

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTOS MUSICALES ELÉCTRICOS FABRICADOS CON MATERIA PRIMA NACIONAL

BELANDRIA MOLINA José Leonardo, **ALBORNOZ GAVIDIA** Gregory Fernando;
Asesores Técnicos: Lic. **VIELMA ÁLVAREZ**, José Gregorio; Ing. **DÍAZ VELÁZQUEZ** Gerardo José
Tutora Académica: Lic. **SIERRA F.**, Mileibith K.

Escuela Técnica Industrial Robinsoniana "Manuel Antonio Pulido Méndez" Mérida, Estado Mérida. 2011.

RESUMEN

La melodía, armonía y ritmo de un sonido pueden generar música, pero ésta a su vez debe ser producida por algún medio llamado instrumento musical. En todos los países se fabrican instrumentos musicales, pero actualmente con los avances de la tecnología se crean modelos cada vez más actuales y modernos; lamentablemente pocos países fabrican estos instrumentos vanguardistas como lo son los instrumentos musicales eléctricos; en consecuencia se encuentran en el mercado a elevados costos, dificultando la adquisición de los mismos. En atención a dicha problemática surge esta investigación, cuyo propósito fundamental es diseñar, construir e implementar Instrumentos Musicales Eléctricos con materia prima encontrada a nivel nacional. Cabe destacar, que la investigación se apoyó en un trabajo de campo, tipo encuesta; la cual fue aplicada a 12 Estudiantes y 2 profesores de la escuela de música Musirama, así como a 2 Lutieres del Estado Mérida; para determinar el nivel de aceptación de los instrumentos musicales eléctricos diseñados y construidos en la E.T.I.R "Manuel Antonio Pulido Méndez". Finalmente, se pudo apreciar mediante la aplicación de la encuesta que los instrumentos lograron un alto nivel de aceptación. Asimismo, queda demostrado que es posible la construcción de los instrumentos con materiales nacionales, favoreciendo la posibilidad de adquirirlos a bajos costos. En relación a este último, se puede decir que si se automatiza el sistema de producción de instrumentos musicales por medio de procesos industriales se puede reducir aún más los costos y generar un nuevo ingreso económico para el país.

Palabras clave: Instrumentos Eléctricos Musicales, Modernos, Lutieres.

INTRODUCCIÓN

Venezuela es un país caracterizado por su diversidad cultural, especialmente en el área musical, no obstante la misma está limitada sólo al uso de instrumentos acústicos que generalmente son construidos por lutieres de forma individual con un alto nivel de calidad. Esto conlleva a un elevado costo económico de los instrumentos musicales y poca diversidad en las distintas categorías existentes.

En este sentido, se realizó una investigación de campo de tipo encuesta, en el Estado Mérida (Específicamente en el Municipio Libertador) y se determinó que la mayoría de instrumentos musicales en tiendas de la región

proviene de los estados centrales del país, especialmente del estado Lara, fabricados en su mayoría del tipo acústicos con cuerdas de Nylon como los Cuatros, Bandolas y Guitarras de tipo Española, entre otras. También se pueden conseguir algunos instrumentos de la familia de los acústicos con cuerdas de metal como los violines, mandolinas, entre otros, pero ninguno fabricado dentro del país del tipo eléctrico (Guitarras, Teclados, los Bajos y otros del género.), sólo algunas excepciones y experimentos hechos por Lutieres para clientes especiales; tal y como se puede apreciar en la encuestas realizadas a los comerciantes de instrumentos

musicales ubicados en la ciudad de Mérida. Cabe destacar, que para la construcción de instrumentos musicales de cuerdas de metal y eléctricos se utilizan materiales específicos, los cuales en la mayoría de los casos los fabricantes prefieren importarlos, siendo esto un factor determinante en el precio final de los mismos.

Actualmente los instrumentos musicales con mayor aceptación en la población juvenil venezolana son los instrumentos eléctricos, pero debido a su alto valor económico, muy pocos jóvenes pueden acceder a ellos. Por otra parte, cabe destacar que con el paso de los años los músicos venezolanos necesitan implementar sonidos y técnicas nuevas en su música para ir creciendo creativamente; de tal manera, resulta favorable usar instrumentos eléctricos junto a circuitos electrónicos para modificar los sonidos generados por ellos. Estos experimentos sonoros y musicales son indispensables para el crecimiento musical del intérprete y para el progreso cultural de la nación.

