



Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

**Diseño y Construcción de una guitarra eléctrica con circuitos especiales**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica

Profesor Guía:

Ing. Patricio Vallejo

**Autor:**

**Freddy Fernando Rizzo Sánchez**

**Año:**

**2011**

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el/la estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Patricio Vallejo

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

1708032485

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Freddy Fernando Rizzo Sánchez

1717091258

## RESUMEN

El propósito de esta tesis consiste en el diseño y construcción de un modelo experimental de guitarra eléctrica que dentro de su estructura (cuerpo sólido), permita la implementación de circuitos electrónicos; los mismos podrán llegar a dar la posibilidad de modificar las características tímbricas propias de este instrumento.

Se busca a lo largo de todos los capítulos, como una especie de metodología, brindar y demostrar la teoría asociada además de poder detallar procedimientos que sirven como una guía para comprender el funcionamiento básico de un instrumento como la guitarra eléctrica. Se justifica la construcción de las decisiones que llevaron a la creación de este modelo en particular.

Lo escrito en las siguientes páginas evidencian este contenido:

Capítulo 1: se describe un poco de la historia de la guitarra eléctrica hasta la actualidad de tal forma que se lleguen indirectamente a entender, además de justificar, los objetivos generales y específicos que se presentan en la tesis.

Capítulo 2: se hace un resumen teórico en lo que se refiere a la construcción de guitarras eléctricas y su funcionamiento interno a nivel general. Se presenta la teoría asociada a la estructura externa e interna (circuitos eléctricos) del instrumento.

Capítulo 3: se analiza técnicamente el diseño de este modelo en particular.

Capítulo 4: se detalla el proceso en la construcción externa e interna y se realizan ciertas simulaciones para demostrar los fenómenos físicos que caracterizan al timbre particular del instrumento.

Capítulo 5: se hace la diferenciación y alcances de este modelo con respecto a la gran cantidad de opciones comerciales a nivel mundial.

Los resultados y conclusiones que se obtienen en la tesis, exactamente en el capítulo 6, demuestran que cada componente por mínimo que sea, influencia

en el sonido del conjunto o sistema total denominado guitarra eléctrica y debido a esto la importancia de estudiarlos a profundidad. Las posibilidades tímbricas que se pueden conseguir con este instrumento son infinitas.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research is to design and build an experimental electric guitar, so its solid body allows any electric circuits; which will give the option to alter the guitar's pitch.

The research approach used in this dissertation describes and demonstrates the related operational theory of this topic; moreover, it details procedures which will guide in understanding the basic operation of an electric guitar; and finally, it presents the reasons to build this specific model.

This study has six chapters; chapter one describes the history of the electric guitar from the beginning until the present day, with the main purpose of understanding and justifying the general and specific objectives of the dissertation. Chapter two presents a theoretical summary of how electric guitars are built, their internal operation, and finally the theory related to the instrument's external and internal (electric circuits) structure. Chapter three specifically discusses the design and the manufacture of this model.

Chapter four illustrates in detail the external and internal building of the guitar and it also includes some simulations to demonstrate the physical phenomena that give the instrument this singular pitch. Chapter five presents this prototype's differences and limitations, and the outsized variety of commercial models worldwide. Chapter six will offer conclusions and recommendations.

The main conclusions drawn from this dissertation show that each component of the electric guitar, even the smallest ones, have an influence in the overall sound of the instrument. The findings from this research also provide evidence of the endless possibilities of pitches that can be achieved with this instrument.

## INDICE

1. CAPÍTULO I .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Antecedentes .....	2
1.3 Objetivos .....	6
1.3.1 Objetivos Generales: .....	6
1.3.2 Objetivos Específicos: .....	6
1.4 Hipótesis .....	6
1.5 Metodología .....	7
2. CAPÍTULO II .....	8
2. 1 Marco teórico .....	8
2.1.1 Principios Básicos .....	8
2.1.1.1 Estructura Externa .....	8
2.1.1.2 Estructura Interna .....	31
2.1.2 Conceptos .....	46
2.1.2.1 (+) Herramientas y Materiales .....	46
2.1.2.2 (^) Componentes Estructura Externa .....	49
2.1.2.3 (*) Componentes Estructura Interna (Circuitería) .....	54
3. CAPÍTULO III .....	76
3.1 Descripción de la Situación Actual .....	76
3.2 Análisis General de las Propiedades Mecánicas y Materiales Selectos .....	79
3.2.1 Propiedades Mecánicas .....	79
3.2.2 Dureza .....	80
3.2.3 Propiedades Materiales .....	81
3.3 Análisis del Diseño .....	83

4. CAPÍTULO IV .....	86
4.1 Diseño .....	86
4.1.1 Diseño Estructura Externa .....	86
4.1.2 Diseño Estructura Interna .....	93
4.2 Métodos de Fabricación .....	116
4.2.1 Proceso de Unión y Corte .....	116
4.2.2 Proceso de Circuitería .....	116
4.2.3 Tabla de Manufactura Utilizada en cada pieza adquirida (fabricantes) .....	119
4.3 Herramientas de Diseño .....	123
4.3.1 Ensayos o Pruebas no destructivas .....	123
4.3.1.1 Potenciómetro de Volumen .....	123
4.3.1.2 Frecuencia de Resonancia Circuito RLC .....	127
4.3.1.3 Potenciómetro de Tono .....	131
5. CAPÍTULO V .....	136
5.1 Factores de Éxito del Estudio .....	136
6. CAPÍTULO VI .....	138
6.1 Conclusiones y Recomendaciones: .....	138
Referencias .....	142
Anexos .....	145



## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1</b>	Ejemplos de modelos comerciales llamativos.....	8
<b>Figura 2.2</b>	Estructura interna- externa de un tronco.....	11
<b>Figura 2.3</b>	Anatomía de un Árbol .....	16
<b>Figura 2.4</b>	Trozado y aserrado del tronco .....	17
<b>Figura 2.5</b>	Extracción de tablonos para construcción .....	18
<b>Figura 2.6</b>	Ejemplo porcentual del agua presente en la célula de un árbol Vivo.....	19
<b>Figura 2.7</b>	Merma en la madera.....	20
<b>Figura 2.8</b>	Tablonos que se obtienen como Corte Radial y como Corte Tangencial .....	23
<b>Figura 2.9</b>	Merma en sus dimensiones según el tipo de corte obtenido .....	24
<b>Figura 2.10</b>	Madera como materia prima.....	26
<b>Figura 2.11</b>	Superficies encontradas en un tronco .....	28
<b>Figura 2.12</b>	Piezas de madera que se utilizan en el diseño.....	31
<b>Figura 2.13</b>	Cadena Electroacústica Básica .....	32
<b>Figura 2.14</b>	Porción de la cuerda imantada y su respectiva pieza magnética .....	33
<b>Figura 2.15</b>	<i>Pickup</i> básico “ <i>Single Coil</i> ” y la señal de AC que produce su Bobina.....	34
<b>Figura 2.16</b>	Experimento de Faraday.....	35
<b>Figura 2.17</b>	Fragmentos video “ <i>Electromagnetism 6: Induction</i> ” .....	38
<b>Figura 2.18</b>	Circuito R-L-C Equivalente de un <i>pickup single coil</i> .....	40
<b>Figura 2.19</b>	Recorte de cierta señal de AC al sobrepasar un Rango dinámico, .....	43
<b>Figura 2.20</b>	Diagrama esquemático del circuito Phaser presente como experimento en las conexiones de la estructura interna.....	45
<b>Figura 2.21</b>	Posición del multímetro en serie y en paralelo dentro de un mismo circuito.....	48
<b>Figura 2.22</b>	Anatomía básica de un <i>pickup single coil</i> .....	50

<b>Figura 2.23</b>	<i>Humbucker Pearly Gates SH-PG1</i> .....	51
<b>Figura 2.24</b>	<i>Hot Rails SHR-1</i> .....	51
<b>Figura 2.25</b>	Esquema de señales AC y Voltajes DC (Vcc) .....	57
<b>Figura 2.26</b>	Símbolo de una batería.....	58
<b>Figura 2.27</b>	Resistencia de precisión común (película metálica o <i>metal film</i> ) y sus 4 bandas estándar de colores .....	59
<b>Figura 2.28</b>	Símbolo antiguo de las resistencias seguido por su símbolo internacional.....	60
<b>Figura 2.29</b>	Numeración de los terminales de un potenciómetro y su símbolo .....	61
<b>Figura 2.30</b>	Símbolo del capacitor sin polarización.....	62
<b>Figura 2.31</b>	Símbolo de una Bobina.....	66
<b>Figura 2.32</b>	Relación de polaridad de las señales que salen de la bobina en un <i>pickup Single Coil</i> .....	66
<b>Figura 2.33</b>	Polarización directa e inversa en el diodo.....	67
<b>Figura 2.34</b>	Circuito Integrado C4558C .....	70
<b>Figura 2.35</b>	Representación del <i>Switch SPST</i> .....	71
<b>Figura 2.36</b>	Representación del <i>Switch SPDT</i> .....	71
<b>Figura 2.37</b>	Representación del <i>Switch DPDT</i> .....	72
<b>Figura 2.38</b>	<i>Toggle switch SPDT</i> .....	73
<b>Figura 2.39</b>	Optoacoplador NSL-32 .....	75
<b>Figura 4.1</b>	Longitud de la escala, longitud de tiro o <i>Scale Length</i> .....	86
<b>Figura 4.2</b>	Longitud de la escala con sistema Floyd Rose.....	87
<b>Figura 4.3</b>	Forma de la guitarra modelo Dinamo S.P.....	90
<b>Figura 4.4</b>	Dínamo S.P descripción de piezas extra .....	91
<b>Figura 4.5</b>	Cavidades posteriores guitarra eléctrica modelo Dinamo SP,.....	92
<b>Figura 4.6</b>	Ubicación de las zonas que se destinan para los controladores y circuitos especiales dentro de la cavidad 2 .....	92
<b>Figura 4.7</b>	Diagrama de Bloques del Diseño de la Estructura Interna .	93
<b>Figura 4.8</b>	Esquema de conexiones internas.....	94

<b>Figura 4.9</b>	Funcionamiento <i>Switch</i> Selector de Bobinas en <i>Pickup Humbucker Pearly Gates</i> del puente o <i>bridge</i> mediante Código de Colores casa Seymour Duncan.....	97
<b>Figura 4.10</b>	Circuito equivalente del <i>pickup humbucker</i> con <i>Switch</i> Selector de Bobinas.....	98
<b>Figura 4.11</b>	Representación e imagen de un <i>Switch</i> Selector de <i>pickups</i> 2P3T de 5 posiciones tipo Fender .....	99
<b>Figura 4.12</b>	<i>Switch</i> selector de pastillas de 5 posiciones tipo Importado.....	101
<b>Figura 4.13</b>	Potenciómetro de tono y su capacitor.....	104
<b>Figura 4.14</b>	Implementación del potenciómetro de tono en un esquema básico de conexiones.....	105
<b>Figura 4.15</b>	Resultados al variar el capacitor del Potenciómetro de Tono.....	106
<b>Figura 4.16</b>	Diagrama esquemático circuito <i>Ultra- Fuzz</i> .....	109
<b>Figura 4.17</b>	Vista frontal del <i>Phase Shifter</i> PCB .....	112
<b>Figura 4.18</b>	Algunos de los tipos de <i>switches</i> existentes el mercado ..	113
<b>Figura 4.19</b>	Foto <i>Toggle Switch</i> 2P3T modelo TS23E01 .....	114
<b>Figura 4.20</b>	RadioShack <i>Illuminated Pushbutton Switch</i> .....	114
<b>Figura 4.21</b>	SPST <i>Momentary Pushbutton Switch</i> (NA).....	115
<b>Figura 4.22</b>	Proceso de construcción general del instrumento .....	116
<b>Figura 4.23</b>	SEYMOUR DUNCAN, Pearly Gates SH-PG1 .....	119
<b>Figura 4.24</b>	SEYMOUR DUNCAN, Hot Rails SHR-1 .....	120
<b>Figura 4.25</b>	MIGHTY MITE, MMBL002B Floyd Rose Style Bridge .....	120
<b>Figura 4.26</b>	Útiles dimensiones con relación al sistema <i>Licensed</i> Floyd Rose MMBL002B marca MIGHTY MITE.....	121
<b>Figura 4.27</b>	TOGGLE SWITCH tipo 2P3T de 3 posiciones en su palanca, modelo TS23E01.....	122
<b>Figura 4.28</b>	NA MOMENTARY PUSH BUTTON SWITCH tipo SPST ..	122
<b>Figura 4.29</b>	Circuito R-L-C Equivalente de un <i>pickup single coil</i> y su simplificación .....	124
<b>Figura 4.30</b>	Simulaciones Frecuencia de Resonancia Circuito RLC....	127

<b>Figura 4.31</b>	Diagrama esquemático de la conexión de un potenciómetro de tono con respecto a un <i>pickup</i> , a un potenciómetro de volumen y a un conector de salida u <i>output jack</i> en una guitarra eléctrica ..... 131
<b>Figura 4.32</b>	Equivalente Potenciómetro de tono cuando se tiene su mando giratorio en máximo sentido horario..... 132
<b>Figura 4.33</b>	Frecuencias que son filtradas indirectamente por un capacitor de 0.020 del potenciómetro de tono ..... 133
<b>Figura 4.34</b>	Equivalente Potenciómetro de tono cuando se tiene su mando giratorio en máximo sentido antihorario ..... 134
<b>Figura 4.35</b>	Frecuencia de resonancia tanto para un capacitor de 0.020 $\mu$ f como para uno de 0.047 $\mu$ f..... 134

## ANEXOS

<b>Figura I</b>	Notas que se obtienen en la guitarra según la ubicación donde se asiente la cuerda en el alambre del traste ..... 146
<b>Figura II</b>	Elaboración del Plano. Diseño del modelo de Guitarra Eléctrica Dínamo S. P. .... 149
<b>Figura III</b>	De maderas (materia prima) hasta la producción del modelo de Guitarra Eléctrica Dínamo S. P, ..... 150
<b>Figura IV</b>	Proceso de Circuitería ..... 151

## Índice de Tablas

<b>Tabla 2.1</b>	Tolerancia del Capacitor ..... 64
<b>Tabla 3.1</b>	Propiedades de los materiales Indispensables a considerar en el diseño..... 82
<b>Tabla 3.2</b>	Valor en Hertz de la vibración de las cuerdas para cada traste ..... 84
<b>Tabla 4.1</b>	Descripción y función actual de las zonas dentro de la cavidad 2, ..... 93
<b>Tabla 4.2</b>	Elección de <i>pickups</i> y su ubicación ..... 95

<b>Tabla 4.3</b>	Criterios de potenciómetros a utilizar según el tipo de <i>Pickup</i> .....	102
<b>Tabla 4.4</b>	Comparación auditiva del efecto en los <i>pickups</i> al variar el valor de su potenciómetro de volumen .....	103
<b>Tabla 4.5</b>	SEYMOUR DUNCAN, Pearly Gates SH-PG1, 119	
<b>Tabla 4.6</b>	SEYMOUR DUNCAN, Hot Rails SHR-1 .....	120

## ANEXOS

<b>Tabla I</b>	Resultados cálculos distancia de trastes con Longitud de escala de 625 mm.....	145
<b>Tabla II</b>	Notas musicales y su respectivo valor en hertz dentro del rango dinámico de audición del ser humano.....	145
<b>Tabla III</b>	Gastos componentes electrónicos importados .....	146
<b>Tabla IV</b>	Gastos componentes guitarra eléctrica importados.....	146
<b>Tabla V</b>	Gastos componentes Electrónicos .....	147
<b>Tabla VI</b>	Gastos componentes guitarra eléctrica.....	147
<b>Tabla VII</b>	Gastos cursos – seminarios.....	148
<b>Tabla VIII</b>	Gastos mano de obra guitarra eléctrica .....	148
<b>Tabla IX</b>	Gastos extras diseño y construcción .....	148
<b>Tabla X</b>	Gastos totales Diseño y Construcción de una guitarra eléctrica con circuitos especiales.....	148

## Simbología

(+)	Ver Capítulo II, Conceptos, Herramientas y Materiales
(^)	Ver Capítulo II, Conceptos, Componentes Estructura Externa
(*)	Ver Capítulo II, Conceptos, Componentes Estructura Interna
[ ]	Referencias bibliográficas

# 1. CAPÍTULO I

## 1.1 Introducción

*Dinamo Single Power* es el modelo experimental de una guitarra eléctrica cuyo cuerpo sólido presenta circuitos especiales a más de un procedimiento de fabricación que toma en cuenta la ciencia relacionada con un instrumento musical del tipo electrófono<sup>1</sup>. Su idea parte de la curiosidad por alterar el sonido característico de este instrumento unido a la pasión que se tiene por la música y la investigación de los conceptos físicos asociados a ella.

El usuario podrá obtener sonidos únicos, plasmar nuevas ideas musicales y lograr creativas interpretaciones si así lo requiere. La parte transcendental en el diseño y construcción de esta pieza de ingeniería fue el haber sido partícipe de sus primeros resultados, conseguir inspiración de tantas personas interesantes y aprender de forma divertida lo que para otros podría haber sido un conocimiento intrascendente y tedioso.

En las siguientes páginas se podrán encontrar análisis y criterios de construcción de acuerdo a las características del modelo en particular, esto no imposibilita que se puedan tener como referencia, para todo aquel que desee fabricar su propia guitarra eléctrica o para todo aquel que desee comprender teóricamente su funcionamiento.

Todo el trabajo realizado está sustentado con el conocimiento impartido en una carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica a más de la partícipe colaboración de profesionales en el campo de Luthería; tecnología de la madera; Ingenierías electrónicas, mecánicas, de producción (por mencionar algunas) y un sin fin de bibliografías consultadas minuciosamente.

---

<sup>1</sup> Según la taxonomía de instrumentos musicales propuesta en 1914 por el musicólogo Austriaco Erich Moritz von Hornbostel (1877-1935) y su colega Alemán Curt Sachs (1881-1959). Esta clasificación ha sido criticada y cambiada en ciertos detalles durante el transcurso de los años pero nunca suplantada. [1]

## 1.2 Antecedentes

***Una vez que el ser humano ha creado algo nuevo, siente la necesidad en algunos casos de que su creación sea admirada o escuchada por otros.***

Este principio se puede observar en varios ejemplos a través de la historia y servirá para entender brevemente la evolución de un instrumento tan popular actualmente como la guitarra eléctrica.

Ya en el año 1400 antes de Cristo, según evidencias arqueológicas, un pueblo de origen indoeuropeo conocidos como los Hititas<sup>2</sup>, crearon un instrumento de cuerda muy parecido a la lira. Este dato se lo menciona en infinidad de libros o ensayos sobre la historia de la guitarra tanto acústica como eléctrica junto a gran cantidad de hallazgos antiguos que evidencian la utilización previa de instrumentos de cuerda como el arpa en los egipcios o en la misma mitología griega en donde la lira tiene una importancia trascendental dentro del folclore y de sus dioses<sup>3</sup>. Pero lo que no muchos rescatan es que a pesar de la sencillez de estos primeros cordófonos<sup>4</sup>, se utilizaba junto a ellos, un intento de caja resonadora cuya estructura era construida con caparazones de tortuga, piel seca distendida, etc. Esto hace pensar que a pesar de su vasto conocimiento de acústica musical<sup>5</sup>, aquellas civilizaciones entendían las limitaciones propias de sus instrumentos con respecto a su nivel sonoro y no querían que los mismos sean enmascarados en su interpretación sea por ruido de fondo o por otros agentes externos de la época. Pensamiento que no varía en mucho del expresado(a pesar de existir más de 3000 años de diferencia entre unos y otros) por los primeros guitarristas de jazz ya en 1920 quienes tuvieron que idear de la misma manera recursos extras que eleven el nivel sonoro de sus guitarras, pero esta vez; aprovechando los avances electrónicos y el fresco conocimiento impartido teóricamente gracias al majestuoso invento de aquella

---

<sup>2</sup> Los hititas (hetitas o heteos), era un poblado originalmente indoeuropeo. Se instalaron en la región de la península de Anatolia que corresponde a la actual zona de Turquía, en el Asia Menor entre los siglos XVIII y XII a. C. [2]

<sup>3</sup> Orfeo recibió una lira de Apolo (dios de la música) con ella podía encantar a todas las cosas vivientes incluso las rocas. Historia de Eurídice y Orfeo. [3]

<sup>4</sup> Instrumentos musicales que producen sonidos por medio de las vibraciones de una o más cuerdas, cuya vibración resuena en la caja de resonancia que tienen.[4]

<sup>5</sup> Si al término "Acústica" se lo entiende como una rama de la física que estudia al sonido, al término "Acústica Musical" se lo puede comprender como una rama de la acústica que estudia la producción del sonido en los instrumentos musicales.

época conocido con el nombre de amplificador. Siempre con la finalidad de no pasar desapercibidos ante los demás instrumentos musicales de la banda y ser escuchados.

¿Y quién no haría lo mismo, si estaban en juego horas de dedicación a su instrumento que por limitaciones de amplificación podrían haber transcurrido en vano, condenándolo paulatinamente por siempre al exilio instrumental? ¡Exagerando un poco!

Pero es debido a esta preocupación acompañada milagrosamente del ingenio de mentes creativas y curiosas que se llegó a modificar el diseño clásico acústico de la guitarra con la utilización de circuitería eléctrica presente en su cuerpo. Implementación de la cual muchos estarán agradecidos eternamente y que desencadenaría la posterior construcción de uno de los inventos más importantes del siglo XX, la “bendita guitarra eléctrica”.

Si bien las etapas (mecánicas y eléctricas) de funcionamiento de este instrumento como la estructura física del mismo han ido evolucionando a lo largo del tiempo, se podría decir que su imagen comercial y sonido ya establecidos en la mente de cada uno de los que han tenido contacto directo o indirecto con este instrumento musical, han jugado un papel importante en su vida y en algunas sociedades a nivel mundial. ¿Qué sería de los Beatles<sup>6</sup>, Rolling Stones<sup>7</sup>, Jimi Hendrix<sup>8</sup>, sin su sonido característico?, ¿Cuántas canciones no tendrían el mismo sentimiento gracias a su *sustain* prolongado? Lo importante es saberla respetar por su personalidad tímbrica y que mejor; si se llega a quererla al conocer más de su ciencia relacionada en cada etapa de su “vida”.

Una vez estudiadas profundamente, podrán hacerse las preguntas precisas de acuerdo con lo que está sucediendo en la actualidad con este instrumento. Se está en una era mundial en donde la mejora electrónica de la guitarra eléctrica

---

<sup>6</sup> Reconocidos como la banda más comercialmente exitosa y críticamente aclamada en la historia de la música popular. [5]

<sup>7</sup> Los Rolling Stones comenzaron en los 60's a autollamarse como “La más grande banda de Rock & Roll” y pocos podían disputar esta pretensión. [6]

<sup>8</sup> Jimi Hendrix (1942-70) el más innovador e influyente guitarrista de rock en el mundo. Cambió la forma como la guitarra era tocada, transformando sus características e imagen. [7]



es vital para llegar a cubrir nuevos géneros musicales como la electrónica, la música concreta o subgéneros más modernos dentro del rock mismo. Este es el impulso necesario que incentiva el nuevo desarrollo experimental sobre las variables acústicas<sup>9</sup> del instrumento, tomando en cuenta que ya existen conceptos asociados a su sonido característico que han pasado de generación en generación, de civilización a civilización, de nación a nación y ahora llegan a un país tan relevado de los orígenes propios del mismo instrumento para que con lo aprendido, se pueda diseñar, construir y modular los conceptos ya evolucionados tras siglos de historia.

Si bien en el Ecuador hay carencia de información escrita a fondo sobre la implementación de circuitos especiales dentro de la estructura sólida de una guitarra eléctrica<sup>10</sup>, esto no puede ser un factor que limite la investigación y el deseo de estar siempre a la altura para cumplir con las exigencias musicales más altas, vinculadas a la alteración electrónica de la misma.

Vale recalcar que aunque la idea u objetivo general no se lo haya aún indagado a profundidad en el país, no se desea catalogarla como vanguardista<sup>11</sup> ni tampoco se quiere desmerecer el trabajo, en caso de que exista y se lo desconozca, de personas afines a la electrónica que pudieron haber experimentado anteriormente con los circuitos presentados en la tesis.<sup>12</sup>

Se podría, para completar estos antecedentes, hacer una reseña exacta sobre la implementación extra de circuitería interna en la guitarra eléctrica a nivel mundial pero este es un tema muy amplio y poco ágil que conllevaría años de investigación hasta el punto de convertirse en una nueva tesis. Lo importante es entender que en algún momento de su historia, las marcas más famosas de guitarras eléctricas se dieron un tiempo para desarrollar productos

---

<sup>9</sup> Su Amplitud sonora, Frecuencia, Tiempo en términos de su fase, Tiempo en términos de duración sonora, Espectro.

<sup>10</sup> Análisis investigativo que se obtiene al llevar a cabo esta sección de antecedentes durante el tiempo de tesis.

<sup>11</sup> Se sigue el criterio que la idea totalmente vanguardista no existe ya que simplemente es un producto de muchas experiencias y corrientes que existieron previamente.

<sup>12</sup> Para este modelo experimental, se han tomado ideas de diseños presentados previamente ya en el mundo, si bien este pensamiento de modulación parámetros de los instrumentos eléctricamente amplificados no es nuevo.

con este tipo de características<sup>13</sup> debido a la existente demanda y al desarrollo técnico que puede conllevar este tipo de investigaciones.

Encontrar en detalle información que pueda orientar sobre los procesos realizados por estas marcas para realizar estas implementaciones extras de circuitería es una tarea casi que imposible (debido a su grado de confidencialidad) y lo mismo se puede aplicar en las empresas nacionales, que en muchos casos, no lo han desarrollado como una actividad regular en su trabajo<sup>14</sup> y por lo tanto no siguen una metodología escrita (sino es una suma de conocimientos del personal de las mismas para culminar con este tipo de proyectos), lo cual dificulta la realización de una reseña histórica en el país sobre el tema.

Solamente hablando de la ciudad de Quito<sup>15</sup>, de cinco locales de los cuales se visitan; uno se dedica únicamente a la reparación, construcción y modificación de guitarras no eléctricas y cuatro cuentan entre sus listas de servicios reparación, construcción y modificación de guitarras eléctricas; ninguno busca implementar circuitos especiales en la estructura sólida de sus instrumentos<sup>16</sup>.

Por lo tanto; la información que el lector podrá apreciar en todos los capítulos posteriores, busca ser una constancia escrita de investigación realizada en el país sobre este tema en general y se organiza de tal forma que sirva como una guía con criterios profesionales tanto para el diseño y construcción de este modelo de guitarra eléctrica en particular como su proceso lógico para la implementación de circuitos electrónicos extra en su estructura sólida, en caso de ser necesarios. Se tiene siempre presente que al ser un modelo

---

<sup>13</sup> Algunos ejemplos:

**MARCA:** Gretsch **MODELO:** Atkins Super Axe ; **MARCA:** Manson **MODELO:** M One D One  
**MARCA:** Gibson **MODELO:** Les Paul Recording ; **MARCA:** Epiphone **MODELO:** Professional

\*Organización cronológica aleatoria

<sup>14</sup> Tienen las capacidades técnicas mas no incursionan en la implementación de circuitos electrónicos que vayan más allá de lo acostumbrado comercialmente (instalación y cambio de micrófonos, reparación e implementación de circuitería básica).

<sup>15</sup> Por su ubicación a fin con la tesis y porque se encuentran posicionadas marcas de renombre a nivel nacional como internacionalmente en ciertos casos, sin tener la intención de desprestigiar la existencia de otras más en el país a lo largo de su territorio.

<sup>16</sup> Existe la posibilidad si se desea hacer este trabajo, que técnicos electrónicos externos a 3 de todos los locales incursionen en esta labor, pero no cuentan con un plan propio como negocio o guías metodológicas escritas de acuerdo con estas implementaciones extras en las guitarras eléctricas que sirvan como constancia del proceso que realizan.

experimental, no es pensado para ser implementado comercialmente y se reconoce además que al ser el primer prototipo puede no ser el más acertado para los críticos, que con años de práctica además de experiencia, puedan acceder a estas páginas.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivos Generales:**

Diseñar y Construir una guitarra eléctrica, mediante criterios profesionales de ingeniería de sonido y acústica que permitan la implementación de dispositivos electrónicos en su estructura sólida.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos:**

Implementar una guitarra eléctrica, que posea dentro de su cuerpo sólido, la estructura adecuada para manipular su señal; de manera rápida y sencilla con 4 circuitos especiales personalizados.

Predecir el funcionamiento en el diseño mediante herramientas teóricas de análisis omitiendo gran parte del método de prueba y error, disminuyendo así costos de prueba.

### **1.4 Hipótesis**

Demostrar que se puede construir y diseñar un modelo de guitarra eléctrica versátil y fácilmente desmontable en su estructura física, que permita la experimentación sonora en pos de obtener mayores características tímbricas con respecto a los modelos comerciales más populares a nivel mundial y de esta forma además concientizar sobre la importancia de conocer los fenómenos físicos asociados al instrumento en favor de la personalización del mismo.

## **1.5 Metodología**

Se utiliza la metodología deductiva, pues se parte de premisas generales al seguir teorías establecidas previamente en lo que refiere a la construcción y funcionamiento del instrumento con el fin de llegar a una idea particular aplicada al diseño.

Los primeros resultados obtenidos concuerdan con las premisas generales de tal forma que respetan los criterios difundidos a nivel mundial durante décadas y de amplia investigación en el tema. Pero la diferencia es que se los adaptan, para que con sus sólidas bases se pueda llegar a un resultado final único en el universo.

## 2. CAPÍTULO II

### 2. 1 Marco teórico

#### 2.1.1 Principios Básicos

En esta tesis, para facilitar la comprensión de los criterios a tomar en cuenta para la correcta construcción de este instrumento, se ha decidido catalogar al cuerpo y al brazo con el nombre de **Estructura Externa** (de acuerdo a como se los visualiza a simple vista en el instrumento) y a los circuitos eléctricos como **Estructura Interna** basándose en el mismo criterio de visualización.

##### 2.1.1.1 Estructura Externa

Casi siempre, cuando se acude novatamente a una tienda musical en búsqueda de una guitarra eléctrica, la primera atracción que se tiene y por la cual se termina haciendo la elección del instrumento es por su forma y color característicos. Una vez que se da el agradable primer contacto visual, se siente una curiosidad que obliga a tomar el instrumento en pos de escuchar el sonido que ofrece y probar la tensión de sus cuerdas entonando lo que se considera ser la mejor melodía para el encuentro.

Figura 2.1 Ejemplos de modelos comerciales llamativos<sup>17</sup>



Fuente: Autoría

---

<sup>17</sup> De izquierda a derecha: guitarras eléctricas Fender "Stratocaster", Gibson "Les Paul" y Jackson "Custom Randy Rhoads"

Son pocos, los que acuden directamente a buscar el tipo de material con el cual fue construida su opción predilecta de guitarra eléctrica, ya que para obtener este tipo de pensamiento; se necesitan años de práctica, conocimiento y desencanto por lo ofrecido a simple vista entre tantas marcas y modelos comerciales llamativos.

Pero si se quiere buscar más allá de lo netamente estético y encontrar la esencia misma del instrumento, hay que recordar que tanto el cuerpo y el brazo (estructura externa de la guitarra eléctrica), están elaborados en la mayoría de casos (exceptuando las guitarras que por otros fines experimentales e interpretativos están construidas con materiales sintéticos, metálicos, etc.), con un material natural ortotrópico<sup>18</sup> y complejo como todo ser vivo que es la madera. Y ¿qué es exactamente este material multifuncional, dónde lo podemos encontrar en un árbol, cuándo y cómo se lo puede utilizar debidamente?. Estas son preguntas muy comunes que se irán respondiendo a lo largo de cada uno de los temas en esta sección de la tesis, además de importantes conocimientos que se brindan para trabajar debidamente con madera, exactamente dentro del tema: procesos naturales de cambio paulatino en la madera una vez hecho el corte del árbol y algunas consideraciones sobre la elección del tipo de madera a utilizar en la construcción de la estructura externa de la guitarra eléctrica. Las ideas presentadas teóricamente a continuación no deben ser consideradas como una verdad absoluta pero sí son parte de las justificaciones para obtener un contenido armónico o timbre característico para este modelo en particular y una construcción orientada a cumplir con ciertos criterios utilizados mundialmente al utilizar madera como materia prima.

---

<sup>18</sup> Materiales en los cuales el comportamiento elástico queda caracterizado por una serie de constantes elásticas asociadas a tres direcciones mutuamente perpendiculares. El ejemplo más conocido de material ortotrópico es la madera que presenta diferente módulo de elasticidad longitudinal (módulo de Young), a lo largo de la fibra, tangencialmente a los anillos de crecimiento y perpendicularmente a los anillos de crecimiento. [8]

## Madera

Como su nombre en latín -materia- lo dice es el contenido del tronco de cualquier árbol o más técnicamente hablando; es la porción sólida y rígida, situada internamente en la corteza de los tallos que llegan a tener crecimiento secundario típico<sup>19</sup> en grosor.

Cuando el ser humano la utiliza, es la principal materia prima con la cual trabaja independientemente del uso que la dé.

Un tallo que va creciendo paulatinamente y conformando un tejido leñoso o madera que se propaga externamente en diámetro es conocido como tallo leñoso; que a su vez, si continúa ensanchándose, llega a convertirse en el famoso y conocido tronco del árbol.

Con estas pocas líneas de conocimiento, muchos pueden ya dedicarse a utilizarla, de todas formas se conoce ahora que es y donde encontrarla dentro del tronco; basta simplemente emplear la herramienta adecuada para obtenerla y listo, ya todos pueden aprovecharla; **pero esta no es la idea.**

Resulta que todo el conjunto considerado hasta este punto como madera o tejido leñoso fue dividido en varias partes, ya que hace muchos años el ser humano se dio cuenta como cada una se comporta diferente al momento de ser trabajada y que obviamente dentro del mismo tronco presentan distintas características que la harán apta para ser materia prima o no.

Además, se llegó a entender que es un material heterogéneo<sup>20</sup> por lo tanto para aprovecharla debe ser estudiada y tener aunque sea un mínimo conocimiento de las características de las mismas para poder contestar lógica y coherentemente la siguiente pregunta; ¿Cuándo y cómo se la puede utilizar debidamente?, el cuando está relacionado directamente con el conocimiento de

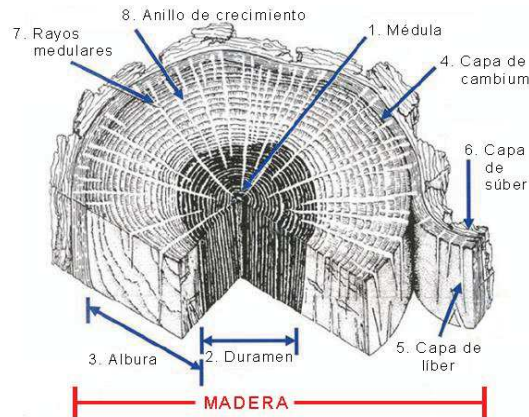
---

<sup>19</sup> En el crecimiento secundario típico se dan cambios internos del tallo que conllevan al apareamiento de porciones leñosas o madera. Si presentara un crecimiento secundario anómalo estas mismas porciones leñosas o madera no se generarían, por ende, no llegaría a conformarse un futuro tronco si fuese el caso; claros ejemplos de esta variación de estructura llamada anomalía son algunas plantas como las trepadoras, enredaderas, lianas, etc.

<sup>20</sup> Compuesto de partes de diferente naturaleza. [9]

la anatomía de la misma y el cómo está relacionado directamente con la forma de trabajarla.

**Figura 2.2** Estructura interna- externa de un tronco



Fuente: El Diccionario Visual, imagen de dominio público

En la **Figura 2.2** se aprecian las capas de tejido leñoso o madera que conforman la estructura interna de un tronco, señaladas con los respectivos nombres de **médula, corazón, duramen, albura, capa de cambium, capa de líber, anillo de crecimiento, rayos medulares**. A la corteza externa o capa de súber, no se la considera como parte de la madera por la definición de la misma.

1. Médula: es la parte central de un tronco.

La misma está presente siempre en un árbol, desde que es un pequeño tallo hasta que ya se convierte en un tronco. Con el tiempo la misma deja de cumplir funciones e inclusive puede llegar a encontrarse podrida en árboles de mayor edad. Es susceptible a los ataques de insectos y hongos por haber sido además como un cordón umbilical (lleno de nutrientes) en sus funciones primarias.

Debido a todo este historial y mucho más, se evitara su utilización en cualquier momento.

2. Corazón: si bien es un término en muchas bibliografías no muy utilizado; el corazón es la parte o capas más próximas a la médula.



Debido a que es una de las primeras partes del tronco se endurece y tiende a romperse fácilmente al tratar de trabajarla. Por esta razón se evita su utilización al igual que la médula.

Para evitar tener tanto el corazón como la médula se hace un procedimiento de corte desde el centro hacia la corteza externa del tronco de aproximadamente 5 centímetros de radio.

### 3. Duramen: es la parte o capas que rodean al corazón.

Esta parte en un inicio era madera de albura (todo árbol joven únicamente presenta albura y no duramen), pero con el paso del tiempo, pueden ser tres años o décadas según la especie, en la albura comienzan a morir sus células dejando de participar en el transporte de la savia bruta<sup>21</sup>, además de otros procesos fisicoquímicos de cambio que conllevan a que la antigua albura se duraminee.

Por este y otros motivos, la madera que conforma la parte de duramen del tronco es más dura y resistente al ataque de insectos, hongos y es la mejor parte a utilizar siempre y cuando se encuentre en su punto de equilibrio higroscópico y tenga un correcto corte según su función como se explicará más adelante.

Se la debe saber diferenciar ya que de acuerdo con su grado de duramenización en el tronco puede visualizarse de 4 formas diferentes:

#### Madera de duramen

La albura y el duramen se distinguen por su diferente color (duramen apariencia más oscura, albura apariencia más clara), pero no netamente por su dureza; pueden las dos partes ser igual de duras.

#### Madera sazonada

La albura y el duramen no difieren en color (las dos tiene apariencia clara), pero la dureza del duramen es mayor al presentar menos cantidad de agua.

---

<sup>21</sup> La savia es la sustancia que circula por las plantas para nutrirlas ya que contiene sobre todo agua y sales minerales. Cuando esta savia sube desde las raíces de la planta por la albura hasta las hojas o espinas se conoce como savia bruta. Ya en las hojas se dará el proceso de asimilación o fotosíntesis y la sustancia resultante que bajará a repartirse por todas las partes de la planta se llama **savia elaborada**.

### Madera de albura

Es como se explicó anteriormente madera tierna, su duramenización se ha realizado de forma insignificante o casi nula de tal forma obviamente que no se visualiza diferencia en su color (apariencia clara) ni en su dureza.

### Madera de duramen sazonado

La albura y el duramen se distinguen por su color “aparentemente” (duramen apariencia más oscura, albura apariencia más clara), pero hay una parte de duramen (duramen sazonado) en donde sus incrustaciones de materias colorantes aún no han producido un cambio de imagen y se da la impresión visual que esta parte es también albura. Se puede demostrar que es duramen ya que la parte que no presenta cambio de color con respecto a la albura es más dura que la misma.

Estas visualizaciones de color son propias de cada especie, por ejemplo: el pino se caracteriza porque su coloración entre albura y duramen es la misma, la madera que se obtiene de esta especie según su grado de duramenización es **Sazonada**.

La dureza depende bastante del lugar en donde se ha desarrollado el árbol.

4. Albura: es la parte o son las capas más jóvenes de la madera que corresponden a los últimos anillos de crecimiento o zona periférica del tronco. En un árbol, las sales de nutrición disueltas en el agua de su piso adyacente se transportan desde las raíces, pasan por la albura y gracias a esta llegan hasta sus hojas o espinas para realizar la fotosíntesis. Por ende se puede decir que la albura es la parte activa del tronco en donde sus poros<sup>22</sup>, para facilitar este proceso de conducción, deben estar abiertos. Por esta y otras características se la visualiza con un color más claro.

Sus células contienen sustancias de reserva como almidón y azúcares lo cual la hace atractiva al ataque de xilófagos<sup>23</sup> además que al presentar más

---

<sup>22</sup> Espacios que hay entre las moléculas de la masa leñosa de la madera. Recordar que todos los materiales dependen de su composición química (masa leñosa en la madera) y de su porosidad. A tal punto que si a cualquier madera se le comprimiría quitándole todos los poros (huecos) y dejándole solo la masa leñosa; tendría una densidad de 1.56 g/cm<sup>3</sup>. Las diferentes densidades entre las especies de la madera se debe únicamente a su porosidad variable.

<sup>23</sup> Dícese de los insectos que roen la madera. [10]

poros abiertos tendrá que eliminar más cantidad de agua libre lo que cual traduce en menor estabilidad en la madera<sup>24</sup>.

En teoría sería conveniente no utilizarla pero en la práctica encontrar madera comercial que en su totalidad no presente albura es muy complicado. Para solucionar este inconveniente se debe buscar que la parte o capas de duramen comprendan 2/3 partes en el tronco del árbol, limitando así la existencia parcial aunque no total de albura, si cumple con este requisito se puede afirmar que la madera a utilizar encontrada es madura.

5. Capa de cambium: es la parte ubicada entre la corteza y la albura responsable del incremento de grosor o diámetro del tronco. Se encuentra lógicamente alrededor de la albura más nueva (presente en los últimos anillos de crecimiento), ya que es la capa generatriz de la misma. En la práctica es una parte muy difícil de visualizar y al no presentar obviamente mucha masa leñosa, no se la considera como madera útil para propósitos de la tesis.

Cada año mediante procesos celulares; genera en mayor proporción hacia el interior del tronco, en dirección de la médula, las capas conocidas como albura (con el tejido conocido también como xilema) y hacia su exterior, de menor manera, una capa llamada líber o corteza interna (con el tejido conocido también como floema) además de la corteza externa o súber.

6. Capa de líber: es la capa que se genera hacia el exterior del cambium en donde se realiza el paso descendente y longitudinal de la savia elaborada hacia las raíces. El paso horizontal de esta savia elaborada, a través de las partes del tronco, se logra cuando los rayos medulares se conectan con la capa de líber.

En la práctica, esta no se la utiliza como madera ya que es considerada corteza interna en los cortes comerciales del árbol y en su mayoría siempre es despreciada del mismo. Obviamente existen excepciones en donde la emplean para fabricar esteras, cuerdas, etc.

7. Capa de súber: es la capa exterior de la corteza del tronco.

---

<sup>24</sup> Para entender de mejor manera el último punto, referirse al tema: Procesos naturales de cambio paulatino en la madera una vez hecho el corte del árbol, sección: micro estructura de la madera.

Cumple con la función de protección física del árbol contra bacterias, animales, cambios de clima. Sus células mueren con el tiempo.

Si se hace una analogía aproximada con el cuerpo humano, el súber vendría a ser como la piel externa o epidermis y el líber como la piel protectora interna o dermis.

Al ser corteza externa, esta capa es la primera en ser extraída en los procesos de tala de los árboles al ser la parte menos indicada por su estructura física para realizar bastantes tipos de trabajo (carpintería, construcción, luthería).

8. Rayos o Radios medulares: son unas especies de líneas que cruzan a través de las capas, especialmente desde el líber en dirección de la médula. Sirven para conducir horizontalmente la savia elaborada que bajó previamente por el líber, hacia todas las partes del tronco, además de almacenar los nutrientes de reserva en el árbol.

En la práctica estos pueden apreciarse en la madera de ciertas especies mejor que en otras y no son un indicativo para despreciarla, más bien en ciertas ocasiones ayudan a predecir la merma que existirá en la madera, si se analiza la dirección de los mismos (como se explicará más adelante).

9. Anillo de crecimiento: es el desarrollo anual de las capas de madera que se visualizan en conjunto como círculos concéntricos<sup>25</sup> en todas las partes del tronco.

