos.

**LED:** Diodo emisor de luz.

**MULTISIM:** Entorno de simulación de National Instruments.

**NPN:** Dispositivo electrónico con dos capas negativas y una positiva.

**OSCILOSCOPIO:** Dispositivo utilizado para observar graficas de ondas.

**PNP:** Dispositivo electrónico con dos capas positivas y una negativa.

**RG:** Resistencia de ganancia.

**SWITCH:** Dispositivo que conecta varios instrumentos dentro de una red.

**TDH:** Total de distorsión armónica.

## **Bibliografía**

- Jacome, F. (1979). *Amplificador estereofinico de alta fidelidad*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Hart, D. W. (2008). *Electrónica de potencia*. Pearson educación.
- Luciano. (2020, abril 10). La evolución del amplificador, del triodo a los transistores. Recuperado el 11 de enero del 2021, de *Unaguitarrafeliz.es*.  
<https://unaguitarrafeliz.es/la-evolución-del-amplificador-del-triodo-a-los-transistores/>
- Zorzano, A. (2010). *Amplificador de audio de alta fidelidad para sistemas activos de altavoces con bajo consumo de energía*. España: Universidad de Rioja.

# ANEXOS