Muchas personas han creado variaciones en los instrumentos musicales en todo el mundo, pero estas dependen de la región donde se construyan. Un buen ejemplo es las adaptaciones que hacen los Lutieres con la madera usada en la construcción de instrumentos musicales. En Europa los instrumentos se construyen con diversas maderas, en especial el Ébano, caracterizada por su dureza, en América el caso cambia, ya que las maderas tienen una naturaleza distinta, es por ello que los Lutieres la sustituyen por el Roble. En particular, los Lutieres de Venezuela implementa la madera del Samán en gran parte de los instrumentos construidos nacionalmente. Esta madera tiene características muy similares a las ya mencionadas. También, cabe destacar que la madera con la cual se construyen detalles del instrumento musical eléctrico, no son necesariamente maderas duras como el Samán o el Ébano, se puede implementar algunas de menor costo y también lograr buenos resultados.

Ante la situación planteada, surgen las siguientes interrogantes; ¿Cuáles son los instrumentos musicales eléctricos que se fabrican en el país?; ¿Es factible el diseño y la creación de instrumentos musicales eléctricos con materia prima venezolana? ¿Cuál será la aceptación en un mercado creciente de jóvenes y músicos cada vez más exigentes con sus instrumentos?

Por otra parte, cabe destacar que Venezuela cuenta con una red de escuelas técnicas industriales a nivel nacional, que poseen toda la capacidad para la fabricación de instrumentos musicales, siendo de este modo pertinente aprovechar el conocimiento existente por parte de estudiantes y profesores sobre las técnicas de trabajo empleadas en procesos industriales, así como los conocimientos de electrónica y electricidad para crear una fusión de donde salgan nuevos diseños e ideas innovadoras.

Objetivo General

Construir instrumentos musicales eléctricos con materia prima nacional para reducir costos y favorecer la capacidad adquisitiva de los músicos.

Objetivos Específicos

- Conocer los instrumentos musicales eléctricos que se fabrican en el país.
- Diseñar Instrumentos musicales eléctricos con materia prima nacional.
- Construir instrumentos musicales de bajo costo y buena calidad.
- Demostrar a través de una breve ejecución sonora el uso de los instrumentos musicales eléctricos a los estudiantes, profesores de la Escuela Musirama y algunos Lutieres locales
- Evaluar la aceptación de los instrumentos eléctricos ante grupos de estudiantes profesores de la Escuela de música Musirama y algunos Lutieres locales.

JUSTIFICACIÓN

En vista de la situación planteada surge este proyecto de investigación para generar soluciones de tipo práctico, tecnológico, económico, social e innovador. En cuanto a los diseños e instrumentos elaborados se puede establecer que no solo se busca fabricarlos con materia prima nacional para reducir sus costos, si no también se quiere crear nuevos sonidos que le permitan al músico desarrollar nuevas técnicas, y por consiguiente se podrá enriquecer la cultura musical del país.

Estos diseños van a contar con características y calidad similares a los instrumentos americanos, europeos y japoneses pero con un costo mucho menor, permitiendo a clases sociales menos beneficiadas acceder a ellos. Por tal motivo, se construirán algunos prototipos de instrumentos musicales con modificaciones a materiales de tiendas locales.

En la parte tecnológica, se realizarán modificaciones sobre el circuito preexistente para mejorar su funcionalidad y su calidad en cuanto sonido.

Finalmente, todos los procedimientos métodos y técnicas empleados en la construcción de los instrumentos así como toda la investigación teórica desarrollada en el presente proyecto, servirá a futuros investigadores para la creación de nuevas investigaciones

MARCO TEÓRICO

Un instrumento musical es un objeto compuesto por la combinación de uno o más sistemas resonantes y los medios para su vibración, construido con el propósito de reproducir sonido en uno o más tonos que puedan ser combinados por un intérprete para producir música. Al final, cualquier cosa que produzca sonido puede servir de instrumento musical, pero sólo se le asigna esta connotación a aquellos objetos que tienen ese propósito específico.

El cuerpo humano, genera sonidos por medio de las vías aéreas superiores vocales,

pero la voz humana sólo está limitada a unas pocas escalas, por ello se han creado diferentes objetos para generar sonidos; estos objetos son conocidos como instrumentos musicales, y entre los más antiguos se pueden notar los instrumentos de percusión. Posteriormente, con el paso de los años, han ido apareciendo nuevas técnicas y modificaciones a los instrumentos musicales, hasta llegar a la gran gama de diseños, sonidos y formas que tenemos en la actualidad.