En la práctica no necesariamente contándolos se determina la edad del árbol pero el poder visualizarlos permitirá una guía para saber el tipo de corte empleado al extraer la madera.

### **En resumen:**

Con estas debidas justificaciones, lo importante es entender que todas las partes del tronco mencionadas brevemente y teóricamente, **no servirán para la construcción de la guitarra eléctrica**. El término Madera, según las características de la tesis; corresponde únicamente a las partes de **duramen y albura**.

---

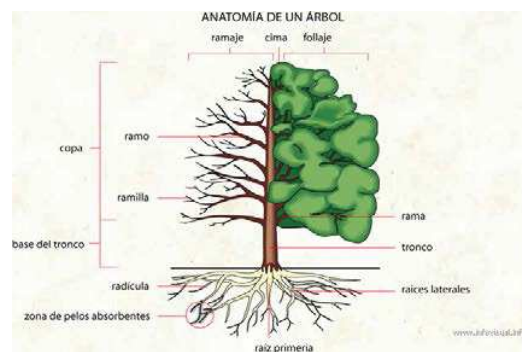
<sup>25</sup> Que yacen en el mismo plano y tienen el mismo centro aunque tengan diferentes radios.

Hasta este momento se ha respondido de forma parcial, cuando utilizar debidamente lo que se considera como madera (albura y duramen) dentro de la estructura de un tronco, pero para completar esta respuesta, es necesario comprender específicamente, el criterio mencionado en la teoría del Duramen sobre el punto de Equilibrio Higroscópico y el tipo de corte mencionado. Comprenderlos despejará además la pregunta relacionada al cómo utilizar debidamente la madera para ser trabajada (para esto leer el siguiente tema).

### **Procesos naturales de cambio paulatino en la madera una vez hecha su corte en el árbol**

Al tratar de recordar un poco de lo aprendido sobre los árboles al cursar materias como Ciencias Naturales o Biología en los años de colegio, la mente podrá asociar inmediatamente la imagen de los mismos con su estructura característica conformada por la raíz, el tronco y la copa (ramas y hojas). Todo lo anterior parecido a la siguiente figura pero probablemente sin tantos detalles.

**Figura 2.3** Anatomía de un Árbol



**Fuente:** El Diccionario Visual, imagen del dominio público

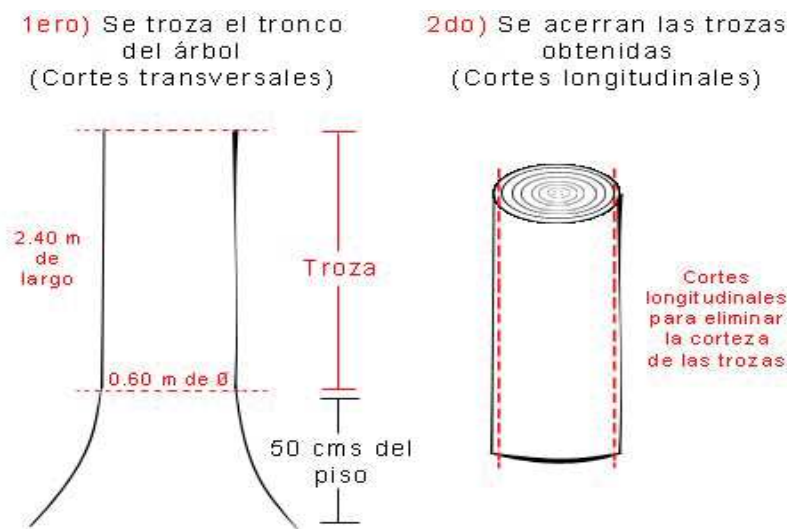
Al indagar en más recuerdos posiblemente se haya escuchado alguna vez que los árboles son partícipes en el desarrollo de un ecosistema y debido a esto la importancia de preservarlos. Otros cuantos, habrán escuchado horas y horas explicaciones relacionadas con una palabra conocida como fotosíntesis (mecanismo de abastecimiento de energía de las plantas) y por último talvez se llegué a evocar de nuevo el criterio de muchos que pronunciaban

continuamente en clases: “Todo organismo ya sea vegetal; nace, crece se reproduce y muere”.

Lo mencionado simplemente es un recordatorio de cómo la enseñanza primaria sobre estos organismos vegetales se centra más que todo en la vida de los mismos lo cual es muy importante pero no llega a sustentar todos los criterios existentes para la construcción de piezas constituidas en gran porcentaje de madera, los cuales también abarcan conocimientos obtenidos tras la muerte de un árbol y todos sus procesos de cambios estructurales una vez que este ha caído, es decir **cuando el organismo ha cesado sus funciones de crecimiento y reproducción.**

Por ejemplo; cuando se realiza la tala del árbol, existe un tiempo en donde se lo almacena (pueden ser días o años), antes que las industrias transformadoras realicen los cortes necesarios del tronco conocidos como trozas<sup>26</sup>.

Figura 2.4 Trozado y aserrado del tronco

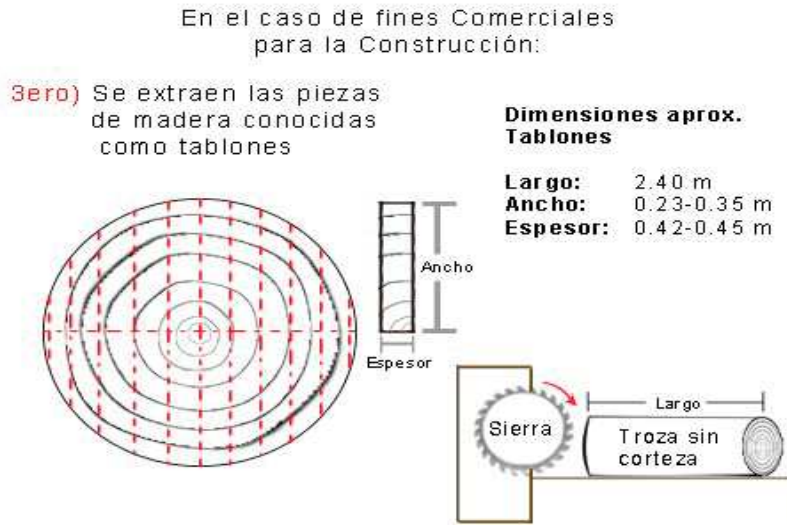


Fuente: Autoría

Consecuentemente, extraen la madera mediante consideraciones distintas de corte según su función a desempeñar en el mercado; sea para combustible, construcción de edificios, muebles y fines similares además de su conversión en pulpa (elaboración de papel y cartón), etc.

<sup>26</sup> Tronco aserrado por los extremos para sacar tablas [11]

**Figura 2.5** Extracción de tablonés para construcción



En este instante la pared celular<sup>27</sup> de cada una de las piezas de madera o tablonés llevaría el mismo proceso de muerte que el árbol una vez hecho su corte; lo cual influencia en su cambio físico.

Para explicar este punto, se debe entender que la madera además de tener todas las características habladas anteriormente (heterogénea y compleja como todo ser vivo), cumple siempre funciones de absorción de agua que conllevan a caracterizarla como higroscópica.

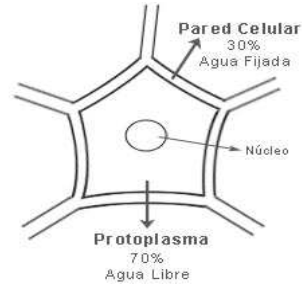
En el árbol vivo, cada una de sus células (exactamente en el protoplasma), presentan agua conocida como “Agua Libre” en un porcentaje del 70 % (para dar valores), además de los nutrientes que alimentan el núcleo de la célula. En su membrana o pared celular también presentan agua pero esta es conocida como “Agua de Constitución”.<sup>28</sup>

Lógicamente si al Agua Libre se le dio un porcentaje del 70%, el Agua de Constitución en la pared celular de cada una de las células vendrá a ser el 30% restante.

<sup>27</sup> Capa rígida que protege a las células que a su vez protegen el tejido de la madera.

<sup>28</sup> También conocida como Agua Fijada o Agua Higroscópica.

**Figura 2.6** Ejemplo porcentual del agua presente en la célula de un árbol vivo



Fuente: Autoría

Todos se preguntarán ¿Y para qué sirve tanta teoría relacionada con el agua de la microestructura de la madera?. Lo curioso es que los valores porcentuales presentados como ejemplo, ayudan a entender didácticamente el porqué de que la madera “trabaje”<sup>29</sup> inclusive años después de su extracción del árbol sin importar el tipo de tratamiento químico que se la dé, lo cual se debe a lo siguiente:

Cuando se extrae por primera vez la madera (ya en la tala del árbol), los valores porcentuales permanecen estables durante un corto tiempo y lo primero que empieza a disminuir es el Agua libre presente en gran cantidad dentro del protoplasma de las células. Este porcentaje empieza a bajar (la madera expulsa esta agua de reserva fácilmente), contrario al porcentaje de Agua de Constitución de la pared celular que se mantiene estable (ya que esta se encuentra impregnada en los componentes fundamentales de la estructura de la madera). Hasta este momento no existe gran cambio físico de la misma.

En el momento en que el Agua Libre llega al 0% (desaparece todo el agua del protoplasma producto del tiempo), la célula se queda únicamente con Agua de Constitución, es decir únicamente con el 30% de agua dentro de la Pared Celular y se dice que se ha llegado al **PSF** (punto de saturación de la fibra). La apariencia física de la madera todavía sigue estable.

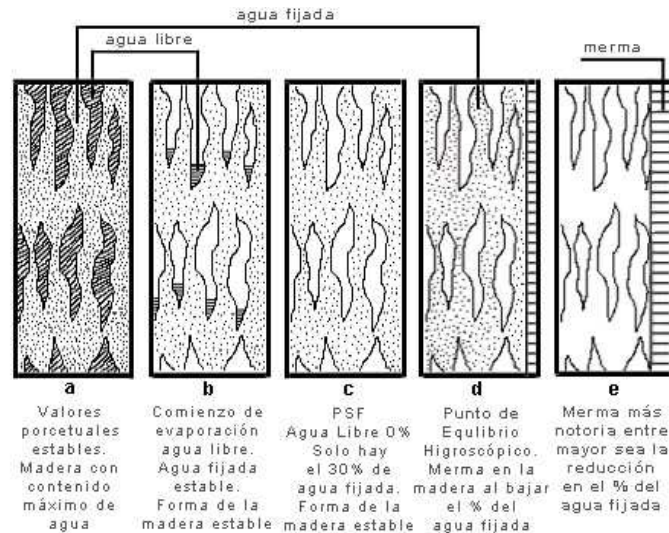
Si estos porcentajes de Agua de Constitución no varían, la madera estaría estable por mucho tiempo. Esto no sucede ya que existe un factor presente en

<sup>29</sup> Término que se refiere en esta tesis a la hinchazón, merma, torcedura, pandeo, rajadura y deformación de la madera.



todo momento que es la Humedad Ambiente. La misma influencia a que los únicos valores de agua en la membrana o pared celular tiendan a igualársele de acuerdo con sus porcentajes, es decir; si baja el porcentaje del 30% de Agua de Constitución al porcentaje de Humedad Ambiente se dice que se llega al famoso y tan mencionado “Punto de equilibrio Higroscópico” pero en todo este proceso; la apariencia física de la madera no se mantiene estable, presenta cambios bruscos y tiende a “trabajar” **mermándose**<sup>30</sup> en relación directa con el porcentaje que ha tenido que nivelarse (si baja del 30% a porcentajes muy bajos, en todo este proceso se evidencia una merma más notoria).

Figura 2.7 Merma en la madera



Fuente: Autoría

Mientras, si sube el porcentaje de Agua de Constitución al porcentaje de Humedad Ambiente, también se llega al tan mencionado “Punto de equilibrio Higroscópico”, solo que la apariencia física de la madera en todo este proceso presenta la misma inestabilidad y cambios bruscos que en el caso anterior pero con la diferencia que tiende a **hincharse**, también en relación directa con el porcentaje que ha tenido que nivelarse. Obviamente en teoría, no se podría sobrepasar el porcentaje del 30% de Agua de Constitución así exista una Humedad Ambiente del 100% ya que es su tope, pero aquí lo que

<sup>30</sup> Si en los metales se dice que se dilatan y se contraen, en la madera se dice que se hincha y se merma.

consecuentemente influenciará, es el volumen de los poros de la madera para que exista un mayor o menor hinchamiento<sup>31</sup>. Este último fenómeno, obviamente también sucede en caso que penetre agua en forma directa a la madera<sup>32</sup>.

Lo ideal es dar la posibilidad que cada pieza o tablón llegue a su Punto de Equilibrio Higroscópico sin que “trabaje” considerablemente (esto se logra en la práctica con una buena técnica de secado, que los permita pasar todo el proceso uniformemente sin dañar su estructura física) y una vez ya en este, poder utilizarlos según su necesidad. Esto no garantiza que los mismos, si son transportados a un lugar con otras condiciones muy diferentes a las acostumbradas; mantengan al máximo su estabilidad física y por esto se justifica además el uso de sustancias como la laca<sup>33</sup>. El punto de equilibrio higroscópico absoluto nunca se obtiene.

En resumen para completar la respuesta a la pregunta cuando utilizar la madera, se debe tener en cuenta que su porcentaje de Agua de Constitución se conserve y mantenga equilibrado al porcentaje de Humedad del ambiente, es decir; se encuentre en el punto de equilibrio higroscópico (ni absorba ni entregue vapor de agua). Una forma casi exacta pero no muy sencilla para determinar este punto se lo realiza mediante las mediciones obtenidas con un higrómetro (+). En caso de no contar con uno a la mano; se hacen pruebas de laboratorio para cumplir con las variables de la siguiente fórmula:

$$H = \frac{m_h - m_0}{m_0} \quad \text{donde ;} \quad H = \text{humedad (\%)} \\ M_h = \text{peso de la madera húmeda (g)} \\ m_0 = \text{peso de la madera} \\ \text{con 0\% de humedad (g)}^{34}$$

<sup>31</sup> La cantidad máxima de agua que puede absorber una madera y que posteriormente podría generar o no su hinchazón, depende de la cantidad de Agua de Constitución y del volumen de poros de la misma [12].

<sup>32</sup> Netamente con un aumento de Agua de Constitución ya que un aumento o reducción del Agua Libre no causa ni hinchazón ni merma en la madera.

<sup>33</sup> Los poros abiertos de la madera se cierran con esta sustancia para controlar su permeabilidad y capacidad higroscópica.

<sup>34</sup> Conseguir que la madera tenga un 0% de humedad no es tarea sencilla.

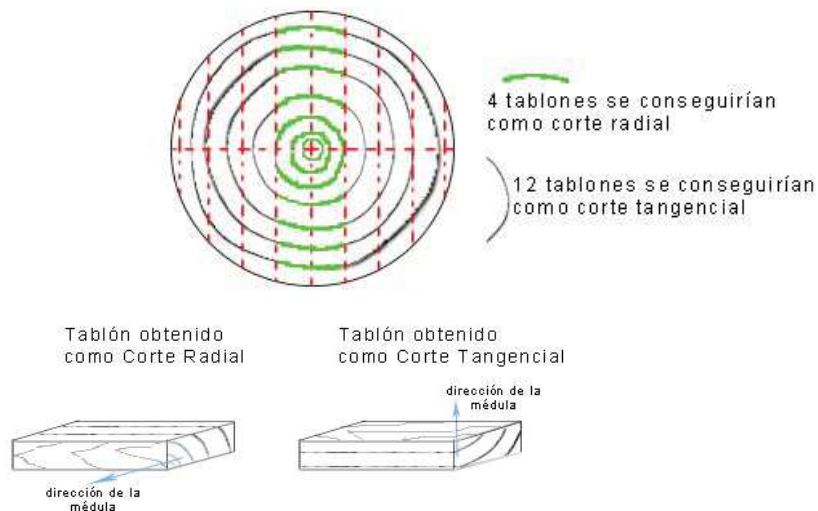
El resultado, para saber si se ha llegado a un Punto de Equilibrio Higroscópico, se podrá comparar con el porcentaje real de la Humedad del Ambiente siempre y cuando se utilice a la par un Barómetro. Este es un procedimiento muy técnico que puede llegar a resultar costoso pero genera resultados más exactos. En la práctica no es muy común encontrarse con este tipo de instrumentos de medición por lo cual se intenta generalmente manipular a la madera de diferentes formas (que se explican en este mismo subcapítulo posteriormente), para que en el proceso vaya acostumbrándose a su entorno. Con todo lo anterior, se reconoce y sustenta que el estudio especializado en el árbol una vez que ha dejado de cumplir sus funciones de crecimiento y reproducción, es vital para realizar trabajos con madera sin llevarse en el proceso sustos inesperados. Pero para terminar con broche de oro el tema, simplemente faltaría explicar el cómo utilizar la madera debidamente y para esto, se debe conocer sobre la forma general de trabajarla relacionados al corte, manipulación, secado y almacenamiento que influenciarán de la misma forma en sus cambios físicos y “trabajo”.

Al inicio del tema, en la **Figura 2.4**, se menciona rápidamente y a modo de ejemplo; la conocida dirección de corte transversal que se utiliza para conseguir las trozas del tronco del árbol y también la muy conocida dirección de corte longitudinal utilizada para eliminar la corteza del tronco. Pero además de estas, comúnmente se emplean otras dos direcciones de corte bautizadas con los nombres de corte radial y corte tangencial de la madera. Estas cuatro direcciones de corte merecen principalmente ser mencionadas por su utilización cotidiana y mundial en la extracción de madera (las mismas lógicamente estarán presentes aleatoriamente en cualquier pieza o tablón de madera producidos comercialmente para la venta al público) y porque lógicamente con cada una de las direcciones de corte, las piezas de madera tienden a “trabajar” de diferente manera.

Por ejemplo y recapitulando un poco, se decía que el tronco al ser convertido en troza, pasa por los procesos industriales de corte en donde se obtienen los famosos tablonés de madera para fines comerciales de construcción los cuales

son cortados por la denominada “sierra eléctrica sin fin” (+), esta como su nombre oscuro lo predice, no tiene selección ni preferencia por las distintas partes que aun conforman la troza e implícitamente arroja lógicamente en menor medida tablonces de madera con corte radial y en mayor medida tablonces de madera con corte tangencial. Recordar que estas dos direcciones de corte (radial y tangencial) siempre son obtenidas con la “sierra eléctrica sin fin” en dirección longitudinal a los anillos de crecimiento (tablonces paralelos al tronco)

**Figura 2.8** Tablonces que se obtienen como Corte Radial y como Corte Tangencial



Fuente: Autoría

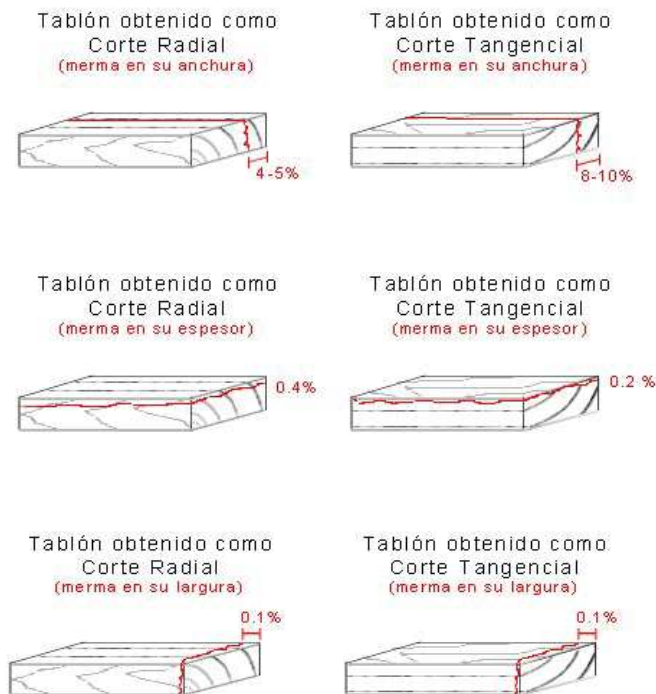
Si se comparan dos tablonces de madera de todos los conseguidos, el uno obtenido como Corte Radial y el otro obtenido como Corte Tangencial, se apreciaría lógicamente y sin mucha concentración que la dirección de los anillos difieren entre estos. Al buscar imaginariamente la posición en donde se encontraría la médula del tronco, cada tablón la presentaría en diferente dirección. Si se logra visualizar esta última comparación; indirectamente ya se ha conseguido entender de forma práctica lo que es tener una dirección de Corte Radial y una dirección de Corte Tangencial sin caer en sus definiciones teóricas muy complicadas. Lo importante es saber cómo reconocerlas (mediante esta técnica según la dirección de la médula) y por ende realizarlas en un tronco, ya que si se opta intentar reconocerlas mediante las

características físicas visibles de la madera (rayos medulares, vetas, etc...), que se pueden apreciar de mayor manera con cada una de las direcciones de corte y que se las podría utilizar como referente, se vuelve una tarea relativa porque estas características físicas difieren entre cada especie o circunstancias. La teoría que defina a estos cortes según la última forma de reconocimiento mencionada no sería 100% exacta.

El “trabajo” de la madera también se da con ciertas preferencias según el corte pero se debe tener en cuenta que el mismo puede darse en sus tres dimensiones como en todo ser vivo e inerte.

Al utilizar el mismo ejemplo anterior en un caso de merma, se dan porcentajes de referencia para entenderlo:

**Figura 2.9** Merma en sus dimensiones según el tipo de corte obtenido



**Consideraciones Generales:**

- Los porcentajes de la merma son característicos de cada especie y varían aún dentro de cada clase.
- La madera de duramen es más estable con respecto a la merma y la hinchazón, que la madera de albura.
- Los radios medulares contribuyen a sostener la madera en contra de la merma.

**Fuente:** Autoría

Como se puede apreciar en la **Figura 2.9**, puede existir merma en todas las direcciones independientemente del corte que se realice. Obviamente si se toman en cuenta las consideraciones generales se pueden predecir sus posibles deformaciones.

Las dimensiones que tienden a deformarse más son las aquellas que no siguen una dirección directa hacia la médula por lo tanto no se enfrentarían cara a cara con los rayos medulares del tronco.

El caso de una merma en largura (longitudinalmente) del tablón, es más bajo y se le da un porcentaje menor que todos los demás de 0.1% ya que iría en contra de las fibras de la madera.

Si es cuestión de seleccionar la dirección de corte que más convenga de un tablón de madera, lo ideal sería primero tener clara la función que irá a desempeñar en un diseño y de acuerdo con esta, posicionarle de forma que su dimensión con más influencias externas sea la menos propensa a las deformaciones según el gráfico<sup>35</sup>. A simple vista se podría afirmar que el corte con menos deformaciones en todas sus direcciones es el del tablón obtenido con corte radial y ya quedarse con esta forma de pensar aplicándolo en todos los diseños, pero la realidad es que los mismos son más difíciles de conseguir (por el hecho de ser arrojados por la “sierra sin fin” en menor cantidad).

En la práctica, no es conveniente aferrarse a un solo tipo de corte sino saber cómo utilizarlos debidamente según las necesidades y hasta el momento se espera que con esta información el lector ya pueda comenzar a hacerlo.

En lo que se refiere a la manipulación de la misma, hay que hacer una pausa debido al conocimiento tan teórico y calculador adquirido. **La madera no es simplemente un material y se la debe seguir valorando como a un ser vivo**. Por lo tanto, no se la debe trabajar de forma agresiva sino los resultados

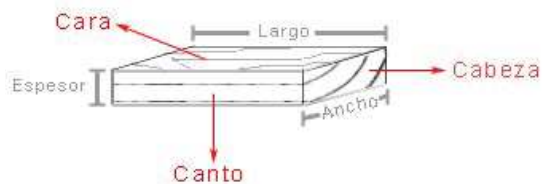
---

<sup>35</sup> Por ejemplo; si se desea diseñar una mesa de comedor, lo más lógico es que sus bordes, los cuales van a estar siendo friccionados constantemente por las personas, estén colocados directamente hacia ellas favoreciendo una merma en su largura (0.1% sin importar el tipo de corte obtenido) antes que en su anchura (4-10 % dependiendo el tipo de corte obtenido).

serán desfavorables como en todo organismo. Esta idea es también aplicable a los métodos de secado y almacenamiento de la misma.

Cuando el ser humano la utiliza como materia prima, para poder manipularla tiende a nombrar sus lados de diferente manera. Utilizando el ejemplo anterior pero en este caso con el tablón de corte tangencial, por ser el más común de obtener, se indican sus nuevos nombres empleados más que todo en carpintería:

**Figura 2.10** Madera como materia prima



Fuente: Autoría

En la **Figura 2.10**, se pueden apreciar los lados de la madera utilizada como materia prima que son bautizados por el hombre en su manipulación con los nombres respectivos de cara, canto y cabeza. Lógicamente cada uno está presente en dos lados paralelos de la pieza o tablón. Únicamente en el caso de la cara, se acostumbra a denominar cara derecha a la que esté en su mayoría direccionada hacia la médula y por lo tanto se la considera como el lado de arriba de las caras. Su lado opuesto paralelo se lo denomina como cara izquierda. Con respecto al canto y a la cabeza no existe una diferenciación entre opuestos, los dos se llaman de la misma forma.

En la práctica; las caras, cantos y cabezas deben ser manipulados de diferente manera según el tipo de herramienta a utilizar y en orden lógico para no caer en un círculo vicioso innecesario que sobreexplota a la pieza de madera al trabajarla. Todo esto independientemente del uso que se la dé.

En el caso específico del secado, como ya se había mencionado previamente debe ser lo más sutil posible<sup>36</sup> y que llegue a realizarse por todos sus lados de la misma forma. Debido a esto, existen técnicas aplicadas hasta en piezas de

<sup>36</sup> Acoplamiento calmado con el medio.

gran proporción; en donde se las corta (desarmándolas como en un rompecabezas) ya que entre más pequeñas sean sus partes, más contacto tienen individualmente con el aire y más calor humano reciben por manipulación para secarse. Posteriormente se vuelve a restaurar el rompecabezas aplicando la “regla para la unión de piezas”<sup>37</sup>. Se asume que existe una verdadera regulación gradual y uniforme del porcentaje de humedad en su madera con el porcentaje de humedad del ambiente al disminuir el volumen de la pieza y realizar tanta manipulación durante el tiempo que lleve este proceso, sin la necesidad en muchos casos de utilizar herramientas de secado (hornos), uso de comparadores de medición (sonómetro, barómetro) y tiempos de espera muy largos (años enteros) hasta que los tabloncillos de madera lleguen naturalmente a su punto de equilibrio higroscópico.

Durante el tiempo de espera en la manipulación de sus lados (no en el almacenamiento general de las piezas), para favorecer la correcta eliminación de su humedad, la pieza debe estar asentada con la cabeza al piso (sin topar sus lados con ninguna superficie externa), lo cual provoca una concentración de agua en dirección al suelo por el lado que menos “trabajo” suele presentar y permite el secado uniforme en todas direcciones por sus lados más voluminosos.

Entonces en la práctica, es mejor trabajar al tablón de tal forma que se lo vaya cortando en pedazos pequeños que posteriormente se pueden unir (así sean de tableros muy grandes), ya que en la manipulación de los mismos se permite la continua aclimatación de la madera a lo largo de todos estos procesos y se pueden omitir en algunos casos herramientas de trabajo muy costosas para el secado. Tratar de preservar el posicionamiento correcto de la pieza durante el tiempo de manipulación evita el trabajo doble.

En lo referente a su almacenamiento, muchas veces se confunde el término sutil con el término natural y se tiende a dejar las piezas expuestas al sol o al aire libre por la uniformidad de secado en todas direcciones y por la “aparente”

---

<sup>37</sup> La regla que se debe aplicar en la unión de tablas o piezas es la siguiente: duramen contra duramen, albura contra albura. [13]



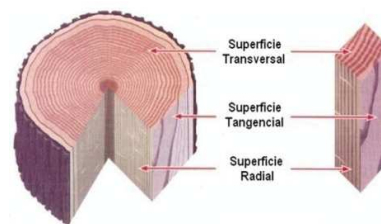
sutileza del proceso, sin considerar que los rayos del sol son un elemento agresivo en ciertas ubicaciones geográficas como en el Ecuador.

Hacer una guía sobre un correcto almacenamiento de los tablones ocuparía muchas hojas de esta tesis, pero lo importante es conocer que existen métodos, en caso de querer investigarlos, para apilar los tablones de madera en su almacenamiento de forma que estén protegidos contra hongos o que los mismos puedan continuar secándose paulatinamente en este proceso.

### En resumen:

- ♦ Se han despejado ya las preguntas de la madera como:
  - ¿Qué es exactamente este material multifuncional?
  - ¿Dónde la podemos encontrar en un árbol?
  - ¿Cuándo y cómo se la puede utilizar debidamente?
- ♦ El término de madera, según las características de esta tesis, se referirá únicamente a las partes de duramen y albura en un tronco.
- ♦ Se entiende por el momento que la mejor madera a utilizar deberá ser madura (extraída de un árbol cuyas 2/3 partes de madera contengan duramen); no debe tener ni médula ni corazón; encontrarse en su punto de equilibrio higroscópico, ser cortada según la función que desempeñe además de manipulada y almacenada sensatamente.
- ♦ No se debe confundir el sentido de los términos “direcciones de corte transversal, longitudinal, radial y tangencial” utilizados en esta tesis con “superficie transversal, longitudinal, radial y tangencial” que se mencionan en algunas bibliografías a nivel mundial ya que no hacen referencia a lo mismo.

Figura 2.11 Superficies encontradas en un tronco [14]



Fuente: Autoría

### Tipo de madera a utilizar en la construcción de la estructura externa

Se puede tener la equívoca creencia que la guitarra eléctrica al ser un instrumento compuesto de varios circuitos electrónicos no está influenciada por el tipo de madera con el cual se la construya externamente. Esto podría llegar a ser cierto si se analiza a la guitarra parte por parte y no se la piensa como un sistema. Pensar en ella únicamente como un instrumento influenciado por leyes de electromagnetismo puede llegar a opacar una realidad fácilmente apreciable ante tanto conocimiento científico y es que la madera es el medio que facilita o dificulta la generación y transmisión del sonido.

Existe mucha polémica sobre este argumento, así que no se puede garantizar ni negar que la misma pueda ser la clave fundamental o no para catalogar a su sonido como bueno o como malo. Por lo cual la selección de las maderas para este modelo experimental se basa más en sus cualidades estéticas y de resistencia antes que por sus características acústicas las cuales todavía son cuestionadas por muchos.

**Caoba crespo:** pertenece a la familia de las Miláceas, es muy variable en su colorido desde el pardo-rojizo al pardo oscuro, grano mediano a grueso, fibra recta con ciertos entrelazados, su densidad es de 0.6 y  $0.75 \frac{g}{cm^3}$ . En el Ecuador existe el caoba veteado y el caoba crespo, los cuales tienen la misma densidad pero con gran diferencia en su sonoridad. [15]

Al presentar estos valores de densidad es posible deducir que es una madera **semidura**<sup>38</sup>, la cual puede emplearse tanto para la construcción de instrumentos musicales como para la elaboración de muebles debido a sus características. La misma puede llegar a considerarse también como madera **dura** que generalmente suele emplearse por sus características en la construcción. Si entrara en la categoría de maderas **blandas** su utilización tiende a ser con fines de productos para la decoración debido a sus características que indican una fácil manipulación de la misma.

---

<sup>38</sup> Ver Capítulo III, Análisis general de las propiedades mecánicas y materiales selectos, Dureza.

Se la utiliza en las piezas 1 y 2 como se puede apreciar en la **Figura 2.12**.

**Maple o Arce:** existen dos tipos que son los más comunes en la construcción de instrumentos de cuerda a nivel mundial.<sup>39</sup>

- ♦ **Hard maple o Hard rock maple:** es de color blanco- cremoso a un marrón rojizo claro, grano fino, fibra generalmente recta aunque esta puede variar con dibujos ondulados, flameados y acolchados<sup>40</sup>. Su secado es lento con mucha contracción y su densidad va de los 0.68 y 0.75  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ . En el Ecuador se tiene un buen remplazo conocido como Capulí, que cuenta con los mismos datos técnicos pero con la diferencia en su color que varía de un verde-oliva a un crema-verduzco.
- ♦ **Maple soft:** conocido por su nombre científico Principally hacer rubrum o su nombre Silver maple. Es muy susceptible a variaciones de color como por ejemplo, de blanco-grisáceo a marrón-rojizo. La fibra generalmente es recta y en ocasiones tiene motas oscuras de médula. Su densidad o peso específico es de 0.58 y 0.65  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

El primero se emplea en el diseño para las piezas 3, 5 y 7.

En la pieza 8 se utiliza la misma madera pero por consideraciones estéticas. Se busca que el diapasón sea lo más claro posible en este modelo y que mantenga las características de dureza necesarias para esta ubicación en la guitarra eléctrica.

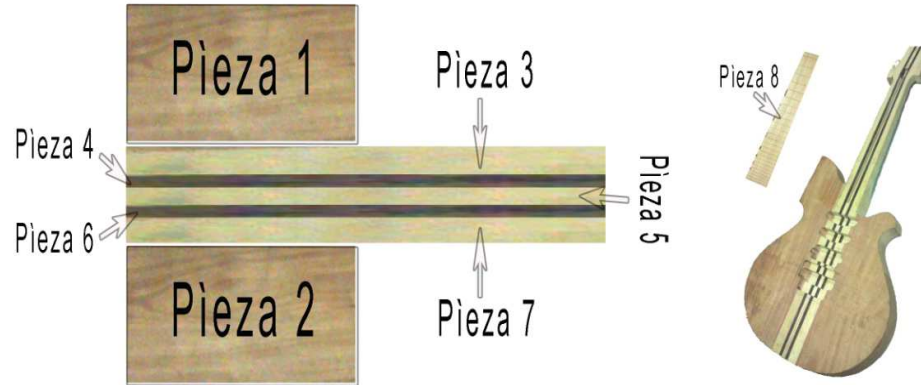
**Chonta o Pambil:** aunque no se obtienen sus datos exactos de densidad, se asume que es una madera **dura** que ha sido empleada por muchos años debido a esta característica en la construcción y en la estructura de ciertos instrumentos como la marimba. Se utiliza únicamente para las piezas 4 y 6.

---

<sup>39</sup> Toda esta información con respecto al maple, se obtiene de la monografía "Instrumentos musicales de cuerda" escrita por el Luthier-musicólogo Jorge Erazo Cavero.

<sup>40</sup> Su forma de dibujos le otorga un respectivo sobrenombre como maple en ojo de perdiz, maple flameado y maple acolchado.

Figura 2.12 Piezas de madera que se utilizan en el diseño



Fuente: Autoría

Se observa como las piezas 3, 4, 5, 6, 7 están presentes a lo largo de toda la superficie del modelo. Su construcción se realiza de acuerdo con la técnica *neck-through/neck-thru guitar*<sup>41</sup>

### 2.1.1.2 Estructura Interna

En este subcapítulo se hace una explicación general sobre los conocimientos necesarios que sirven para justificar, asimilar fácilmente y sustentar el objetivo específico relacionado con la manipulación de la señal de audio presente en la guitarra eléctrica.

Para facilitar la comprensión de la ciencia relacionada a la construcción interna de este instrumento, se lo divide en 5 secciones.

Las nuevas consideraciones aplicadas para el diseño se tratan detalladamente en el Capítulo IV correspondiente al Diseño Estructura Interna.

Las definiciones teóricas de cada uno de sus componentes se encuentran debidamente ubicadas en el subcapítulo de Conceptos evitando así caer en la misma teoría que se puede encontrar en los libros de electrónica y llegar a focalizarse según las características de la tesis.

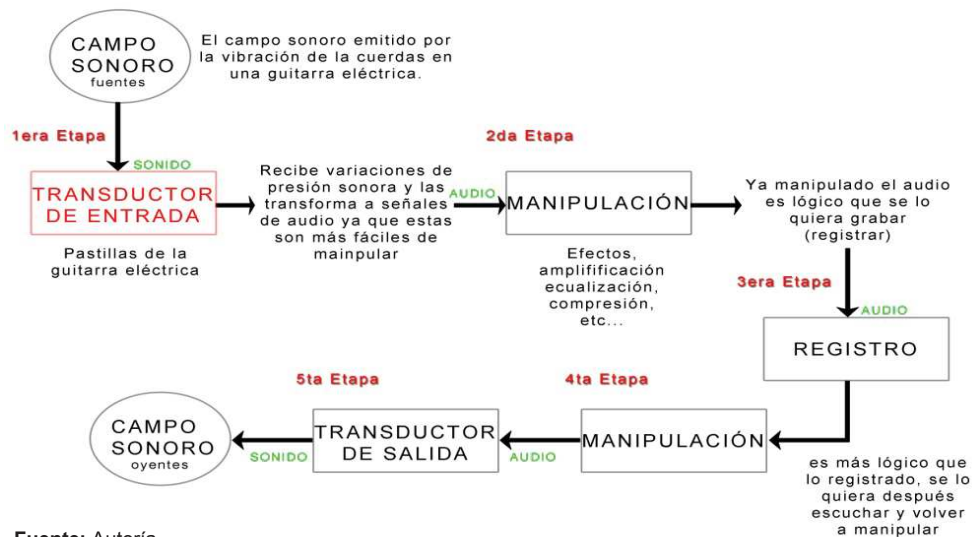
<sup>41</sup> O en forma literal "el mástil o brazo a través del cuerpo" es una configuración de construcción para la guitarra o bajo eléctrico, que implica la ampliación de la pieza de la madera utilizada para el cuello a través de la longitud total del cuerpo. Las cuerdas, trastera, pastillas y el puente están todos montados en esta sola pieza. [16] Existen otras técnicas de construcción en guitarras eléctricas conocidas con el nombre de *Bolt-on guitar* y *Set-In neck*.

## 1era Sección: *Pickups* (^) y Ley de Faraday

Hace bastantes años, un físico y químico británico llamado Michael Faraday, demostró en base a sus experimentos que un Campo Magnético variable podía establecer una corriente eléctrica (\*) sin la necesidad de baterías (fuentes de voltaje) en un circuito. Esta contribución experimental ha permitido ser la pieza fundamental en muchas aplicaciones para su funcionamiento (motores, generadores, transformadores eléctricos, etc) y tampoco se la ha desaprovechado en aplicaciones de audio (micrófonos o *pickups* en la guitarra eléctrica).

No muchos estarán familiarizados con este tipo de conocimiento histórico de electromagnetismo pero es importante tener una pequeña idea del tema ya que gracias a los principios descubiertos e impartidos por esta ley, se pudo llegar a construir lo que conocemos actualmente como las “pastillas de la guitarra eléctrica” o *pickups* y su funcionamiento característico (captación y respectiva transformación eléctrica de su sonido) es decir; se llega a cumplir con la primera etapa en una Cadena Electroacústica Básica.<sup>42</sup>

Figura 2.13 Cadena Electroacústica Básica



Fuente: Autoría

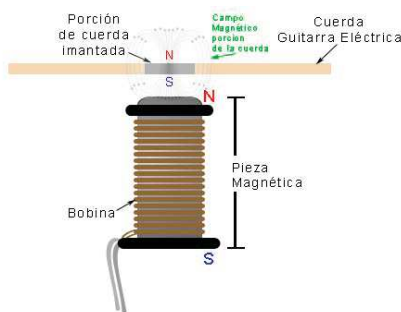
<sup>42</sup> Al resultado de esta transformación eléctrica del sonido en una cadena electroacústica básica se lo conoce como "audio" o señal de audio; al igual que "señal de AC" en una cadena electrónica como se explicará más adelante.

Existen muchos principios de construcción y ciencias relacionadas para que un Transductor de Entrada, como segundo eslabón de esta cadena, cumpla con su respectiva función. En el caso de las guitarras eléctricas no es la excepción pero además de acuerdo con el tipo de modelo comercial, pueden presentar uno o varios transductores en su cuerpo sólido, en combinación de *pickups single coil* (bobinas simples) o en combinaciones de *pickups humbuckers* (-) (bobinas dobles), lo que conlleva obviamente a complicar a cualquiera debido a las correspondientes modificaciones de su electrónica en cada caso. Estas pueden volverse difíciles de entender si no se avanza paso por paso y se tienen los principios básicos de funcionamiento muy firmes.

Por lo tanto y siguiendo con este criterio, se analiza inicialmente a un simple *Pickup* que cumple con los principios más elementales para cualquier estudioso en la materia de electromagnetismo y su relación con la respectiva generalización científica basada en la Ley de Faraday:

En un *pickup* básico (bobina simple), cada una de sus 6 piezas magnéticas coinciden perpendicularmente con cada cuerda de la guitarra eléctrica e individualmente imantan a su vez la porción más próxima de la misma.

**Figura 2.14** Porción de la cuerda imantada y su respectiva pieza magnética



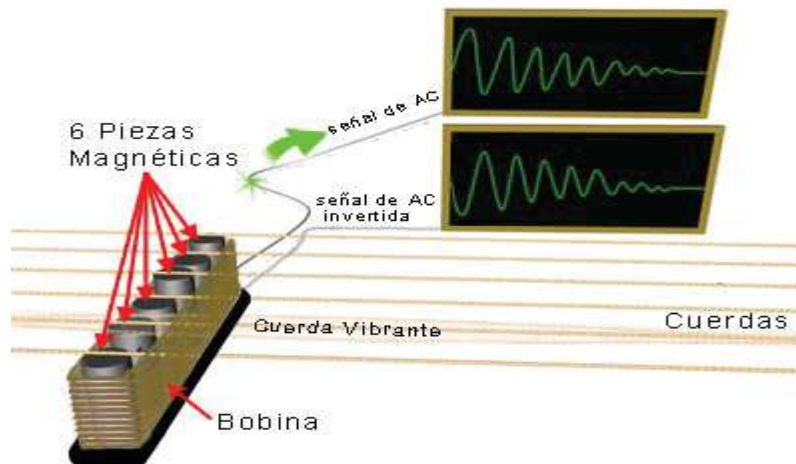
Fuente: Autoría

Al hacer vibrar la cuerda a cierta frecuencia su segmento imantado produce un flujo magnético variable a través de la bobina. Este induce a que aparezca al final de la bobina en uno de sus dos cables la señal de AC <sup>43</sup> equivalente a la

<sup>43</sup> También llamada AC señal o señal de audio, según la metodología de la tesis se la denomina a la señal que tiene una tensión [E] que se mide en voltios y una Intensidad [I] que se mide en amperios pero que se la encuentra en las salidas de cualquier módulo o equipo electrónico (radios, generadores de frecuencias de los canales de televisión u emisoras radiales, consolas de audio, micrófonos, pedales de efectos,

frecuencia de la nota en la cuerda vibrante, y en su otro cable la misma señal de AC equivalente a la frecuencia de la nota en la cuerda vibrante pero invertida en polaridad ( $180^\circ$ ).

**Figura 2.15** Pickup básico “Single Coil” y la señal de AC que produce su bobina. Generalmente uno de sus cables se lo envía a tierra y el otro se lo envía al siguiente respectivo circuito (selector de pickups o pastillas) según el diseño de la guitarra eléctrica<sup>44</sup>



Fuente: Autoría

Al igual que Faraday se podría conectar en los dos cables de salida de la bobina su famoso Galvanómetro<sup>45</sup> y quedar en asombro por la señal eléctrica muy pequeña obtenida, además de comprobar que en una guitarra eléctrica ocurre el mismo fenómeno electromagnético que el mismo evidenció hace más de 100 años y que cumple con sus principales deducciones ya entonces obtenidas:

**“Una fem<sup>46</sup> y, por tanto, también una corriente pueden inducirse en un circuito mediante un campo magnético variable<sup>47</sup>”.**

---

parlantes etc.) o dentro de los mismos. Se hace esta diferenciación teórica para comprender que el término Corriente AC se utiliza en esta tesis para referirse a la corriente emitida por la empresa eléctrica y que en la práctica se la extrae de los tomacorrientes mientras que la Señal de AC se utiliza para referirse a la corriente que se emite a la salida o dentro de los equipos electrónicos aunque en realidad esta última también sea un ejemplo de corriente alterna.