Los instrumentos musicales se clasifican, según la manera en que producen su sonido, en los siguientes: Instrumentos musicales mecánicos, Instrumentos de percusión, Instrumentos de teclado, Instrumentos de viento, Instrumentos de cuerda e Instrumentos musicales electrónicos.

Los instrumentos musicales de cuerda conforman la familia de los Cordófonos, los mismos generan su sonido por medio de las vibraciones de una o más cuerdas en una caja acústica. El sonido puede ser generado por percusión frotación o pinzamiento de las cuerdas, como en el caso del arpa, guitarra, violín, piano, entre otros. En el caso de los instrumentos electrónicos, ellos entran dentro de la familia de los Electrónfonos, los cuales fueron creados durante el siglo XX, su sonido es generado por medios electrónicos, como el sintetizador. Los instrumentos electrónicos no deben ser confundidos con los instrumentos electros acústicos, donde el sonido es generado de modo no electrónico pero modificado electrónicamente, un buen ejemplo de ello es el caso de la guitarra eléctrica.

La guitarra es un instrumento musical de cuerda, el cual utiliza el método de "Cuerda pulsada" para generar su sonido. Este instrumento está compuesto de una caja de madera, un mástil sobre el que va adosado el diapasón, generalmente tiene un agujero acústico en el centro de la tapa de la caja acústica, y seis cuerdas. Sobre el diapasón van incrustados los trastes, que permiten las diferentes notas. Su nombre específico es guitarra clásica o guitarra

española. Hay dos tipos básicos de guitarra: la guitarra clásica y la guitarra flamenca, de tamaño es ligeramente menor que la clásica, distintas maderas y otras variaciones que la hacen menos resonante pero más percusiva.

Una variedad de la guitarra clásica o española es la guitarra acústica, cuya diferencia principal es el material de sus cuerdas, que es el metal en lugar de la tripa o el nylon. Procede de Estados Unidos. Suele ser de mayor tamaño y con el tiempo evolucionó para adoptar un sistema alimentado por energía eléctrica (pastillas eléctricas), dando lugar a la guitarra eléctrica. **Diferentes diseños de guitarra en la figura M1.**



Fig.M1. Guitarra Clásica (Izquierda), Guitarra Acústica (Centro), Guitarra Eléctrica (Derecha).

Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

Las guitarras eléctricas se pueden clasificar según la siguiente página web <http://www.lamusica-emilio.blogspot.com> en: **a) Guitarra Eléctricas;** Es una guitarra con uno o más transductores electromagnéticos llamados pastillas que convierten las vibraciones de las cuerdas en señales eléctricas capaces de ser amplificadas y procesadas), y en **b) Guitarras Electroacústicas;** En este caso es una guitarra acústica a la que se le han añadido pastillas, micrófonos o transductores para amplificar su sonido. En este sentido, Prata (1981) destaca en su trabajo de investigación titulado Lecciones de Electroacústica que:

El campo de la Electroacústica, estudia fenómenos entre acústica y electricidad, analizando la transformación de las ondas acústicas en señales eléctricas y viceversa... Por consiguiente también se ocupa de los dispositivos (transductores) que transforman la energía sonora en energía eléctrica y viceversa (p. 9).

Esto se puede evidenciar en los micrófonos de los instrumentos musicales los cuales transforman las vibraciones del cuerpo o cuerdas del instrumento en señales eléctricas.

Las guitarras eléctricas utiliza el principio de inducción electromagnética para convertir las vibraciones de sus cuerdas de metal en señales eléctricas. Dado que la señal generada es relativamente débil, esta se amplifica antes de enviarla a un altavoz. Hay tres tipos fundamentales de guitarras eléctricas: las de cuerpo sólido, las de cuerpo semisólido y las de cuerpo hueco

La señal de salida de la guitarra eléctrica puede ser fácilmente alterada mediante circuitos electrónicos para modificar algunos aspectos del sonido. A menudo, la señal se modifica con efectos como reverberación, ecos y la distorsión. Podría decirse que ningún otro instrumento musical ha tenido mayor impacto en la evolución de la música del siglo XX. Concebida en 1931, la guitarra eléctrica surgió de una necesidad de los músicos de jazz, tratado de amplificar su sonido. Desde entonces, se ha convertido en un instrumento musical de cuerdas, capaz de generar una multitud de sonidos y estilos. Sirve como un componente importante en el desarrollo del Rock and Roll y un sin número de géneros musicales.