<sup>44</sup> Algunos fabricantes inclusive cubren la bobina con una cubierta de metal para protegerla y aislarla de otras posibles inducciones o simplemente utilizan una simple protección plástica o materiales aislantes más económicos.

<sup>45</sup> Aparato destinado a medir intensidades de corriente eléctrica.[17]

<sup>46</sup> Se dice por convención fem (fuerza electromotriz), a la energía proveniente de cualquier fuente, medio o dispositivo que suministre corriente eléctrica generalmente por medios electromagnéticos. Se la mide en voltios al igual que el voltaje (diferencia de potencial o tensión) pero no son sinónimos.

<sup>47</sup> Según los experimentos conducidos en 1831 por Michael Faraday en Inglaterra e independientemente por Joseph Henry en Estados Unidos. [18]

En el caso de la guitarra eléctrica:

El campo magnético variable, viene a ser el campo magnético presente en la porción de la cuerda imantada y que se vuelve variable de acuerdo con la vibración de la misma.

La corriente inducida es el resultado obtenido a la salida de la bobina (señal de AC).

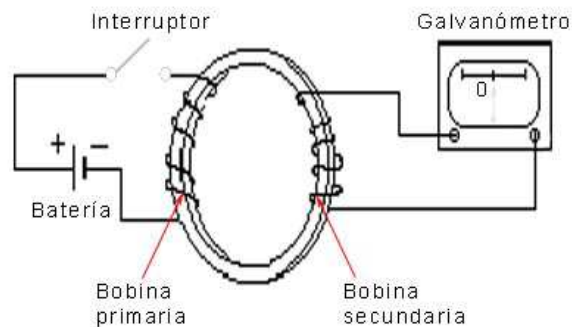
La fem inducida siempre produce a la corriente inducida, por lo tanto; vendría a ser en este caso, el *pickup* básico con su bobina simple.

Se los cataloga como inducidos, ya que individualmente el *pickup* básico (con su bobina interna) no cumpliría función alguna y la señal de AC resultante no llegaría ni a existir, sin la presencia o inducción de un Campo Magnético Variable. Es decir, se produce cada uno por efecto del otro.

**“La magnitud de la fem inducida en un circuito es igual a la rapidez de cambio en el tiempo del flujo magnético a través del circuito<sup>48</sup>”.**

Este postulado fue comprobado en el siguiente experimento realizado por Faraday:

Figura 2.16 Experimento de Faraday



Fuente: Autoría

Una bobina primaria se conecta a un interruptor y a una batería. La bobina se enrolla alrededor de un anillo. Una bobina secundaria también se enrolla alrededor de un anillo y se conecta a un galvanómetro. No hay batería presente en el circuito secundario y la bobina secundaria no está conectada a la primaria.

<sup>48</sup> Ley de Inducción de Faraday.



A primera vista no habría corriente en el circuito primario (batería, interruptor, bobina primaria) ni en el circuito secundario (bobina secundaria, galvanómetro); pero cuando se cierra o abre repentinamente el interruptor del circuito primario, sucede algo asombroso. En el instante en que se cierra el interruptor, se produce un campo magnético en la bobina primaria producto de la corriente que circula a través del primer circuito<sup>49</sup> y la aguja del galvanómetro se desvía en una dirección y luego regresa a cero en el segundo circuito.

En el instante en que se abre el interruptor (circuito abierto), la aguja se desvía en la dirección opuesta y de nuevo regresa a cero.

Las únicas veces que el Galvanómetro registra cero son cuando lógicamente no hay corriente y cuando en el circuito primario existe ya la corriente pero esta se mantiene estable.

Faraday logró apreciar gracias a este experimento que de acuerdo con la rapidez con la cual el flujo magnético cambia en el tiempo (si aparece o si desaparece justo al momento de abrir o cerrar un interruptor), hay más pronunciamiento en la aguja del galvanómetro independientemente del lado al que se dirija y la magnitud de la fem inducida será igual a la rapidez con la que cambie en el tiempo el flujo magnético.

Por lo tanto; si se cambia lo más rápidamente a circuito cerrado, mayor será el valor de la fem que se induce en el circuito dos, visualizándose en la práctica un mayor desplazamiento hacia la derecha por ejemplo la aguja del Galvanómetro. Lo que conlleva consecuentemente a deducir que existe una mayor corriente inducida.

Si se cambia lo más lentamente a circuito cerrado, menor será el valor de la fem que se induce en el circuito dos, visualizándose en la práctica un menor desplazamiento hacia la derecha por ejemplo la aguja del Galvanómetro. Lo que conlleva consecuentemente a deducir que existe una menor corriente inducida.

Las mismas consideraciones se aplican para el cambio a circuito abierto.

---

<sup>49</sup> Una de las leyes básicas del magnetismo establece que una carga (protones, electrones) en movimiento, es decir una corriente crea un campo magnético en el espacio.

En el caso de la guitarra eléctrica:

El circuito primario (batería, bobina primaria) vendría a ser únicamente el campo magnético presente en la porción de la cuerda imantada.

El circuito secundario (bobina secundaria, galvanómetro) vendría a ser la bobina simple del *pickup* básico y un galvanómetro si se quisiera también conectar a su salida.

Cuando Faraday cierra el interruptor: el campo magnético del circuito primario se dirige en dirección del circuito secundario y regresa instantáneamente a su posición inicial.

Si se toca la cuerda de la guitarra eléctrica ocurre lo mismo: el campo magnético en la porción de la cuerda imantada (circuito primario), se dirige en dirección a la pieza magnética recubierta por la bobina simple del *pickup* básico (circuito secundario) y regresa instantáneamente a su posición inicial.

Cuando Faraday abre el interruptor: el campo magnético del circuito primario se dirige en contra de la dirección del circuito secundario y regresa instantáneamente a su posición inicial.

En la cuerda de la guitarra eléctrica (no se necesita volver a tocarla porque se sobreentiende que se continúa en la acción anterior): el campo magnético en la porción de la cuerda imantada (circuito primario) se dirige en contra de la dirección de la pieza magnética recubierta por la bobina simple del *pickup* básico (circuito secundario) y regresa instantáneamente a su posición inicial. Completando su movimiento sinusoidal.

Un mayor o menor movimiento de la cuerda hacia el *pickup* o en contra del mismo, dependerá además de muchos factores extras<sup>50</sup> que permitan los respectivos cambios en el tiempo de los campos magnéticos presentes y por lo tanto una mayor o menor magnitud de la fem inducida.

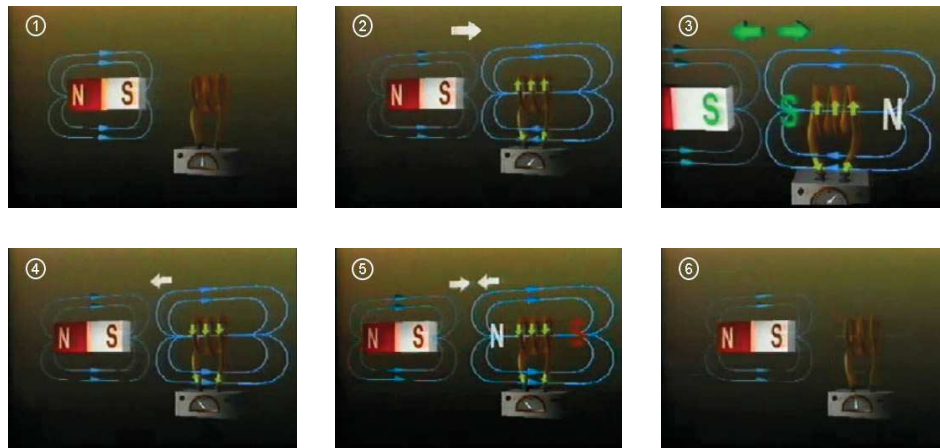
La magnitud de la fem inducida en un circuito vendría a ser la magnitud o voltaje total, para utilizar, presente en el *pickup* básico con su bobina simple.

---

<sup>50</sup> Grosor de la cuerda, permeabilidad de la cuerda, posicionamiento de la cuerda con respecto al *pickup*, movimiento de la cuerda al ser tocada por cierta fuerza externa, tamaño del imán o piezas magnetizadas, respectiva composición y propiedades magnéticas, número de vueltas- permeabilidad- longitud- grosor del alambre presente en la bobina del *pickup*.

Lo que Faraday no llegó a explicar es el por qué del fenómeno y su relación con la forma de corriente obtenida<sup>51</sup>. Es aquí que interviene años después el físico alemán Heinrich Lenz quien provee la respuesta. Argumentando que la corriente inducida genera su propio Campo Magnético Inducido y este siempre es opuesto al flujo magnético del primer campo que lo creó. Esta idea es un poco confusa si se la quiere analizar a simple inspección, se necesitan de mayores conocimientos sobre campos magnéticos, principios de conservación de la energía, teoría de bobinas; pero con la ayuda visual de la **Figura 2.17** se puede imaginar lo que sucede tanto con el campo magnético en la porción de la cuerda imantada y el campo magnético producto de la corriente inducida en la bobina. Notar además cómo actúa el sentido de la aguja del galvanómetro al final de la misma para cada caso.

**Figura 2.17** Fragmentos video “*Electromagnetism 6: Induction*” [19], del cual se extrajeron los 6 recuadros



**Fuente:** *Electromagnetism 6: Induction*. (2007). [video en línea]. Disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=VPxdl1zpcC8>

En el primer recuadro se aprecia el Campo Magnético -líneas azules que salen de **Norte** a **Sur**- en la porción imantada de la cuerda. El segundo recuadro indica como al acercarse la cuerda en dirección a la bobina, la misma produce una corriente inducida -flechas verdes en la bobina- la cual genera un campo magnético inducido alrededor de ella. Si se visualiza el sentido de la aguja en el Galvanómetro se puede comprender el valor de la forma de corriente obtenida

<sup>51</sup> Señal eléctrica con forma senoidal.

en este instante. El tercer recuadro es un pequeño **zoom**<sup>52</sup> imaginario del segundo recuadro en donde se aprecia con más claridad que el Campo Magnético Inducido es siempre opuesto al flujo magnético del primer campo que lo creó<sup>53</sup>, lo cual genera un desplazamiento del Campo Magnético Inducido hacia la derecha del recuadro<sup>54</sup> entre más se acerque el campo magnético inicial. Si se sigue con el cuarto recuadro, este corresponde al momento en que la cuerda se aleja de la bobina y se puede visualizar como la corriente inducida-flechas verdes en la bobina- también cambia lo que conlleva a generar un Campo Magnético Inducido con diferente polaridad -se puede visualizar esto en el siguiente recuadro-. En el quinto recuadro se demuestra como el campo magnético inducido se desplaza intentando seguir la nueva dirección de la cuerda hacia la izquierda del recuadro<sup>55</sup>. El sentido de la aguja en el Galvanómetro puede ayudar en esta visualización. Por último el sexto recuadro indica el momento en donde la cuerda ha cesado su movimiento por lo tanto no existe un Campo Magnético Inducido ya que no hay corriente inducida en la bobina. El sentido de la aguja en el Galvanómetro se encuentra en cero.

**En resumen** según lo aprendido anteriormente:

- ♦ Lo que se tiene en común en cualquiera de los dos casos (experimento de Faraday y guitarra eléctrica), es que al variar el campo magnético de un circuito primario se logra una corriente en un circuito secundario que depende de la rapidez en el tiempo con la cual se varíe el mismo. Si no se varía el campo magnético del circuito primario (porción cuerda imantada en la guitarra) no aparece una corriente al final del circuito secundario (en los dos cables que salen de la bobina).
- ♦ Si se tiene claro que tanto en la porción de la cuerda imantada en la guitarra eléctrica como alrededor del conjunto pieza magnética y bobina existen campos magnéticos. Aumentar el grosor de la cuerda, elegir una material de cuerda con mayor permeabilidad, posicionar la cuerda más cerca al *pickup*

---

<sup>52</sup> Acercamiento.

<sup>53</sup> Ley de Lenz explicada gráfica y didácticamente.

<sup>54</sup> Polos magnéticos iguales se repelen.

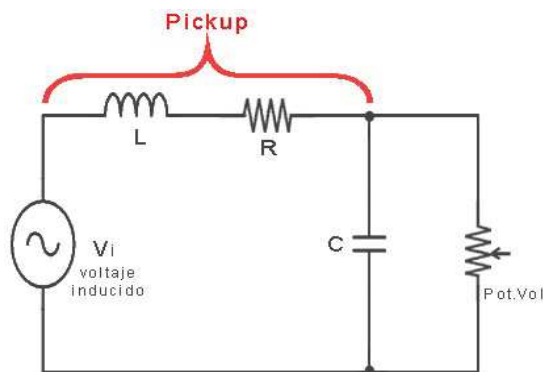
<sup>55</sup> Polos magnéticos diferentes se atraen.

(polos entre la pieza magnética y la bobina), generar un mayor movimiento de la cuerda al tocarla<sup>56</sup>, aumentar el tamaño del imán o piezas magnéticas dentro del *pickup*, escoger un imán más fuerte según su composición y propiedades magnéticas, aumentar las vueltas del alambre presente en la bobina, aumentar la permeabilidad del mismo alambre, aumentar su grosor<sup>57</sup>; influenciarán con más notoriedad en la relación de todos los campos magnéticos presentes y por lo tanto la señal de AC obtenida será mucho más pronunciada.

## 2da Sección: Circuitos R-L-C

Un *pickup* simple (*single coil*) puede ser analizado mediante el circuito equivalente que se aprecia en la figura. De esta manera su comportamiento en conjunto con un potenciómetro de volumen al final del mismo (resistencia variable) puede ser evaluado con una aproximación aceptable.

Figura 2.18 Circuito R-L-C Equivalente de un pickup single coil<sup>58</sup>



Fuente: Autoría

<sup>56</sup> Ya sea por mayor intensidad de la fuerza aplicada o por la característica vibratoria de cada nota. Como ejemplo de lo último; si se toca en cualquier cuerda una nota grave y después en la misma cuerda se toca su octava más aguda; la nota aguda presentará mayor voltaje y señal de AC debido a que las notas agudas hacen vibrar a la cuerda de mayor manera. (Explicación cuerda fija- fija).

<sup>57</sup> Si se analiza la resistencia de un alambre según la fórmula  $R = \Delta \frac{L}{A}$ ; al aumentar el grosor ( $A$  o sección transversal del mismo) disminuye su resistencia lo cual provoca una conducción de mayor voltaje. En la bobina esto promueve a la obtención de mayor señal de AC.

<sup>58</sup> Libro: *Engineering the Guitar Theory and Practice*.

Su bobina simple es representada con una inductancia (L) en serie a una resistencia (R) y en paralelo a una capacitancia (C). La carga (RL) o potenciómetro de volumen (Pot.Vol) viene representada por la resistencia en paralelo al final.

En el caso de querer representar a un *pickup humbucker*. Se puede utilizar el mismo circuito equivalente pero con la diferencia de que la inductancia será  $2.L$ <sup>59</sup>, la resistencia será  $2.R$ <sup>60</sup> y la capacitancia  $\frac{1}{2}.C$ <sup>61</sup> teniendo en cuenta que sus dos bobinas internas son fabricadas con características casi idénticas y se conectan en serie tal cual el diseño interno de la tesis.

Si se desea hallar matemáticamente L o la inductancia del pickup se puede emplear la fórmula  $L = \frac{\mu \times N \times S}{l}$  ; donde  $\mu$  es la permeabilidad magnética del alambre utilizado en la bobina, N es el número de vueltas dadas con el alambre para crear la bobina, S es la superficie del alambre y l es la longitud del mismo.

En el caso de R o la resistencia presente en el *pickup* se puede emplear la fórmula  $R = \Delta \frac{L}{A}$  ; donde  $\Delta$  es la resistividad, L es la longitud y A es la sección transversal del alambre igualmente utilizado para construir la bobina del *pickup*. Los fabricantes de *pickups* a esta resistencia la suelen nombrar como **DC Resistance** dentro de sus especificaciones.

La capacitancia o C es un fenómeno que se da en las espiras del alambre ya que con cada vuelta se puede almacenar indirectamente energía<sup>62</sup>.

Con respecto al valor de resistencia del Pot.Vol, este puede ser de 250k $\Omega$ , 500k $\Omega$ , 1 M $\Omega$  según convención general al implementarlos en una guitarra eléctrica. (Ver Capítulo IV, Diseño Estructura Interna, Potenciómetro Volumen).

<sup>59</sup> Dos veces L, ya que inductancias en serie se suman.

<sup>60</sup> Dos veces R, ya que resistencias en serie se suman.

<sup>61</sup> La mitad de C, ya que capacitancias iguales en serie  $\frac{1}{\frac{1}{C} + \frac{1}{C}} = \frac{1}{2} C$

<sup>62</sup> Hay que tener en cuenta que un *pickup* puede presentar mas de 6000 vueltas de alambre en su bobina. Casi más de 700 metros de cable enrollado lo cuál de alguna forma influencia en la aparición de cierto valor de capacitancia la cual no es especificada por los fabricantes.

Este circuito se caracteriza por presentar una frecuencia de resonancia a la salida del mismo la cual en el caso de ciertos fabricantes- Seymour Duncan- la especifican con el nombre de **Resonant Peak**. La misma se analiza más adelante<sup>63</sup> y se entiende que está directamente relacionada con los valores de la inductancia (L) y capacitancia (C) del circuito.

### En resumen:

La característica más importante a rescatar de los circuitos R-L-C cuando trabajan con señales de AC, es que su función de transferencia<sup>64</sup> o relación del comportamiento –respuesta- del circuito; depende de la frecuencia además de que puede presentar una frecuencia de resonancia a la salida del mismo.

## 3era Sección: Circuito Especial 1

### El Fuzz

La función general del “Fuzz” consiste en convertir una forma de onda sinusoidal (señal de audio) que ingresa en su circuito a una forma de onda cuadrada en la salida del mismo. Esta conversión se puede realizar inclusive a otras formas de onda (triangulares, dientes de sierra) logrando resultados sonoros diferentes.

En teoría, para que una señal eléctrica se sature, debe sobrepasar el Rango dinámico<sup>65</sup> del componente electrónico al que ingrese, de tal forma que su forma de onda sea recortada ocasionando una forma de onda cuadrada en la misma.

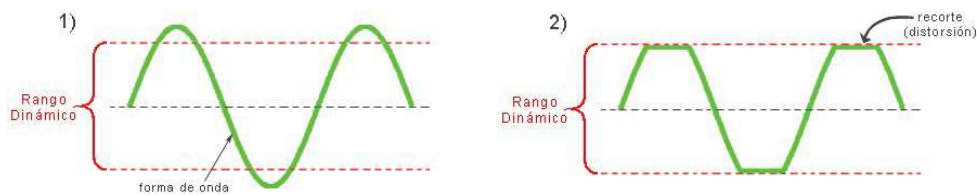
---

<sup>63</sup> Capítulo IV, Herramientas de Diseño, Ensayos o Pruebas no destructivas, Frecuencia de Resonancia Circuito RLC.

<sup>64</sup>  $H = \frac{V_{out}}{V_i}$ ; donde  $V_{out}$  es el voltaje de salida y  $V_i$  es el voltaje inducido del circuito.

<sup>65</sup> Si se habla del Rango dinámico auditivo en un ser humano para entender mejor este concepto; se conoce que el mismo parte de 0 dB de NPS (umbral de la audición) hasta 130 dB de NPS (umbral del dolor auditivo). Entonces; el Rango dinámico de señales sería el margen existente en una escala de amplitud, que delimitan los fabricantes de los componentes electrónicos, entre la mínima y la máxima señal tolerable. La importancia es que al conocer el Rango dinámico de un equipo o de una persona por ejemplo; se puede determinar si una señal podrá atravesarlos sin distorsiones.

**Figura 2.19** Recorte de cierta señal de AC al sobrepasar un Rango dinámico. Se visualiza en 1) a una señal de AC con forma de onda senoidal y en 2) a la misma señal de AC convertida en una forma de onda cuadrada



Fuente: Autoría

Este recorte se traduce en una distorsión de la forma de onda original; por lo tanto al fenómeno ocurrido cuando se genera un recorte en la forma de onda al momento de sobrepasar un Rango dinámico se lo conoce completamente con el nombre de Distorsión<sup>66</sup> por Saturación.

Cuando alguna vez al hombre se le ocurrió poner una señal muy amplificadas en un amplificador a válvulas, se le saturó o sobrecargó su entrada (sobrepasó su Rango Dinámico), obtuvo como resultado lo anteriormente visto (distorsión por saturación) pero nombrándolo con el término inglés “*Overdrive*”.

Cuando posteriormente al hombre se le ocurrió poner una señal muy amplificadas pero ahora en un amplificador de estado sólido<sup>67</sup>, igualmente se le saturó o sobrecargó su entrada (sobrepasó su Rango Dinámico), obtuvo como resultado lo anteriormente visto (distorsión por saturación) pero nombrándolo con el término inglés “*Distortion*” ya que el recorte de onda se percibía psicoacústicamente más rasposo.

Y más actualmente cuando al hombre se le ocurrió poner una señal muy amplificadas en un amplificador a válvulas o de estado sólido conjuntamente con otros componentes, se le saturó o sobrecargó su entrada (sobrepasó su Rango Dinámico), obtuvo como resultado lo anteriormente visto (distorsión por saturación) pero nombrándolo con el término inglés “*Fuzz*”.

<sup>66</sup> Cualquier modificación en las propiedades (amplitud, frecuencia, fase) de una en la forma de onda.

<sup>67</sup> Término que se refiere a los componentes electrónicos y sistemas basados en la familia de los semiconductores (diodos, transistores, IC's) contrario a la tecnología previa que utilizaba válvulas o tubos de vacío en ciertos sistemas electrónicos para su funcionamiento.



Si bien la función general y la forma de onda resultante en los tres circuitos (*overdrive*, *distortion*, *fuzz*) llega a ser la misma, por el hecho de presentar diferentes componentes de amplificación (válvulas, transistores, circuitos integrados) con sus diferentes materiales de fabricación (silicio, germanio) en el caso de los del medio, se argumenta que presentan otros tipos de armónicos que se generan y suman en el resultado, por lo tanto evidentemente varían de forma particular la característica tímbrica de una señal inicial. Se dice que cuando se genera armónicos impares el sonido se vuelve más rasposo mientras que con los armónicos pares una distorsión resultante es más suave. [20]

## 4ta Sección: Circuito Especial 2

### El *Phaser* y su Circuito

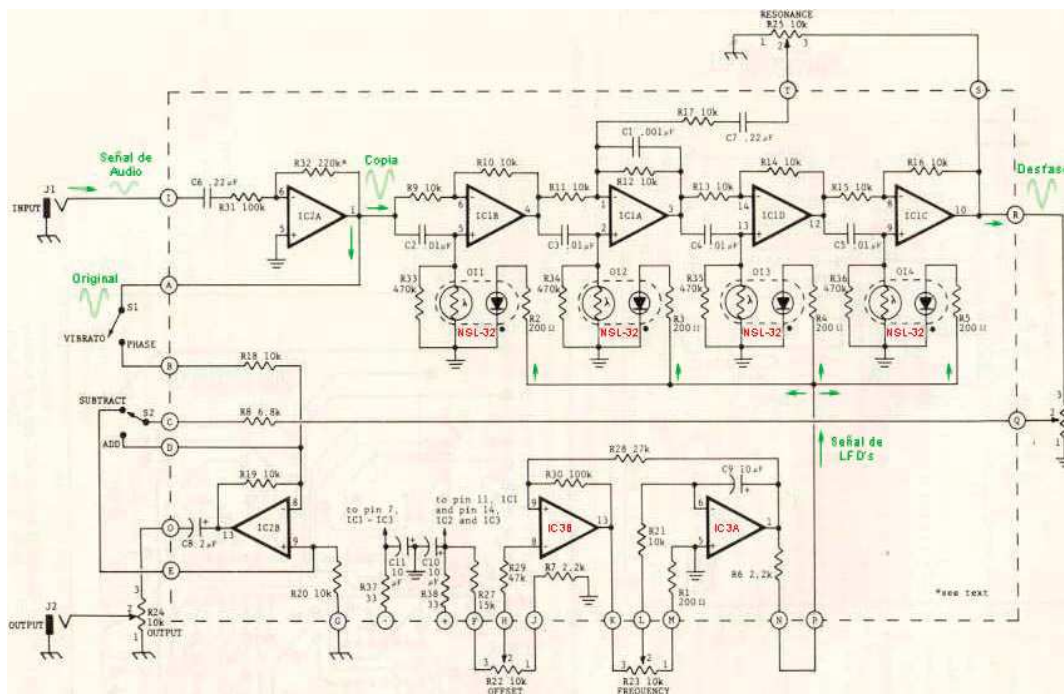
Su función general es dividir a la señal original que entra a su circuitería en dos señales. A la una señal dividida la mantiene sin alteración alguna, de forma que conserve sus características originales y a la otra señal la desfasa para posteriormente mezclarlas. Obviamente si se llegan a mezclar o juntar estas dos señales, existe la debida cancelación en ciertas frecuencias de las mismas, lo cual genera paulatinamente diferentes resultados tímbricos.

Algunos fabricantes incluyen en el diseño de estos efectos, la posibilidad de modular a la señal desfasada mediante un oscilador de frecuencias bajas o LFO<sup>68</sup> tal cual el circuito que se emplea como referencia en las conexiones de esta guitarra eléctrica.

---

<sup>68</sup> Siglas en ingles de "*Low frequency oscillator*".

**Figura 2.20** Diagrama esquemático del circuito Phaser<sup>69</sup>, presente como experimento en las conexiones de la estructura interna. Sus LFO's (tanto IC3B como IC3A) modulan a los LEDs internos de los Optoacopladores NSL-32<sup>70</sup> influenciando para la característica de desfase de la señal de audio del circuito.



Fuente: Anderton, C. (1980). *Electronic Projects for Musicians*. New York: Amsco Publications

## 5ta Sección: Circuito especial 4

### Kill Switch

Por motivo de una correcta ubicación lógica en los contenidos de esta tesis; referirse al punto 1.2.3 -Componentes Estructura Interna (Circuitería)- en donde se hace una extensa explicación teórica sobre *switches*.

<sup>69</sup> Proyecto N<sup>ro</sup> 21, *Phase Shifter*. Libro: *Electronic Projects for Musicians*.

<sup>70</sup> Este tipo de optoacoplador reemplaza al CLM6000 presente en el diagrama esquemático original, el cual ya no se fabrica a nivel mundial. Para más información sobre su funcionamiento ver la sección de Conceptos, Componentes estructura Interna; dentro de este mismo capítulo.

## 2.1.2 Conceptos

### 2.1.2.1 (+) Herramientas y Materiales

#### Estructura Externa

**Cepillo Clásico:** se dice que esta herramienta manual de bajo costo “peina” el hilo de la madera para posteriormente facilitar el trabajo de pulirla a cualquier antojo. En la práctica permite adquirir destrezas de trabajo<sup>71</sup>. Se recomienda a todo principiante su utilización como herramienta manual básica, en el proceso de labrado en la madera.

**Sierra eléctrica sin fin:** conocida también como sierra circular o sierra cinta. Permite realizar cortes en diversos materiales. Se la emplea para dar la forma al instrumento.

**Ruteadora:** también conocida como fresadora<sup>72</sup> o tupí. Sirve para rectificar (corregir o perfeccionar) los cantos de una pieza de madera dejándolos si es el caso planos y rectos aunque con la misma si se tiene más precisión, se puede utilizar para redondear los filos del cuerpo de la guitarra eléctrica. Esta herramienta es muy versátil ya que de igual manera permite realizar los cortes de profundidad en la pieza de madera para ubicar los *pickups*, floyd rose y demás cavidades para el sistema eléctrico.

**Canteadora:** esta herramienta más industrial permite planear una superficie sustituyendo a la herramienta manual cepillo. Tener cuidado al utilizarla en piezas poco gruesas.

**Escuadra Falsa:** es una herramienta parecida a una escuadra pero que sus ángulos no son fijos. Su superficie móvil permite formar varios ángulos con la herramienta. En el caso de la construcción de la guitarra eléctrica; se lo utiliza para obtener los ángulos presentes en el plano del diseño y traspasarlos fácilmente a la pieza de madera.

---

<sup>71</sup> Se obtienen los mismos resultados que con cualquier otra herramienta eléctrica (caras, cantos y cabezas planas en una pieza de madera) pero al dominar su técnica facilita el trabajo en piezas pequeñas.

<sup>72</sup> Así como la broca es para el taladro, la fresa es para la ruteadora.

**Escuadra de Carpintero:** es igual en forma que una escuadra plana. Su diferencia es que es fácilmente acomodable sobre piezas de madera.

**Martillo de Goma:** presenta la misma forma y función que cualquier martillo, la diferencia es que su material permite realizar cualquier trabajo sin agredir con su superficie la madera. Es muy utilizado en el caso de martillar al diapasón los alambres de cada traste o demás piezas de madera que necesiten entrar con mayor presión a su cuerpo. Existen también martillos o mazos de madera para su reemplazo.

**Serrucho de Costilla:** está compuesto por una hoja de acero y su debida empuñadura de plástico o de madera como todo serrucho. La particularidad de esta herramienta radica en el hecho que presenta una pieza llamada costilla a lo largo de su hoja, la cual la mantiene rígida y no permite que se doble como en otros modelos. Por esta característica permite realizar cortes tanto transversales como longitudinales en las piezas de la guitarra eléctrica que lo amerite de forma rápida.

**Prensa:** es una herramienta auxiliar para sujetar diferentes tipos de objetos.

**Flexómetro:** es la herramienta de medición conocida vulgarmente como "metro". Consiste en una cinta flexible subdividida en centímetros y milímetros que se encuentra enrollada en una carcasa de plástico o metálica lo cual la hace fácilmente transportable. En la práctica sus aplicaciones son bastante amplias.

**Higrómetro:** en el mercado existen para todo tipo aplicaciones pero en general es un instrumento que sirve para medir la cantidad de humedad presente ya sea en el ambiente o en una pieza de madera. Para el último caso presentan en su estructura una especie de patas o agujas que se introducen en la superficie de madera que se pondrá a prueba. Sus resultados se indican en porcentajes.

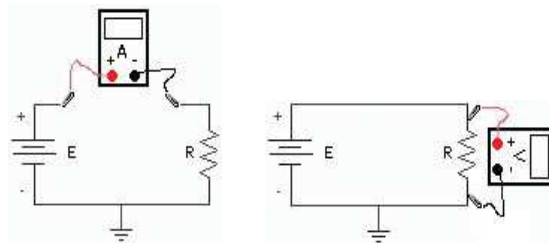
## Estructura Interna

**Multímetro:** es un instrumento portátil análogo o digital de trabajo eléctrico, que permite medir diferentes magnitudes eléctricas como voltaje y corriente alterna (AC), voltaje y corriente continua (DC), resistencias bajas o altas (hasta  $M\Omega$ ) y también capacitancias. Puede ser configurado para indicar una continuidad eléctrica de cables y en algunos modelos poder obtener mediciones de voltaje para diodos, transistores u otros componentes electrónicos de un circuito.

Una prueba práctica para comprobar el estado del multímetro consiste en colocar su perilla de selección de función en  $\Omega$  y juntar las puntas roja y negra. Si marca 0 (cero) está el multímetro en buen estado pero si se despliegan otros valores como por ejemplo 0.1 en adelante, equivaldría al valor aumentado que presentará cualquier medición.

Al multímetro se lo conecta en paralelo con respecto a dos puntos (voltaje más alto y voltaje más bajo o tierra), siempre que se quieren medir magnitudes relacionadas con tensión [v] y en serie interrumpiendo el camino entre esos dos puntos siempre que se quieren medir magnitudes relacionadas a corriente [I].

Figura 2.21 Posición del multímetro en serie y en paralelo dentro de un mismo circuito



Fuente: Autoría

**Osciloscopio:** es un instrumento de medición que funciona como un voltímetro AC y DC. Solo mide estas tensiones. Se podría únicamente utilizar un voltímetro inclusive por su precio más accesible con respecto al del osciloscopio pero esta última herramienta de medición se diferencia por permitir visualizar en su pantalla, voltajes con sus respectivas formas de onda además de la amplitud *peak to peak* de las mismas.

### 2.1.2.2 (^) Componentes Estructura Externa

**Pickup:** en lo que se refiere a *pickups* o micrófonos para guitarras, existen dos tipos básicos: los magnéticos (utilizados comúnmente para guitarras eléctricas) y los piezoeléctricos (utilizados más que todos en guitarras electroacústicas por su reducido peso con relación a los pickups magnéticos que pueden llegar a influenciar en las frecuencia de resonancia y en la intensidad sonora del instrumento al agregar un peso adicional a su cuerpo acústico). Estos 2 realizan lo que se conoce como transducción electro acústica<sup>73</sup> pero los **piezoeléctricos** se caracterizan por funcionar bien transduciendo los cambios de presión producto de las cuerdas de acero, nylon o tripa animal mientras que los **magnéticos** se caracterizan por funcionar bien transduciendo los cambios de presión producto de las cuerdas netamente de acero. Estos últimos al estar contruidos con una bobina *-single coil-* que presenta varias vueltas de alambre, son sensibles a la inducción de ruido y *hum*<sup>74</sup>, por esta razón; se construyen también pickups magnéticos con doble bobina, conocidos como *humbuckers*, para eliminar estas interferencias.

La anatomía de un *pickup single coil* -bobina simple- consiste en dos tapas con 6 agujeros cada una (tapa frontal y tapa trasera) que son unidas por 6 piezas previamente magnetizadas<sup>75</sup> en su proceso de fabricación. Alrededor de estas se envuelve un alambre de cobre aislado generalmente muy delgado pero que puede variar en diámetro y en número de vueltas para formar la denominada bobina<sup>76</sup>.

---

<sup>73</sup> Convertir la energía acústica (oscilaciones en la presión del aire) en energía eléctrica (variaciones de voltaje).

<sup>74</sup> Ruido de baja frecuencia

<sup>75</sup> Método realizado por frotamiento, contacto directo e indirecto entre los polos de un imán con respecto a las piezas para pasar las propiedades de un material al otro. Este fenómeno es posible gracias a las características imantables o magnetizables de ciertos materiales.

<sup>76</sup> La composición de este alambre siempre va a ser de cobre. Los parámetros que lo hacen diferente entre los modelos más populares se debe al diferente diámetro utilizado en mm, según los valores normalizados para cables A.W.G (*American Wire Gauge Standard*) y su aislación. El número de vueltas que se realice para formar la bobina con el alambre elegido, influencia en gran cantidad sus características de transferencia- impacto en la sensación timbrica y fuerza de la señal de salida del *pickup*-.

La conclusión general es que entre menos diámetro de alambre y entre más vueltas, más alta será la resistencia DC y por la tanto más salida y fuerza tendrá el *pickup* pero se pierde el *High End* (rango de frecuencias altas). Su frecuencia de resonancia cambia de las frecuencias altas a las frecuencias bajas.

Figura 2.22 Anatomía básica de un pickup single coil



Fuente: Autoría

Si fueran muy grandes las piezas ya magnetizadas (que actúan individualmente como imanes), podrá haber más transformación a señal de AC pero el problema es que las cuerdas se pueden atraer perjudicialmente hacia ellas o también podrían recoger sonidos próximos no deseados.

Se lo conoce como un elemento pasivo ya que realiza la transducción electroacústica sin la necesidad de alimentación externa en donde el número de vueltas presente en el alambre de la bobina en conjunto con sus piezas magnéticas son suficientes para obtener una señal eléctrica. En la actualidad se ha buscado reducir el número de vueltas de alambre en una bobina obteniendo como resultado menor pérdida en el rango de los graves y agudos pero a la vez como consecuencia una transducción pobre de señal eléctrica de AC. Se ha logrado resolver este problema anexando en las pastillas un mini circuito que sirve como preamplificador (sube el nivel de la señal eléctrica). Como estas ya consideran un circuito (preamplificador) dentro de su estructura, también deben ser alimentadas de alguna manera, es por esto que necesitan de una batería que brinda la alimentación necesaria para su correcto funcionamiento y de esta manera dejan de ser conocidos con el nombre de pasivos para llevar un nuevo nombre; *pickups* magnéticos activos.

Reemplazar los *pickups* de la guitarra eléctrica permite a su dueño obtener un distinto timbre sin la necesidad de cambiar el instrumento en su totalidad. La señal RMS de AC en la mayoría de casos varía de 0.01 a 1 v aprox. Si estos valores son muy altos lógicamente pueden llegar a saturar el circuito posterior que se utilice (amplificador, procesador de efectos).

## ***Humbuckers***

Se hace esta mención especial ya que son el tipo de *pickup* elegido en el diseño de este modelo de guitarra eléctrica, debido a esto la importancia de entenderlos.

Estos están compuestos de dos *pickups single coil* dentro de un empaque, así que presentan las mismas consideraciones anteriores. Obviamente si en el caso de los *pickups single coil* existe la inducción de ruido –ya que su alambre interno que forma la bobina se comporta como una gran antena- en el caso de los *pickups humbuckers* podría ocurrir de mayor forma al existir el doble de alambre en la combinación de los dos *pickups single coil*. Por esta razón son fabricados de manera que el sentido de las dos bobinas cancela cualquier ruido que se induce únicamente en sus alambres y permite que la señal de la guitarra -producto en cambio de la variación de la cuerda dentro de un campo magnético- continúe presente y llegue a sumarse<sup>77</sup>.

Entre los ejemplos más utilizados a nivel mundial se encuentra al *Humbucker Pearly Gates SH-PG1* de la fábrica Seymour Duncan.

**Figura 2.23** Humbucker Pearly Gates SH-PG1



**Fuente:** Autoría

**Figura 2.24** Hot Rails SHR-1



**Fuente:** Autoría

Actualmente se pueden encontrar además *humbuckers* de reducidos tamaños que a simple vista pueden confundirse con *single coils* pero que presentan en su estructura a las bobinas una encima de otra y con los mismos resultados.

### **Figura 2.24.**

Se debe recordar que para hacer la selección de cualquier tipo de *pickup*, es importante hacer una debida investigación de las características de los mismos de acuerdo con el timbre que se desee obtener además de tener en cuenta que

---

<sup>77</sup> Dos bobinas en serie se suman.



cada uno es fabricado con diferentes consideraciones de acuerdo con su ubicación en la guitarra<sup>78</sup>. Para esto se puede visitar las páginas web de sus fabricantes, quienes ofrecen en algunos casos, muestras sonoras de sus diferentes modelos de *pickups*.

En el caso de Seymour Duncan (para seguir con los ejemplos), su página web otorga información de sus productos de forma sencilla para el público general. No es necesario ser un experto conocedor para llegar a visitarla, pero hay unos indicadores que posiblemente sean extraños a simple vista y que se explican a continuación de manera general:

*Model:* siglas utilizadas por la fábrica de acuerdo con el modelo de *pickup* y que vienen muchas veces pegadas físicamente en la parte posterior del mismo para su reconocimiento.

*Category:* corresponde al nombre del grupo o categoría al cual pertenece un *pickup* y cuya clasificación se realiza basándose en cierta característica fundamental impuesta por la fábrica.

*DC Resistance:* entre más alto es el valor de resistencia, se entiende que existen más vueltas de alambre para generar la bobina del *pickup* y por lo tanto mayor señal de AC en su salida tendrá el mismo.

*Resonant Peak:* se podría decir que es la frecuencia que el *pickup* va a reforzar de forma más notoria con respecto a las demás transducidas. Esta depende en gran porcentaje de la inductancia (L)<sup>79</sup> y de la capacitancia (C) del *pickup*. Conocer este valor permite conocer la característica

---

<sup>78</sup> Muchas personas no dan importancia a este detalle y terminan desaprovechando al *pickup* inconscientemente. Cuando un *pickup* está diseñado para ser ubicado en la posición del puente o **bridge** y se lo ubica en el cuello o **neck** de la guitarra, a más de no poder responder a las frecuencias propias de cada posición, la distribución física de sus piezas imantadas va a ser diferente; en el caso de los *pickups bridge* están más juntas unas a otras que en el caso de los *pickups neck*. Si por fines experimentales se hacen a propósito estas modificaciones queda todo justificado.



<sup>79</sup> Esta suele ser de 1 a 10 Henrys dependiendo del *pickup*. Los fabricantes no especifican este valor en la mayoría de casos al igual que la capacitancia total producto de las vueltas de alambre en la o las bobinas pero se puede asumir que es de unos 80-200 pF según ciertas investigaciones. [27]

timbrica con la cual terminará transducida una señal a la salida del mismo. Ver resultados obtenidos en el capítulo IV, Diseño, Herramientas de diseño, Ensayos o Pruebas no destructivas.

**EQ:** mediante una escala del 1 al 10 el fabricante indica que tanto contenido de frecuencias altas, medias y graves presenta el *pickup*. Donde uno es poco contenido y 10 es bastante contenido. Esto es una idea base para suponer el tono característico del *pickup* y lograr una correcta elección del mismo.



**Magnet:** no se puede afirmar que mediante los diferentes tipos de imanes se consiga un sonido estandarizado, esto sería un punto de vista muy subjetivo teniendo en cuenta que el *pickup* es un sistema dependiente de muchos factores para lograr su transducción característica. Lo que se si se puede hacer es pensar en el imán o magneto, según el material con el cual esté hecho para permitir una mayor o menor cantidad de señal transducida, además de tener en cuenta la propiedad de fuerza magnética del mismo a que no interfiera con el correcto desempeño de la cuerda en la guitarra eléctrica o posibilite la captación de señales no deseadas.



**Cable:** se especifica el número de alambres conductores de salida del *pickup* seguido en muchos casos el tipo de cubierta protectora utilizada en los mismos<sup>80</sup>.

**Output:** se especifica mediante un símbolo que representa una salida moderada o **moderate**  y alta o **high** . Al no

<sup>80</sup> Por ejemplo; **1-Con Braid Shield** significa un cable conductor de salida (1-con) con cubierta protectora tipo malla trenzada (*braid shield*). En el caso de los pickups *Pearly Gates* SHPG-1 y los *Hot Rails* SHR-1 sus fabricantes únicamente lo especifican como **Four Con.** o cuatro cables conductores de salida sin otorgar el dato de su tipo o material de cubierta protectora. Se pueden utilizar además cubiertas protectoras de **PVC** (tipo plástico), **Cloth** (tipo tela) o **Shielded** (tipo de material con blindaje más grueso utilizado en modelos especiales).

existir un acuerdo o estandarización por parte de los fabricantes de *pickups*, cada uno indica los valores de sus productos bajo sus preferencias y este indicador no puede ser tomado como una verdad absoluta del producto ya que el consumidor general no puede acceder fácilmente a los criterios mediante los cuales se consiguieron estos resultados. Al igual que la especificación de EQ, sirve como una idea base, que en este caso permite entender cuanta señal de AC en volts puede generar el *pickup*.

*User:* este es solo un indicador que permite a la empresa catalogar a su *pickup* como la selección preferida entre sus ventas o  **Player's Pick** y  **Pro Shop** en el caso de ser *pickups* pensados para un público consumidor más específico.

*Type:* esta especificación mediante un símbolo sirve para saber si el modelo del *pickup* es tipo **single coil**  o tipo **humbucker**  **Hum-Cancelling**.

### 2.1.2.3 (\*) Componentes Estructura Interna (Circuitería)

**Corriente Eléctrica [I]:** técnicamente es la rapidez con la que recorren por un conductor cierta cantidad de electrones para ir de átomo en átomo. Entre más cantidad de electrones lo recorran hay más corriente.

Una analogía que se utiliza comúnmente para entender este concepto, hace pensar en ella como el agua que fluye por un río de un punto a otro. De igual forma, entre más cantidad de agua que recorre hay más corriente.

Su unidad de medida es el Ampere [A].

En la práctica, valores comunes de corriente son de 0.001 a 0.5 Amperios

Hay de dos tipos:

- ♦ **Corriente Continua (DC):** lógicamente mantiene el concepto anterior de corriente eléctrica, pero esta se da cuando su intensidad se mantiene constante con el tiempo. Se caracteriza por ser generada por fuentes tales como baterías, pilas. Es siempre utilizada para alimentar a los circuitos para que los mismos funcionen<sup>81</sup>.

Su utilización como término en esta tesis, sirve para referirse únicamente a la corriente que subministra una batería.

- ♦ **Corriente Alterna (AC):** lógicamente también mantiene el concepto anterior de corriente eléctrica, pero esta se da cuando su intensidad no se mantiene constante y cambia de valor con el tiempo. Se dice que es variable. Las mismas cambian de sentido periódicamente con el tiempo, siguiendo una curva sinusoidal<sup>82</sup>.

Su utilización como término en esta tesis, sirve para referirse únicamente a la corriente emitida por la empresa eléctrica para su respectivo uso en hogares y empresas.

**Voltaje [E]:** también llamado diferencia de potencial o tensión, es un fenómeno más complejo de explicar con relación a la corriente.

Su unidad de medida es el Volt [V].

Indica más que todo el nivel de energía existente entre dos puntos.

Utilizando la misma analogía del agua en un río: para que su agua pueda fluir se necesita que un punto sea más alto con respecto al otro (diferencia de posición entre los mismos), sino existiría simplemente agua estancada. El agua fluiría entonces desde el punto más alto (nevado) hasta el punto más bajo (nivel del mar) de la misma forma que la corriente circularía desde el punto más alto (alto voltaje) hasta el punto más bajo (bajo voltaje) al intentar naturalmente

---

<sup>81</sup> Análogamente con los seres humanos, si los circuitos no son bien alimentados (mala corriente DC), estos no funcionarán bien.

<sup>82</sup> Alcanzan un valor máximo para después ir disminuyendo hasta anularse y empezar a aumentar de nuevo, pero en sentido contrario al anterior, hasta alcanzar otro máximo. [22]

igualar sus niveles. Este punto más bajo en los circuitos se lo conoce con el nombre de tierra (0 volts).

Por lo tanto se podría decir que al igual que el agua de los ríos fluye en dirección del nivel del mar, la corriente circula en dirección a tierra.

En la práctica por ejemplo si se tiene un punto de 9v, se hace un camino extra entre su punto de voltaje máximo (9v) y su punto más bajo de voltaje (0v o tierra) para aprovechar la consecuente circulación de corriente gracias a esta diferencia de posición. (Ver concepto de baterías para entenderlo mejor).

### **Potencia [P]:**

Se demuestra en electrónica que la potencia entregada a cualquier elemento de dos terminales de un circuito puede calcularse como el producto entre la tensión en sus terminales y la corriente que circula por él; es decir  $P=V \times I$ . [21]

La unidad de potencia es el watt o vatio [w].

**Señal de DC:** o también llamada DC señal, según la metodología de la tesis se la denomina a la señal que tiene una tensión [E] que se mide en voltios y una Intensidad [I] que se mide en amperios pero que se la encuentra únicamente dentro de cualquier circuito electrónico a diferencia del término Vcc o Voltaje Continuo DC que se refiere para esta tesis al generado por una respectiva fuente continua únicamente para alimentar a los circuitos. Se hace esta diferenciación teórica para comprender que el término Voltaje DC o Vcc se utilizará para referirse al voltaje en una fuente DC que llega hasta a la entrada de un circuito para alimentarlo y el término Señal de DC se utilizará para referirse a la señal continua que circula dentro del mismo aunque esta última también sea un ejemplo de voltaje DC.

**Señal de AC:** también llamada AC señal o señal de audio, según la metodología de la tesis se la denomina a la señal que tiene una tensión [E] que se mide en voltios y una Intensidad [I] que se mide en amperios pero que se la encuentra en las salidas de cualquier módulo o equipo electrónico (radios, generadores de frecuencias de los canales de televisión u emisoras radiales,

consolas de audio, micrófonos, pedales de efectos, parlantes etc.) o dentro de los mismos.<sup>83</sup> Se hace esta diferenciación teórica para comprender que el término Corriente AC se utiliza en esta tesis para referirse a la corriente emitida por la empresa eléctrica y que en la práctica se la extrae de los tomacorrientes mientras que la Señal de AC se utiliza para referirse a la corriente que se emite a la salida o dentro de los equipos electrónicos aunque en realidad esta última también sea un ejemplo de corriente alterna.

**Figura 2.25** Esquema de señales AC y Voltajes DC (Vcc). Este es un ejemplo según la metodología conceptual de la tesis



Fuente: Autoría

Se extrae por medio del tomacorriente la **Corriente Alterna (AC)** suministrada por la empresa eléctrica mediante un cable con su respectivo adaptador que permitirá transformarla consecuentemente a **Corriente Continua (DC)**<sup>84</sup>. En muchas bibliografías al valor que alimenta los módulos o circuitos electrónicos se lo etiqueta como Vcc. Cuando ya son alimentados los circuitos, dentro de los mismos circula la **Señal de DC o AC respectiva** y en su punto final o salida se emite una **Señal de AC** que puede ir de módulo en módulo comunicando a los equipos.

Cuando se utilizan baterías en este esquema, simplemente se omite el primer paso de extraer una Corriente Alterna (AC) con su respectiva transformación a Corriente Continua (DC) mediante un adaptador, ya que las mismas son fuentes implícitas de Corriente Continua (DC).

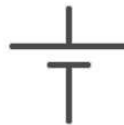
<sup>83</sup> Si se conecta un osciloscopio a la salida de los equipos que generan esta señal AC se podrá ver que tiene las mismas características de la corriente alterna AC y no es necesariamente emitida como la última por la empresa eléctrica con fines obviamente de consumo humano.

<sup>84</sup> Ya que es la propicia para el correcto funcionamiento de cualquier electrónico que presente un circuito.

**Baterías:** la idea general de funcionamiento de cualquier tipo de batería es análoga a una represa de agua. En uno de sus lados más altos cuenta con gran cantidad de agua (energía) esperando a ser liberada. Si desde este punto se forma un camino extra hacia un punto de menor altura, se puede utilizar la corriente que circula por el mismo. Pero si no se hace esto, la corriente no fluye y la energía permanece estancada hasta que en algún momento se cree un nuevo camino. En las baterías esta diferencia de un punto alto a uno más bajo se indican con un valor expresado en volts (9v, 12v, 120v, etc.) y a sus respectivos puntos se los indica con un signo + (punto más alto) y un signo – (punto más bajo). Entre más tiempo permanezca abierto este camino extra utilizado, por más que la cantidad de corriente circulante siempre sea la misma, en algún momento la cantidad de agua en el punto máximo desaparecerá<sup>85</sup>.

El símbolo de la batería corresponde a dos líneas recostadas paralelamente, en donde su terminal + corresponde a la línea más larga y el terminal – corresponde a la línea más pequeña.

Figura 2.26 Símbolo de una batería



Fuente: Autoría

Al seguir la corriente una sola dirección en este camino, sin variar en su desplazamiento por el tiempo; se la denomina corriente continua.

**Resistencias:** el querer controlar a los electrones que se mueven lo más rápido de un punto a otro ha llevado a la necesidad de incluir ciertos dispositivos conocidos con el nombre de Resistencias y que se comportan análogamente como un limitador de velocidad en una autopista controlando de una forma más predecible su recorrido entre otras más funciones

<sup>85</sup> La cantidad de agua en un punto máximo también podrá desaparecer, si el camino extra utilizado es muy amplio (puede dejar fluir mucha cantidad de agua).

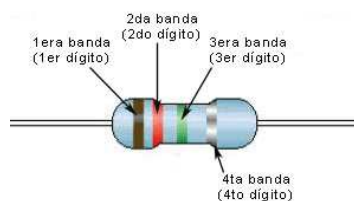
descubiertas<sup>86</sup>. Idealmente poder utilizar todo el voltaje que se presenta en la diferencia de posición entre dos puntos sería siempre lo más ambicioso, pero se debe recordar que entre mayores sean sus valores, la corriente que podría extraerse por un camino externo será bastante alta y esto no podría ser lo más acertado para ciertas aplicaciones.

En la práctica si se dice tener una “carga alta”<sup>87</sup>, implica que se está utilizando una resistencia baja, que obviamente permite la circulación o recorrido de más corriente entre dos puntos<sup>88</sup>. Decir que se tiene una “carga baja”, implica que se está utilizando una resistencia alta (análogo a un limitador más estricto de velocidad), que no permite la circulación o recorrido de considerable corriente entre dos puntos si se utiliza esta diferencia de potencial entre los mismos terminales de una resistencia.

Su unidad de medida es el ohmio, representado por la letra griega omega [ $\Omega$ ]. Valores más altos de resistencia pueden llegar a reducir considerablemente la energía de voltaje a continuación de la misma.

Según su composición, se pueden distinguir varios tipos de resistencias<sup>89</sup>, pero las más comunes son aquellas compuestas de carbón y actualmente las resistencias de película metálica (*metal film*) debido a sus características de ruido y estabilidad mejoradas. **Figura 2.27.**

**Figura 2.27** Resistencia de precisión común (película metálica o metal film) y sus 4 bandas estándar de colores. En el caso de Resistencias de alta precisión pueden presentar una banda extra o simplemente su valor impreso en la misma



**Fuente:** Autoría

<sup>86</sup> Además de controlar intensidades para que no lleguen a ser perjudiciales para ciertos componentes, pueden servir para crear diferentes caídas de tensión en varios puntos de un circuito para aprovecharlas, modificar tiempos de carga y descarga en condensadores, variar la frecuencia en osciladores.

<sup>87</sup> Jerga profesional que se emplea entre sonidistas.

<sup>88</sup> Una resistencia muy pequeña deja pasar mayor corriente al utilizar la diferencia de potencial mediante un camino extra que se crea entre sus terminales, pero esta llega a calentarse más rápidamente lo que puede ser perjudicial para un circuito. Más electrones más calor.

<sup>89</sup> Hilo bobinado (*wirewound*), Carbón prensado (*carbon composition*), Película de carbón (*carbon film*), Película óxido metálico (*metal oxide film*), Película metálica (*metal film*), Metal vidriado (*metal glaze*).



El indicador estandarizado para saber el valor correspondiente en ohmios de cada resistencia son las cuatro bandas de colores también visibles en la figura. Se asigna un número del 0 al 9 para cada banda según su color, por ejemplo: 0=negro, 1=café, 2=rojo, 3=naranja, 4=amarillo, 5=verde, 6=azul, 7=violeta, 8=gris, 9=blanco. Entonces la primera banda correspondería al primer dígito del valor del resistor, la segunda banda es el segundo dígito del valor del resistor, la tercera banda es el número de ceros que seguirán a los dos primeros dígitos encontrados y la cuarta banda indica su porcentaje de tolerancia<sup>90</sup>; si es dorada será del 5%, si es plateada será del 10%, amarilla del 4%, naranja del 3%, roja del 2%, café del 1% y negra del 20%.

Si se tiene un resistor el cual se visualiza que tiene cuatro bandas, “café-rojo-verde-plata”, significa que su primer dígito es café=1, su segundo dígito es rojo=2 y su tercer dígito indica que 5 ceros seguirán a los dos primeros dígitos encontrados. Por lo tanto, si se pone todo esto junto se tendría 1-2-00000 lo que significa un resistor de 1200000  $\Omega$  y su valor medido en la vida real podría variar entre un 10% de los 1200000  $\Omega$  obtenidos a simple vista.

Los colores de las bandas de los **resistores** no indican la potencia que puede disipar su cuerpo (de alguna forma deben transformar la disminución de energía eléctrica), pero su tamaño da una idea de la disipación máxima que pueden conseguir<sup>91</sup>.

**Figura 2.28** Símbolo antiguo de las resistencias seguido por su símbolo internacional



**Fuente:** Autoría

<sup>90</sup> Cuanto podrá variar con respecto a su valor establecido.

<sup>91</sup> A mayor tamaño del resistor, más disipación de potencia en calor (energía eléctrica en energía térmica). Un resistor especificado de 10 w será mucho más grande que uno de 1/4 w y podrá manejar alta corriente. La potencia o modelo del resistor no viene especificada en la práctica, solo se puede determinar en función del tamaño del mismo. Pero en caso de quererla calcular dentro de un circuito, se lo puede hacer mediante la fórmula;  $P= I \times V$  en donde I representa la corriente en amperios que pasa por el resistor y V es el voltaje en volts medido alrededor del mismo. Si se obtiene un voltaje de 5V y la corriente que pasa por el resistor es de 25mA o 0.025 A de seguro la potencia resultante según la fórmula será de 0.125 o 1/8 w.

Las resistencias no tienen necesidad de ser orientadas en cierta dirección para su funcionamiento.

Por lo tanto, al comprarlas en una tienda se debe especificar su valor de resistencia y su capacidad de potencia en watts [w] para que la misma no se quemara en determinada parte de un circuito.

### Potenciómetros:

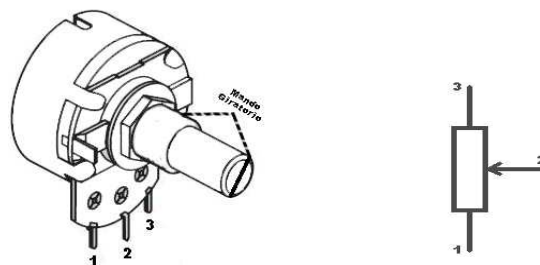
Su capacidad para lograr variar la resistencia además del hecho de incorporar un tercer terminal, lo hace diferenciarse de las resistencias<sup>92</sup>. Su valor o rango de resistencia viene impreso en la parte posterior del mismo<sup>93</sup>.

Si se respeta la numeración de los terminales del potenciómetro en la **Figura 2.29**, se logra deducir lo siguiente:

Mover el mando giratorio hacia el terminal 1; reduce la resistencia entre los terminales 1 y 2 a la par que va aumentando la resistencia entre los terminales 2 y 3.

Mover el mando giratorio hacia el terminal 3; reduce la resistencia entre los terminales 2 y 3 a la par que va aumentando la resistencia entre los terminales 1 y 2. La corriente y voltaje se dirigen consecuentemente donde existe menor resistencia.

**Figura 2.29** Numeración de los terminales de un potenciómetro y su símbolo



Fuente: Autoría

<sup>92</sup> Clasificados como "Resistores variables".[23]

<sup>93</sup> Un potenciómetro marcado como 10K permitirá variar su resistencia de 0 en un extremo hasta 10000Ω en el otro.

Según la forma como realice el potenciómetro la variabilidad de resistencia, se pueden encontrar a las dos clases más comunes de potenciómetros utilizados en la circuitería interna; potenciómetros lineales y potenciómetros logarítmicos. La figura anterior corresponde a un potenciómetro logarítmico que por su funcionamiento es muy utilizado para aplicaciones de audio (por la sensación auditiva que provocan ya que están acondicionados para a la respuesta del oído humano). Los potenciómetros lineales en cambio no se rigen a una escala de compresión logarítmica ya que al ir moviendo su mando giratorio los valores de resistencia varían gradual y linealmente con este (auditivamente se siente al principio poco efecto pero al llegar más al final del mando giratorio el cambio es más brusco).

**Capacitores:** son elementos de un circuito con la capacidad de almacenar la energía en forma electrostática<sup>94</sup>. Técnicamente es un dispositivo pasivo como la resistencia pero que está conformado por 2 placas conductoras de hierro separadas por un material dieléctrico que almacene los electrones y no deja que se escapen de un lado a otro.

Su unidad de medida es el faradio [F] pero generalmente se expresan con submúltiplos del mismo. Entre más altos sus valores más cantidad de electrones puede almacenar.

Su símbolo ayuda a entender la idea de su estructura que está compuesta por dos placas paralelas separadas a cierta distancia entre sí en donde se almacena la energía que espera para ser liberada en algún momento.

Figura 2.30 Símbolo del capacitor sin polarización



Fuente: Autoría

La **Figura 2.30** indica un capacitor sin polarización lo cual permite que sus dos lados puedan ser ubicados sin predilección en un circuito. Esta característica

<sup>94</sup> Interacción entre objetos cargados en reposo. Estos cuerpos pueden estar cargados negativamente (si tienen exceso de electrones) o positivamente (si tienen un defecto de electrones).

depende del tipo de material con el cual esté fabricado ya que en el mercado existen varios tipos de capacitores según su composición. A continuación unos ejemplos de capacitores utilizados en los circuitos de la tesis y su forma de identificarlos.

### Capacitores Cerámicos

De disco: se los distingue por su forma circular y por estar marcados con un código de 3 cifras. Las dos primeras cifras indican el valor absoluto del capacitor y la tercera cifra indican la cantidad de ceros para agregar a las dos primeras cifras. Su resultado es en pF. Por ejemplo; un capacitor marcado como 223 es de 22000pF. Para evitar confusiones en el caso de estar marcado como 220 (podría ser 22 pF o 220pF), se lo subraya e indica entonces 22 pf si no se lo subraya equivaldría a 220pF. Muchos de estos no pueden llegar a valores mayores a 0.2  $\mu$ F pero logran alcanzar valores muy bajos de 10 pF.

Plate: se los distingue por su forma rectangular en vez de la clásica circular de los de Disco y por estar marcados con el sistema métrico utilizado en Europa y otras partes del mundo<sup>95</sup>. Un capacitor de este tipo vendría marcado como 6p8 lo cual indicaría un valor de 6.8 pF.

### Capacitores electrolíticos

Se los distingue por tener marcada la señalización clara de su polo negativo o positivo. Si por error se conecta al revés de su polaridad marcada pueden llegar a calentarse y explotar.

Capacitores electrolíticos radiales: se los identifica claramente por presentar una banda con formas de flechas para señalar el terminal negativo.

---

<sup>95</sup> Si el valor del capacitor incluye un punto decimal por ejemplo; 1.2  $\mu$ F, en el sistema Internacional sería 1 $\mu$ 2 insertando la nomenclatura  $\mu$  en lugar del punto decimal para evitar su fácil colocación errónea. Este sistema también permite trabajar con números pequeños en vez de grandes cifras, por ejemplo; si hay un capacitor con un valor de 1500 pF se lo denota más cortamente como 1n5.

Indican además su valor de capacitancia, máximo voltaje, letra de tolerancia<sup>96</sup> M, rango de temperatura y en algunas ocasiones su código de la fecha de elaboración<sup>97</sup>, por ejemplo; 9614 que significa año de 1996 en la semana 14.

**Tabla 2.1** Tolerancia del Capacitor

Letra	Tolerancia del Capacitor
D	+/- 0.5 pF
F	+/- 1%
G	+/- 2%
H	+/- 3%
J	+/- 5%
K	+/- 10%
M	+/- 20%
P	+100% , -0%
Z	+80%, -20%

**Fuente:** Electrónica Unicrom. (s.f.). *Porcentaje de Tolerancia*. [en línea]. Disponible en: [http://www.unicrom.com/Tut\\_codigocolores\\_condensadores.asp](http://www.unicrom.com/Tut_codigocolores_condensadores.asp)

La letra Z indicaría que el valor en la práctica del capacitor puede ser 80% mayor o 20% menor que el establecido.

Capacitores electrolíticos axiales: se los identifica claramente por presentar una banda con formas de flechas para señalar el terminal positivo o simplemente una marca con signo +.

Indican además su valor de capacitancia, máximo voltaje, letra de tolerancia M.

### Capacitores de Tantalio

Se los identifica ya que en su cara frontal presentan el valor de su capacitancia en  $\mu\text{F}$  y su voltaje máximo además de un signo + que identifica a su lado positivo. En su cara trasera presentan una letra K con un porcentaje que es el de su tolerancia, por ejemplo  $K = \pm 10\%$ . Muchas veces su terminal del lado positivo es más largo que el del lado negativo pero esto no es una regla a cumplir. Su forma es similar a una "lenteja o grano de maíz" recubierto por algún tipo de plástico. Resultan más costosos con relación a los electrolíticos.

<sup>96</sup> Tolerancia: Son los límites dentro de los cuales puede variar el valor teórico o nominal del capacitor.

<sup>97</sup> Esta especificación es de gran importancia ya que los capacitores se desgastan con el tiempo. Arreglar cierto equipo y no reemplazar por precaución al capacitor con uno nuevo implica una reparación incompleta.

### Capacitores de Mylar o Poliéster

Están dentro del grupo de los capacitores dieléctricos de plástico<sup>98</sup> y son conocidos con muchos nombres comerciales (mylar, poliéster, celanar, scotchpar). Se consideran como la competencia directa de los cerámicos de disco aunque son más costosos y confiables.

Se los identifica ya que tienen una forma rectangular ancha, parecidos a un “*chicklet*” y que vienen generalmente de color verde o café oscuro. Sus rangos de capacitancia van de 0.001 a 100 µf.

Si se generaliza sin importar su tipo, los capacitores básicamente bloquean señales de DC en caso de no quererlas en alguna parte de un circuito y dejan pasar corrientes de AC pero desfasadas a 90°, entre algunas de sus aplicaciones permiten cargar una señal de AC al valor pico de su pulso y dejarla continua, generan circuitos en resonancia junto con las bobinas, en el caso de las guitarras eléctricas al combinarlos en conjunto con un potenciómetro (resistencia variable) dan como resultados los controles de ecualización (filtro pasa bajo)<sup>99</sup>.

En la práctica los valores que más interesan saber son su valor de capacitancia, su voltaje para evitar su carga con excesivo voltaje lo que podría generar graves problemas<sup>100</sup> y su tamaño para ser considerado en el diseño<sup>101</sup>. Ya sean electrolíticos, de tantalum, de disco, cerámicos, etc., como extra se puede averiguar para qué son utilizados comúnmente, lo cual casi siempre depende del rango de capacitancia que presenta cada uno. El tema capacitores es bastante amplio pero este conocimiento se focaliza según las características de la tesis.

<sup>98</sup> En los cuales también se encuentran los capacitores de poliestireno, polipropileno, polietileno, poliamida, policarbonato y teflón. [24]

<sup>99</sup> Al ajustar el valor del capacitor es posible cambiar la frecuencia de corte de un filtro. Estos individualmente pueden servir como filtros simples que rechazan señales AC bajo una frecuencia deseada.

<sup>100</sup> Llegando muchas veces a sobrecalentarse y explotar. Lo mismo ocurre en capacitores electrolíticos con una mala polarización de sus lados. Recordar que si en cambio el valor de voltaje del capacitor sobrepasa al utilizado en el circuito no existe inconveniente alguno. Lo último es muy común encontrar dentro de ciertos equipos electrónicos de acuerdo con la facilidad de adquisición de estos capacitores además que por seguridad se trata de utilizar idealmente valores de voltaje del 10-15% más altos en el capacitor que los empleados en el circuito.

<sup>101</sup> A más valores de capacitancia o de voltaje muchas veces mayor su tamaño.

**Bobinas:** son conocidas como inductores o solenoides.

Al igual que los capacitores estas almacenan energía, pero en forma de campo magnético<sup>102</sup>.

Su unidad de medida es el henrio [L].

**Figura 2.31** Símbolo de una Bobina



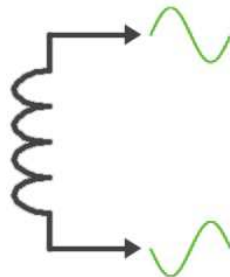
Fuente: Autoría

Dejan pasar corrientes de AC pero atrasadas a  $90^\circ$  (esto es lógico porque si una corriente ingresa por una bobina, al recorrer la forma característica de la misma se demora en salir) mientras que con corrientes de DC las dejan pasar de un lado a otro.

En la práctica sus formas de construcción son muy diversas y pueden ser fabricadas desde pequeñas bobinas de unos cuantos microhenrios hasta grandes bobinas de algunos centenares de henrios. [25]

En el caso de las guitarras eléctricas, estas se encuentran dentro de los llamados *pickups* ya sean *single coil* (bobina simple) o *humbuckers* (doble bobina). Generalmente en uno de sus extremos de alambre se presenta la señal eléctrica y en su otro extremo se presenta la misma señal pero invertida en polaridad a  $180^\circ$ .

**Figura 2.32** Relación de polaridad de las señales que salen de la bobina en un pickup Single Coil



Fuente: Autoría

<sup>102</sup> Su campo magnético es proporcional a la energía que almacena.

**Diodos:** es un dispositivo de dos terminales llamados ánodo y cátodo respectivamente. Está formado por materiales semiconductores y como este nombre lo dice; bajo ciertas circunstancias es conductor y bajo otras circunstancias es aislante.

Estas circunstancias se conocen como polarizaciones Directa e Inversa.

**Figura 2.33** Polarización directa e inversa en el diodo. Se puede apreciar en la parte superior el símbolo del respectivo diodo y en la parte inferior la aproximada representación gráfica de su estructura externa



Fuente: Autoría

Cuando se dice que cierta corriente que circula en dirección del punto 1 al punto 2 ingresa por el Ánodo del diodo, se conoce como **Polarización Directa**. Si es Corriente o señal de DC el diodo en esta polarización se comporta como conductor y las deja pasar del punto 1 al punto 2. Si es Corriente o señal de AC el diodo en esta polarización deja pasar solo los lados positivos de la forma de onda sinusoidal y elimina sus lados negativos. Su magnitud *peak to peak* también bajaría casi a la mitad al no presentar su corriente o señal alterna negativa.

Como características generales de esta Polarización se tiene que:

1. La Impedancia  $[Z]$  del diodo es baja<sup>103</sup>
2. El diodo trabaja (deja pasar el voltaje del punto 1 al punto 2)
3. Existe circulación de Corriente (obviamente ya que deja pasar voltaje)
4. El diodo es conductor

Cuando se dice que cierta corriente que circula en dirección del punto 1 al punto 2 ingresa por el Cátodo del diodo, se conoce como **Polarización Inversa**. Si es Corriente o señal de DC el diodo en esta polarización se

<sup>103</sup> Recordar que esta se mide en  $\Omega$ . Las bobinas y los semiconductores tienen esta Impedancia.



comporta como una barrera y no las deja pasar del punto 1 al punto 2, se comporta como una especie de **switch** electrónico abierto. Si es Corriente o señal de AC el diodo en esta polarización deja pasar solo los lados negativos de la forma de onda sinusoidal y elimina sus lados positivos. Su magnitud *peak to peak* también bajaría casi a la mitad al no presentar su corriente o señal alterna positiva.

Como características generales de esta Polarización se tiene que:

1. La Impedancia [Z] del diodo es muy alta
2. El diodo no trabaja (no deja pasar el voltaje del punto 1 al punto 2)
3. No existe circulación de Corriente (obviamente ya que no deja pasar voltaje).
4. El diodo deja de ser totalmente conductor

Todos los diodos empiezan a trabajar desde un voltaje de 0.65-0.7 [V]<sup>104</sup>.

Una mala polarización puede generar que el circuito no funcione o aún peor dañar ciertos componentes.

Al hacer una recapitulación de toda la analogía del agua utilizada hasta el momento, se vio que para que circule de un punto a otro se necesita de una diferencia de posición entre los mismos (desde un punto de alto voltaje hasta un punto de bajo voltaje o tierra). Si se emplea un camino extra entre los dos existirá una determinada corriente de acuerdo a que tan grande haya sido la diferencia de posición anterior. Se revisó también que para controlar el recorrido de la misma de una forma más predecible se utilizan los dispositivos llamados resistencias, pero si se analiza todo esto y se quiere llegar a tener una organización minuciosa, sobre todo si se llegan a generar aún más caminos extras como en cualquier sistema avanzado, faltaría implementar un indicador que regule la dirección del sentido en la circulación de una corriente por cierto camino y a este dispositivo se lo conoce con el nombre de diodo; es decir, permite organizar a la corriente de tal forma que solo ingrese en el camino aquella que se encuentre en el correcto sentido de circulación.

---

<sup>104</sup> A excepción del muy conocido diodo Zener que además trabaja en Polarización Inversa desde los voltajes que especifiquen sus fabricantes. El mismo no se incluye en esta tesis.

Lógicamente que al ser un indicador totalmente discriminatorio genera un consumo de corriente (en aquella que no llegó a cumplir con el requisito) a diferencia de la resistencia en donde únicamente existe una caída de voltaje o corriente por sus características explicadas anteriormente.

En la práctica cuando se va a una tienda de electrónica se los elige por su voltaje y por los amperios (corriente) que pueden manejar, además del material de los mismos. Un diodo es más grande dependiendo de la cantidad de amperios que va a funcionar, el voltaje que soporte no influye tanto en su tamaño.

**Transistores:** son dispositivos o componentes activos de un circuito electrónico. Al decir activos se quiere decir que necesitan de una alimentación externa para su funcionamiento<sup>105</sup>. Para entender su importancia se dice que existen 1.5 millones de transistores por cada ser humano en la tierra<sup>106</sup>. Cumplen con gran cantidad de aplicaciones entre las cuales sus más conocidas son las de amplificación y conmutación dentro de los equipos electrónicos de uso diario. Estos presentan tres terminales conocidos con los nombres de Emisor, Base, Colector.

Los mismos no serán utilizados particularmente en ninguno de los circuitos especiales en la tesis pero se sobrentiende que están indirectamente presentes dentro de la micro-estructura de los circuitos integrados que cumplen funciones específicas de amplificación.

Cualquier información específica sobre cierto componente electrónico de la familia de los semiconductores, ya sea para remplazo o para conocer su configuración de fábrica, se la puede encontrar en los manuales de electrónica

---

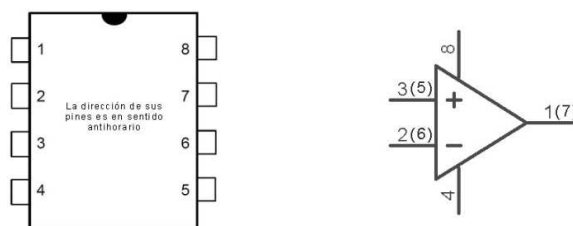
<sup>105</sup> Con toda la teoría ya revisada hasta este momento, se podría deducir que según el funcionamiento de los componentes electrónicos, existen algunos que no necesitan de una alimentación externa para su funcionamiento (componentes pasivos como resistencias, capacitores, inductores o bobinas) y existen algunos que sí necesitan de una alimentación externa para su funcionamiento (componentes activos como los transistores, circuitos integrados).

<sup>106</sup> Video informativo sobre transistores, empresa Intelscope. [26]

como el ECG, el NTE o también mediante la búsqueda de sus *data sheets*<sup>107</sup> por internet.

**Circuitos Integrados (IC's)**<sup>108</sup>: son dispositivos sofisticados que contienen transistores, resistores, diodos, capacitores en su estructura interna miniaturizada<sup>109</sup>. Por lo tanto con los mismos respectivamente se pueden realizar comparaciones, multiplicaciones, amplificaciones, sumas de señales de acuerdo a como estén repartidos internamente (gran funcionalidad en un pequeño componente). Se da un estudio especial de estos circuitos integrados ya que son análogos al cerebro de un ser humano en donde se dan todos los procesos lógicos.

**Figura 2.34** Circuito Integrado C4558C. A la izquierda representación gráfica del Circuito Integrado C4558C (amplificador operacional dual) utilizado en la tesis con su respectivo símbolo a la derecha



Fuente: Autoría

El número de terminales en cada circuito integrado depende de la función que vaya a realizar. En el mercado estos pueden llegar a tener de 8 hasta 40 pines o más terminales que pueden servir para entradas y salidas de señales.

Para saber cómo están organizados sus pines, basta con buscar en internet la configuración dentro del *data sheet*<sup>110</sup> de los mismos o de la misma forma que en los transistores, utilizar los manuales de electrónica ECG y el NTE.<sup>111</sup>

**Switches:** conocidos comúnmente como interruptores o conmutadores.

<sup>107</sup> Documento que resume el funcionamiento y características de un componente electrónico

<sup>108</sup> Siglas en inglés de *Integrated Circuits*, también conocidos como *microchips*

<sup>109</sup> Permite con este único dispositivo, sustituir a varios más.

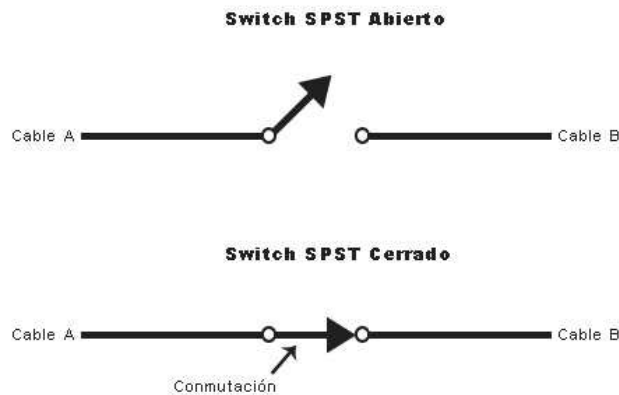
<sup>110</sup> Hoja de características de los elementos electrónicos del fabricante.

<sup>111</sup> Muchas veces los diagramas esquemáticos de ciertos circuitos ya diseñados pueden errar en las conexiones de los IC's por lo que buscar la organización de sus pines mediante otras fuentes de consulta es una buena herramienta de precaución.

**Switches On/Off:** estos *switches* generalmente completan (*switch* cerrado) e interrumpen (*switch* abierto) el paso de señal eléctrica de un punto a otro. Los *switches on-off* funcionan en su mayoría de esta manera y se los conoce por sus siglas en inglés según la forma de interrupción al paso de señal que puedan hacer; SPST, SPDT, DPDT, DPST.

En la figura 1.1-1 se puede apreciar un *switch* SPST (*single-pole, single-throw*) que indica que el cable A (pole o polo) puede conmutar al cable B (*the throw* o tiros, vías, direcciones).

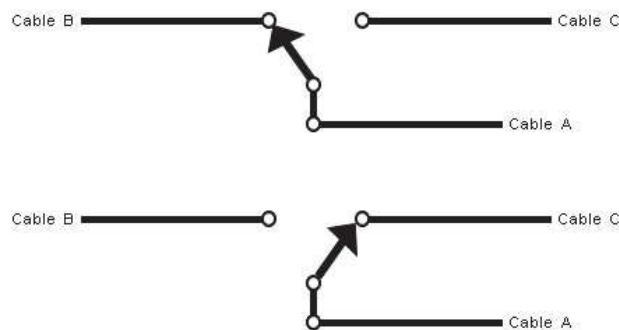
Figura 2.35 Representación del Switch SPST



Fuente: Autoría

Un SPDT (*single-pole, doble-throw*) indicaría por lo tanto que un cable A, que sería el cable común, podría conmutar a otros dos cables; al cable B o al cable C como se muestra en la siguiente figura.

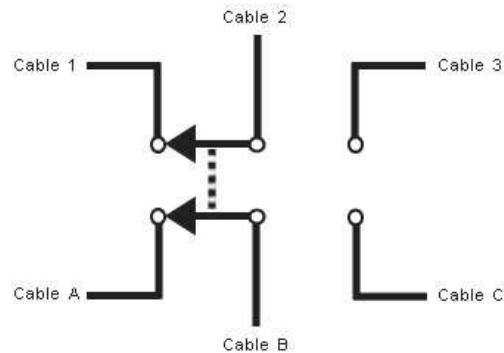
Figura 2.36 Representación del Switch SPDT



Fuente: Autoría

En el caso de un DPDT *switch*, cuando el cable 2 conecta con el cable 1, el cable B conecta con el A; cuando el cable 2 conecta con el cable 3, B conecta con el cable C.

Figura 2.37 Representación del Switch DPDT



Fuente: Autoría

Estos DPDT *switches* pueden utilizarse como SPST, SPDT y DPST *switches* simplemente descartando terminales.

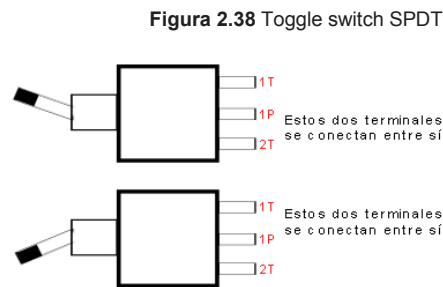
Para finalizar, además de tener en cuenta las formas como conmutan ya que existen además de las anteriormente vistas conmutaciones más complejas (SP6T, 2P12T, etc.), se debe saber la corriente y el voltaje que pueden soportar antes de implementarlos en un circuito.

Al conocer todo lo anterior; el paso final consistiría en elegir el modelo de *switch on/off* que más se acomode a las necesidades para consecuentemente estudiar su diseño de construcción; ya que cada uno presenta diferente posicionamiento de sus terminales eléctricos de acuerdo al fabricante.

Los modelos más utilizados en audio según la forma de accionarlos son: *toggle switch*, *footswitch*, *slide switch*, *switch* rotatorio y el *dipswitch*.

**Toggle Switch on/off:** es un modelo de *switch* electrónico. El término en inglés *toggle switch* (conmutador de palanca), indica precisamente la característica de su estructura externa. Vienen de diferentes tamaños y se los puede utilizar de acuerdo con el número de terminales que presenten, ya que como todo *switch*; pueden conmutar según las formas SPST, SPDT, DPDT, DPST entre otras.

En la **Figura 2.38** se puede ver el esquema de un *toggle switch* con 3 terminales que conmuta según la forma SPDT.



Cuando se levanta el *switch* en forma de palanca, conecta entre sí el terminal del medio (común o *single pole* 1P) y el inferior (2T). Cuando se baja el *switch* en forma de palanca, conecta entre sí el terminal del medio (común o *single pole* 1P) y el terminal superior (1T). A este movimiento de la palanca (hacia arriba y hacia abajo) además se le conoce como dos vías; dos posiciones o en inglés *two ways* y puede llegar a ser en otros tipos de *switches* de tres posiciones (hacia arriba, hacia el medio, hacia el centro) como en el caso de los *Toggle Switch on/off/on* y los *Toggle Switch on/on/on*.

Existen de más posiciones (4, 5, 6 *ways*) pero presentes regularmente en los *Switches* deslizables (*slide switches*). Otro caso muy conocido es el “5 way *Selector Switch*” presente en la guitarra eléctrica para seleccionar sus *pickups*.

En resumen, se puede afirmar que según la forma de conmutación pueden ser como en todo *switch*; SPST, SPDT, DPDT, 3PDT, 2P3T, etc., pero además pueden variar su movimiento de palanca según el número de posiciones; dos posiciones (hacia arriba o hacia abajo), tres posiciones (hacia arriba, hacia el medio, hacia el centro) sin descartar que puedan existir con más posiciones de palanca análogos a los *switches* Selectores de Pastilla de 5 posiciones (5 *ways*) en las guitarras eléctricas.

Vale recalcar que algunos *switches* pueden ser utilizados como *switches* en reverso para ciertas aplicaciones. (Ver Tema Diseño Estructura Interna, Selector de Pastillas).

**Kill Switch:** se utiliza con la finalidad de apagar la señal de una guitarra eléctrica. Para lograrlo se recurren a los denominados *Pushbutton Switches* - switches pulsadores- que también están presentes en los muy conocidos *footswitches* de ciertos pedales de efectos.

Al actuar como un pulsador permite el paso o la interrupción de corriente mientras este sea accionado.

Existen dos tipos de *pushbutton switches* a tener en cuenta para utilizarlos como *kill switch* según su tipo de funcionamiento o posición inicial; los NC (normalmente cerrados sus terminales y que se abren al presionar su pulsador)<sup>112</sup> y los NA (normalmente abiertos sus terminales y que se cierran al presionar su pulsador)<sup>113</sup>. Para implementarlos en el caso de una guitarra eléctrica tanto el primero como el segundo pueden funcionar correctamente de acuerdo a la forma de ubicarlos entre su circuitería.

**Optoacopladores:** también conocidos como optoaisladores (opto-isolator), aisladores acoplados ópticamente o dispositivos de acoplamiento óptico.

La idea de los mismos es básicamente aislar dentro de su estructura interna a una especie de luz (LED<sup>114</sup>) en conjunto con un dispositivo que la detecta (dispositivo de salida) y evitar que la misma se escape u otra luz externa se cole al optoacoplador. Cuando una señal de DC o AC entra al LED o dispositivo de entrada, de acuerdo con su forma o intensidad varía la emisión de luz del mismo y es transmitida recíprocamente por un dispositivo de salida que actúa según el tipo de información lumínica captada.

Existen varios tipos de optoacopladores cuya diferencia entre sí depende de los dispositivos de salida (transistores, diodos, resistencias etc.), que se inserten en su fabricación interna.

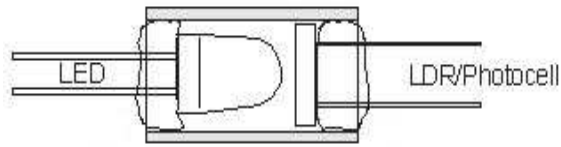
---

<sup>112</sup> También conocidos en inglés como *Normally Closed* (N.C) o *Normally On pushbutton switches*.

<sup>113</sup> También conocidos en inglés como *Normally Open* (N.O) o *Normally Off pushbutton switches*.

<sup>114</sup> Siglas en inglés de "*light emitting diode*" o diodo emisor de luz.

Figura 2.39 Optoacoplador NSL-32



Fuente: Autoría

El componente utilizado en el circuito 2 llamado NSL-32 es un tipo de optoacoplador en donde su dispositivo de salida no es un comúnmente un transistor sino más bien en un dispositivo llamado *photocell*<sup>115</sup> o LDR<sup>116</sup>.

---

<sup>115</sup> Dispositivo análogo a una resistencia variable pero controlado por luz. Crea menos resistencia entre más luz perciba y viceversa. Se lo conoce también como *photoresistor*. En caso de no haber luz este se comporta como una resistencia alta.

<sup>116</sup> Siglas en ingles de "*light dependant resistor*" o resistor dependiente de la luz.



### **3. CAPÍTULO III**

#### **3.1 Descripción de la Situación Actual**

Para llegar a entender el trabajo que implica un simple diseño de implementación de circuitos en un instrumento, cuya evolución se da a pasos agigantados a nivel global, es preciso imaginarse a 4 mundos que se unen para llegar a cumplir con el objetivo. El mundo de la electrónica, el mundo del sonido, el mundo de la luthería y por último el mundo de la estética.

Estos cuatro deben estar en continua comunicación el uno con el otro para lograr una sincronía de tal forma que el resultado final sea lo más cercano a la perfección además de no quedar obsoleto en caso de futuras experimentaciones.

Si se pone este ejemplo, es para dar a entender la necesidad de contar con 4 pilares de sostenimiento al momento de construir cualquier obra.

Al hacer una investigación por la ciudad de Quito, netamente en los locales que ofrecen servicios de reparación y construcción de instrumentos musicales; se evidencia como existe la elevada especialización en alguno de los pilares que se utilizan como analogía, pero se descuida al resto.

Esta no es una crítica ni tampoco es una forma de garantizar algún tipo de proceso. La manifestación de esta herramienta cooperativa de trabajo ha sido únicamente el factor de éxito para esta tesis y permite hacer una comparación con lo que sucede brevemente en la ciudad. Son tantos los temas que intervienen en el diseño que es casi imposible llegar a querer abarcarlos en su totalidad sin la colaboración de un grupo de gente entendida.

El uso de amplia bibliografía, investigación por medios digitales y el sabio consejo de personas que no temen compartir su experiencia, permite acortar las brechas de conocimiento, además de vencer al peor enemigo de cualquier ser vivo; el tiempo.

Al vivir en un país en donde existe una escasa cultura para la creatividad, pues mucho de lo que se adquiere ya está manufacturado y proviene del extranjero, provoca que las investigaciones sobre ciertos temas resulten muchas veces más costosas que aceptar las soluciones impartidas por otros.<sup>117</sup>

Se hace esta descripción debido a que en todo este tiempo de tesis, los mayores inconvenientes se deben a la dificultad de adquisición de piezas que permitan mayor experimentación para el diseño<sup>118</sup> además que no existe incentivo alguno, para realizar pruebas, experimentos, en sí investigación ya que se las considera erróneamente como un factor de gasto<sup>119</sup>.