Las diferencias más relevantes entre una guitarra eléctrica y una acústica son:

La guitarra eléctrica	La guitarra acústica
No tiene caja de resonancia o cajón.	Posee caja de resonancia
Necesita más accesorios que una acústica (amplificador, cable, efectos, entre otros...)	Suena sin necesidad de ser conectada a algún amplificador.
Se toca más con la púa o plumilla.	Se toca más con las manos y no se utiliza púa o plumilla, como sucede con la eléctrica, aunque hay quienes tocan la guitarra acústica con púa.

Esto es corroborado por Algarra y Rodríguez (1972) en su libro Instrumentos Beat y Luces Psicodélicas, en el capítulo Guitarras Eléctricas y su circuitería donde comentan lo siguiente:

Ya hace algunos años los guitarristas comenzaron a amplificar, mediante un sistema electrónico, el sonido de la guitarra... Como es lógico se comenzó colocando un micrófono dentro de la caja acústica y un control de volumen en algún lugar del cuerpo de la guitarra. (p.15)

Esto nos indica que para construir un instrumento musical eléctrico no es necesario un cajón acústico, es más recomendable un buen sistema de amplificación y unos buenos micrófonos. De este modo resulta importante basarse en la parte eléctrica más que en la acústica a la hora de construir un instrumento musical eléctrico.

Las guitarras eléctricas están conformadas por un cuerpo que normalmente es construido con madera, aunque a veces se realizan modificaciones con materiales sintéticos que incluyen materiales plásticos (como el policarbonato) y aleaciones de aluminio. Aloja en la parte interior los componentes electrónicos y puede ser semisólido con una pequeña caja de resonancia. La densidad de la madera incide en el lapso que una nota permanece sostenida

después de pulsar la cuerda (a mayor densidad se fijan a él las ondas por medio del puente). Hay diversos tipos de puente, cada uno con características especiales que inciden en el sonido final del instrumento e incluso algunos puentes incluyen pastillas piezoeléctricas para captar la vibración de las cuerdas o palancas de vibrato, para variar la tensión de las cuerdas y causar un efecto vaivén en la entonación.

Otra parte importante de la guitarra es el mástil también hecho de una o varias piezas de madera, sobre él se encuentran el diapason (donde se apoyan los dedos al tocar) de la misma madera que el mástil u otra encolada a él. Sobre el diapason y en perpendicular a las cuerdas se encuentran los trastes; pequeñas barras metálicas (de acero normalmente) que entran en contacto con la cuerda al apoyar los dedos en el espacio entre ellos y sobre el diapason. Otra parte importante es el clavijero o pala del clavijero; extremo del mástil donde las cuerdas van enrolladas a unas piezas metálicas cilíndricas con un tornillo sin fin que regula la tensión de la cuerda y por tanto su afinación. A continuación en la figura M2 se presentan de manera ilustrativa las partes de la guitarra.

La manera en que las guitarras generan sonido es por medio de diversos componentes, el componente más directo a las cuerdas y el que generalmente genera el sonido son; las pastillas (pickup en inglés) electromagnética, las cuales están formadas por un imán permanente rodea-

1. Clavijero
2. Ceja (también “cejuela” o “puente superior”)
3. Clavija
4. Trastes
5. Tensor del mástil o “Alma”
6. Marcadores de posición
7. Diapasón
8. Cuello
9. Cuerpo
10. Capsulas o Pastillas
11. Perillas o controles de volumen y tono
12. Puente
13. Protector o golpeador



Fig. M2.
Partes de la guitarra.
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Electric_guitar_parts.jpg

das por un embobinado de alambre de cobre. Cuando un cuerpo metálico ferro-magnético se mueve dentro del campo magnético del imán permanente, se provoca una corriente inducida en el embobinado proporcional a la amplitud de movimiento y de frecuencia igual a la de la oscilación del cuerpo. Esta corriente es muy débil, por lo que el cableado del interior de la guitarra y el que va desde ésta hasta la amplificación debe estar muy bien apantallado, para evitar ruidos parásitos.