Para adaptarse con ingenio a muchas limitaciones propias del medio y seguir a la par con los avances que presenta el instrumento todos los días a nivel mundial, se logra un diseño en donde los orificios que se realizan en el cuerpo de la guitarra eléctrica, lleguen a ser suficientes en caso de querer implementar otras técnicas de conexiones<sup>120</sup> y sus cavidades presenten el suficiente espacio para la experimentación en caso de anexar otros circuitos ajenos a los cuales se implementan inicialmente como referencia<sup>121</sup>. Los componentes que se incluyen en el primer prototipo (potenciómetros lineales y logarítmicos, *switches*, conectores) son fácilmente asequibles en el mercado nacional, además de ser rápidamente ubicados en caso de su importación.

Con respecto a los primeros *pickups* con los cuales inicia este modelo de guitarra eléctrica, son una elección bastante popular en el mundo, lo cual

---

<sup>117</sup> Aunque las mismas no satisfagan completamente o sean realmente acordes con la situación actual, lo cual no es productivo.

<sup>118</sup> Es muy complicado conseguir productos alternos en el mercado nacional, que si bien a nivel mundial están en vigencia, por la simple idea de tener que investigar sobre los mismos son excluidos al no ser la opción cotidiana del consumidor. Otro problema es que muchas de las piezas que permiten entender el funcionamiento primitivo de un dispositivo, están en desuso, lo cual se traduce a su completa escasez en el mercado.

<sup>119</sup> Esta mentalidad la tienen muchas empresas que indirectamente podrían verse favorecidas con sus resultados.

<sup>120</sup> Las cuales existen en gran cantidad sobre todo en el tema *pickups* de la guitarra eléctrica y sus *switches* asociados.

<sup>121</sup> Las mismas perforaciones u orificios permiten la inclusión de los potenciómetros de control para cualquier circuito nuevo.

garantiza su continua fabricación pero no se garantiza su fácil adquisición en el país. Para esto se anexa la teoría respectiva sobre *pickups*<sup>122</sup>.

El tema maderas es el único que aún continúa siendo motivo de polémicas con respecto a las propiedades acústicas que otorga al instrumento. Para no defender ni atacar a los defensores de la madera que argumentan su veracidad como herramienta de manipulación tímbrica, se respeta sus opiniones y se orienta el diseño y construcción de acuerdo con la experiencia calificada y consejo del Luthier-musicólogo Jorge Erazo Cavero<sup>123</sup>.

No se encuentra información sobre la experimentación en laboratorio de las propiedades acústicas en guitarras eléctricas que corroboren a establecer un timbre estándar de acuerdo al tipo de madera que se utilice y no existe interés ni el conocimiento necesario para que las instituciones que podrían realizarlas, las deseen conocer<sup>124</sup>. Se hace claro que en la ciudad existe muy poca gente que le interesa la investigación asociada con el tema lo cual evidencia una carencia de verdadera cultura maderera desarrollada<sup>125</sup>.

---

<sup>122</sup> De tal forma que el lector pueda tener un criterio lógico en caso de tener que remplazarlos y realizar una selección con las mismas características o mejor aún pueda diseñar el sonido que necesite.

<sup>123</sup> Quien representa al mundo de la Luthería según la analogía de las tesis y colabora incondicionalmente para llevarla a cabo.

<sup>124</sup> No sólo en pos de obtener resultados para este instrumento sino para conocer las propiedades acústicas de la madera nacional.

<sup>125</sup> Lo cual es muy penoso, si tenemos en cuenta que existen más de 700 especies de maderas en el país que pueden ser aprovechables.

## 3.2 Análisis General de las Propiedades Mecánicas y Materiales Selectos

### 3.2.1 Propiedades Mecánicas

Si bien la ciencia relacionada con el comportamiento de cualquier material se focaliza casi siempre en ciertas propiedades mecánicas comunes como la dureza, elasticidad, tracción, compresión, elasticidad; se debe tener en cuenta que no todas pueden ser aplicadas en la práctica con una rigidez científica debido a sus altos costos de laboratorio si se desean obtener resultados que ameriten ser analizados y más aún en el caso de la construcción de un instrumento musical como la guitarra eléctrica, en donde su material mayoritario de construcción es la madera, la cual ya se hace mención previamente en el marco teórico por su característica de heterogeneidad.<sup>126</sup>

Con respecto a las piezas que se emplean en el diseño, estas no presentan especificaciones mecánicas por parte de sus fabricantes quienes las conservan como secreto y tienen claro que su mercado mayoritario no se conforma por científicos o personal capacitado para entender estos asuntos técnicos. Sin embargo, para tener un panorama cercano de la selección de materiales que se utilizan para cualquier modelo, se pueden realizar pruebas por probidad más que todo con aquellas muestras de maderas que se emplean en cierto diseño. No tiene caso someter a las demás piezas mecánicas presentes en la construcción a pruebas que en su gran mayoría son destructivas con el fin de obtener ciertos resultados de laboratorio.

Se considera que realizar mediciones de Dureza en general y de Flexión<sup>127</sup> para el caso del diapasón son suficientes indicadores que permiten asimilar el verdadero propósito de resistencia por el cual se emplean las mismas además de su incidencia en el proceso de manufactura.

---

<sup>126</sup> Inclusive dentro del mismo árbol, cada pieza de madera que se obtenga presentará diferentes características.

<sup>127</sup> Debido a que con en estas pruebas de laboratorio, se puede predecir un punto de ruptura de la pieza de madera que es sometida a ciertas cargas en su estructura.

### 3.2.2 Dureza

Si se la define, se puede afirmar que es la capacidad de la madera para oponer resistencia a la penetración de los sólidos en su superficie. [28]

Con fines experimentales se la pone a prueba mediante la caída de una bola de acero desde cierta altura hacia la muestra o probeta de madera que se desee emplear. El choque de la bola de acero contra la superficie de la madera produce una huella con un respectivo diámetro, el cual se mide para establecer un grado de dureza.

El procedimiento no está normalizado en el país pero puede llevarse a cabo en cualquier laboratorio de resistencia de materiales mediante la utilización de normativas extranjeras (chilenas **Nch 987**, internacionales **ASTM<sup>128</sup> D 143**) que cumplan con sus requerimientos.

Generalmente se hacen las mediciones en cada lado de la probeta,<sup>129</sup> y según lo que establecen estos centros de experimentación en el mercado, su costo se fija individualmente por cada medición. Esto llega a ser bastante alto si se toma en cuenta que la probeta obviamente tiene 6 lados (2 caras, 2 cantos y 2 cabezas) para ser medidos.

Para solucionar este inconveniente y no dejar a un lado esta especificación según la especie de maderas que se emplean en la construcción de la guitarra eléctrica; se utilizan los valores de densidad o peso específico como otra opción de referencia, los cuales se generalizan a nivel mundial y que pueden encontrarse fácilmente en gran cantidad de bibliografías que hablen sobre las características de la madera.

Si bien no es el valor específico que se obtiene en laboratorio mediante una prueba normalizada de dureza para estos materiales naturales, puede ayudar a comprender el comportamiento de cada una de acuerdo con la siguiente deducción: **mayor densidad, mayor dureza.**

---

<sup>128</sup> Siglas en inglés de "American Society for Testing and Materials".

<sup>129</sup> Superficie radial, tangencial y transversal de la madera si se quiere utilizar una terminología más apropiada con las normativas.

Especies de maderas cuya densidad va de los  $0.2 - 0.4 \frac{g}{cm^3}$  son consideradas como **blandas**.

Especies de maderas cuya densidad va de los  $0.41 - 0.7 \frac{g}{cm^3}$  son consideradas como **semiduras**.

Especies de maderas cuya densidad va de los  $0.71 - 1.0 \frac{g}{cm^3}$  son consideradas como **duras**. De estos valores hasta  $1.5 \frac{g}{cm^3}$ , las especies de maderas se consideran como **extremadamente duras**.

**En Resumen:** se utiliza la especificación de densidad para relacionar la propiedad mecánica de la madera conocida como dureza y así evitar gastos elevados de mediciones. De cualquier forma las características heterogéneas de la madera no permiten lograr una generalización con respecto a esta propiedad ya que los valores que podrían obtenerse en un laboratorio para una muestra no son aplicables inclusive para otra muestra de madera obtenida del mismo árbol.

### 3.2.3 Propiedades Materiales

De forma teórica, se dice que estas definen como cierto material se comportará ante estímulos externos. Usualmente, la literatura al respecto las clasifica de acuerdo con sus propiedades físicas, químicas y actualmente hasta ecológicas; con la finalidad de otorgar un indicador comparativo en caso de necesitar seleccionar el material correcto que se utiliza para cierto diseño.

Como se menciona anteriormente, la madera es el material con más participación en la estructura de la guitarra eléctrica y por años ha sido sometida a estudios para encontrar un material que logre reemplazarla, sin éxito alguno a nivel comercial<sup>130</sup>.

---

<sup>130</sup> Se menciona el término comercial, ya que si bien existen empresas que logran reemplazar la madera en la guitarra eléctrica por materiales como la fibra de carbono (**MARCA:** XOXaudiotools **MODELO:** The Handle), no llegan aún a competir en ventas con respecto a los modelos populares tradicionales en todo el mundo.

El propósito de la tesis no es indagar en un remplazo de la misma así que profundizar en este tema desvía objetivo general que se fija.

Se presenta una tabla a continuación, que permite identificar las propiedades que se marcan como indispensables a considerar, para la selección de los materiales que intervienen en el diseño y construcción netamente en este instrumento.

**Tabla 3.1** Propiedades de los materiales Indispensables a considerar en el diseño

PROPIEDADES	MATERIAL/DESCRIPCIÓN						
	Madera/Pieza 1,2	Madera/Pieza 3,5,7	Madera/Pieza 4,6	Madera/Pieza 8	Plástico/Tapa Trasera	Plástico/Placa Pickup	Acero/Placas
<b>Físicas Exteriores:</b>							
Color				X	X	X	X
Brillo				X	X	X	X
Veteado							
Olor							
Textura	X	X	X	X	X	X	X
<b>Físicas de Estructura:</b>							
Porosidad	X	X	X	X			
Heterogeneidad	X	X	X	X			
Peso Específico	X	X	X	X	X	X	X
Permeabilidad	X	X	X	X	X	X	X
Térmicas					X	X	X
Eléctricas	X	X	X	X	X	X	X
Acústicas	X	X	X	X	X	X	X
Magnéticas					X	X	X
<b>Químicas:</b>							
Oxidación							X
Corrosión							X
Inflamación y Combustión							X
<b>Ecológicas:</b>							
Reciclables					X	X	
Reutilizables							X
Tóxicos							
Biodegradables							

**Fuente:** Autoría

Un aspecto que no se implementa en la tabla, es la facilidad que deben tener los materiales para conseguirse en el mercado, además del tema económico y la facilidad de transformar los mismos en materia prima. En el caso de la guitarra eléctrica el último punto es fundamental, ya que su estructura no brinda la oportunidad de anexar piezas de grandes dimensiones sobre todo en el asunto eléctrico.

### 3.3 Análisis del Diseño

Desde un punto de vista mecánico que se aplica a cualquier tipo de guitarra, es un dispositivo que permite apoyar una cuerda en dos extremos (cejilla y puente).

Mediante la utilización de una clavija, se logra tensionar esta misma cuerda para que al momento de ser tocada (cuerda al aire) vibre con cierta frecuencia y produzca su nota musical asociada. Esta nota se encuentra ya estandarizada para el instrumento y se conoce su frecuencia de vibración respectiva para alcanzarla<sup>131</sup>. Sería muy limitante que las mismas conserven siempre esta afinación y solo poder variarla mediante el ajuste de la clavija, por esta razón se incluye al diapasón bajo la cuerda. El alambre para cada traste del diapasón está presente con la finalidad de anclar la cuerda en un nuevo punto que no sea la cejilla reduciendo su distancia original. La ubicación de cada alambre en los trastes está minuciosamente calculada<sup>132</sup> de tal forma que al anclar la cuerda en el primer alambre<sup>133</sup> se reduzca obviamente la longitud de la cuerda y su vibración correspondiente genere exactamente un semitono hacia arriba de la nota al aire y así sucesivamente<sup>134</sup>.

Los materiales que se utilizan en el cuerpo de la guitarra (especialmente madera) deben permitir el estable posicionamiento de estos anclajes para las cuerdas.

---

<sup>131</sup> En la guitarra se estandariza que coincida con la nota musical  $E_2$  (82,407 Hz) en su sexta cuerda,  $A_2$  (110,00 Hz) en su quinta cuerda,  $D_3$  (146,83 Hz) en su cuarta cuerda,  $G_3$  (196,00 Hz) en su tercera cuerda,  $B_3$  (246.94 Hz) en su segunda cuerda y  $E_4$  (329.63 Hz) en su primera cuerda.

<sup>132</sup> Mediante la fórmula 17.817 que se explica más adelante.

<sup>133</sup> Presionar la cuerda dentro del espacio que corresponde al primer traste.

<sup>134</sup> Si se ancla la cuerda en el segundo alambre (presionar la cuerda dentro del espacio que corresponde al segundo traste), su vibración correspondiente genera exactamente dos semitonos arriba de la nota al aire y así paulatinamente hasta el alambre del traste 12 que genera una octava (12 semitonos) de la nota al aire y el alambre del traste 24 que genera otra octava más arriba (24 semitonos) producto de la mayor reducción en la longitud de la cuerda que ocasiona una mayor frecuencia de vibración. Esta consideración de construcción en el instrumento se basa en los intervalos que se emplean en la música occidental. Un correcto diseño busca cumplir con lo anterior.



**Tabla 3.2** Valor en Hertz de la vibración de las cuerdas para cada traste

Traste	6ta cuerda	5ta cuerda	4ta cuerda	3era cuerda	2da cuerda	1era cuerda
Al aire	82.400	110.00	146.80	196.00	246.90	329.60
1	87.300	116.54	155.53	207.65	261.58	349.20
2	92.491	123.47	164.78	220.00	277.14	369.96
3	97.991	130.81	174.58	233.08	293.61	391.93
4	103.82	138.59	184.96	246.94	311.07	415.27
5	109.99	146.83	195.95	261.63	329.57	439.96
6	116.53	155.56	207.61	277.19	349.17	466.12
7	123.46	164.81	219.95	293.67	369.93	493.84
8	130.80	174.61	233.03	311.13	391.93	523.21
9	138.58	185.00	246.89	329.63	415.23	554.32
10	146.82	196.00	261.57	349.23	439.93	587.28
11	155.55	207.65	277.12	370.00	466.09	622.20
12	164.80	220.00	293.60	392.00	493.80	659.20
13	174.60	233.08	311.06	415.31	523.16	698.40
14	184.98	246.94	329.55	440.00	554.27	739.93
15	195.98	261.63	349.15	466.17	587.23	783.93
16	207.63	277.18	369.91	493.89	622.15	830.54
17	219.98	293.66	391.91	523.26	659.14	879.93
18	233.06	311.13	415.21	554.37	698.34	932.25
19	246.92	329.63	439.90	587.34	739.86	987.68
20	261.60	349.23	466.06	622.26	783.86	1046.4
21	277.16	369.99	493.77	659.26	830.47	1108.6
22	293.64	392.00	523.14	698.46	879.85	1174.6
23	311.10	415.30	554.24	740.00	932.17	1244.4
24	329.60	440.00	587.20	784.00	987.60	1318.4

Fuente: Autoría

Se puede apreciar como su mínima frecuencia corresponde a 82,4 ( $E_2$ ) mientras que su máxima es de 1318,4 Hz ( $E_6$ ). Existen 2 octavas utilizables a lo largo de cada cuerda en la guitarra y se llega hasta cuatro octavas ( $E_2$  -  $E_6$ ) en todo el sistema (alambres de traste-puente) sin contar con los armónicos que pueden aparecer por encima de este rango de frecuencias los cuales definen su característica tímbrica a diferencia de un piano u otro instrumento.

Si se menciona a una guitarra clásica, otro tema de análisis indudablemente sería su cavidad de resonancia, la misma que ayuda en la amplificación natural del sonido producido por la vibración de sus cuerdas.<sup>135</sup> Pero en el caso de la guitarra eléctrica, al no presentar esta cavidad de resonancia, el análisis se traslada a sus micrófonos o *pickups*, los cuales se encargan de transducir la frecuencia de vibración de la cuerda en una señal eléctrica con iguales características, para que posteriormente logre ser amplificada con otro dispositivo.

<sup>135</sup> Recordar que toda vibración está relacionada con un sonido, el cual se percibe si se encuentra dentro del rango dinámico auditivo del ser humano.

El desplazamiento de la cuerda en este instrumento no es totalmente senoidal y se ve influenciada por varios agentes externos que favorecen a la suma de armónicos en su frecuencia fundamental con la cual vibra. Esto además se capta y transduce de acuerdo con las especificaciones de fabricación del pickup que a su vez se ven influenciadas por todo el sistema eléctrico presente dentro del instrumento además de las cargas externas (amplificadores de guitarra) con su respectivo cableado de conexión, lo cual permite que exista una transducción cuasi fiel a la señal original e influencia en el recorte o amplificación de ciertos armónicos<sup>136</sup>. La clave desde un punto de vista mecánico del diseño, es evitar cualquier agente que interrumpa la normal vibración en las cuerdas, lo cual se entiende como un error de construcción y llega inclusive a ser amplificado en este instrumento. Si se utilizan materiales clásicos como la madera se debe a que la mismallega en cierto modo a colaborar con la vibración de las cuerdas<sup>137</sup> siempre y cuando se tenga noción sobre sus características para ser aprovechadas.

Se debe tener cuidado al implementar materiales con propiedades magnéticas. Los mismos pueden inducir corrientes parásitas al sistema además de influenciar en los campos magnéticos presentes en las cuerdas y en las piezas imantadas de los *pickups*.

---

<sup>136</sup> Un análisis eléctrico más profundo, se realiza en los temas relacionados con el diseño de la estructura interna.

<sup>137</sup> Una forma práctica de evidenciar como la madera es un buen transmisor de vibraciones; consiste en posicionar una mano sobre su superficie mientras que con la otra se dan unos leves golpes sobre ella. Es fácilmente perceptible la vibración en la mano que se asienta previamente. Recordar que este experimento se rige a la Ley de masas.

## 4. CAPÍTULO IV

### 4.1 Diseño

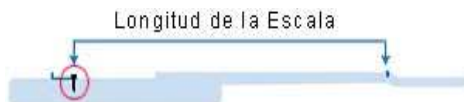
#### 4.1.1 Diseño Estructura Externa

##### a) Escala Guitarra Eléctrica

Se implementa en función de una guitarra eléctrica con 24 trastes. No se busca experimentar (aumentar su # de trastes) debido a que entre más trastes posea la guitarra menor es el espacio para posicionar los *pickups*.

Para realizarla se comienza dibujando a lo largo de un pliego de cartulina, una línea recta que mide en este caso 625 mm (24.6 pulgadas)<sup>138</sup>. Esta corresponde a la distancia entre el inicio de la cejuela y la mitad del primer hueco en el puente (*bridge*) tal como se puede apreciar en la figura.

**Figura 4.1** Longitud de la escala, longitud de tiro o Scale Length  
La mayoría de fabricantes la mencionan entre sus especificaciones<sup>139</sup>



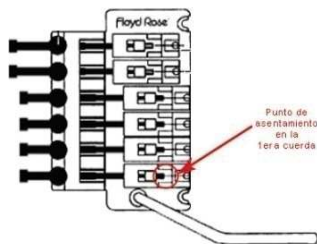
**Fuente:** Stewart-MacDonald. (2011). *Scale Length*. [en línea]. Disponible en: <http://www.stewmac.com>

Cuando se utiliza un sistema Floyd Rose para el puente como en este caso (***Licensed Under Floyd Rose Patents***), la Longitud de la Escala corresponde a la distancia entre el inicio de la cejuela y el punto donde se asienta realmente la primera cuerda en este dispositivo.

<sup>138</sup> Escala utilizada por Gibson en sus modelos Les Paul con longitudes de escala de 622mm a 625mm (24.6 pulgadas). Empresas como PRS utilizan una Longitud de escala de 635 mm aproximadamente (25 pulgadas) mientras que Fender en sus modelos Telecaster, Stratocaster utilizan longitudes de tiro o escala de 648 mm (25.5 pulgadas) al igual que otras marcas como Jackson, Ibanez, Washburn, etc.

<sup>139</sup> Imagen cortesía de la empresa Stewart-Macdonald. En su página web cuentan con un calculador de posición de trastes automático, "***Fret Position Calculator***" [29], de acuerdo con la longitud de escala y trastes que se deseen implementar en el instrumento.

**Figura 4.2** Longitud de la escala con sistema Floyd Rose  
Floyd Rose y su punto de referencia para medir la respectiva longitud de escala



Fuente: Autoría

Si a esta misma línea se la divide en la mitad coincide exactamente con la ubicación donde se posiciona al alambre del traste #12 en la guitarra.

Correspondientemente si desde la mitad encontrada (alambre del traste #12) hasta el final de la escala se divide otra vez en la mitad, este punto corresponderá a la ubicación donde se posiciona el alambre del traste #24.

Una vez realizado lo anterior se puede ya calcular las distancias de cada traste a colocar sea con el uso de la fórmula 17.817 o mediante un *software* automático que facilite el procedimiento. Hay que recordar que cualquier resultado tiene que coincidir en distancia con los puntos encontrados manualmente para el traste #12 y #24.<sup>140</sup> Caso contrario se debe revisar si los cálculos se realizaron correctamente. Es conveniente pensar en obtener resultados para 25 trastes; si bien el traste #25 no presenta un respectivo alambre, está presente en cualquier diapasón con esta escala utilizada<sup>141</sup>.

La medida del ancho de la cejuela, 42 mm; corresponde al ancho del inicio de la pala y viene incluida con el sistema Floyd Rose. El diapasón comparte esta misma medida de anchura que se extiende hasta unos 54 cm al final del mismo.

<sup>140</sup> En la sección Anexos, Anexo 1, Tablas y Figuras se encuentran los resultados obtenidos.

<sup>141</sup> Esto como una herramienta para saber que tan largo construir el diapasón ya que los cálculos no varían en gran cantidad al considerar un traste más.

La importancia de presentar una escala bien calculada influencia en la correcta afinación del instrumento<sup>142</sup>.

Los puntos de referencia presentes en el diapasón no tienen ninguna consideración técnica y simplemente se los incluye como una guía o consideración estética.

### **b) Pala o Clavijero**

El tipo de Pala 3+3<sup>143</sup> es el elegido según consideraciones netamente estéticas en el diseño.

Este diseño de pala es de los más sencillos y simétricos<sup>144</sup> pero originalmente presenta una angulación de la cuerda que se dirige desde la cejuela hasta el clavijero, la cual ha sido descartada para asemejarse al tipo de pala, empleado en guitarras más actuales como las PRS o guitarras Ovation las cuales han obtenido mejores resultados para mantener una afinación mediante este arreglo.

Las clavijas empleadas son marca Sperzel modelo 3+3 T/L Black que poseen un sistema de bloqueo el cual permite asegurar la cuerda de la guitarra evitando la clásica envoltura alrededor de cada clavija y así brindar mayor facilidad al cambiar la misma. Esta marca de clavijas incursiona inicialmente para el acoplamiento en guitarras Fender Stratocaster con arreglo de pala tipo 6+1 y Gibson Les Paul con arreglo de pala 3+3, por lo cual su selección llega a ser aún más consistente en el caso de este modelo.

Las 3 clavijas superiores son pensadas para lograr un ajuste de incremento en la afinación (movimiento mecánico de las mismas) de forma antihoraria mientras que las 3 clavijas inferiores son pensadas para lograr un ajuste de

---

<sup>142</sup> Previamente se analiza el comportamiento mecánico de la guitarra eléctrica y se determina la influencia de los alambres o trastes para acortar la distancia de la cuerda y de esta forma lograr diferentes notas musicales que cumplan con un estándar de afinación propio del instrumento y de la música occidental.

<sup>143</sup> Tipo de pala 3+3 como en las guitarras acústicas clásicas o en el caso de la guitarra eléctrica el modelo Les Paul de la casa Gibson. Existen arreglos de pala tipo 6+1 como en una Fender Stratocaster o tipo 4+2

<sup>144</sup> Las mismas consideraciones de diseño y corte en las 3 clavijas superiores se emplean en las 3 clavijas inferiores.

incremento en la afinación (movimiento mecánico de las mismas) de forma horaria.

### c) Pastillas o *Pickups*

Los 3 *humbuckers* se posicionan de acuerdo con ciertas leyes que rigen para cualquier tipo de *pickup*:

Entre más cerca del puente o **bridge** se coloque a una pastilla más bajo será su volumen además que se obtiene un timbre más agudo; mientras que entre más cerca del brazo o **neck** esté la pastilla, más alto será su volumen además de obtener un timbre más grave.

Los imanes o piezas magnéticas de los *pickups* no deben nunca colocarse bajo un nodo o “nudo armónico”; esto es obvio si se entiende su concepto.

Si se quiere encontrar el *pickup* perfecto para cualquier diseño, es decir se quiere llegar a diseñar un timbre final que corresponda lógicamente con las características de la guitarra eléctrica; se debe pensar en lograr compensaciones. Para esto se utiliza la especificación sobre **Resonant peak** o frecuencia de resonancia otorgada por los fabricantes para cada *pickup*. Esto quiere decir que al tener que posicionar un *pickup* cerca al puente o *bridge* de la guitarra eléctrica (lugar que se caracteriza por generar un sonido más agudo) lo correcto es utilizar un *pickup* en esta posición cuya frecuencia de resonancia sea más baja y no permita seguir acentuando las frecuencias agudas que podrían provocar exceso de brillos como característica tímbrica de esta sección.

### d) Forma del Instrumento y Piezas Extras

Además de cumplir con las consideraciones técnicas explicadas en capítulos previos, se hace el diseño de la forma externa del instrumento en base a la investigación de más de 1200 modelos de guitarras eléctricas con respecto a

su apariencia física<sup>145</sup> de tal forma que no se repita y se aprenda de errores de diseño presentes en otros modelos.

Vale recalcar que se trabaja siempre teniendo en cuenta la imagen que proyecte el mismo sobre las personas.

Toda decisión tanto de acabados en la madera como de perforaciones en la misma se construye en pos de satisfacer requerimientos técnicos, estéticos y además funcionales al utilizar el instrumento.

Esto se refleja en la ubicación de sus potenciómetros y perillas respectivas las cuales no interrumpen con la correcta ejecución de un guitarrista además de poder ser accesibles rápidamente.

Al sistema Floyd Rose se lo incluye y siempre se respeta su espacio necesario de funcionamiento.

Todo el “*hardware*”<sup>146</sup> de la guitarra es pensado de forma que convine y se va reordenando su diseño tantas veces sea necesario de acuerdo con las piezas que se adquieren fácilmente en el mercado nacional<sup>147</sup>.

Desde la elección de las clavijas hasta el *switch* más pequeños se piensa en función del efecto visual que provoque.

Figura 4.3 Forma de la guitarra modelo Dinamo S.P



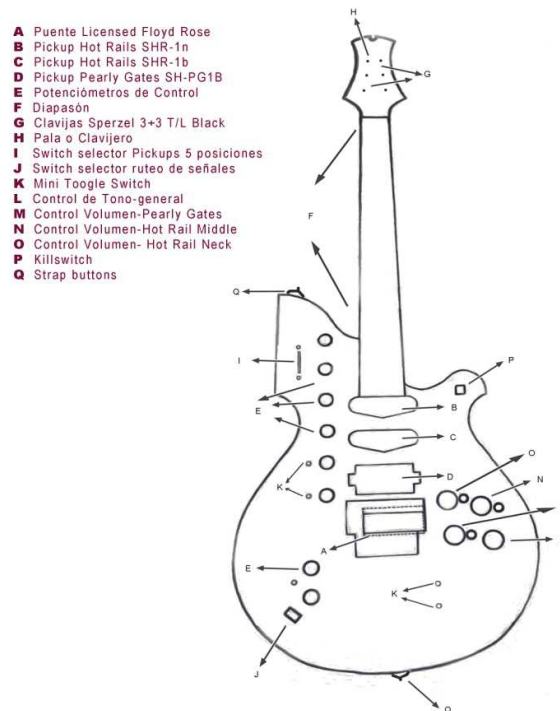
Fuente: Autoría

<sup>145</sup> El uso continuo de herramientas como internet, además de la utilización del libro “*Electric Guitar The illustrated Encyclopedia*” facilitó la selección.

<sup>146</sup> Jerga en luthería para hacer alusión a las piezas externas de un instrumento.

<sup>147</sup> El hecho que en el país no se encuentren varias opciones con respecto al color, forma, modelo de las piezas, es un reto constante para cualquier diseño.

Figura 4.4 Dínamo S.P descripción de piezas extras



Fuente: Autoría

### e) Cavidad Controladores-Circuitos Especiales

Al presentar este modelo de guitarra eléctrica la implementación de circuitos especiales dentro de su estructura interna, se piensa en el diseño de una gran cavidad posterior (cav.2) con la capacidad de almacenar todos los potenciómetros y *switches* controladores además de los circuitos especiales que se deseen anexar en conjunto con sus respectivas baterías. La cavidad 1 (cav.1) se destina únicamente para el sistema Floyd Rose.

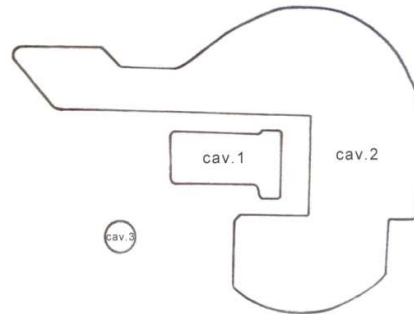
Todo el resultado es muy interesante desde un punto de vista experimental<sup>148</sup> y es un proceso práctico para reducir el peso del mismo si se considera su gran cantidad de elementos electrónicos vinculados.

Conjuntamente se realiza una cavidad extra separada (cav.3) para el *Killswitch*<sup>149</sup>.

<sup>148</sup> Debido a que su cuerpo huequeado y menor cantidad de madera seguramente otorgan otras cualidades tímbricas al instrumento.



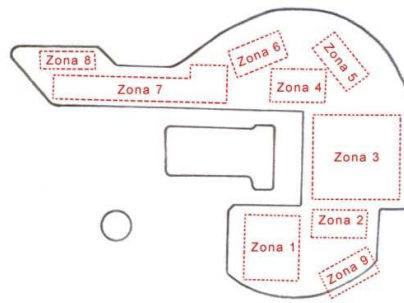
**Figura 4.5** Cavidades posteriores guitarra eléctrica modelo Dinamo SP



Fuente: Autoría

A la cavidad 2 (cav.2) se la divide en zonas, las cuales determinan la ubicación exacta de los potenciómetros y *switches* que pueden utilizarse para cualquier diseño en la estructura interna junto con los circuitos especiales.

**Figura 4.6** Ubicación de las zonas que se destinan para los controladores y circuitos especiales dentro de la cavidad 2



Fuente: Autoría

Las mismas se listan a continuación con su descripción y función actual en el instrumento:

<sup>149</sup> Esto para no tener que eliminar más madera y conservar por lo menos una característica clásica para fines educativos en el caso de querer apreciar el tipo de huecos que se realizan comúnmente a través de la guitarra eléctrica para comunicar zonas internas en su estructura.

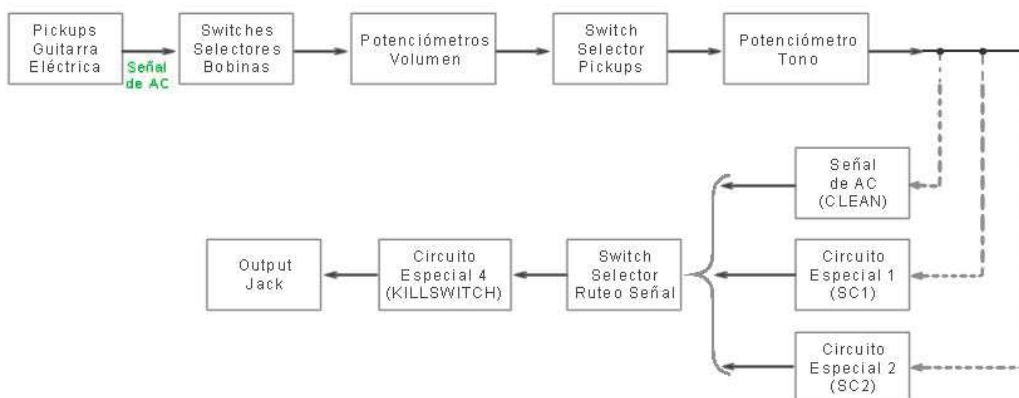
**Tabla 4.1** Descripción y función actual de las zonas dentro de la cavidad 2

ZONAS	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN ACTUAL
Zona 1	Ubicación para 4 potenciómetros controladores y 3 mini toggle switches controladores	3 controles de volumen (1 para cada pickup) + 1 control de tono general y 3 switches selectores de bobina (1 para cada pickup)
Zona 2	Ubicación para 2 mini toggle switches controladores	DISPONIBLES
Zona 3	Ubicación para circuitos especiales	Ubicación circuito especial 2 (SC2)
Zona 4	Ubicación para 2 potenciómetros controladores y 1 mini toggle switch controlador	2 potenciómetros de control para SC1 y 1 mini toggle switch DISPONIBLE.
Zona 5	Ubicación para el switch selector de ruteo de señales	Toggle Switch 2P3T modelo TS23E01 para ruteo de señales y activación de baterías SC1, SC2
Zona 6	Ubicación para circuitos especiales	Ubicación circuito especial 1 (SC1)
Zona 7	Ubicación para 6 potenciómetros controladores y 2 mini toggle switches controladores	5 potenciómetros de control para SC2 + 1 potenciómetro controlador DISPONIBLE y 2 mini toggle switches controladores para SC2
Zona 8	Ubicación para switch selector de pickups	Switch Selector 2P3T de 5 posiciones tipo Fender
Zona 9	Ubicación para output jack y RadioShack illuminated SPST pushbutton switch	Output jack general y RadioShack illuminated SPST pushbutton switch como "botón de pánico"

Fuente: Autoría

#### 4.1.2 Diseño Estructura Interna

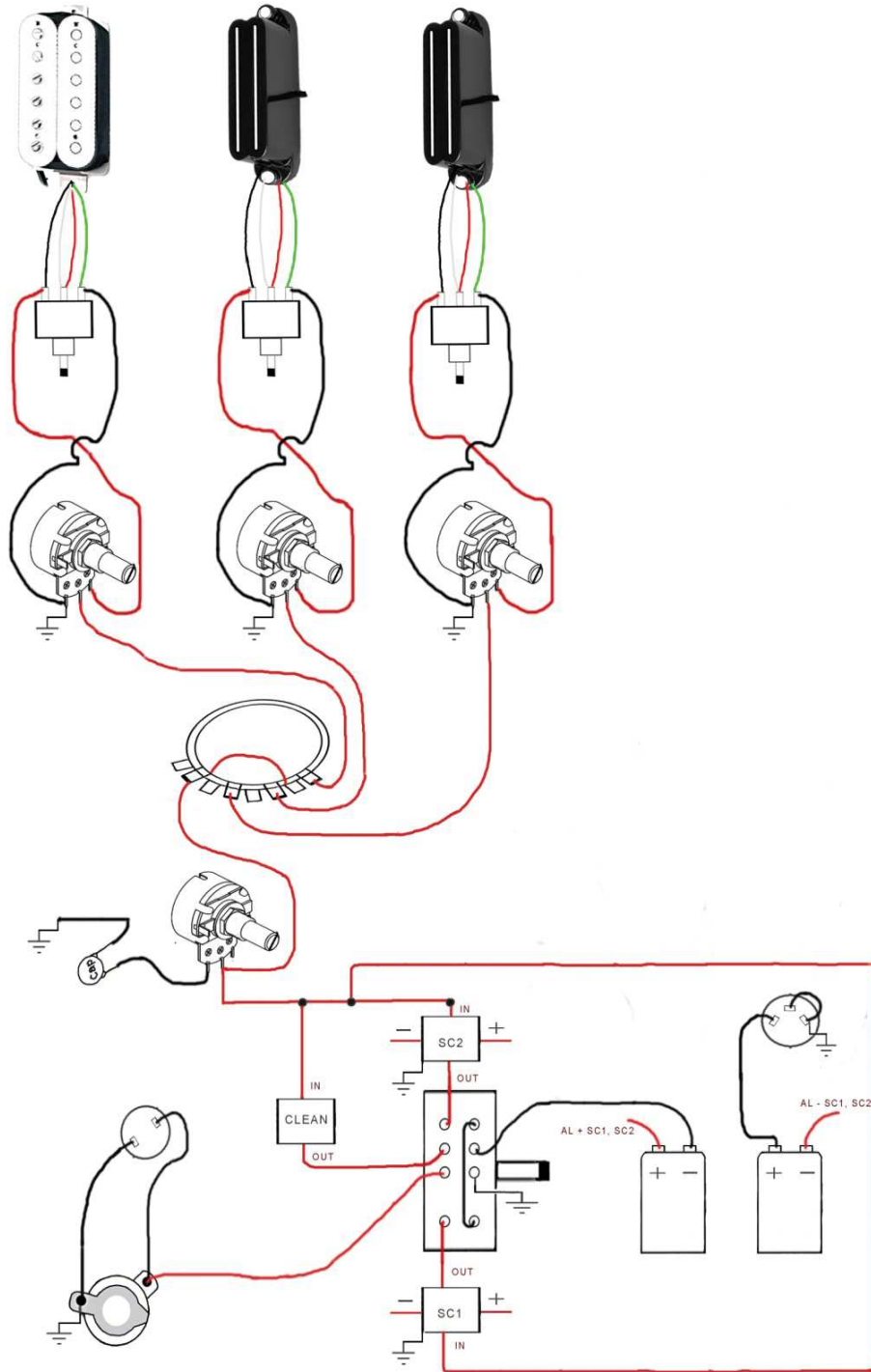
Se presenta a continuación un diagrama de bloques para comprender el camino empleado por la señal de este modelo en particular de guitarra eléctrica además de un esquema de sus respectivas conexiones.

**Figura 4.7** Diagrama de Bloques del Diseño de la Estructura Interna

Fuente: Autoría

Figura 4.8 Esquema de conexiones internas

# DINAMO S.P



Fuente: Autoría

En la primera etapa se elige implementar tres *pickups humbuckers* con fines experimentales según las siguientes consideraciones generales:

- ◆ Que su transducción sea cuasi fiel a la señal acústica original
- ◆ Que no generen ruido
- ◆ Que no lleguen a saturar la entrada de los circuitos especiales utilizados

La primera consideración es fácilmente despejada al fiarse de *pickups* de reconocidas marcas que garantizan por su costo su buen funcionamiento. Se debe tener en cuenta que la marca elegida para los mismos es Seymour Duncan la cual lleva en el mercado mundial más de 30 años especializados en este tipo de micrófonos. Buscar encontrar características muy técnicas para estos dispositivos como Rango dinámico, Respuesta de Frecuencia<sup>150</sup>, Patrón Polar<sup>151</sup>, etc., llevaría años sin resultado alguno ya que los mismos fabricantes no las mencionan entre sus especificaciones y las mediciones para poder obtener estos indicadores difícilmente llegan a ser aplicables a bajos costos.

Para satisfacer la segunda consideración, se eligen los denominados *pickups humbuckers* los cuales debido a la polaridad de sus bobinas reducen ruidos o posibles interferencias (Ver Marco teórico, *Humbuckers*). Los modelos particulares que se utilizan se detallan a continuación:

Tabla 4.2 Elección de pickups y su ubicación

UBICACIÓN	MARCA	MODELO
Puente o <b>Bridge</b>	Seymour Duncan	Pearly Gates SH-PG1B
Centro	Seymour Duncan	Hot Rails SHR-1b
Cuello, brazo o <b>Neck</b>	Seymour Duncan	Hot Rails SHR-1n

Fuente: Autoría

La última consideración es realmente comprobable en la práctica y para esto se realizan las mediciones de la señal proveniente del potenciómetro de tono para cada selección de *pickups*<sup>152</sup>. Sus resultados se comparan además con el dato

<sup>150</sup> Rango comprendido entre dos frecuencias de corte que un organismo puede percibir o que un sistema puede manejar.

<sup>151</sup> Respuesta que puede presentar un sistema a distintos ángulos de incidencia del sonido.

<sup>152</sup> Esta información exacta de la salida en mv para cada uno de los pickups sería de gran utilidad pero fabricantes como Seymour Duncan no la especifican. La empresa Dimarzio si brinda esta característica entre sus especificaciones para cada modelo de *pickup* que fabrican pero no pueden adoptarse al 100%

del nivel máximo de voltaje de entrada que puede soportar cada circuito especial antes de generar una distorsión y que generalmente se lo encuentra entre sus especificaciones de diseño.

Hay que recordar que la guitarra eléctrica no depende únicamente de sus *pickups* para obtener el timbre final del instrumento. Esta es un sistema completo en donde cada pieza o componente electrónico presente, por más pequeño que sea, influencia notoriamente en el resultado del diseño. Debido a esto no es conveniente pensar que al conseguir los mejores *pickups* para la guitarra se evitan problemas. Si bien la selección realizada considera el tipo de madera y otros aspectos técnicos mencionados anteriormente, el motivo particular por el cual se implementan ambiciosamente 3 *Humbuckers* (en el puente o **bridge**, el centro y en el brazo o **neck**) es debido a la gran posibilidad de captación sonora a lo largo de su estructura que en combinación con un selector de bobinas para cada uno, aumentan las posibilidades de experimentación. Por ejemplo;

Se implementa una técnica en la segunda etapa (*Switches* Selectores de Bobinas) que consiste en colocar un *Toggle switch* SPDT<sup>153</sup> *on/off/on* después de un *pickup* para poder obtener las siguientes combinaciones de acuerdo al posicionamiento de su palanca:

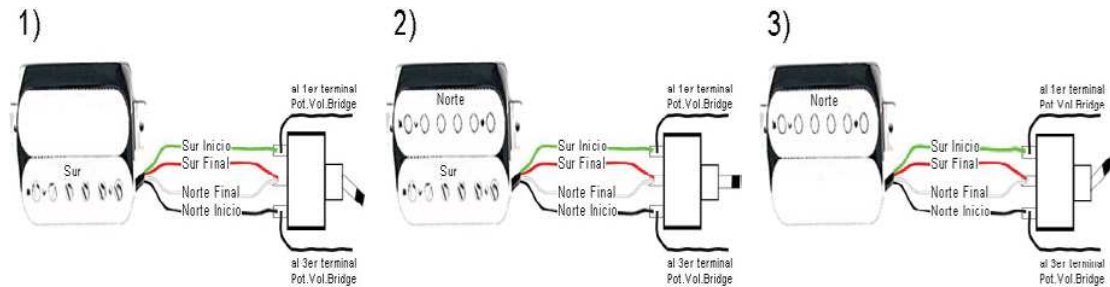
- 1) Palanca en dirección del puente de la guitarra o **bridge**, se recibe únicamente la señal de AC de la bobina Sur.
- 2) Palanca al centro, se recibe la señal de AC de las dos bobinas (Norte y Sur).
- 3) Palanca en dirección del cuello de la guitarra o **neck**, se recibe únicamente la señal de AC de la bobina Norte.

---

como una garantía; sus consideraciones de medición para obtener estos valores de voltaje no están disponibles al público general.

<sup>153</sup> SPDT (*single pole doble throw*) que es lo mismo que *switch* 1P2T. Para el diseño se utiliza un Mini *Toggle Switch* SPDT *on/off/on* de 3 posiciones.

**Figura 4.9** Funcionamiento Switch Selector de Bobinas en Pickup Humbucker Pearly Gates del puente o bridge mediante Código de Colores casa Seymour Duncan



**Fuente:** Autoría

Hay que recordar que la misma técnica se utiliza en cada *pickup* presente en este modelo de guitarra eléctrica.

Los colores que se emplean para identificar a la bobina a cual pertenecen son propios de Seymour Duncan y generalmente varían de acuerdo a la empresa fabricante de *pickups*<sup>154</sup>.

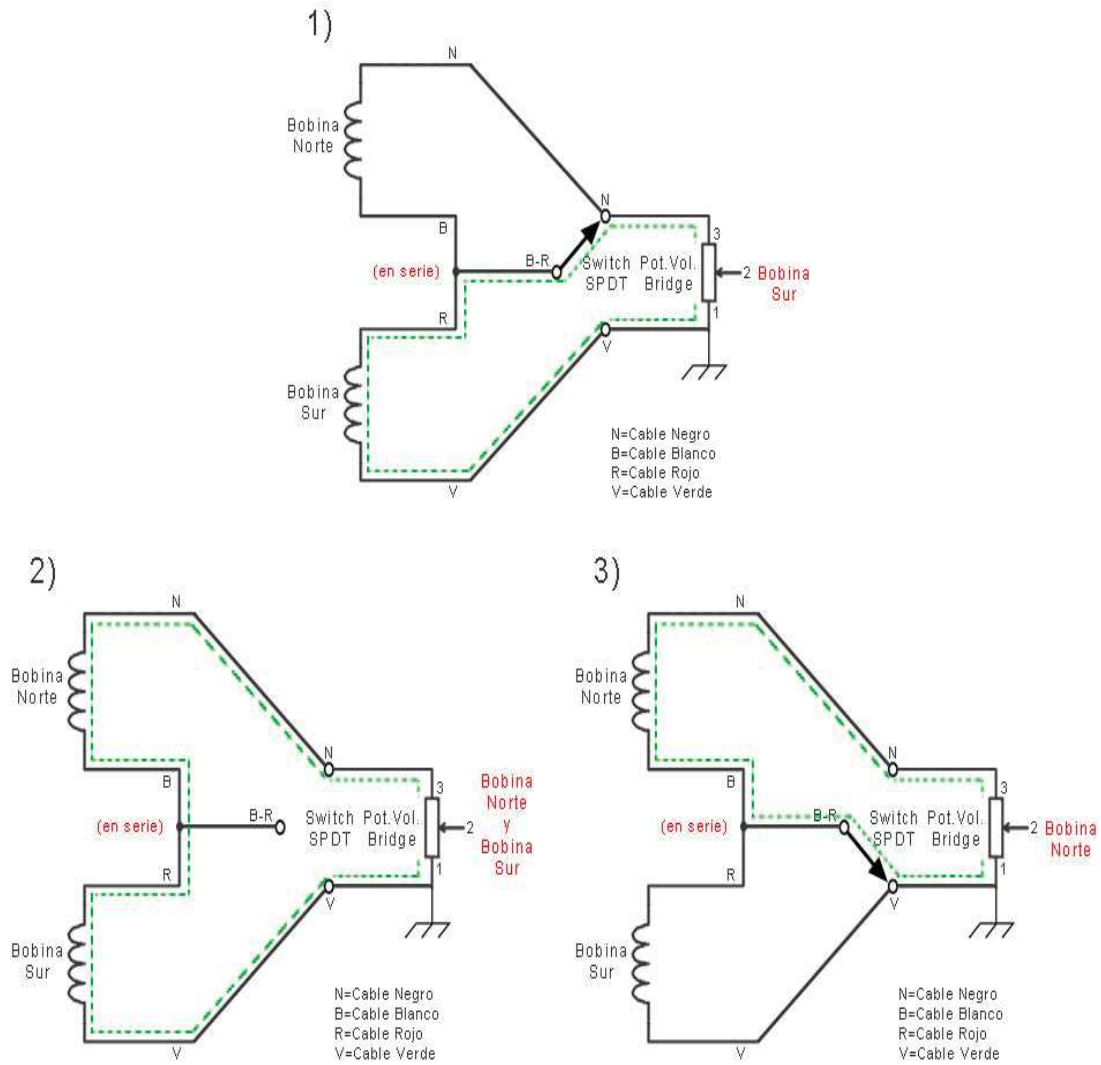
Recordar que un *humbucker* consiste en dos bobinas por lo tanto lógicamente cada bobina tiene su alambre con el que fue fabricado, este presentará dos extremos (inicio y final). A la bobina que se etiqueta comúnmente como Bobina Norte le corresponderán los cables Negro y Blanco (Inicio y Final respectivamente) y a la otra Bobina etiqueta comúnmente como Bobina Sur le corresponderán los cables Verde y Rojo (Inicio y Final respectivamente).

En el caso de no poder ser visualizado correctamente, el cable correspondiente al Norte Inicio (para este fabricantes) es negro, el del Norte Final es blanco, el del Sur Inicio es verde y el del Sur Final es blanco. Existe un cable extra además de los mencionados que viene sin color (pelado o *bare* en inglés); el mismo se lo puede conectar a tierra de chasis pero en este diseño se lo suelda al mismo terminal del *Toggle switch* en donde ingresa el cable verde.

Todo lo referente a esta segunda etapa puede representarse con un circuito equivalente y que se visualiza a continuación<sup>155</sup>:

<sup>154</sup> Este se conoce como Código de Colores en los *pickups*. Si se desea trabajar con otras marcas es vital buscar el mismo antes de realizar cualquier conexión.

Figura 4.10 Circuito equivalente del pickup humbucker con Switch Selector de Bobinas



Fuente: Autoría

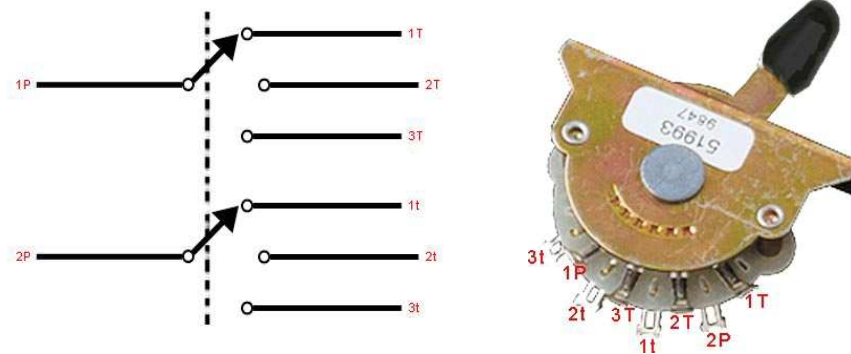
1) Corresponde al momento que se mueve la palanca del *toggle switch* en dirección del puente de la guitarra o **bridge** 2) Corresponde al momento que se mueve la palanca del *toggle switch* al centro 3) Corresponde al momento que se mueve la palanca del *toggle switch* en dirección del cuello de la guitarra o **neck**. Se puede además visualizar que en los tres casos, al juntar físicamente los dos cables (rojo y blanco) de las diferentes bobinas, se logra un arreglo en serie de las mismas.

<sup>155</sup> Este análisis puede ser más complejo pero se intenta hacer entender la idea general en caso de que los lectores no sean totalmente conocedores de electrónica.

### a) Selector de Pastillas

Si se habla en términos generales este es un *Switch Selector* 2P3T de 5 posiciones. En el caso particular de las guitarras eléctricas, existen de los mismos el tipo Fender, el tipo Importado y algunos *switches* que son variaciones del primero. Físicamente son todos parecidos pero cambian en la distribución de sus pines. Para el diseño se considera uno tipo Fender como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 4.11** Representación e imagen de un Switch Selector de pickups 2P3T de 5 posiciones tipo Fender  
Se visualiza al Switch selector de 5 posiciones con palanca apuntando al neck o cuello de la guitarra eléctrica, visto desde sus terminales expuestos y numerados



Fuente: Autoría

Normalmente se explican los *switches* de forma que la señal entra a un terminal común (1P o 2P) y se reparte hacia los terminales con los que conmute tal cual se puede apreciar en el lado izquierdo de la **Figura 4.11**.

Si se utiliza como ejemplo un *Switch* 1P3T de 3 posiciones (solamente la parte de arriba de la figura esquemática)<sup>156</sup>. Al bajar físicamente su palanca (1era posición) la señal presente en 1P saldrá únicamente por 1T; consecuentemente al posicionar la palanca en el centro (2da posición), la señal en 1P saldrá únicamente por 2T y en cambio al alzar físicamente la palanca (3era posición), la señal presente en 1P se dirige hacia 3T. Esta idea es muy simple pero facilita la comprensión en el caso de ir complicando el asunto.

<sup>156</sup> Ejemplo más simple para entender la lógica utilizada.



Al utilizar el mismo *Switch* 1P3T pero con 5 posiciones, se podrán obtener unas nuevas combinaciones de la siguiente manera: al bajar lo máximo su palanca físicamente (1era posición) la señal presente en 1P saldrá únicamente por 1T; si se alza un poco la palanca desde la primera posición (2da posición) la señal presente en 1P saldrá tanto por 1T como por 2T; consecuentemente si se ubica la palanca en el centro (3era posición) la señal presente en 1P saldrá únicamente por 2T; si desde la mitad se alza un poco más la palanca (cuarta posición) la señal presente en 1P saldrá ahora tanto por 2T como por 3T y si por último se lleva lo más arriba posible a la palanca (5ta posición) la señal presente en 1P saldrá únicamente por 3T. Obviamente la salida es opuesta al sentido de posición física de la palanca<sup>157</sup>.

Hasta este momento se tiene claro el panorama mediante la forma tradicional de utilizar un *switch* pero existe otro método conocido como *Switch en Reverso* el cuál es utilizado tal cual se visualiza en el Esquema de Conexiones para lograr llevar la señal de los tres *pickups* proveniente de cada uno de sus respectivos potenciómetros de volumen hacia el potenciómetro general de Tono utilizando simplemente el *Switch* Selector 2P3T de 5 posiciones tipo Fender.

Cada una de las señales de AC en los potenciómetros de volumen se conectan hacia el *switch* en el siguiente orden:

**Terminal 2** del Pot.Vol.**Bridge** —————> **terminal 1T** del *Switch* Selector de Pastillas.

**Terminal 2** del Pot.Vol.Centro —————> **terminal 2T** del *Switch* Selector de Pastillas.

**Terminal 2** del Pot.Vol.**Neck** —————> **terminal 3T** del *Switch* Selector de Pastillas.

Esto provoca que el *Switch* Selector de Pastillas actúe en reverso y su señal resultante de salida se transporte únicamente por el terminal común 1P (deja de ser una entrada común y se convierte en una salida común).

---

<sup>157</sup> Tener claro este efecto mecánico evita confusiones en el diseño. En el caso de presentar dudas; mediante la utilización de un multímetro en configuración de continuidad se puede encontrar la respuesta entre dos terminales.

Entonces ahora; al bajar su palanca físicamente (1era posición en dirección máxima al **bridge** o puente de la guitarra) la señal conectada en 1T saldrá por 1P; si se alza un poco la palanca desde la primera posición (2da posición) las señales conectadas tanto en 1T como en 2T saldrán por 1P; consecuentemente si se ubica la palanca en el centro (3era posición) la señal únicamente conectada en 2T saldrá por 1P; si desde la mitad se alza un poco más la palanca (cuarta posición) las señales conectadas tanto en 2T como en 3T saldrán igualmente por 1P y si por último se lleva lo más arriba posible a la palanca (5ta posición en dirección máxima al **neck** o cuello de la guitarra) la señal conectada en 3T saldrá lógicamente y de la misma forma por 1P.

Cumplir con estas conexiones, permite que la palanca del selector de pastillas este bien configurada; de tal forma que un movimiento extremo de la misma en dirección al **neck** o cuello de la guitarra eléctrica habilite su respectivo *pickup* del **neck** o cuello y viceversa.

En el caso de ver la necesidad de emplear un *switch* de tipo Importado en el diseño, su distribución de pines puede utilizarse de acuerdo a la siguiente figura.

**Figura 4.12** Switch selector de pastillas de 5 posiciones tipo Importado. De esta forma se aplican las mismas consideraciones anteriores



Fuente: Autoría

## b) Potenciómetro de Volumen

Para evitar indagar en explicaciones muy técnicas, existe un criterio utilizado a nivel mundial que se aplica al implementar el valor de resistencia variable de los potenciómetros en una guitarra eléctrica según las pastillas o *pickups* que presente y es el siguiente:

**Tabla 4.3** Criterios de potenciómetros a utilizar según el tipo de pickup

Valor Potenciómetro en W	Tipo de Pickup
100 k	Activo
250 k	Single Coil
500 k	Humbucker, P-90
1 Mega	Pickups con Resistencias DC >15 kW

Fuente: Autoría

Como en este caso se utilizan tres *humbuckers*, optar por un potenciómetro de volumen de 500 K<sub>Ω</sub> para cada *pickup* garantizaría el cumplimiento de este criterio según lo apreciado en la tabla.

Esta idea es fácil de entender y llevar a la práctica sin llevarse sorpresas inesperadas pero si se desea llegar a experimentar y no quedarse inmerso únicamente en estos valores, se aconseja la breve lectura del tema Herramientas de Diseño, Ensayos o Pruebas no destructivas, Potenciómetro de Volumen; en donde se indaga el tema con sus debidas explicaciones para cada caso<sup>158</sup>.

En lo que se refiere al diseño, se prefiere utilizar para cada *pickup humbucker*, un potenciómetro de volumen de 250 k<sub>Ω</sub> debido a justificaciones netamente relacionadas a comodidad interpretativa. Si bien no permiten obtener un voltaje en su salida totalmente igual al voltaje original del *pickup* además que no cumplen con infinidad de criterios, basados en la experiencia, infundidos por foristas del tema que catalogan a esta combinación como “no tan cálida” (**Tabla**

<sup>158</sup> Se llega a demostrar que al incrementar el valor en  $\Omega$  del Potenciómetro, el voltaje en la salida del mismo se asemeja cada vez más al voltaje original proveniente del *pickup*, es decir; no existen pérdidas de voltaje. Esto quiere decir que las frecuencias altas (que son las primeras en desaparecer en caso de pérdidas) se mantienen; dando la impresión como si se conectara al *pickup* directamente al conector de salida de la guitarra eléctrica (sonido muy brillante).

4.4); permiten en la práctica lograr una sensación auditiva de cambio más rápido al momento de variar cada potenciómetro desde su punto máximo (250  $k_{\omega}$ ) hasta su punto mínimo de resistencia (0  $\omega$ ) en comparación con los de 500  $k_{\omega}$  que realizan el mismo efecto recién a mitad de su camino.<sup>159</sup>

**Tabla 4.4** Comparación auditiva del efecto en los pickups al variar el valor de su potenciómetro de volumen

Estos son criterios sicoacústicos muchas veces obtenidos por práctica y que se difunden como una generalidad a nivel mundial en gran cantidad de foros. Se dice que entre más alto el valor de resistencia del Potenciómetro de Volumen, menor cantidad de frecuencias altas se atenúan y entre menor el valor de resistencia del Potenciómetro de Volumen, mayor cantidad de frecuencias altas se atenúan

Valor Pot.Vol	CRITERIO GENERAL	
	Single Coil	Humbucker
1 M $\omega$	estridente	brilloso
500 k $\omega$	brilloso	cálido
250 k $\omega$	cálido	lodoso

Fuente: Autoría

Otra de las justificaciones para no seguir al pie de la letra con los criterios de las tablas 5 y 6 que se presentan. Es que en las mismas se generaliza la implementación de los potenciómetros de acuerdo al tipo de *pickup*, lo cual no siempre es cierto. Un criterio bien fundamentado antes de dejarse llevar por leyes preestablecidas; analiza cada caso en particular. Si se tienen tres *pickups* lo importante es saber si las señales que se irán a transducir tienen características naturales muy agudas o muy graves; esto debido a la construcción misma del instrumento<sup>160</sup>. Pasado esto, se verifican las especificaciones tanto de resistencia DC<sup>161</sup> y de *resonant peak*<sup>162</sup> en los *pickups* para saber si mediante el potenciómetro se desea conservar o no una señal original de AC al 100% y por último se considera el lado funcional para la comodidad interpretativa como se menciona previamente.

<sup>159</sup> Obviamente si se baja de 500  $k_{\omega}$  (punto máximo de resistencia) hasta 0  $\omega$  (punto mínimo de resistencia) la sensación auditiva de extinción de la señal será más prolongada con respecto a los potenciómetros de 250  $k_{\omega}$ . En la práctica esto puede no ser muy conveniente si se desean hacer ajustes rápidos de control en la señal. Recordar que la desaparición de frecuencias agudas está directamente relacionada con el mismo efecto y a muchos guitarristas profesionales no les agrada la idea que las mismas demoren mucho tiempo en esfumarse si ya no son requeridas.

<sup>160</sup> Tipo de escala, maderas que se emplean y posición de los *pickups* en el cuerpo, cuerdas, etc.

<sup>161</sup> Para tener una idea de lo que sucederá con la relación entre el valor de la misma y el valor de la carga o resistencia del potenciómetro. Todo esto según las afectaciones que ya se tienen en conocimiento..

<sup>162</sup> Ya que este indicador permite conocer la frecuencia que resalta un *pickup*; la misma que otorga una transducción característica del modelo y que puede ser beneficiosa o perjudicial según el sonido que se desee obtener con el instrumento.

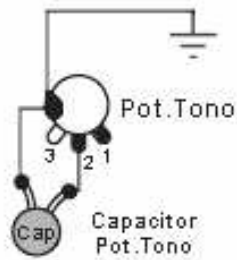
En la actualidad la brecha que caracterizaba a un *single coil* versus un *humbucker* ya se ha ido disminuyendo por lo tanto encasillarlos dentro de un solo criterio puede ser motivo para el desaprovechamiento de los mismos.

### c) Potenciómetro Tono

Así como en la implementación de un potenciómetro de volumen existen criterios ya formados y que se aceptan a nivel mundial; en el caso del potenciómetro de tono ocurre lo mismo. Para aquel lector que no haya oído sobre el tema, se otorga la siguiente explicación:

El potenciómetro de tono consiste en un potenciómetro –recomendablemente igual que el de volumen- al cual se le implementa un capacitor tal cual se puede apreciar en la **Figura 4.13**. Si a este potenciómetro se lo posiciona en paralelo, ya sea antes o después de un potenciómetro de volumen, la señal de AC que pase por el mismo será filtrada en frecuencias altas<sup>163</sup> de acuerdo al valor que presente su capacitor.

Figura 4.13 Potenciómetro de tono y su capacitor

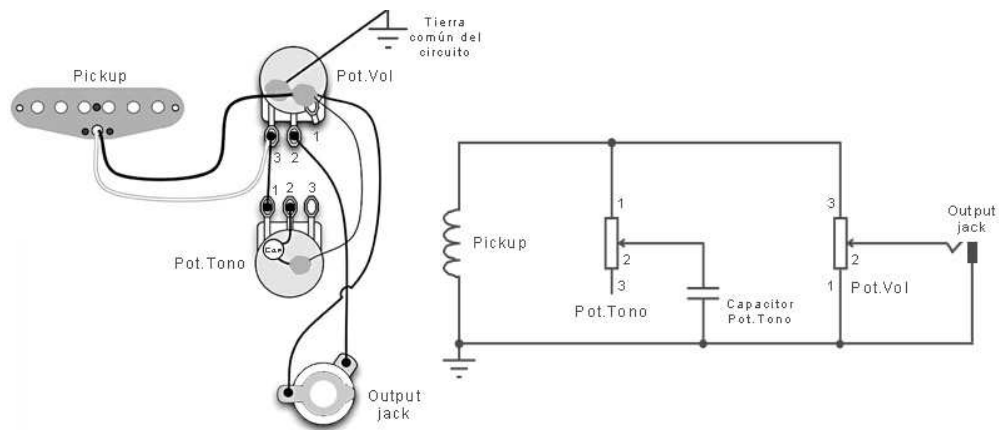


Fuente: Autoría

<sup>163</sup> Especie de filtro pasa bajos.

**Figura 4.14** Implementación del potenciómetro de tono en un esquema básico de conexiones

Al decir esquema básico se hace referencia a las conexiones entre un *Pickup*, un Potenciómetro de tono o **Pot.Tone**, un Potenciómetro de volumen o **Pot.Vol** y su Conector de salida o **Output jack** en la guitarra eléctrica<sup>164</sup>. El respectivo diagrama esquemático se puede visualizar a la derecha de la figura. Nótese como el potenciómetro de tono puede ser ubicado antes o después del potenciómetro de volumen



Fuente: Autoría

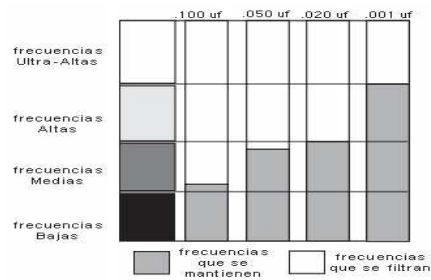
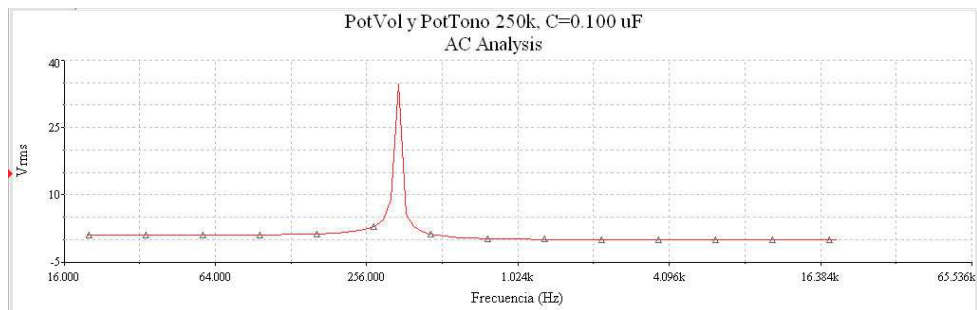
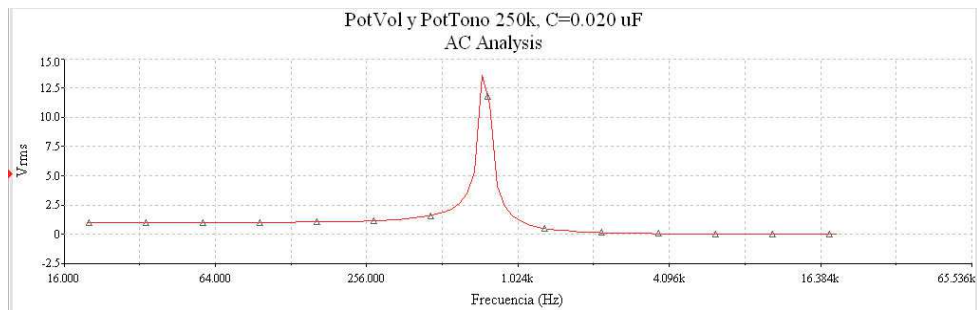
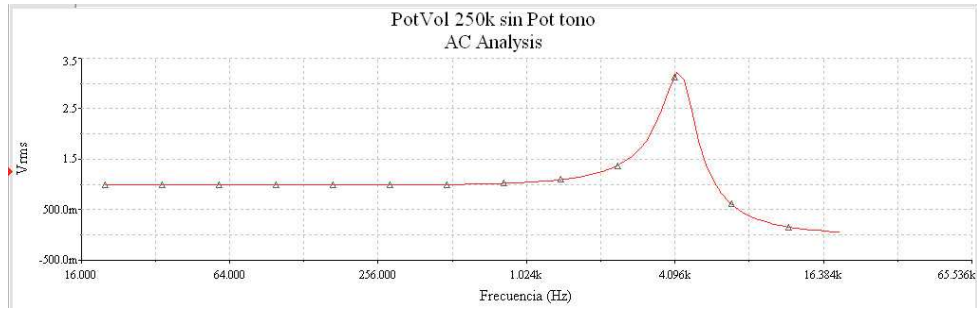
Comúnmente el valor del capacitor es de  $0.020 \mu\text{F}$  o de  $0.047 \mu\text{F}$  para el caso de las guitarras eléctricas pero si se conoce lo que sucede al cambiar sus valores, se pueden conseguir infinidad de características tímbricas en pos de la experimentación. Ver Herramientas de Diseño, Ensayos o Pruebas no destructivas, Potenciómetro de Tono. En la misma se demuestra que entre más alto es el valor del capacitor, hay un mayor corte de frecuencias agudas debido a que su respectiva frecuencia de resonancia o **resonant Peak** (propia de estos circuitos que presentan bobinas, resistencias, capacitancias) se desplaza en dirección de frecuencias más bajas. Obviamente al trasladarse hacia otra frecuencia de resonancia<sup>165</sup> más baja, recorta mayor cantidad de frecuencias sobre la misma, amplifica otro rango de frecuencias cercanas y mantiene otro tipo de frecuencias debajo de ella. Lo que conlleva a una diferente percepción sicoacústica en cada caso<sup>166</sup>.

<sup>164</sup> Imagen modificada página web Seymour Duncan.[30]

<sup>165</sup> Su simulación y gráficos para entenderla se encuentran respectivamente en su tema de estudio: Herramientas de Diseño, Ensayos o Pruebas no destructivas, Frecuencia de Resonancia circuito RLC.

<sup>166</sup> No se puede generalizar que tipo de percepción sicoacústica rige como regla al aumentar el valor del capacitor o disminuirlo. Lo que para muchos puede ser un efecto en donde solamente las frecuencias bajas del instrumento sobresalen al aumentar los valores de su capacitor, para otros puede ser un efecto auditivo en donde solamente las frecuencias que acompañan a la frecuencia resonante del instrumento se acentúan. Otros pueden argumentar que es la combinación de los dos casos anteriores. Lo anterior debido a la dificultad de discernir auditivamente la real influencia de estas frecuencias en la guitarra

Figura 4.15 Resultados al variar el capacitor del Potenciómetro de tono



Fuente: Autoría

eléctrica. Debido a esto es mejor pensar en el potenciómetro de tono; únicamente como una herramienta que permite obtener un mayor o menor filtraje de frecuencias agudas en el instrumento entre mayor o menor sea el valor de su capacitor asociado respectivamente.

En la **Figura 4.15** se tiene la respectiva simulación del mismo circuito que se presenta previamente en la **Figura 4.13**. Inicialmente se hace un barrido de frecuencias de 20 a 20000 Hz sin el potenciómetro de tono en el circuito, cuyos resultados se pueden visualizar al inicio de la figura; la frecuencia de resonancia al final del sistema se encuentra aproximadamente en los 4096 KHz. Para la segunda simulación se hacen las mismas mediciones pero se anexa un potenciómetro de tono con su capacitor de 0.020 $\mu$ F (valor bajo de capacitancia). Sus resultados demuestran que al emplear el potenciómetro<sup>167</sup> la frecuencia de resonancia al final del sistema pasa a ser de 800 Hz aproximadamente y por último, para la siguiente simulación se cambia el capacitor a un valor más alto de capacitancia de 0.100 $\mu$ F y en sus resultados (3er gráfico hacia abajo), se puede visualizar que al emplear el potenciómetro de tono la frecuencia de resonancia al final del sistema pasa a ubicarse en 420 Hz aproximadamente. Los valores para el potenciómetro de tono y el de volumen en todos los ejemplos son de 250k $\Omega$  cada uno. Al final se adjunta una tabla comparativa en la misma figura, que se difunde de forma general por internet con respecto al tema.

Existe un criterio, que se difunde masivamente en muchos foros de internet sobre el tema, el cual indica que se debe seleccionar el valor de capacitor de acuerdo al tipo de *pickup* a utilizar; por ejemplo, si es *single coil* de preferencia usar un capacitor de 0.047  $\mu$ F o si es *humbucker* de preferencia usar uno de 0.020  $\mu$ F de tal forma que se compense la característica de filtraje con la excesiva amplificación (característica de transducción) en frecuencias de cada uno; pero esto no puede tomarse como una regla ya que limita la capacidad de experimentación además que ya a estas alturas, se sabe que pueden existir modelos de pickups *single coils* que se comporten de la misma forma que un *humbucker* o al revés. Su frecuencia de resonancia o **resonant peak** puede ser igual en los dos casos y esta es la especificación que permite acercarse a la verdadera característica tímbrica resultante de este transductor<sup>168</sup>. Si se

<sup>167</sup> Girar su mando giratoria en sentido antihorario.

<sup>168</sup> Saber la especificación sobre la frecuencia de resonancia de un *pickup*, ayuda más en la elección del valor del capacitor en el potenciómetro de tono que guiarse simplemente por si el *pickup* es *single coil* o *humbucker*.



consigue el valor de la inductancia dentro de las especificaciones de un *pickup*; se puede utilizar la fórmula de frecuencia de resonancia para predecir donde se posicionará la misma, al mover en máximo sentido anti horario el mando giratorio del potenciómetro de tono.

Para el caso particular del diseño, se utiliza un solo potenciómetro de tono de 250k en conjunto con un capacitor de 0.020  $\mu\text{F}$ , el cual se lo elige por gusto al hacer pruebas prácticas con otros valores de capacitancia para cada selección de *pickup*.

De todas formas se piensa en el diseño de su respectivo orificio en el cuerpo de la guitarra eléctrica, de tal forma que se pueda llegar a implementar un *switch* rotatorio de 2P6T con el cual se puede implementar varios capacitores en el mismo los cuales serán seleccionables de acuerdo con la posición de su mando giratorio<sup>169</sup>.

#### d) Circuito Especial 1

El circuito SC1<sup>170</sup> se activa en la guitarra eléctrica cuando se levanta la palanca del *Switch Selector* 2P3T<sup>171</sup>. En este instante funciona la batería que lo alimenta y la señal de audio que proviene de la salida de su circuito es la que llega al *output jack* del instrumento.

Se puede realizar un análisis aproximado de lo que sucede con la señal dentro de su circuitería gracias al diagrama esquemático del mismo el cual debe verificarse siempre en la práctica.

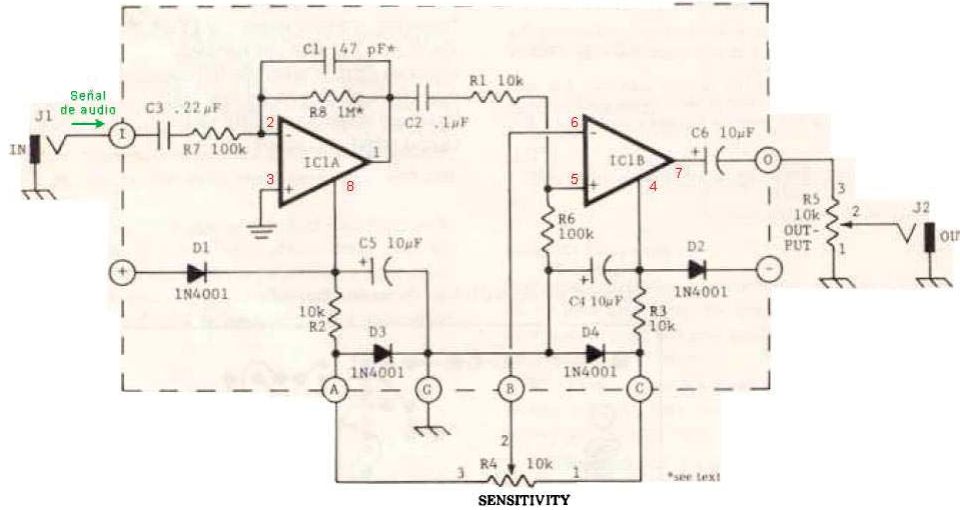
---

<sup>169</sup> Sistema que se conoce en el mercado con el nombre de "Varitone". [31] Permite que en sus terminales se conecten diferentes capacitores y en tiempo real poder seleccionar alguno de los mismos. Se aumentan las posibilidades tímbricas a lograr con la guitarra eléctrica.

<sup>170</sup> Siglas en ingles de "*Special Circuit 1*". Para esta ocasión el circuito especial 1 corresponde a un *Fuzz*.

<sup>171</sup> Cuando se baja al máximo se evidencia al SC2. Si su palanca permanece en la mitad la señal de audio final no proviene de ningún circuito especial, además de no consumir las baterías de alimentación necesarias para los mismos. Ver tema Circuito especial 3 para entender sobre este *switch* mencionado.

Figura 4.16 Diagrama esquemático circuito Ultra- Fuzz, obtenido del libro Electronic Projects for Musicians<sup>172</sup>



Fuente: Anderton, C. (1980). *Electronic Projects for Musicians*. New York: Amsco Publications

Al integrado original (IC1A; 1CIB) se lo reemplaza por el C4558C que cumple con las mismas funciones además de presentar la característica de bajo ruido. Ideal para aplicaciones de audio. La nueva señalización de sus terminales también se indica.

En el diagrama esquemático se puede observar como la señal de audio (que para el caso del diseño de la estructura interna proviene de la división de señal después del potenciómetro de tono) ingresa al circuito y se engancha o estabiliza al capacitor C3 de 0.22 uF. Más adelante encuentra la primera Impedancia de entrada dada por el valor de 100k en la resistencia R7. Al llegar al integrado C4558C se amplifica y filtra en altas frecuencias debido al capacitor C1 y la resistencia R8 que están en paralelo lo cual lo ubica en un arreglo de Amplificador Operacional Filtro Activo (pasa bajos)<sup>173</sup>. La frecuencia de corte en esta etapa puede calcularse mediante la fórmula:

<sup>172</sup> Uno de los problemas que tiene esta bibliografía, es el hecho de presentar componentes electrónicos desactualizados los cuales se vuelven complicados de conseguir en todo el mundo. Sin embargo es de gran ayuda si se quiere construir circuitos básicos y con garantía de funcionamiento. Esta es una herramienta que permite experimentar el proceso de elaboración más las debidas consideraciones electrónicas sobre el funcionamiento de ciertos circuitos de audio.

<sup>173</sup> Si no existiera el capacitor C1 en el circuito y solo presentara la resistencia R8; el arreglo con el integrado lo convertiría en una especie de Amplificador Operacional Filtro Activo (pasa altos).

$F_C = \frac{1}{2X\pi R_8 X C_1}$ , es decir; la señal que sale del integrado, además de ser amplificada 10 veces<sup>174</sup>, es filtrada en frecuencias sobre los 3386.3 Hz si se realiza este cálculo. Variar los valores tanto de R8 como de C1 permite obtener diferentes características en la señal de audio. Otra modificación de la misma después del paso por IC1A es su inversión de polaridad.

Posteriormente la señal de audio amplificada, filtrada e invertida en polaridad, se acopla al capacitor C2 y a la resistencia R1 para ingresar a 1C1B<sup>175</sup>. El mismo se encuentra ordenado en un arreglo que lo hace funcionar como Comparador, es decir; compara la señal de audio que entra por su pin#5 con respecto al movimiento que se realice en el potenciómetro o control de sensibilidad. La salida de este o comparador (pin#7) da como resultado la onda cuadrada característica de este circuito especial.

Los demás componentes electrónicos que no se mencionan, cumplen varias funciones relacionadas al control del voltaje de alimentación otorgado por las baterías.

Este circuito de *Fuzz* tiene gran similitud en conexiones con respecto a los circuitos internos de de muchos efectos para guitarra eléctrica y se lo emplea con la finalidad de tener una aproximación a lo que será la implementación de los mismos de acuerdo al diseño de la estructura interna de este modelo de guitarra eléctrica en particular.

### e) Circuito Especial 2

Si previamente se elige al *fuzz* debido al efecto de distorsión por saturación que provoca en la señal de audio de la guitarra eléctrica; con el circuito especial 2 o SC2 se busca realizar lo contrario. Obviamente un efecto opuesto al *fuzz* es la señal lo más limpia posible, lo cual no tiene mucho sentido, así que se

---

<sup>174</sup> Según la relación  $\frac{R_8}{R_7}$ ; donde R8 es la denominada resistencia de realimentación y R7 es la resistencia de entrada. Este dato también se puede obtener midiendo el valor de voltaje de la señal de audio que entra al integrado (por su pin #2) y dividiéndole para el valor que se mide de voltaje en su salida (pin #1).

<sup>175</sup> Parte B del mismo integrado C4558C.

implementa un *Phaser* para que module a la señal convirtiéndola en una especie de “cálido sonido ondulante”<sup>176</sup> al final del proceso.

El modelo de *phaser* con el cual se llevan a cabo las consideraciones del diseño tanto para la cavidad destinada para este circuito dentro de la estructura sólida de la guitarra eléctrica como para su diseño de conexiones eléctricas: es el “Phase Shifter” presente en la misma bibliografía que se emplea para el circuito *Fuzz*.

Sirve únicamente como una referencia debido a su gran tamaño<sup>177</sup> y debido a su garantía de funcionamiento con fines experimentales desde hace muchos años a nivel mundial<sup>178</sup>.

La señal de audio cuando pasa por este circuito, se comporta según lo que se explica previamente en el Marco teórico, Estructura Interna, 4ta Sección: *El Phaser* y su Circuito.

Para seleccionar este efecto SC2 se posiciona la palanca del *Switch Selector* 2P3T hacia abajo, En este instante funciona la batería que lo alimenta y la señal de audio que proviene de la salida de su circuito es la que llega al *output jack* del instrumento. Ver la **Figura 4.8** Diagrama de Bloques Diseño Estructura Interna en caso de duda

---

<sup>176</sup> Esta descripción sicoacústica del efecto se la encuentra en el manual de la pedalera GNX4 para guitarra eléctrica; fabricada por la empresa Digitech al describir el funcionamiento de su *phaser* interno. Se considerada como la más acertada según la experimentación auditiva del circuito para esta tesis. En caso de querer escuchar al efecto y sacar conclusiones propias sobre su característica sonora en internet se pueden encontrar varios ejemplos.

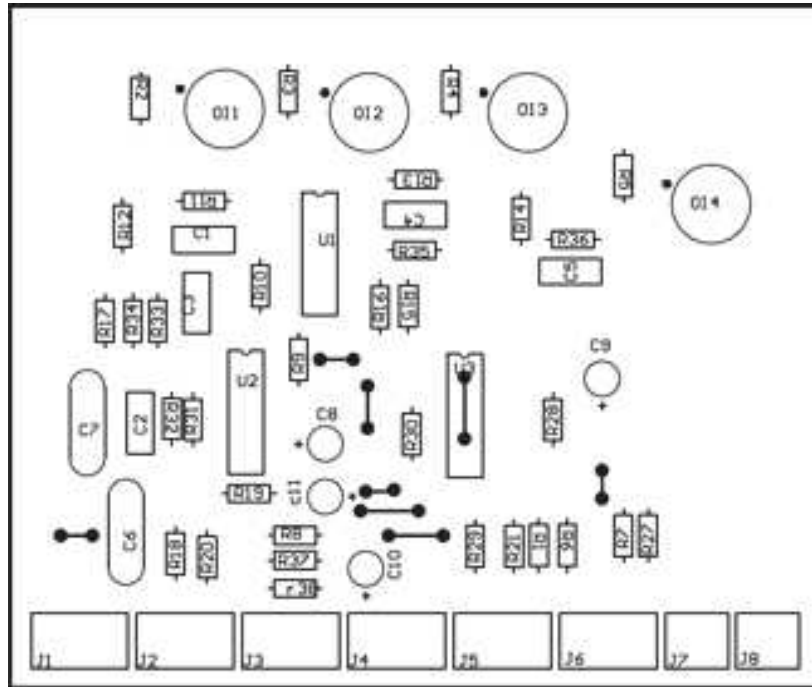
<sup>177</sup> Lo cual facilita la implementación de otro circuito envés del mismo; sin la necesidad de ampliar las cavidades en la guitarra eléctrica.

<sup>178</sup> La primera versión del libro “*Electronic Projects for Musicians*” escrito por este autor y que incluye los pasos para la elaboración del circuito, data en 1975. Hasta la fecha sigue llamando la atención de muchos aficionados electrónicos a nivel mundial y ya cuenta con sus debidas revisiones.

A continuación se incluye en la **Figura 4.17** la vista frontal de su PCB<sup>179</sup>:

**Figura 4.17** Vista frontal del Phase Shifter PCB

Se visualiza el tamaño real de su PCB<sup>180</sup> con la posición de los elementos electrónicos que lo conforman. En su construcción se utilizan Borneras como conectores (J1-J8) a diferencia del circuito original; lo que facilita su desmontaje sin la necesidad de desoldar



Fuente: Autoría

### f) Circuito Especial 3

El circuito especial 3 es simplemente una idea que permite pensar a futuro y no limitar al instrumento con respecto a la implementación de un circuito especial extra; sino del número de circuitos especiales que sean necesarios hasta llegar a encontrar la combinación perfecta para el usuario. El único enemigo real de este pensamiento es el espacio dentro de la guitarra que puede llegar obviamente a ser insuficiente entre mayor sea su circuitería, cableado o baterías que se incluyan. Si desde el primer momento en la construcción de una guitarra eléctrica no se la visualiza o piensa en grande, con el tiempo el mismo desarrollo tecnológico la irá minimizando en funcionalidad. Querer

<sup>179</sup> Siglas en ingles de *Printed Circuit Board*.

<sup>180</sup> largo=115mm; ancho=95 mm.

modernizarla o hacerla capaz de adaptarse a las nuevas invenciones implica la respectiva destrucción de su madera lo cual puede llegar a perjudicarla para siempre si cae en malas manos.

Una implementación presente en este modelo para ampliar la funcionalidad del instrumento, es la del *Switch* selector para el ruteo de señales. Lo interesante no es el hecho de su respectivo acople para controlar las señales de audio en el instrumento sino radica en que el mismo se asienta en una placa de acero; la cual se diseña para permitir el remplazo del mismo ya sea por uno de las mismas características como por otros totalmente diferentes.

**Figura 4.18** Algunos de los tipos de switches existentes el mercado, que pueden implementarse al cuerpo sólido de este modelo particular de guitarra eléctrica



**Fuente:** Autoría

Al tener un *switch* con mayor posibilidad de conexiones, también se pueden controlar e incorporar más circuitos a la guitarra y no se limita la capacidad de experimentación en la misma.

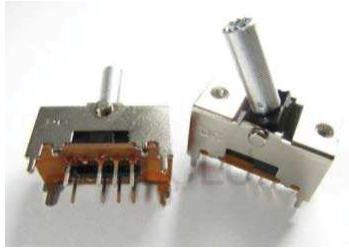
La idea no radica en mantener eternamente los circuitos especiales que se exponen como ejemplo en la tesis sino intercambiarlos a conveniencia. Se sabe que esto es factible, debido a la investigación a lo largo de este tiempo con respecto a los PCB de los efectos más importantes que se utilizan en guitarra eléctrica y que debido a su parecido en diseño con los circuitos especiales que se escogen hasta el momento, garantizan su funcionamiento si se desea realizar su remplazo<sup>181</sup>.

<sup>181</sup> Una fuente bibliográfica fundamental para conocer sobre el funcionamiento de los circuitos en los procesadores de efectos comúnmente apetecidos por muchos guitarristas; es el libro *How to Modify Guitar Pedals* del autor Brian Wampler, el cual facilita bastante cantidad de diagramas esquemáticos entre sus páginas.

Para este plan piloto, se incluye un *Toggle switch* tipo 2P3T con 3 posiciones en su palanca, que cumple la función de selector para el ruteo de señales además de activar las baterías necesarias para la alimentación de los circuitos especiales 1 y 2.

**Figura 4.19** Foto Toggle Switch 2P3T modelo TS23E01

Sus especificaciones pueden encontrarse más adelante en el subtema Tabla de Manufactura utilizada en cada pieza adquirida



**Fuente:** Autoría

Se implementa como extra un *switch* SPST en la estructura del instrumento al cual se lo denomina como Botón de Pánico<sup>182</sup>. En el diseño de la estructura interna cumple con la finalidad de preservar la duración de las baterías que alimentan los circuitos especiales. Se recomienda su activación en caso de no utilizar los mismos, teniendo en cuenta que muchas veces el músico utiliza su instrumento por largas horas. Este mismo *switch* puede descartarse y emplearse en cualquier otra aplicación si es el caso.

**Figura 4.20** RadioShack Illuminated Pushbutton Switch [32]. Se lo usa como “botón de pánico” en el diseño



**Fuente:** Autoría

<sup>182</sup> Así como este término se emplea para bautizar al botón que soluciona problemas de notas estancadas en dispositivos MIDI, en esta tesis se lo emplea para bautizar al botón que soluciona problemas de consumo de las baterías si no están siendo utilizadas por los circuitos.