Las pastillas electromagnéticas se encuentran en diversas formas, pero normalmente encontramos dos: las single coil con un solo núcleo magnético y las humbucker con dos núcleos magnéticos y doble embobinado para eliminar ruidos. Las primeras son las más comunes, el embobinado simple da al instrumento un sonido más brillante pero generan una descarga o ruido al ser saturada por algún efecto de distorsión. Este tipo de pastillas pueden ser observadas en guitarras tipo Stratocaster o Telecaster. El doble bobinado de las segundas permite básicamente eliminar ese ruido y la descarga que se genera con las pastillas sim-

ples, y además, un sonido más grave, grueso y nítido. Guitarras de la marca Gibson, como los modelos Les Paul y SG, utilizan este tipo de micrófonos. En la siguiente ilustración **Fig. M3.**, podemos apreciar los diferentes tipos de micrófonos electromagnéticos en los diversos modelos de guitarras.



Fig. M3. Guitarra Electroacústica con micrófono Humbucker (Izquierda.), Guitarra Fretless con combinación de micrófonos single coil y humbucker(Derecha.).

Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

Las pastillas o micrófonos piezoeléctricos se basan en el efecto piezoeléctrico de algunos materiales como el cuarzo que al ser deformados en un plano provocan una corriente proporcional a la deformación producida. Suelen ir en el puente o en los asientos de las cuerdas pues deben estar en contacto casi directo con la cuerda. Su sonido es más natural que el de las electromagnéticas. A diferencia de las pastillas simples o dobles, estas presentan un preamplificador integrado que le da al sonido mucha más ganancia, nitidez y volumen. También, son llamados pastillas cerámicas ya que no presentan los imanes a la vista como si lo muestran los micrófonos anteriormente nombrados. **Fig. M4.**



Fig. M4.
Diferentes tipos de Pastillas de Guitarra Eléctrica.
Fuente: <http://construyetuspedales.blogspot.com/2010/01/construccion-de-mic-pastillas-o-pickups.html>

El resto de los circuitos que se encuentran en la guitarra eléctrica está formada por potenciómetros de volumen, un conmutador de cambio de pastillas, condensadores como filtro de tono, y potenciómetros de tono asociados a estos condensadores (**Fig. M5 y M6**). Pueden llegar a ser más complejos, según las necesidades del guitarrista, llegándose incluso a introducir un pequeño preamplificador (previo) o ecualizador transistorizado alimentado por una pila o batería. Esto aumenta la señal de salida y acusa menos el ruido parásito. En este caso se habla de “circuito activo” y no de “circuito pasivo” ya que carece de este. Estos previos suelen estar construidos en torno a amplificadores operacionales caracterizados por su alto rendimiento, bajo consumo y pequeño tamaño.

Algunas guitarras eléctricas también cuentan con un sistema en el puente que genera un efecto de vibrato llamado palanca o trémolo.

Este dispositivo fue introducido por primera vez en las guitarras de los años 50 reemplazando al puente fijo. Ese nuevo sistema cuenta con resortes que permiten un movimiento que puede estirar y aflojar las cuerdas generando vibración y la modificación del tono a preferencia del músico.

Los circuitos de los instrumentos musicales varían según el diseño del mismo. El circuito más básico de cualquier instrumento musical está conformado por un micrófono junto a una resistencia variable la cual funciona como control de volumen. **Fig. M5**

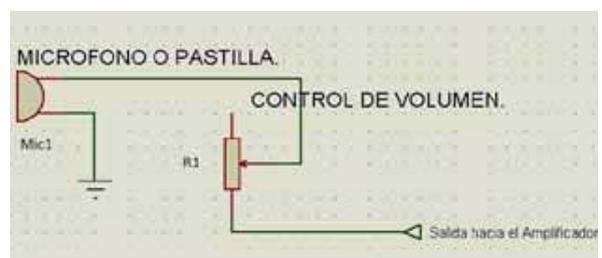


Fig. M5. Circuito Básico para cualquier instrumento musical.
Fuente: Revista Saber Electrónica. Audio y Acústica. (2003). P. 13

Ahora bien, el diseño creado por los investigadores para los instrumentos eléctricos musicales fabricados con materia prima nacional es un poco más complejo, como se puede apreciar en la **Fig. M6**.