### g) Circuito Especial 4

Se indica al killswitch como un circuito especial debido a las consideraciones de corte en la guitarra eléctrica que se emplean, además de la correcta lógica en sus conexiones para que este pueda cumplir su función y no presente ruido al momento de su manipulación.

La idea de cortar la señal de audio en cualquier punto de la guitarra puede realizarse en infinidad de lugares a lo largo de sus conexiones pero se coincidiera según la experimentación que cerca al *output jack* permite su facilidad de ubicación entre tanto elemento electrónico, cableado, etc. Se pueden además utilizar infinidad de tipos de switches con los mismos resultados<sup>183</sup>.

Para este modelo de guitarra eléctrica se realiza un diseño de conexiones de acuerdo al *Pushbutton Switch* de la **Figura 4.21**.

**Figura 4.21** SPST Momentary Pushbutton Switch (NA)<sup>184</sup>



Fuente: Autoría

Se lo elige inicialmente por consideraciones estéticas y de acuerdo con esto se experimenta con la mejor forma de incorporarlo al diseño para que cumpla con su función como botón de *killswitch*. La implementación del mismo tal cual se puede apreciar en el esquema de conexiones de la estructura interna garantiza la no existencia de ruido al cortar bruscamente el camino en la señal de audio con este dispositivo.

<sup>183</sup> Todo depende del ingenio de quien lo desee implementar.

<sup>184</sup> Sus dimensiones y especificaciones se encuentran en el subtema Métodos de Fabricación, Tabla de Manufactura utilizada en cada pieza adquirida.

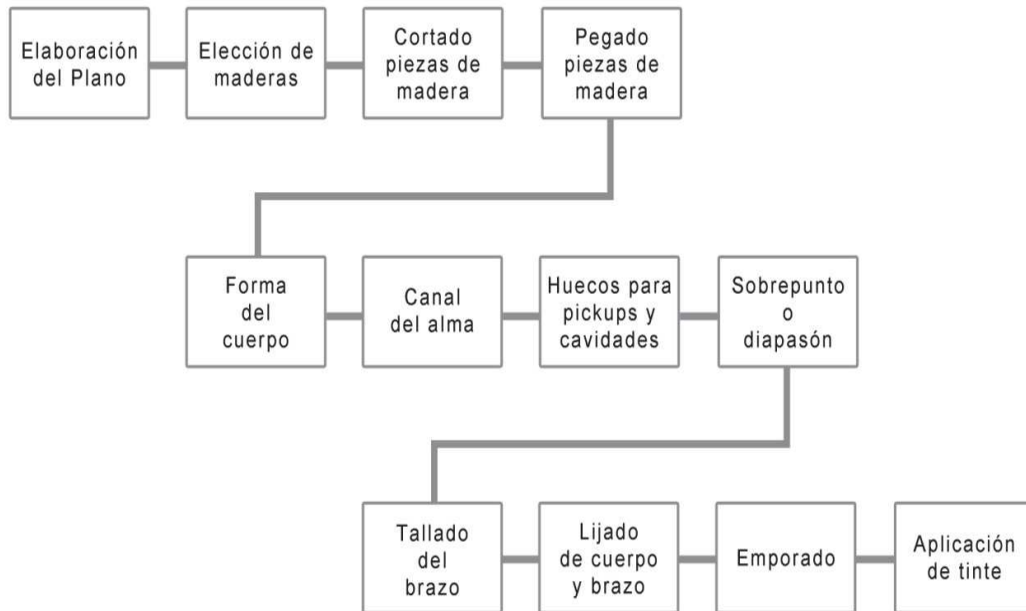


## 4.2 Métodos de Fabricación

### 4.2.1 Proceso de Unión y Corte

**Figura 4.22** Proceso de construcción general del instrumento.

Posteriormente a la aplicación del tinte final, se realiza la instalación del sistema Floyd Rose, las clavijas y las cuerdas



Fuente: Autoría

### 4.2.2 Proceso de Circuitería

La metodología que se explica a continuación se emplea con buenos resultados para llevar a cabo proyectos electrónicos. Seguir el siguiente orden permite optimizar recursos e identificar posibles problemas antes de incurrir en cualquier tipo de gasto y malgastar el tiempo.

1. Se fija un objetivo realizable que será el pilar de sostenimiento durante todo el proceso y de esta forma evitar desviarse del mismo. En este caso lo primordial es llegar a construir cada uno de los circuitos electrónicos para luego implementarlos en la estructura sólida de la guitarra eléctrica sin contratiempo<sup>185</sup>. En este punto es necesario ya tener claro el panorama de las conexiones básicas presentes en el instrumento o ya se debe tener

<sup>185</sup> También es posible ubicar los circuitos que se deseen implementar de forma que se los analice con anticipación.

- conciencia del procedimiento eléctrico necesario para llevar a cabo cualquier nueva idea.
2. Se hace una búsqueda minuciosa de los posibles diagramas esquemáticos que para este caso corresponden al circuito del *Fuzz* y al del *Phaser*.<sup>186</sup> Diseñarlos puede llegar a ser un tema nuevo de tesis debido a la complejidad y el gran tiempo que requiere esta labor además que los resultados pocas veces llegan a ser comparables con aquellos circuitos profesionales que han llevado años enteros de investigación antes de salir al mercado y que sus esquemas pueden ser encontrados en ciertas bibliografías. Realizar este proceso no implica ningún problema con respecto a los derechos de autor de cada diseño ya que se sobreentiende que esta tesis no tiene ningún fin comercial a más que el fin experimental. Al ya tenerlos como referencia, se realiza el diseño propio para implementarlos de acuerdo con las necesidades de cada circuito y a la realidad de conexiones internas en el instrumento. Esto implica además del estudio de sus dimensiones reales.
  3. Se simula cada uno de los circuitos. Este paso se lo puede hacer físicamente utilizando un Protoboard –aunque implica un gasto innecesario de componentes electrónicos en caso del no funcionamiento del circuito diseñado o encontrado- o mediante un Software o Programa en la computadora que realice esta función. Este último procedimiento es el más acertado ya que si no se logra el correcto funcionamiento de los mismos, no se desperdician recursos y en el caso de obtener un resultado positivo, mediante la utilización del mismo programa se puede fácilmente pasar al siguiente paso.
  4. Se elabora el PCB de cada circuito. Para esto se utiliza a la aplicación Ares que se encuentra dentro del *software* Proteus utilizado en la simulación. Es aquí en donde se considera seriamente las dimensiones de los componentes a utilizar y el espacio físico destinado a la ubicación final de los mismos.

---

<sup>186</sup> Existen gran cantidad de esquemas en internet para construir cualquier variedad de efectos pero muchos de estos no han sido probados o provienen de fuentes no muy confiables. Para solucionar este problema se recurre al libro "*Electronic Projects for Musicians*" de Craig Anderton, lo cual garantiza su construcción y funcionamiento (acople correcto de impedancias y voltajes dentro de los rangos para instrumentos eléctricos).

5. Se realiza la respectiva compra de los componentes electrónicos presentes en cada circuito que posteriormente serán soldados a su correspondiente placa impresa o PCB.
6. Se hacen las mediciones reales de los circuitos y se apuntan sus resultados.<sup>187</sup> No siempre los valores obtenidos en la simulación llegan a coincidir al 100% con los valores que se obtienen en la práctica; debido a esto la importancia de este paso.

Una vez que se cumplen con los pasos anteriores sin excepción alguna, ya se puede pensar en la implementación del diseño físico correspondiente a la estructura interna para posteriormente adaptar los resultados en el diseño de la estructura externa, es decir; ubicar todo dentro de las cavidades reservadas para los controladores y circuitos especiales.

Es importante la utilización de los planos tanto de la parte frontal como de la parte trasera de la guitarra eléctrica para llevar siempre un control real sobre las distancias de cableado que se necesitan en el proceso además de tener presente el esquema de conexiones que ya desde el segundo paso se diseña en papel. Previo a la inclusión de todos los circuitos que se encuentran probados; es preferible realizar una última simulación de la conexión general con papel y lápiz si se cuenta con el tiempo necesario. Se debe recordar que esto evita incurrir en el método de prueba-error que muchas veces desgasta los componentes tanto de la estructura interna como la estructura externa de la guitarra eléctrica.

Llevar un orden marca la diferenciación entre un trabajo profesional y uno amateur. Los pequeños detalles como el uso de diferentes colores para la diferenciación de los cables (rojos para cables portadores de señal, negros para cables de conexiones a tierra, transparentes para cables de conexiones básicas de la guitarra eléctrica) son además de aciertos estéticos, factores que ayudan a no errar y ganar tiempo en caso de revisión o ***troubleshooting***<sup>188</sup>.

---

<sup>187</sup> Estos se encuentran debidamente ubicados dentro del capítulo IV, Diseño Estructura Interna.

<sup>188</sup> Palabra en inglés que se refiere al proceso de buscar el origen de un problema con la finalidad de resolverlo.

Se puede también variar con las dimensiones de los cables para un mismo resultado<sup>189</sup>.




Al final del proceso de circuitería además de las pruebas que se realizan se debe revisar que todos los elementos como perillas, borneras, tornillos o sujeciones de los circuitos estén firmes. La vibración del cuerpo al tocar el instrumento produce el movimiento de los mismos si no se encuentran correctamente asegurados.

#### 4.2.3 Tabla de Manufactura Utilizada en cada pieza adquirida (fabricantes)

##### *Pickups:*

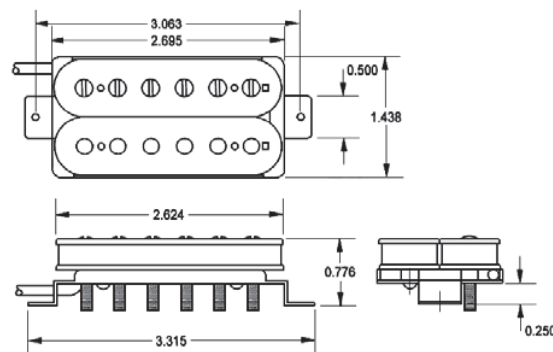
##### **SEYMOUR DUNCAN, Pearly Gates SH-PG1**

Tabla 4.5 SEYMOUR DUNCAN, Pearly Gates SH-PG1

Model	Category	DC Resistance	Resonant Peak	EQ	Magnet	Cable	Output	User	Type
SHPG-1	Seymour Duncan Humbuckers & Trembuckers	Neck: 7.3 k Bridge: 8.35 k	Neck: 7.5 KHz Bridge: 6.5 KHz	9/5/6 (Treb / Mid / Bass)	Alnico II Bar	Four Con	 Moderate	 Players' Pick	 Hum-Cancelling

Fuente: Autoría

Figura 4.23 SEYMOUR DUNCAN, Pearly Gates SH-PG1






Fuente: Seymour Duncan. (2011). *Pearly Gates SH-PG1*. [en línea]. Disponible en: <http://www.seymourduncan.com/products/dimensionpages/shpg1.shtml>

<sup>189</sup> En muchos diseños se omite la importancia de los cables que se utilizan y se los minimiza erradamente. Como se puede ver anteriormente, estos pueden influenciar en la capacitancia total de un sistema como la guitarra eléctrica al punto de alterar la frecuencia de resonancia de su señal de audio si se habla más técnicamente. El respeto hacia estos elementos de una cadena debe siempre estar presente ya que sin ellos además no existiría la verdadera comunicación entre componentes.

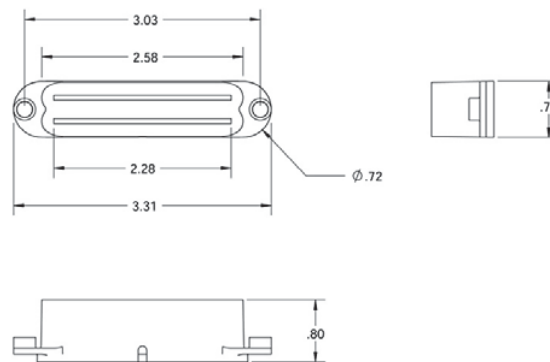
## SEYMOUR DUNCAN, *Hot Rails SHR-1*

Tabla 4.6 SEYMOUR DUNCAN, Hot Rails SHR-1

Model	Category	DC Resistance	Resonant Peak	EQ	Magnet	Cable	Output	User	Type
SHR-1	Seymour Duncan Pickups for Strat Single Coil-Sized Humbuckers	Neck: 10.8 k Bridge: 16.9 k	Neck: 4.8 KHz Bridge: 3.5 KHz	4 / 7 / 5 (Treb / Mid / Bass)	Ceramic Bar	Four Con	 High	 Players' Pick	 Hum-Cancelling

Fuente: Autoría

Figura 4.24 SEYMOUR DUNCAN, Hot Rails SHR-1

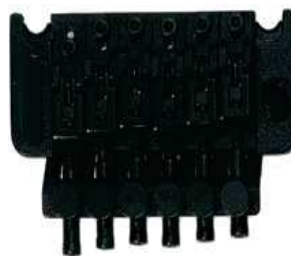


Fuente: Seymour Duncan. (2011). *Hot Rails SHR-1*. [en línea]. Disponible en:  
[http://www.seymourduncan.com/products/dimensionpages/hot\\_rails.shtml](http://www.seymourduncan.com/products/dimensionpages/hot_rails.shtml)

## Licensed Floyd Rose:

### MIGHTY MITE, MMBL002B Floyd Rose Style Bridge

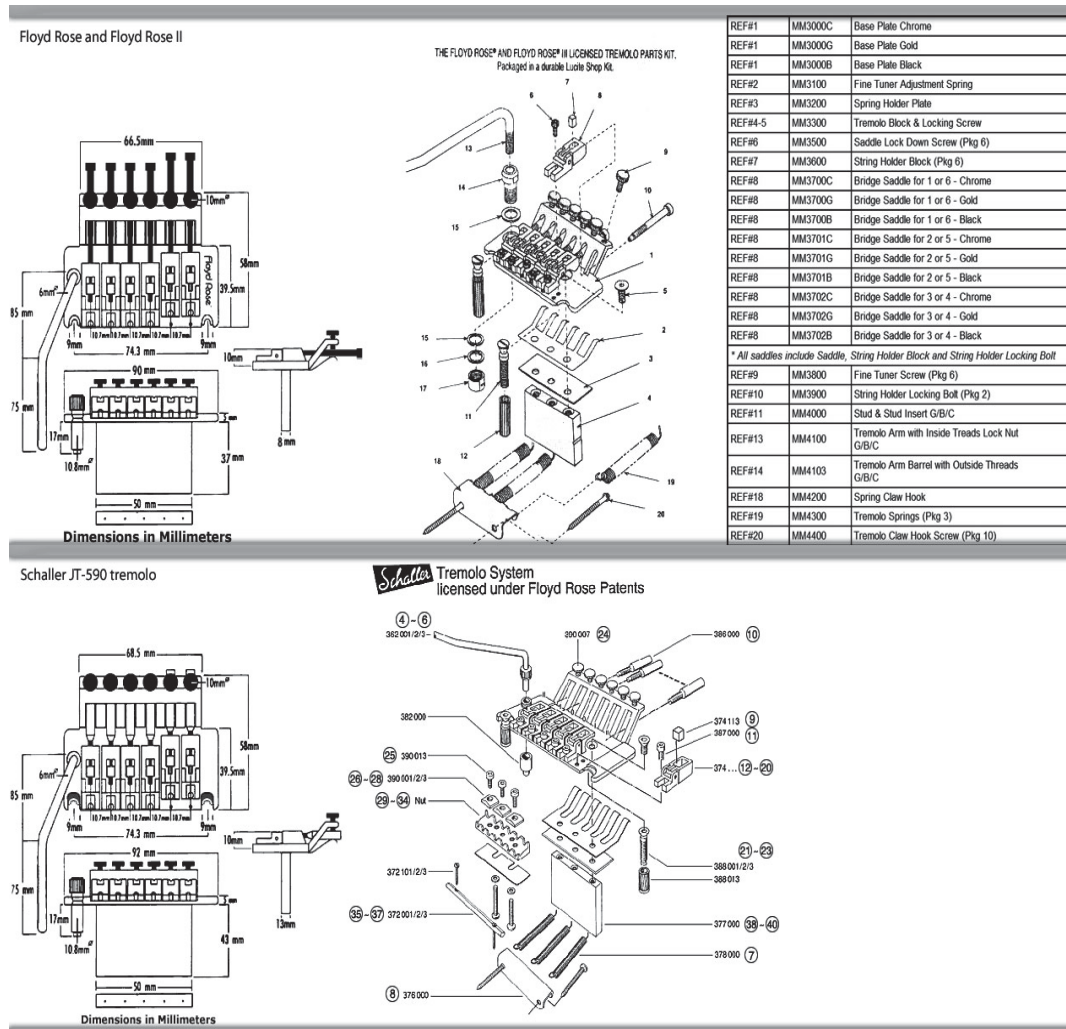
Figura 4.25 MIGHTY MITE, MMBL002B Floyd Rose Style Bridge



Fuente: Mighty Mite. (2011). *MMBL002B Floyd Rose Style Bridge*. [en línea]. Disponible en:  
[http://mightymite.com/Licensed\\_Floyd\\_Rose\\_Bridges.html](http://mightymite.com/Licensed_Floyd_Rose_Bridges.html)

Sus dimensiones no son otorgadas por el fabricante, pero se emplean las de otros modelos similares. Estas no varían significativamente entre distintos tipos como puede apreciarse en la siguiente figura.

**Figura 4.26** Útiles dimensiones con relación al sistema Lincensed Floyd Rose MMBL002B marca MIGHTY MITE  
 Dos tipos de Floyd Rose marca Schaeffer los cuales permiten apreciar la similitud en dimensiones. El tipo **Licensed Floyd Rose** que se emplea en la tesis coincide con el primero en medidas.



Fuente: Autoría

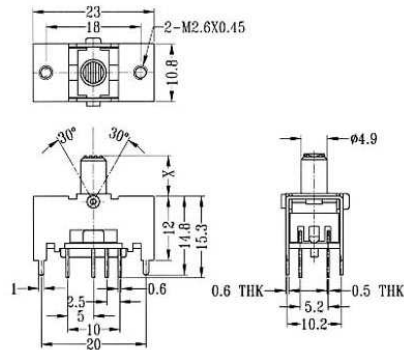
El kit completo incluye:

*Licensed Floyd Rose* con su palanca, Cejilla, piezas de anclaje y extras<sup>190</sup>.

<sup>190</sup> 4 resortes de trémolo con sus 2 tornillos de anclaje, llave inglesa, 2 llaves Allen o llaves hexagonales.

### TOGGLE SWITCH tipo 2P3T de 3 posiciones en su palanca, modelo TS23E01:

Figura 4.27 TOGGLE SWITCH tipo 2P3T de 3 posiciones en su palanca, modelo TS23E01



Fuente: Autoría

**Rating:** 0.3A 30V DC

**Contact Resistance:** 30m ohm max.

**Insulation Resistance:** 100M ohm min. of 500V DC

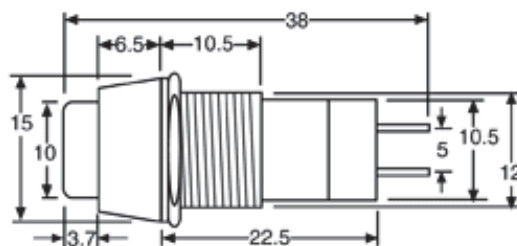
**Withstand Voltage:** 500 V AC/1 minute

**Timing:** Not specified

**Switching Life:** 10,000 cycles

### NA MOMENTARY PUSH BUTTON SWITCH tipo SPST:

Figura 4.28 NA MOMENTARY PUSH BUTTON SWITCH tipo SPST



Fuente: Volt Electronics Superstores. (s.f.). 250V 3A N/O Momentary Push Button Switch With Red Cap. [en línea]. Disponible en: <http://www.voltelectronics.co.nz/hardware/switches/pushbutton-switches/250v-3a-n-o-momentary-push-button-switch-with-red-cap.html>

**Contact rating:** 3A @ 250V AC

**Mounting Hole Diameter:** 12mm

## 4.3 Herramientas de Diseño

### 4.3.1 Ensayos o Pruebas no destructivas

#### 4.3.1.1 Potenciómetro de Volumen

Tranquilamente se podría conectar directamente una pastilla o *pickup* de la guitarra eléctrica a su respectivo conector de salida y evitar cualquier tipo de pérdidas en su señal de AC (señal original casi al 100%). El problema es que su característica tímbrica- si se la escucha de alguna forma evitando cualquier tipo de modificación en la misma- llega a ser definida como muy brillante en términos sicoacústicos, además del hecho de no poder ser controlada según las necesidades. Es por esto que se implementa primero el potenciómetro de volumen que no es más que una resistencia variable con un cierto valor en ohmios ( $\Omega$ ) ubicado en paralelo al *pickup* para controlar su nivel y posteriormente se implementa un potenciómetro de tono que permite filtrar las respectivas frecuencias agudas que ocasionan el exceso de brillantez.

Previamente ya se estudió el comportamiento del *pickup* en conjunto con un potenciómetro de volumen como se muestra en la **Figura 2.18**<sup>191</sup> pero se lo podría simplificar (descartando L y C por el momento) para obtener otro circuito más elemental. De esta forma únicamente se facilita la explicación práctica de lo que sucede con respecto al voltaje de salida al variar el valor de la resistencia del potenciómetro de volumen y se evitan cálculos con números complejos propios de un circuito RLC que presenta impedancias<sup>192</sup>.

La implementación del potenciómetro de tono se omite también del cálculo.

---

<sup>191</sup> Circuito R-L-C Equivalente de un *pickup single coil*.

<sup>192</sup> Esto con el fin de hacer más fácil la explicación del circuito.

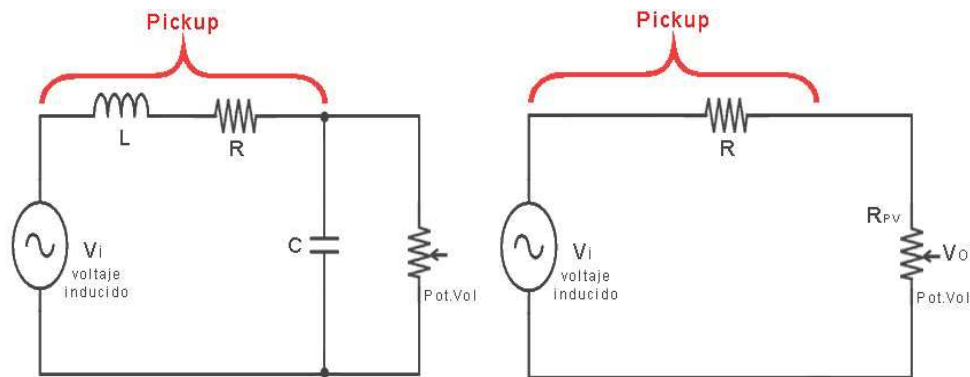


**Figura 4.29** Circuito R-L-C Equivalente de un pickup single coil y su simplificación

A la izquierda **Figura 2.18** y su simplificación a la derecha para entender lo que sucede -mediante análisis numéricos- al variar el valor de resistencia del potenciómetro de volumen (Pot.Vol). Respectivamente

$$V_R = \frac{R}{R+R_{PV}} V_i \quad ;$$

$$V_{R_{PV}} = \frac{R_{PV}}{R_{PV}+R} V_i$$



Fuente: Autoría

En el caso de conectar al *pickup* directamente al conector de salida en la guitarra (no se emplea ningún potenciómetro de volumen o carga) se lograría que el Voltaje inducido ( $V_i$ ) sea igual al Voltaje de salida ( $V_o$ ), es decir;  $V_i = V_o$ . Pero obteniendo como resultado lo que se menciona al inicio de este tema; un sonido muy brillante característico de los pickups o transductores de guitarra eléctrica.

En cambio si se implementa el criterio presente en gran cantidad de bibliografías, el cual sugiere que  $R_{PV}$  sea 10 veces más grande que  $R$ , sucede lo siguiente:

Si  $V_o = \frac{R_{PV}}{R_{PV}+R} V_i$  ; y  $R_{PV} = 10R$  ; entonces  $V_o = \frac{10R}{10R+R} V_i$

$$V_o = \frac{10R}{10R+R} V_i \quad \Rightarrow \quad V_o = \frac{10\cancel{R}}{\cancel{R}(10+1)} V_i$$

$$V_o = \frac{10}{11} V_i \quad \Rightarrow \quad V_o = 0.909090 V_i$$

Para que  $V_o = V_i$  ;  $V_o$  tiene que llegar a valer 1.

La respuesta anterior quiere decir que  $V_o$  es el 91% de  $V_i$ . Por lo tanto al final se perdería el 9% de la señal de AC original. Considerando que la señal de AC

transducida por un *pickup* es pequeña (en el orden de los mv) esta pérdida es significativa.

Debido a esto se considera como criterio ya por muchos años, implementar valores más grandes para  $R_{PV}$  con respecto a  $R$  o **resistencia DC** de un *pickup*. Tales como 250k $\Omega$ , 500k $\Omega$  con el fin de que está pérdida disminuya.

Se pueden dar valores al circuito de la **Figura 4.29** para hacer esta demostración fácilmente entendible.

- ♦ En el caso que  $R=4.35\text{ k}\Omega$  y  $R_{PV}=10$  veces  $R$ , es decir 43.5 k $\Omega$

$$V_0 = \frac{R_{PV}}{R_{PV}+R} V_i \implies V_0 = \frac{43.5\text{k}}{43.5\text{k}+4.35\text{k}} V_i \implies V_0 = \frac{43.5\text{k}}{\text{k}(43.5+4.35)} V_i$$

$$V_0 = \frac{43.5}{47.85} V_i$$

$$V_0 = 0.909090 V_i$$

- ♦ En el caso que  $R=4.35\text{ k}\Omega$  y  $R_{PV}=250\text{ k}\Omega$

$$V_0 = \frac{R_{PV}}{R_{PV}+R} V_i \implies V_0 = \frac{250\text{k}}{250\text{k}+4.35\text{k}} V_i \implies V_0 = \frac{250\text{k}}{\text{k}(250+4.35)} V_i$$

$$V_0 = \frac{250}{254.35} V_i$$

$$V_0 = 0.982897 V_i$$

- ♦ En el caso que  $R=4.35\text{ k}\Omega$  y  $R_{PV}=500\text{ k}\Omega$

$$V_0 = \frac{R_{PV}}{R_{PV}+R} V_i \implies V_0 = \frac{500\text{k}}{500\text{k}+4.35\text{k}} V_i \implies V_0 = \frac{500\text{k}}{\text{k}(500+4.35)} V_i$$

$$V_0 = \frac{500}{504.35} V_i$$

$$V_0 = 0.991375 V_i$$

En cada caso se pierde después del potenciómetro de volumen; el 9%, el 2% y el 1% de la señal de AC original respectivamente. Las frecuencias que se ven afectadas son las más altas entre mayor pérdida exista.

**En resumen:** al aumentar el valor del potenciómetro de volumen, existe menor pérdida de la señal original transducida por un *pickup* en donde  $V_o$  o  $V_{RPV}$  tiende a ser igual que  $V_i$ .

Esto evita que existan pérdidas de la señal de AC después del potenciómetro de volumen que corresponde a la desaparición sobre todo de frecuencias altas.

Una vez que se ingresa la inductancia y capacitancia propias del *pickup*; aparece una frecuencia de resonancia característica de los circuitos RLC. Las mismas consideraciones con respecto al cambio de valores en el potenciómetro se aplican para el voltaje de salida de este nuevo circuito.

### 4.3.1.2 Frecuencia de Resonancia Circuito RLC

Esta es la llamada frecuencia de resonancia o *Resonant Peak* que se encuentra dentro de ciertas especificaciones de *pickups* y que su conocimiento otorga una idea clara sobre la característica de transducción que tendrá un *pickup*. Para entenderla de mejor manera se recurre al análisis gráfico obtenido mediante la simulación del circuito de la **Figura 4.30** en el *software* de National Instruments Multisim.

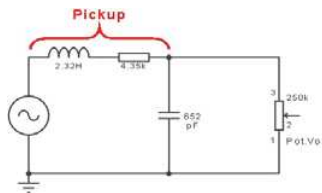


Figura 4.30 Simulaciones Frecuencia de Resonancia Circuito RLC

Gráfico 1

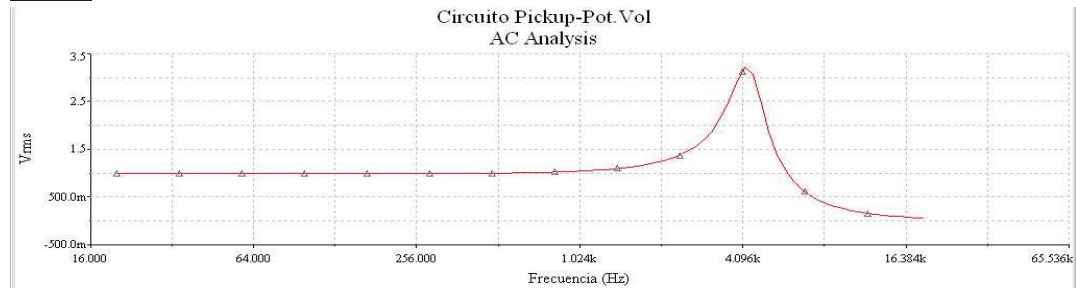


Gráfico 2

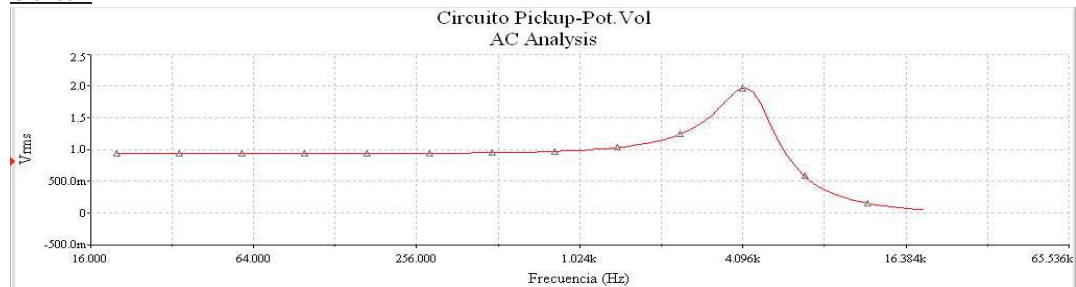
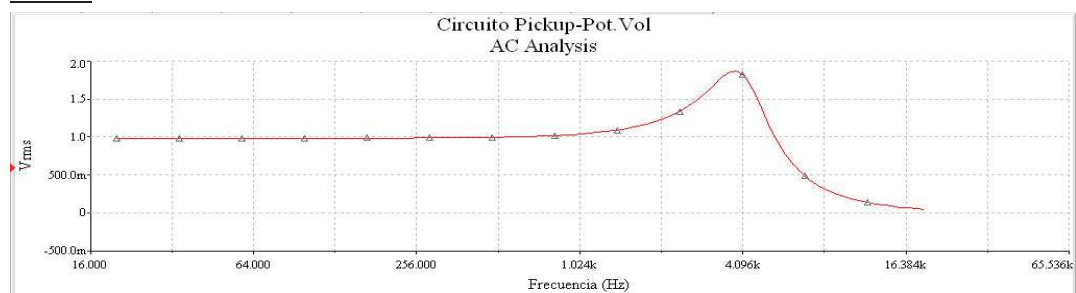


Gráfico 3



Fuente: Autoría

Al inicio, se tiene al Gráfico 1 de la frecuencia de resonancia en un *pickup single coil* con su respectivo circuito equivalente y valores hipotéticos empleados en el mismo<sup>193</sup>; esta se encuentra aproximadamente por los 4.1 KHz y una magnitud casi 3.5 veces mayor a las demás frecuencias ubicadas por debajo de la misma, que se mantienen alrededor de 1 volt RMS como ejemplo. Las frecuencias mayores a la frecuencia de resonancia son cortadas o filtradas abruptamente. En este primer gráfico se puede entender la idea general sobre la influencia de esta frecuencia de resonancia en el proceso de transducción del *pickup*. Se visualiza como el rango de frecuencias muy cercanas a la frecuencia de resonancia se amplifican, mientras que las frecuencias sobre la misma son cortadas y las que están bajo la misma se transducen sin modificación alguna. A continuación se evidencia el Gráfico 2 de la frecuencia de resonancia del mismo *pickup single coil* si se le modifica únicamente su Resistencia DC a 16 K $\Omega$ <sup>194</sup>; su **Resonance peak** o frecuencia de resonancia se mantiene de igual forma por los 4.1 KHz pero su magnitud o  $V_{rms}$  baja únicamente a ser 2 veces mayor, con respecto al anterior gráfico, que las demás frecuencias que se encuentran debajo de ella. El corte de las frecuencias que se encuentran sobre la frecuencia de resonancia sigue siendo abrupto; esto es una característica como se puede apreciar de este tipo de circuitos. Al final se presenta el Gráfico 3 en el cuál se conservan los valores del circuito equivalente inicial pero con la diferencia que se modifica únicamente la inductancia y capacitancia de forma aleatoria ( $L=5H$  y  $C=300pF$ ); llevar estos a mayores valores extremos trasladan la frecuencia de resonancia del circuito hacia la izquierda además de su respectiva variación de magnitud<sup>195</sup>.

---

<sup>193</sup> Estos son obtenidos del libro "*Engineering the Guitar, Theory and Practice*" de Richard Mark French en donde se emplea como ejemplo de valores en un *single coil*;  $R= 4350 \Omega$ ,  $L= 2.32 H$ ,  $C= 652 pF$ . Se utilizan los mismos para lograr realizar esta simulación en base al trabajo e investigación realizados por este autor de igual forma en el tema. El valor de 250k para el potenciómetro de volumen se emplea por decisión del autor. En este circuito no se incluye aún al potenciómetro de tono.

<sup>194</sup> Esta modificación solo con propósitos teóricos para entender la idea general. En la práctica si se desea llegar a cambiar este valor en el *pickup*, implica las respectivas alteraciones tanto en la capacitancia e inductancia del mismo.

<sup>195</sup> Una de las técnicas que se emplean para lograr este fenómeno es mediante la implementación de un potenciómetro de tono como se analiza posteriormente.

Claramente se puede ver que al modificar preferiblemente los valores de inductancia  $L$  y de capacitancia  $C$  en el circuito, la frecuencia de resonancia en Hertz además de su amplitud en voltz se modifica. Esta inductancia y capacitancia fácilmente se duplica en el caso de los *pickups humbuckers* o ciertos modelos de *pickups single coil* que presentan mayor cantidad de alambre bobinado y justifica la argumentación de sus fabricantes los cuales garantizan que debido a esta construcción su frecuencia de resonancia o **resonant peak** baja. Cuando se modifica únicamente su Resistencia DC - Gráfico 2- por más que se le otorguen valores extremadamente altos, la frecuencia de resonancia en el circuito no se desplaza pero si se ve modificada en su magnitud que representa la altura de su *peak*. Pensar que el valor de  $R$  o resistencia DC otorgado por los mismos es el que garantiza el conocimiento al 100% de las características de un *pickup* puede llegar a ser erróneo ya que como se puede demostrar en esta simulación, todos los demás componentes (inductancia, capacitancia) del circuito son los responsables del traslado de la frecuencia de resonancia del primer gráfico hacia otro valor en hertz del tercer gráfico con su respectivo cambio de amplitud en volts<sup>196</sup>.

Consecuentemente el mercado o consumidor general percibe a los *humbuckers* y a los *single coil* cuya frecuencia de resonancia es más baja como menos brillosos. Vale recalcar que al decir baja no se debe entender con frecuencias ubicadas en las bandas graves sino simplemente en frecuencias anteriores a la frecuencia de resonancia del primer gráfico. El fenómeno sicoacústico correspondiente hace pensar que existe en todo este proceso una amplificación de frecuencias graves las cuales son notoriamente más presentes en los *humbuckers* o *single coil* con frecuencias de resonancia bajas, pero se puede ver en los dos gráficos que en ningún momento las frecuencias graves se alzaron o modificaron. Debido a esto se inicia comentando que es un

---

<sup>196</sup> El valor de resistencia DC otorgado por los fabricantes, únicamente puede servir para entender en algunos casos, que entre mayor sea el mismo, ha existido una mayor cantidad de vueltas de alambre para formar la bobina de un *pickup* y por ende debido a esto; también ha aumentado su inductancia y capacitancia respectivamente. No se encuentra fácilmente una especificación completa por parte de los fabricantes que indiquen valores para los últimos. No se puede generalizar como en muchas bibliografías que todos los *humbuckers* sean menos brillosos y que presenten mayor realce de bajos con respecto a los *single coil*, ya que existen modelos de los últimos en el mercado cuya frecuencia de resonancia también es baja.

fenómeno sicoacústico; el mismo ocurre cuando se tienen frecuencias graves y agudas con la misma cantidad energética. Si en las frecuencias agudas se reduce su cantidad energética por más que no se topan a las frecuencias graves se percibe como que las últimas fueron misteriosamente amplificadas.

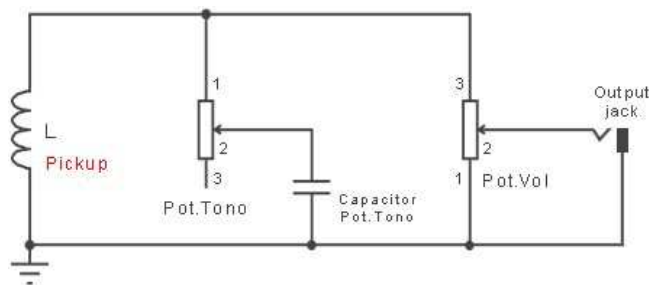
**En Resumen:** se simula y verifica la información otorgada por los fabricantes de *pickups* o por experimentadores empíricos del tema, quienes aseguran que generalmente entre más vueltas de alambre mayor será el valor de resistencia DC lo que ocasiona un aumento de señal AC a la salida del *pickup* y lo que ocasiona una pérdida de frecuencias agudas ocasionando una sensación sicoacústica en donde las frecuencias bajas se realzan. Obviamente si se dan más vueltas al cable de una bobina tanto su inductancia como su capacitancia - valores únicamente culpables para la considerable modificación de una frecuencia de resonancia en un circuito RLC- llegan a aumentar además de la resistencia DC del *pickup*, al aumentar las primeras se verifica que la frecuencia de resonancia cambia disminuyendo tanto en frecuencia como en amplitud lo que ocasiona el realce sicoacústico de frecuencias graves las cuales aprovechan este fenómeno para aclararse.

### 4.3.1.3 Potenciómetro de Tono

Se hacen dos simulaciones o pruebas no destructivas para comprender la forma como el potenciómetro de tono trabaja para realizar su denominado “efecto de filtro pasa bajos”<sup>197</sup>.

Con la finalidad de simplificar estas pruebas, se utiliza la misma **Figura 4.30** pero se descartan por el momento la resistencia R y capacitancia C propias del *pickup*. Al *pickup* se le conecta en paralelo un potenciómetro de tono y se mantiene al potenciómetro de volumen de tal forma que se llegue a representar una de las conexiones más básicas presentes en la implementación real de este componente electrónico dentro de una guitarra eléctrica. **Figura 4.31**.

**Figura 4.31** Diagrama esquemático de la conexión de un potenciómetro de tono con respecto a un pickup, a un potenciómetro de volumen y a un conector de salida u output jack en una guitarra eléctrica.



Fuente: Autoría

Para las simulaciones, se envía un barrido de frecuencias de 20 Hz- 20 KHz. Independientemente, la magnitud en cada una de las frecuencias es de 1 volt rms. Se emplea la opción de análisis AC en el *software* Multisim; la cual es ubicada virtualmente para recibir la misma señal de AC que llegaría al conector de salida de la **Figura 4.31**.

<sup>197</sup> Si bien cumple con las características de un filtro pasabajos (filtra frecuencias agudas), se puede ver en las figuras que además amplifica un cierto rango de frecuencias (frecuencias muy próximas a la frecuencia de resonancia). En este por sus características tan particulares se puede apreciar que la frecuencia de resonancia se comporta como una frecuencia de corte en donde las frecuencias sobre la misma son filtradas y las frecuencias por debajo de ella se mantienen con la misma magnitud. Por esta última característica no se lo podría catalogar tampoco como un verdadero filtro pasabanda. Por conveniencia en la tesis, se lo piensa como una combinación de los dos tipos de filtros y no se lo categoriza como en muchas bibliografías que hablan sobre este tema.

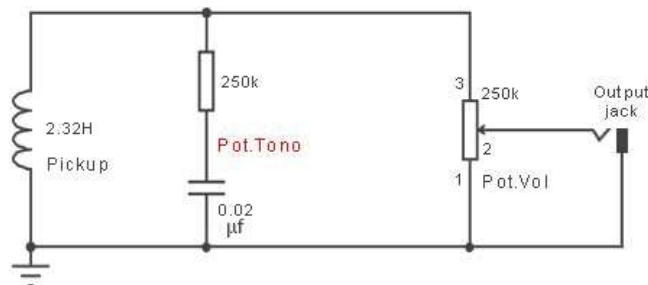


A la inductancia  $L$  del pickup se le da un valor constante de 2.32 Henrios para las dos pruebas<sup>198</sup>. El valor inicialmente del potenciómetro de tono o **Pot.Tono** y el valor del potenciómetro de volumen o **Pot.Vol** es de 250k $\Omega$ . El valor del capacitor será puesto a prueba pero se parte con uno de 0.020  $\mu\text{F}$ .

Se debe recordar que el potenciómetro de tono al ser una resistencia variable, puede ser alterado en un rango de 250k $\Omega$ , 500 k $\Omega$ , dependiendo del valor del potenciómetro (máxima posición en sentido horario de su respectivo mando giratorio) hasta 0 $\Omega$  (máxima posición en sentido anti horario de su respectivo mando giratorio).<sup>199</sup>

La primera simulación se realiza al asumir el caso –posición del mando giratorio en máximo sentido horario- por lo que el potenciómetro de tono podría reemplazarse por un equivalente tal cual se aprecia a continuación:

**Figura 4.32** Equivalente Potenciómetro de tono cuando se tiene su mando giratorio en máximo sentido horario



Fuente: Autoría

Muchas personas piensan que al tener el potenciómetro de tono totalmente en dirección horaria, no existe pérdida alguna de frecuencias lo cual no es totalmente cierto. Ya desde el momento que se emplea un capacitor en conjunto con el potenciómetro de tono se da un filtraje de frecuencias aunque por el hecho de estar en un rango de frecuencias altas<sup>200</sup>, este llega a ser casi imperceptible.

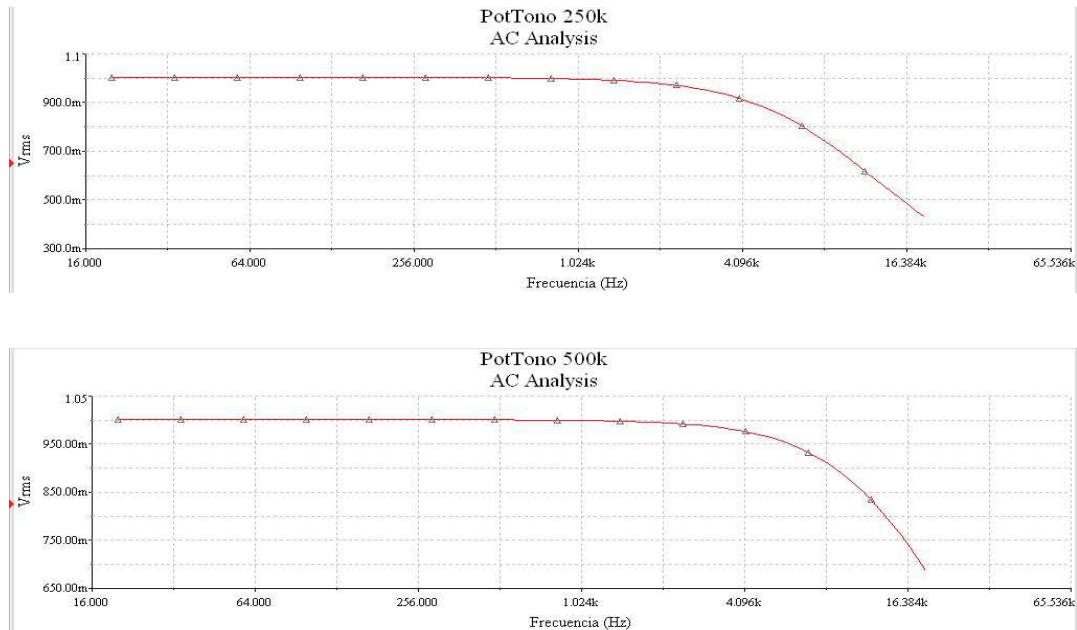
<sup>198</sup> Ya que no se llega a conseguir esta especificación exacta para cualquiera de los modelos de *pickups* que se emplean en la tesis. Un valor de 2.32 henrios se considera como un valor casi medio de Inductancia de acuerdo a otros *pickups* en el mercado que si cuentan con este dato además que permite poder comparar con los datos que se utilizan para el tema anterior.