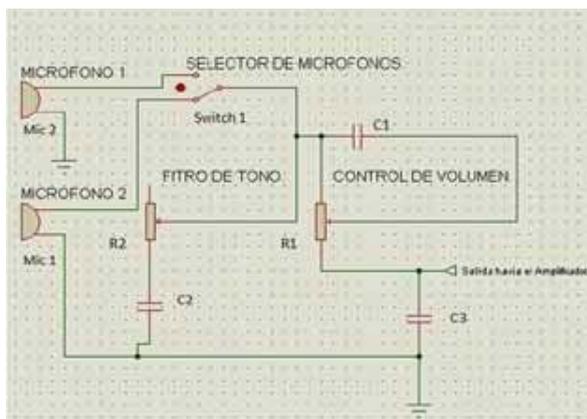


Fig. M6. Circuito diseñado para la Guitarra Fretless, Guitarra Electroacústica, Cuatro Eléctrico y Baby Bass.
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.
Este circuito consta con un potenciómetro (PR1) configurado como resistencia de precisión para control de volumen junto a un condensador cerámico (C1) para aislamiento de señales parasitas. Luego se encuentra otro potenciómetro (PR2) junto a otro condensador (C2) que funciona como Filtro Paso Alto y a la salida del filtro se encuentra dos micrófonos (Mic 1 y Mic 2) los cuales pueden generar diferentes sonidos. Para utilizar cualquiera de los micrófonos se utiliza un Switch selector (Switch 1). Por último a la salida del circuito de implementa un condensador cerámico (C3) para aislar y filtrar toda señal parasita que valla hacia el amplificador.

Cabe destacar que un factor crucial al momento de comprar un instrumento musical eléctrico es su estética, ellos es confirmado por Puccini (2009) en su tesis titulada “Diseño de una guitarra eléctrica de alta precisión articulando factores técnicos-productivos para ser producida en serie en Venezuela”, el comenta:

Por otro lado el testimonio de músicos de gran renombre internacional también es utilizado por fábricas para respaldar sus productos. Estos músicos en la mayoría de los casos describen una guitarra eléctrica de alto desempeño como aquella que posee buenas cualidades acústicas, visuales y que les brinde comodidad. Músicos locales de la ciudad de Mérida,

como Johann Espinoza, opinan que la afinación y la sonoridad de un instrumento es el factor más importante aunque el primero en percibirse es el estético.

Estos son factores, que según los músicos profesionales pueden ayudar a elegir una guitarra eléctrica de alta calidad.

En referencia a la clasificación anterior, podemos destacar que para el presente proyecto se toman en consideración para elaborar el diseño del cuerpo de la guitarra Fretless las características del Modelo Stratocaster de la marca Fender.

Otro Instrumento de cuerda destacado musicalmente es el bajo eléctrico; el cual es similar en apariencia y construcción a la guitarra eléctrica, pero con un cuerpo de mayores dimensiones, un mástil de mayor longitud y escala y, normalmente, cuatro cuerdas afinadas según la afinación estándar del contrabajo. Cabe destacar, que este instrumento también será diseñado y fabricado en este proyecto tomando en cuenta la materia prima que se encuentra en el país.



Fig. M7. Contrabajo y Baby Bass
Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_3ucNGd41fow/TNxhmoAsvXI/AAAAAAAAAGA/B-yvGPajEF0/s1600/Contrabajo.jpg&imgrefurl=http://limamusicrockstar.blogspot.com/p/contrabajos.html&usq=__ypWx5f3v612mqRk_I7dR21gMtlg=&h=336&w=336&sz=12&hl=es&start=5&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=7PAohHLfmDlvmM:&tbnh=119&tbnw=119&prev=/search%3Fq%3Dcontrabajo%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN%26biw%3D1003%26bih%3D592%26tbn%3Disch&ei=BAHpTZqJcujtgeXOKSOAQBass

El bajo eléctrico, al igual que el contrabajo, suena una octava más grave de como se representa en notación musical, con el objetivo de evitar un uso excesivo de líneas adicionales en el pentagrama. Como la guitarra eléctrica, el bajo eléctrico necesita ser conectado a un amplificador para emitir sonidos. Desde la década de 1950, el bajo eléctrico ha reemplazado progresivamente al contrabajo en la música popular como el instrumento de la sección rítmica, aunque actualmente se han creado diseños de contrabajos eléctricos llamados "Baby Bass", los cuales permiten un instrumento el cual tiene el mismo tamaño de mástil – puente que un contrabajo común, pero también puede ser amplificado, la diferencia entre ambos es que un Baby Bass ocupa menos tamaño y es más fácil de transportar que un contrabajo clásico.

Finalmente, se describe las características del cuatro venezolano para posteriormente realizar las modificaciones y adaptaciones necesarias para diseñar y construir un cuatro eléctrico.

El cuatro venezolano, también denominado cuatro llanero, cuatro tradicional, cuatro criollo o simplemente cuatro, es un instrumento de cuerda pulsada que posee cuatro órdenes afinados a razón de: la_1 , re_2 , $fa\#_2$ y si_1 . Perteneció a la familia de las antiguas guitarras y guitarrillas españolas. Es de tamaño reducido y debe su nombre al número de cuerdas que posee.

Es un instrumento típico y emblemático de la música venezolana, la peculiar afinación no totalmente ascendente es un elemento bastante distintivo y original, se utiliza tanto en los campos como en las grandes ciudades, y puede ejecutarse como solista o como instrumento acompañante. Sus cuerdas de nylon producen un bello sonido, melancólico pero sobrio.

La afinación canónica (mirando al intérprete) es:

- la** - 1ª octava
- re** - 2ª octava
- fa#** - 2ª octava
- si** - 1ª octava

El cuatro venezolano es el instrumento de cuerda más conocidos de Venezuela, que no guarda una afinación totalmente ascendente o descendente al pulsar sus cuerdas de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba. Algunas de las afinaciones antiguas del cuatro son **la₁-re₂-fa#₂-si₂** y **sol₁-do₂-mi₂-la₂** en formas ascendentes. Las cuerdas que usaba el cuatrista popular venezolano eran de dudosa calidad, pues eran construidas de tripas de animales, las cuales no soportaban la tensión de la cuerda más aguda **si₂** afinada en la segunda octava, esto se solucionó bajando ese **si₂** a **si₁** en la primera octava obteniendo de este modo, la afinación característica del cuatro venezolano. Actualmente las cuerdas de los cuatros son de nylon. **Fig. M8.**



Fig. M8. Cuatro Venezolano.
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

Normalmente se toca rasgueando y punteando las cuerdas con la mano derecha y haciendo los acordes con la mano izquierda. La afinación estándar no permite muchas salidas de este esquema, por lo que a veces es necesario cambiar la afinación para llegar a nuevas posibilidades melódicas, como en el caso de los cuatro solistas.

En el cuatro eléctrico, la afinación es la misma LA-RE-FA#-SI, en este proyecto se

toman en consideración el diseño del puente de una guitarra eléctrica pero con las adaptaciones para el cuatro, ya que el mismo se puede calibrar y daría una afinación más exacta.

El diseño del cuatro eléctrico es muy parecido al cuatro tradicional, con la diferencia de que el mástil sobre sale del cuerpo con la finalidad de tener una mayor comodidad a la hora de realizar solos con el instrumento.

MATERIALES, MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS:

El presente trabajo está enmarcado dentro de la modalidad de proyecto tecnológico de carácter innovador, orientado hacia el diseño, construcción e implementación de instrumentos musicales eléctricos, elaborados con materia prima nacional. Asimismo, la investigación se apoyó con un trabajo de campo de tipo encuesta (cerrada).

Para la recolección de datos se seleccionó de forma aleatoria una muestra conformada por un grupo de 12 estudiantes y 02 profesores de la escuela de música "Musirama", además de 02 Lutieres del estado Mérida. El objetivo principal de la encuesta fue conocer la opinión del público sobre los nuevos diseños de instrumentos eléctricos musicales fabricados con materia prima nacional. Es conveniente destacar que para la evaluación de los instrumentos musicales fabricados los encuestados tuvieron la oportunidad de verlos, oírlos y tocarlos.

De igual forma se aplicó un cuestionario a los comerciantes para determinar el tipo de instrumentos musicales eléctricos fabricados a nivel nacional y sus costos. Respecto de la validación de los instrumentos aplicados para la recolección de datos, la misma se realizó por medio del criterio juicio de expertos, donde se evaluaron los siguientes criterios: presentación de los instrumentos, claridad en la redacción de los ítems, pertinencia de los indicadores con las variables, relevancia del contenido y factibilidad de aplicación.

MATERIALES EMPLEADOS PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS MUSICALES ELÉCTRICOS: CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO:

Papel, lápiz, marcadores de diferentes grosores, alambre para trastes de aluminio, cejillas plásticas, clavijas de diferentes tamaños, cuerdas de diferentes tamaños, grosores, y materiales (de Metal y Nylon), puentes de guitarra, tornillos para puente, y una pequeña lamina de aluminio para el puente del bajo, sellador, barniz, pintura, laca y poliuretano, Thinner, gasolina y aceite Teka, tornillos, clavos de diferentes calibres y diferentes maderas.