<sup>199</sup> Esta lógica se cumple si se respetan la numeración de las conexiones que se tienen en las figuras.

<sup>200</sup> Las cuales muchas veces ya son filtradas previamente en la relación *pickup*- potenciómetro de volumen.

Como se observa en la **Figura 4.33** el filtraje se va perdiendo entre más alto sea el valor en  $\omega$  del potenciómetro de tono y de volumen.

**Figura 4.33** Frecuencias que son filtradas indirectamente por un capacitor de 0.020 del potenciómetro de tono

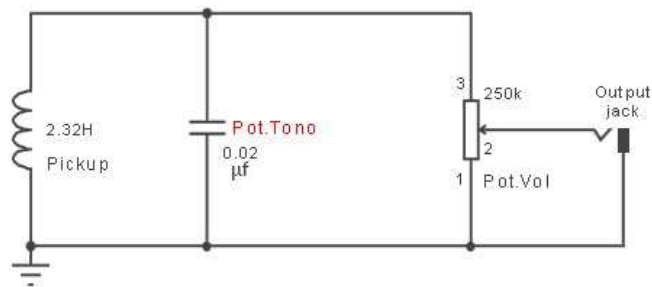


**Fuente:** Autoría

Entre más alto sea su valor de resistencia se evidencia un menor filtraje sobretodo en altas frecuencias hasta llegar a un punto en donde no ocurre este fenómeno (valor de resistencia por ejemplo de 1 T $\omega$  si se desea teóricamente exagerar un poco).

La segunda simulación, corresponde al momento en que se mueve el mando giratorio del potenciómetro de tono en sentido anti horario. El mismo se comporta como un cable sin resistencia alguna (0  $\omega$ ), así que sale del circuito como se puede apreciar a continuación:

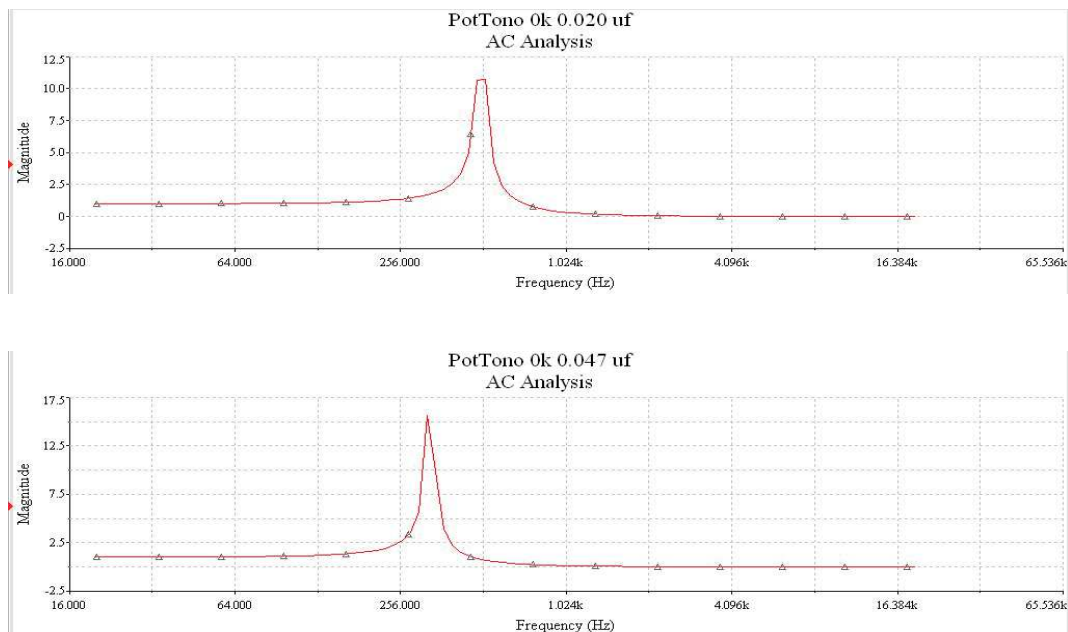
**Figura 4.34** Equivalente Potenciómetro de tono cuando se tiene su mando giratorio en máximo sentido antihorario  
 Todas las frecuencias sobre una cierta frecuencia de resonancia se filtran a tierra gracias al capacitor. Las demás continúan hacia el respectivo Pot.Vol



Fuente: Autoría

En este circuito es más fácil calcular su frecuencia de resonancia mediante una fórmula matemática<sup>201</sup> ya que se comporta con las mismas consideraciones que un circuito RLC. Sin embargo se incluye en la siguiente **Figura 4.35** los resultados gráficos que se obtienen en la simulación.

**Figura 4.35** Frecuencia de resonancia tanto para un capacitor de 0.020µf como para uno de 0.047µf  
 En ellos se puede apreciar como la misma se desplaza a frecuencias más bajas entre mayor sea el valor del capacitor



Fuente: Autoría

<sup>201</sup>  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ; Fórmula frecuencia de resonancia para este tipo de circuitos en donde; L es la inductancia en Henrios del *pickup*; C es el valor en faradios del capacitor para el potenciómetro de tono.

**En Resumen:** los valores que se pueden modificar para llegar a variar en realidad una frecuencia de resonancia en el circuito *pickup*, potenciómetro de tono, potenciómetro de volumen y conector de salida en la guitarra eléctrica –lo cual altera en verdad el timbre de este instrumento- se demuestra son los siguientes:

Valor de impedancia y valor de capacitancia del *pickup*, valor del capacitor que se usa a la par con el potenciómetro de tono y por último si se quiere llegar a un punto más exagerado en pos de modificar su timbre se puede hasta probar con diferentes cables de salida a un sistema externo (amplificador, consola) debido a que los mismos presentan valores extras de capacitancia que influenciarán de alguna forma al circuito.

Si bien es cierto, al modificar los valores de resistencia de cada componente (potenciómetro de tono y volumen) se puede alterar de igual forma el timbre del instrumento, no se llega a variar una frecuencia de resonancia en Hertz de su circuito. Existe un cambio de timbre más que todo por la pérdida de señal al implementar cargas menores<sup>202</sup> como se demuestra anteriormente, lo que genera un fenómeno sicoacústico asociada a la pérdida de brillos -frecuencias altas-.

---

<sup>202</sup> Estas no permiten cumplir con criterios correctos para el acoplamiento de impedancias.

## 5. CAPÍTULO V

### 5.1 Factores de Éxito del Estudio

Desde su primer etapa, el diseño se piensa para ser lo más funcional posible y permite realizar gran cantidad de conexiones sin la necesidad de cambiar de instrumento. Pensar de esta forma ha permitido que durante todo este proceso, según la experiencia adquirida se vaya implementando nuevas ideas en su estructura hasta el punto que se presenta en la tesis.

Si bien a las empresas más famosas de guitarras eléctricas no les conviene implementar un modelo único con gran adaptabilidad, al punto que llegue a remplazar por su funcionalidad a otros de sus modelos más famoso en ventas; se puede de acuerdo con el conocimiento y al deseo de seguir experimentado con nuevas combinaciones implementar un diseño que brinde la posibilidad de aprovechar realmente al instrumento y conocerlo.

Solamente si se analiza al diseño de la estructura interna hasta su quinta etapa (potenciómetro de tono), se puede fácilmente comprender que gracias a los selectores de bobinas para cada *pickup* se llega a obtener gran contenido de características tímbricas de acuerdo con la bobina que funcione como transductor. El *switch* selector de *pickups* posibilita el aumento de las mismas que se obtienen a lo largo del instrumento y el potenciómetro de tono, que inclusive puede ser adaptado a otros sistemas con mayor cantidad de capacitores en el mismo, permite obtener otra nueva característica tonal en la señal de la guitarra eléctrica.

Si se dan números sueltos, únicamente para esta etapa se puede llegar a obtener aproximadamente 21 diferentes timbres del instrumento a lo largo del mismo, mediante sus combinaciones con sus controladores asociados.

Esto no es todo; como su diseño se realiza inicialmente para la inclusión de circuitos especiales, a todo el proceso anterior se lo puede modular de acuerdo con el circuito que se utilice tanto como SC1 o como SC2. Se tiene la opción de

ampliar el sistema ya que su *switch* de ruteo de señales puede ser fácilmente descartable si se está en la capacidad de implementar otros circuitos controlados con un *switch* más amplio.

Por último y lo más importante, es el hecho que se cuenta internamente con el espacio suficiente y los controladores necesarios para seguir ampliando sus posibilidades y no limitarse a la experimentación sin descuidar el valor estético del mismo.

## **6. CAPÍTULO VI**

### **6.1 Conclusiones y Recomendaciones:**

La elaboración de este capítulo se basa completamente en la experiencia que se obtiene durante este proceso investigativo. Mucho de lo que se expone a continuación forma parte de las conclusiones y el resumen que indirectamente se construyen en cada tema analizado.

Es un gusto llegar al final del trabajo con la conciencia del arduo trabajo realizado y es más placentero poder otorgar un aporte escrito sobre la forma de indagar en un instrumento musical tan completo. Se considera que es una obra de arte y se incrementa el cariño que se tiene hacia el mismo, además de la verdadera concientización sobre la ciencia que hay detrás de la construcción bien fundamentada de instrumentos.

La teoría aprendida durante estos años en la carrera de Ingeniería de Sonido y Acústica, ha sido una herramienta base para ir adentrándose en estos nuevos procesos, sin temor al desentendimiento de los mismos. Se tiene en cuenta que para llegar a ser un completo erudito del tema, la experiencia de muchos años venideros es necesaria.

Con respecto a la posibilidad de incluir circuitos especiales en la guitarra eléctrica, se demuestra que es factible y a la vez se puede llevar un orden que influencia notoriamente en la apariencia física externa del instrumento. Un diseño a más de ser funcional debe ser atractivo a la vista, por lo cual se tuvo siempre en mente su resultado estético.

#### **Tema de la madera:**

1. Gracias a las consideraciones expuestas en el marco teórico, existen ciertas ventajas que facilitan el proceso de construcción en la estructura externa y se listan a continuación:

- ◆ Aumento de resistencia mecánica en las piezas que presenta este material además que las mismas son más fáciles de trabajar para generar consecuentemente una mayor productividad.
  - ◆ Se puede garantizar que la madera empleada es más resistente al ataque de insectos o pudrición.
  - ◆ Los procesos de lijado, acabado, pintado llegan a realizarse fácil y uniformemente.
2. Realizar pruebas que garanticen la influencia notoria de un tipo de madera sobre las propiedades tímbricas de un instrumento, es una tarea muy compleja de comprobar debido a su característica heterogénea. Por lo tanto no se puede creer al 100% la información o criterios de muchas personas que garantizan un sonido particular de la guitarra eléctrica mediante el uso de ciertas maderas en específico. La realidad es que bastantes empresas constructoras de guitarras, si han tenido que cambiar de especie, no lo han hecho justificando un asunto tímbrico, mas bien lo hacen por el encarecimiento y sobrexplotación de la misma como materia prima. En el Ecuador existen gran cantidad de especies las cuales seguramente pueden remplazar a las opciones comerciales más populares a nivel mundial, pero son desaprovechadas por la falta de experimentación y conocimiento en el medio.
3. Se debe pensar en la misma como un elemento más de un sistema llamado guitarra eléctrica. Si bien tiene injerencia en el asunto mecánico, no se puede olvidar que el resultado tímbrico final es producto de su combinación con respecto a los demás elementos electrónicos.
4. Conocer la forma de trabajarla además de su respectiva teoría, permite orientar la construcción para conseguir un instrumento de calidad superior y alargar el tiempo de vida útil con respecto a los modelos comerciales que se construyen en serie. Lo último se aplica en cualquier aspecto del mercado,



debido a que ninguna empresa le conviene fabricar cosas que duren por mucho tiempo.

### **Tema electrónico:**

1. Demostrar y simular el fenómeno de resonancia que ocurre en los *pickups* tanto en estado natural o cuando se les incluye cargas como el potenciómetro de volumen o más aún el potenciómetro de tono, ayuda a comprender las verdaderas características asociadas de transducción, lo cual permite una construcción de varias decisiones fundamentadas si se quiere llegar a predecir o mejor aún llegar a diseñar un sonido que caracterice a este instrumento. Es necesario familiarizarse auditivamente con el timbre característico de la guitarra eléctrica sobre todo para tener un criterio bien formado al hacer comparaciones experimentales de sus variables acústicas.
2. Llevar una metodología como la que se presenta en el proceso de circuitería ayuda a evitar posibles errores en proyectos electrónicos y de esta manera se evita incurrir en costos según un método de prueba y error.
3. Se reitera que los conocimientos electrónicos son una herramienta fundamental para un ingeniero de sonido y acústica que permiten lograr un mayor campo de experimentación sin la necesidad de caer en reglas impartidas de forma empírica o por los mismos fabricantes.

### **Tema diseño:**

1. Si no se estudian los conceptos teóricos más básicos con respecto a este instrumento, difícilmente se puede llegar a entender las nuevas implementaciones que existen en el mercado lo cual se traduce en un diseño desactualizado.
2. Las soluciones rápidas y exactas son sinónimo de un buen conocimiento teórico sobre el diseño. En este proceso llegan a existir tantos

inconvenientes que únicamente se logran solucionar gracias al manejo correcto de la misma.

3. El análisis individual de las piezas mecánicas y de los fenómenos físicos presentes en este diseño permite ampliar los criterios y buscar nuevas soluciones. Si se invierte el tiempo en la investigación de los mismos, cuando se los incluye al diseño se puede obtener su máximo provecho además de acomodarlos de tal forma que lleguen a satisfacer ciertos casos particulares.
4. Diseñar y construir un instrumento personalizado es la mejor forma de conocerlo.

## Referencias

- [1] Doktorski, H. (s.f.). *Taxonomy of Musical Instruments*. [en línea]. Disponible en: <http://www.ksanti.net/free-reed/description/taxonomy.html>
- [2] Hititas. (2008). [en línea]. Disponible en: <http://hititasteam.blogspot.com/>
- [3] Ariel Ltda (Ed.). (1976). *Mitos y leyendas griegas*. (1a. ed.). Guayaquil: Biblioteca Fundamental Ariel.
- [4] Instrumento de Cuerda. (2011). [en línea]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Instrumento\\_de\\_cuerda](http://es.wikipedia.org/wiki/Instrumento_de_cuerda)
- [5] The Beatles. (2011). [en línea]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/The\\_Beatles](http://es.wikipedia.org/wiki/The_Beatles)
- [6] Warren, H.G (Ed.). (2001). *The Rolling Stones Encyclopedia of Rock & Roll*. (3rd. ed.). New York: Fireside.
- [7] Cutchin, R. (Ed.). (2008). *The Definitive Guitar Handbook*. (1st. ed.). London: Flame Tree Publishing.
- [8] Constante Elástica. (2011). [en línea]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Constante\\_el%C3%A1stica](http://es.wikipedia.org/wiki/Constante_el%C3%A1stica)
- [9] Real Academia Española. (1992). *Diccionario de la Lengua Española*. (21a. ed.). España: Real Academia Española.
- [10] Real Academia Española. (1992). *Diccionario de la Lengua Española*. (21a. ed.). España: Real Academia Española.
- [11] Real Academia Española. (1992). *Diccionario de la Lengua Española*. (21a. ed.). España: Real Academia Española.
- [12] Manual de Tecnología de la madera. (2011). Quito: Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional, curso de Tecnología de la Madera.
- [13] Manual de Tecnología de la madera. (2011). Quito: Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional, curso de Tecnología de la Madera.
- [14] Bravo, N. (s.f.). *Manual para la identificación de maderas forestales*. [en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos75/manual-identificacion-maderas-forestales/manual-identificacion-maderas-forestales2.shtml>

- [15] Erazo Cavero, Jorge (2005). *Instrumentos musicales de cuerda*. Monografía de XXVI curso de titulación, Asociación de Maestros Artesanos de la Madera y Conexos de Pichincha, Quito.
- [16] Neck-through. (2011). [en línea]. Disponible en:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Neck-through>
- [17] Salvat (Ed.). (1972). *Diccionario Enciclopedia Salvat* (tomo 6). Barcelona: Salvat Editores, S.A.
- [18] Serway, R.A. y Beichner, R.J. (2002). *Física para Ciencias e Ingeniería*. (5a. ed.). México: McGraw- Hill.
- [19] Electromagnetism 6: Induction. (2007). [video en línea]. Disponible en:  
<http://www.youtube.com/watch?v=VPxdI1zpcC8>
- [20] Conceptos de Overdrive, Distorsión y Fuzz. (2010). Quito: Universidad de las Américas, guía del curso Electroacústica II.
- [21] Miyara, F. (2003). *Acústica y Sistemas de Sonido*. (3a. ed.). Rosario: UNR Editora.
- [22] Salvat (Ed.). (1975). *La Electrónica* (tomo 99). Barcelona: Salvat Editores, S.A.
- [23] Electrónica Unicrom. (s.f.). *Clasificación (tipos) de resistencias/resistores*. [en línea]. Disponible en:  
[http://www.unicrom.com/Tut\\_clasificacion\\_resistencias.asp](http://www.unicrom.com/Tut_clasificacion_resistencias.asp)
- [24] Gonzales, A.F. (s.f.). *Capacitores Parte 1*. [pdf en línea]. Disponible en:  
[www.frm.utn.edu.ar/tecnologiae/apuntes/capacitores\\_partel.pdf](http://www.frm.utn.edu.ar/tecnologiae/apuntes/capacitores_partel.pdf)
- [25] Salvat (Ed.). (1975). *La Electrónica* (tomo 99). Barcelona: Salvat Editores, S.A.
- [26] Intelscope. (2010). *Transistores*. [video en línea]. Disponible en:  
<http://www.youtube.com/watch?v=gFoNv1jHxJo>
- [27] Lemme, Helmut, E.W. (2009). *The Secrets of Electric Guitar Pickups*. [en línea]. Disponible en: <http://buildyourguitar.com/resources/lemme>
- [28] Manual de Tecnología Especialidad. (2011). Quito: Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional, curso de Operaciones con Herramientas Manuales y Uniones y Ensamblados I, II.

- [29] Stewart-MacDonald. (2011). *Fret Position Calculator*. [software en línea]. Disponible en: <http://www.stewmac.com>
- [30] Seymour Duncan. (2007). *1 Single Coil, 1 Volume, 1 Tone Schematic*. [en línea]. Disponible en: [http://www.seymourduncan.com/support/wiring-diagrams/schematics.php?schematic=1singlecoil\\_1vol\\_1tone](http://www.seymourduncan.com/support/wiring-diagrams/schematics.php?schematic=1singlecoil_1vol_1tone)
- [31] DIY Guitar Mods. (s.f.). *Custom Guitar Varitone*. [en línea]. Disponible en: <http://www.diyguitarmods.com/custom-varitone-wiring.php>
- [32] Radioshack. (2011). *SPST 10A 12VDC Illuminated Push Button Switch with Red LED*. [catálogo en línea]. Disponible en: <http://www.radioshack.com/product/index.jsp?productId=2909787>

## Anexos:

### Anexo 1

#### ♦ Tablas y Figuras

Tabla I Resultados cálculos distancia de trastes con Longitud de escala de 625 mm

Longitud Escala de 625 mm, 25 Trastes		
Traste #	Distancia desde Cejilla	Distancia de traste a traste
1	35,079 mm	35,079 mm (cejilla-1)
2	68,188 mm	33,109 mm (1-2)
3	99,440 mm	31,252 mm (2-3)
4	128,937 mm	29,497 mm (3-4)
5	156,779 mm	27,842 mm (4-5)
6	183,058 mm	26,279 mm (5-6)
7	207,863 mm	24,805 mm (6-7)
8	231,275 mm	23,412 mm (7-8)
9	253,373 mm	22,098 mm (8-9)
10	274,231 mm	20,858 mm (9-10)
11	293,918 mm	19,687 mm (10-11)
12	312,500 mm	18,582 mm (11-12)
13	330,039 mm	17,539 mm (12-13)
14	346,594 mm	16,555 mm (13-14)
15	362,220 mm	15,626 mm (14-15)
16	376,969 mm	14,749 mm (15-16)
17	390,890 mm	13,921 mm (16-17)
18	404,029 mm	13,139 mm (17-18)
19	416,431 mm	12,402 mm (18-19)
20	428,137 mm	11,706 mm (19-20)
21	439,186 mm	11,049 mm (20-21)
22	449,615 mm	10,429 mm (21-22)
23	459,459 mm	9,844 mm (22-23)
24	468,750 mm	9,291 mm (23-24)
25	477,520 mm	8,770 mm (24-25)

Fuente: Autoría

Tabla II Notas musicales y su respectivo valor en hertz dentro del rango dinámico de audición del ser humano. Aquellos valores resaltados corresponden a la nota y su valor en hertz de la afinación estándar en una guitarra

E <sub>0</sub>	20.602	E <sub>3</sub>	164.81	E <sub>6</sub>	1318.5	E <sub>9</sub>	10548
F <sub>0</sub>	21.827	F <sub>3</sub>	174.61	F <sub>6</sub>	1396.9	F <sub>9</sub>	11175
	23.125		185.00		1480.0		11840
G <sub>0</sub>	24.500	G <sub>3</sub>	196.00	G <sub>6</sub>	1568.0	G <sub>9</sub>	12544
	25.957		207.65		1661.2		13290
A <sub>0</sub>	27.500	A <sub>3</sub>	220.00	A <sub>6</sub>	1760.0	A <sub>9</sub>	14080
	29.135		233.08		1864.7		14917
B <sub>0</sub>	30.868	B <sub>3</sub>	246.94	B <sub>6</sub>	1975.5	B <sub>9</sub>	15804
C <sub>1</sub>	32.703	C <sub>4</sub>	261.63	C <sub>7</sub>	2093.0	C <sub>10</sub>	16744
	34.648		277.18		2217.5		17740
D <sub>1</sub>	36.708	D <sub>4</sub>	293.66	D <sub>7</sub>	2349.3	D <sub>10</sub>	18795
	38.891		311.13		2489.0		19912
E <sub>1</sub>	41.203	E <sub>4</sub>	329.63	E <sub>7</sub>	2637.0	E <sub>10</sub>	21096
F <sub>1</sub>	43.654	F <sub>4</sub>	349.23	F <sub>7</sub>	2793.8		
	46.249		369.99		2960.0		
G <sub>1</sub>	48.999	G <sub>4</sub>	392.00	G <sub>7</sub>	3136.0		
	51.913		415.30		3322.4		
A <sub>1</sub>	55.000	A <sub>4</sub>	440.00	A <sub>7</sub>	3520.0		
	58.270		466.16		3729.3		
B <sub>1</sub>	61.735	B <sub>4</sub>	493.88	B <sub>7</sub>	3951.1		
C <sub>2</sub>	65.406	C <sub>5</sub>	523.25	C <sub>8</sub>	4186.0		
	69.296		554.37		4434.9		
D <sub>2</sub>	73.416	D <sub>5</sub>	587.33	D <sub>8</sub>	4698.6		
	77.782		622.25		4978.0		
E <sub>2</sub>	82.407	E <sub>5</sub>	659.26	E <sub>8</sub>	5274.0		
F <sub>2</sub>	87.307	F <sub>5</sub>	698.46	F <sub>8</sub>	5587.7		
	92.499		739.99		5919.9		
G <sub>2</sub>	97.999	G <sub>5</sub>	783.99	G <sub>8</sub>	6271.9		
	103.83		830.61		6644.9		
A <sub>2</sub>	110.00	A <sub>5</sub>	880.00	A <sub>8</sub>	7040.0		
	116.54		932.33		7458.6		
B <sub>2</sub>	123.47	B <sub>5</sub>	987.77	B <sub>8</sub>	7902.1		
C <sub>3</sub>	130.81	C <sub>6</sub>	1046.5	C <sub>9</sub>	8372.0		
	138.59		1108.7		8869.8		
D <sub>3</sub>	146.83	D <sub>6</sub>	1174.7	D <sub>9</sub>	9397.3		
	155.56		1244.5		9956.0		

Fuente: Mark, R. (2009). *Engineering the Guitar*. (1st. ed.). New York: Springer

Figura I Notas que se obtienen en la guitarra según la ubicación donde se asiente la cuerda en el alambre del traste

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>I</b>	E <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	F# <sub>4</sub> Gb <sub>4</sub>	G <sub>4</sub>	G# <sub>4</sub> Ab <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	A# <sub>4</sub> Bb <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C# <sub>5</sub> Db <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>	D# <sub>5</sub> Eb <sub>5</sub>	E <sub>5</sub>	F <sub>5</sub>	F# <sub>5</sub> Gb <sub>5</sub>	G <sub>5</sub>	G# <sub>5</sub> Ab <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>	A# <sub>5</sub> Bb <sub>5</sub>	B <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C# <sub>6</sub> Db <sub>6</sub>	D <sub>6</sub>	D# <sub>6</sub> Eb <sub>6</sub>	E <sub>6</sub>
<b>II</b>	B <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C# <sub>4</sub> Db <sub>4</sub>	D <sub>4</sub>	D# <sub>4</sub> Eb <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	F# <sub>4</sub> Gb <sub>4</sub>	G <sub>4</sub>	G# <sub>4</sub> Ab <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	A# <sub>4</sub> Bb <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C# <sub>5</sub> Db <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>	D# <sub>5</sub> Eb <sub>5</sub>	E <sub>5</sub>	F <sub>5</sub>	F# <sub>5</sub> Gb <sub>5</sub>	G <sub>5</sub>	G# <sub>5</sub> Ab <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>	A# <sub>5</sub> Bb <sub>5</sub>	B <sub>5</sub>
<b>III</b>	G <sub>3</sub>	G# <sub>3</sub> Ab <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A# <sub>3</sub> Bb <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C# <sub>4</sub> Db <sub>4</sub>	D <sub>4</sub>	D# <sub>4</sub> Eb <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	F# <sub>4</sub> Gb <sub>4</sub>	G <sub>4</sub>	G# <sub>4</sub> Ab <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	A# <sub>4</sub> Bb <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C# <sub>5</sub> Db <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>	D# <sub>5</sub> Eb <sub>5</sub>	E <sub>5</sub>	F <sub>5</sub>	F# <sub>5</sub> Gb <sub>5</sub>	G <sub>5</sub>
<b>IV</b>	D <sub>3</sub>	D# <sub>3</sub> Eb <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	F# <sub>3</sub> Gb <sub>3</sub>	G <sub>3</sub>	G# <sub>3</sub> Ab <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A# <sub>3</sub> Bb <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C# <sub>4</sub> Db <sub>4</sub>	D <sub>4</sub>	D# <sub>4</sub> Eb <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	F# <sub>4</sub> Gb <sub>4</sub>	G <sub>4</sub>	G# <sub>4</sub> Ab <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	A# <sub>4</sub> Bb <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C# <sub>5</sub> Db <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>
<b>V</b>	A <sub>2</sub>	A# <sub>2</sub> Bb <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C# <sub>3</sub> Db <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	D# <sub>3</sub> Eb <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	F# <sub>3</sub> Gb <sub>3</sub>	G <sub>3</sub>	G# <sub>3</sub> Ab <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A# <sub>3</sub> Bb <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C# <sub>4</sub> Db <sub>4</sub>	D <sub>4</sub>	D# <sub>4</sub> Eb <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	F# <sub>4</sub> Gb <sub>4</sub>	G <sub>4</sub>	G# <sub>4</sub> Ab <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>
<b>VI</b>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	F# <sub>2</sub> Gb <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	G# <sub>2</sub> Ab <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A# <sub>2</sub> Bb <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C# <sub>3</sub> Db <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	D# <sub>3</sub> Eb <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	F# <sub>3</sub> Gb <sub>3</sub>	G <sub>3</sub>	G# <sub>3</sub> Ab <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A# <sub>3</sub> Bb <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C# <sub>4</sub> Db <sub>4</sub>	D <sub>4</sub>	D# <sub>4</sub> Eb <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>

Fuente: Autoría

## Anexo 2

### ♣ Gastos del Proyecto

Tabla III Gastos componentes electrónicos importados

Tienda: Newark's Electronics

Nombre - Identificación	Cantidad	Pr. Total
IC RC4136N	5	6,15
Optocoupler VTL5C3	8	60,00
Optoisolator NSL32	8	20,16
Cargos Envío extranjero		25,65
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>111,96</b>

Fuente: Autoría

Tabla IV Gastos componentes guitarra eléctrica importados

Tienda: Stewart MacDonald

Nombre - Identificación	Cantidad	Pr. Total
Knob 6mm Shaft	12	28,08
Volume Knob (Black metal cap)	4	14,24
Tone Knob (Black metal cap)	2	7,12
Cargos Envío extranjero		21,75
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>71,19</b>

Fuente: Autoría

Tabla V Gastos componentes Electrónicos

Nombre - Identificación	Cantidad	Pr. Total
Switch SP- ST 2 posiciones	1	0,52
Switch 2P - 3T	1	0,18
Switch 1P- 3T	1	0,50
Switch 1P- 3T	3	0,60
Switch pulsador 2P	1	0,31
Switch pulsador W/led 12V	1	2,69
Switch pulsador W/led red	1	1,88
Switch pulsador / redondo	1	0,35
Switch pulsador	1	0,60
Switch llave vertical	1	1,20
Switch pulsador	1	2,29
Mini toggle SP-ST	2	0,60
Mini toggle 2P- 3T	3	1,74
Capacitor .001 $\mu$ F 50V ceramico	3	0,12
Capacitor .01 $\mu$ F 50V MLR	6	0,90
Capacitor .22 $\mu$ F 100V MLR	4	2,40
Capacitor 2.2 $\mu$ F 50V 105° ELECTROLITICO	3	0,18
Capacitor 10 $\mu$ F 16V ELECTROLITICO	6	0,36
IC 4558	4	25,92
IC Socket 14 pines	4	0,60
Resistencias	3	0,03
Diodos	1	0,05
Zocalo de 8	1	0,06
Potenciómetro 10K simple	3	1,88
Jack mono 1/4	3	2,14
Bornera 2 patas (pequeña)	1	0,20
Bornera 2 patas (pequeña)	1	0,18
Bornera de 2 patas	10	2,00
Bornera de 3 patas	10	2,50
Baquelitas 10x15	2	2,60
Hojas azul PCB	2	5,70
Conector Bateria	5	0,70
Bateria Alcalina de 9V	3	9,30
Cable MT 2X20	1m	0,40
Cable Mt audio	1m	0,45
Cable parlante # 24 R/N	2m	0,30
Cable parlante # 18 transparente	4m	1,20
Cable parlante # 20 R/N	2m	0,40
Broca 1/32"	3	0,90
Broca 1.0 mm	3	0,90
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>75,83</b>

Fuente: Autoría

Tabla VI Gastos componentes guitarra eléctrica

Nombre - Identificación	Cantidad	Pr. Total
Potenciómetro 250K $\Omega$ Dimarzio	4	36,00
Switch 5P Dimarzio	1	13,00
Jack 1/4 mono Dimarzio	1	6,00
Floy Rose Licensed Mighty Mite /MMBL002B	1	90,00
Pickup Seymour Duncan Hot Rails SHR-1n	1	45,00
Pickup Seymour Duncan Hot Rails SHR-1b	1	45,00
Pickup Seymour Duncan Pearly Gates SH-PG1B	1	117,50
Set Sperzel 3+3 T/L Black (clavijas)	1	80,00
Set botones Gibson	1	12,00
Straps Guiatarra	1	15,00
Marco Pickup Seymour Duncan PG	1	6,00
Placa switch ruteo de señales	1	10,00
Plastico- Acrílico tapa posterior	1	7,00
ghs electris Nickel Rockers by Eric Johnson	1	10,00
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>447,50</b>

Fuente: Autoría



**Tabla VII** Gastos cursos – seminarios

Institución	Nombre curso	# de cursos aprobados	Pr. Total
Amatic Technology	Curso Circuitos Impresos	1 módulo	95,00
SECAP	Tecnología de la madera	5 módulo	150,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>245,00</b>

Fuente: Autoría

**Tabla VIII** Gastos mano de obra guitarra eléctrica

Luthier	Detalle Piezas elaboradas	Pr. Total
Jorge Erazo Cavero	Proceso de unión y corte	900,00
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>900,00</b>

Fuente: Autoría

**Tabla IX** Gastos extras diseño y construcción

Nombre - Identificación	Cantidad	Pr. Total
Pega especial metales	1	4,41
Materiales varios PACO		23,04
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>27,45</b>

Fuente: Autoría

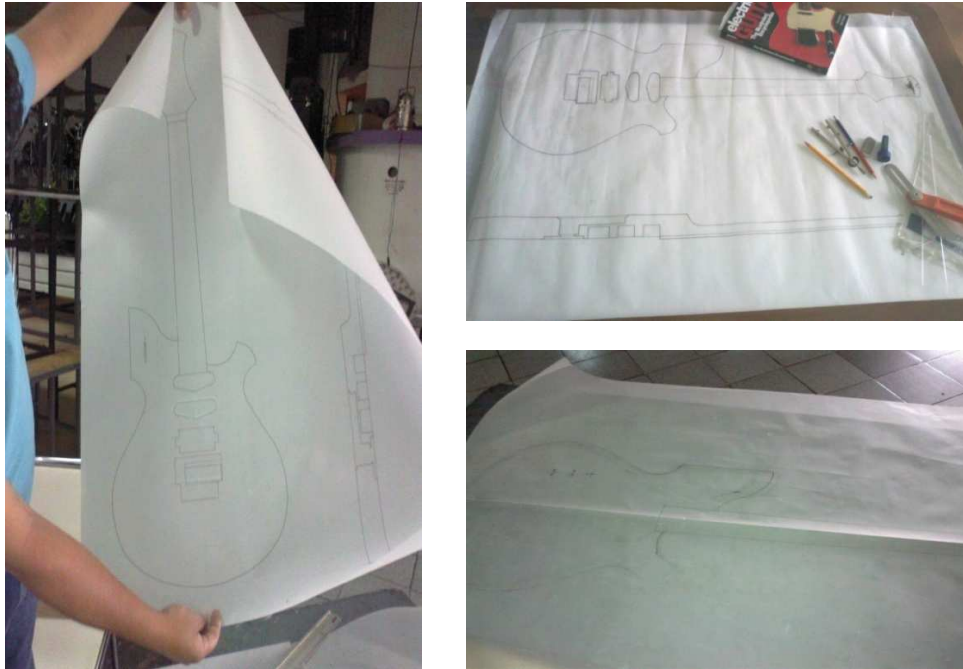
**Tabla X** Gastos totales Diseño y Construcción de una guitarra eléctrica con circuitos especiales

DETALLE	SUB TOTALES
Componentes Electrónicos	75,83
Componentes Guitarra Eléctrica	447,50
Componentes Electrónicos Importados	111,96
Componentes Guitarra Importados	71,19
Cursos - Seminarios	245,00
Mano de Obra Guitarra Eléctrica	900,00
Extras	27,45
<b>TOTAL</b>	<b>1878,93</b>

Fuente: Autoría

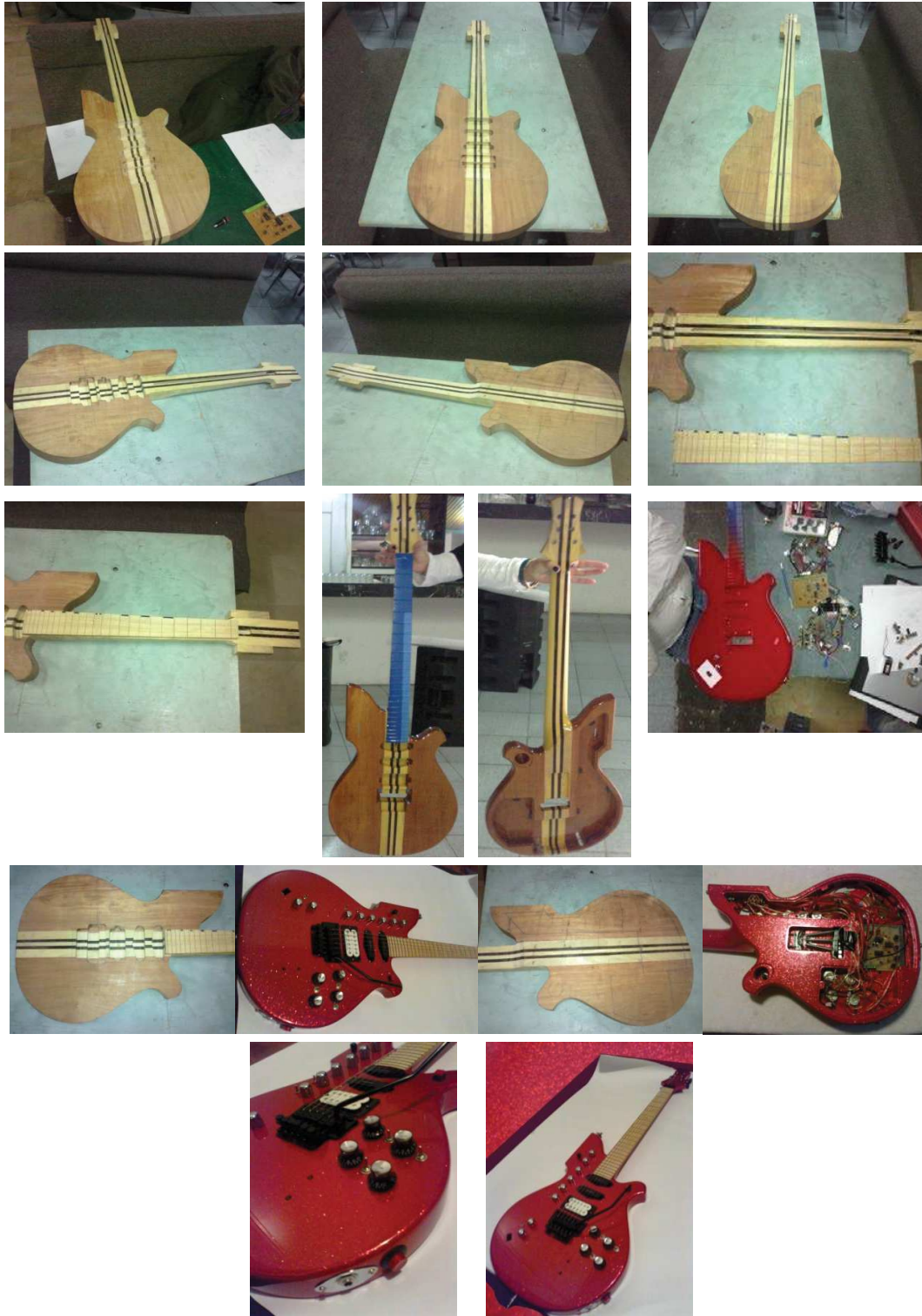
## Anexo 3

## ◆ Evidencias Fotográficas

**Figura II** Elaboración del Plano. Diseño del modelo de Guitarra Eléctrica Dínamo S. P

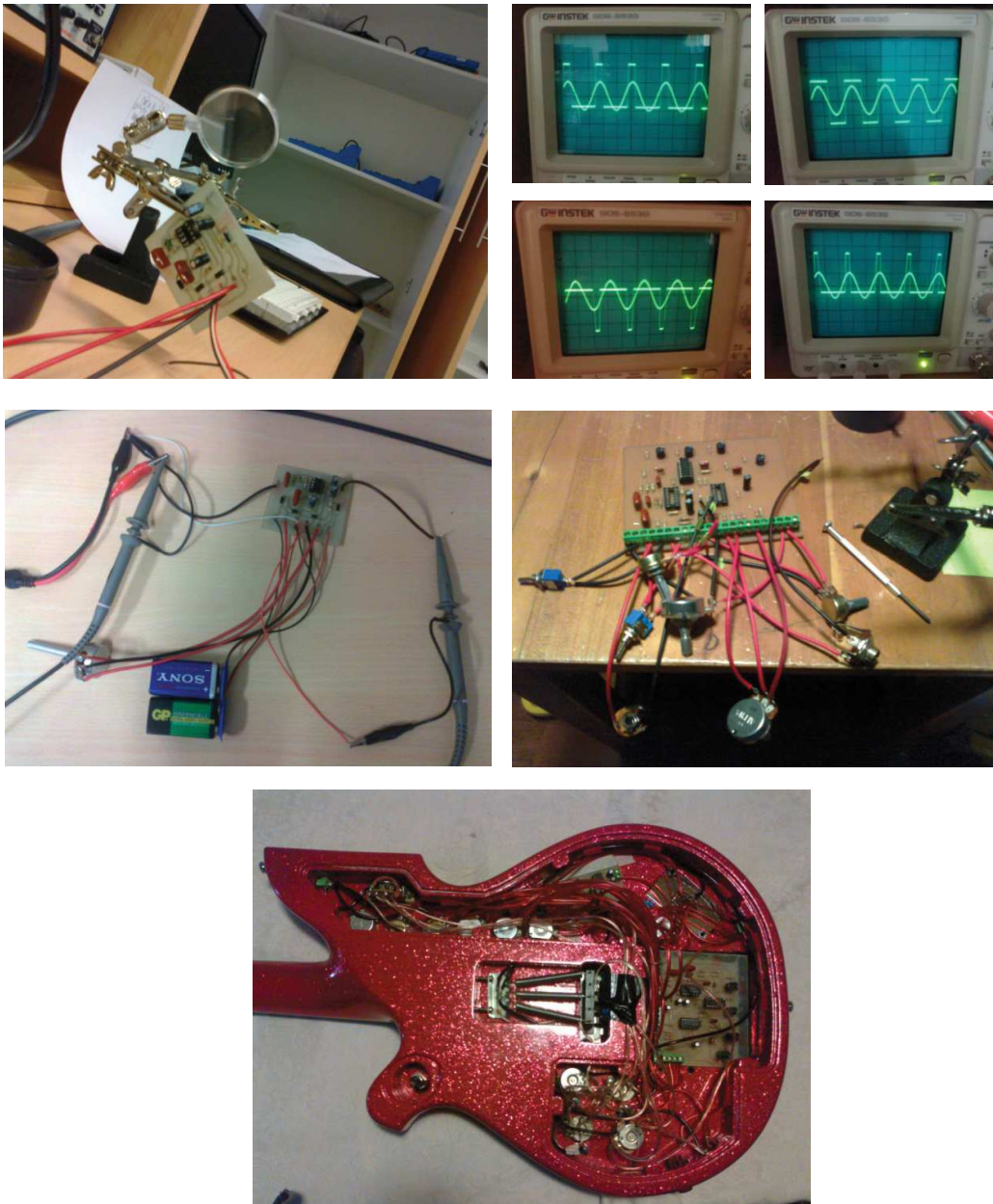
**Fuente:** Autoría

**Figura III** De maderas (materia prima) hasta la producción del modelo de Guitarra Eléctrica Dínamo S. P



**Fuente:** Autoría

Figura IV Proceso de Circuitería



Fuente: Autoría