Entre las maderas empleadas están:

Samán; Esta madera es de una densidad media pero de gran dureza, por ello fue utilizado para el mástil del Baby Bass y el cuerpo y mástil del Cuatro Eléctrico.

Cedro: esta es una madera de densidad media, fácil de trabajar y con gran dureza y resistencia. Esta madera fue utilizada para la construcción del cuerpo de la Guitarra Fretless.

MDF; es una madera de densidad media pero de gran peso, esta misma se implementó en el diseño del cuerpo del Baby Bass, debido a que no es necesario una madera de características especiales para lograr un sonido óptimo.

CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO:

Potenciómetros de 500 k Ω y 250 k Ω , cable de audio, condensadores cerámicos de diferentes valores, switch 3 vías, jack stereo de ¼ de pulgada, estaño, termo-encogible, percloruro de hierro, placas de cobre, micrófonos, single coil, humbucker, de contacto y piezoeléctricos, cinta eléctrica.

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS:

Taladro, caladora, Lijadora, escorfinas de diferentes tamaños y grosores, formoles de diferentes tamaños, martillo, destornilladores, alicates y pinzas, sierra de mesa y sierra de cinta.

Afinador de sonidos, osciloscopio, Multi-Tester, dobladora de metales, taladro de banco, mechas de taladro desde ½ pulgada hasta 1/64 de pulgada, destornilladores milimétricos y llaves en L.

Compresor de aire, dispensador de pintura, brochas y pinceles.

PROCESO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Los instrumentos fueron diseñados y fabricados en su mayoría en los talleres de ma-

dera y Laboratorio de Electrónica, de la E.T.I.R. “Manuel Antonio Pulido Méndez”, ubicada en el Estado Mérida, parroquia Domingo Peña, del Municipio Libertador.

En un inicio se crearon diferentes diseños de instrumentos eléctricos musicales como: guitarra fretless, guitarra electroacústicas, cuatro eléctrico y baby bass; tomando en cuenta características y cualidades de diferentes modelos existentes en el mercado, así como las maderas y otras materia prima encontradas en la región. **(Ver dibujo 1)**

Dibujo 1. Diseños realizados para la elaboración de los Instrumentos Eléctricos Musicales

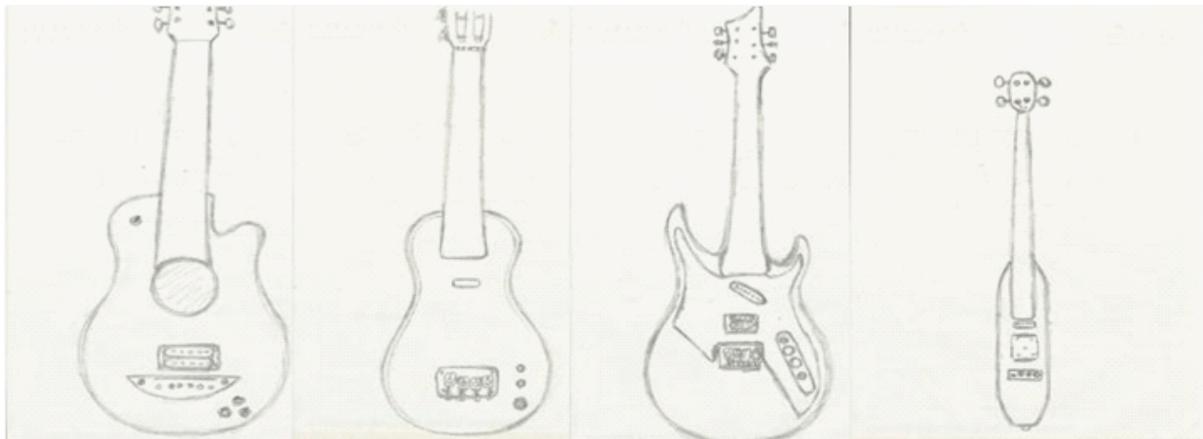


Fig. 1 Guitarra Electroacústica
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

El primer instrumento creado fue una adaptación realizada en una guitarra clásica, con la intención de convertirla en electroacústica, modificándole para tal fin el puente y agregándole micrófonos junto a controladores de tono y volumen. **(Ver Fig.1)**

El diseño de la guitarra Fretless; se basó en el modelo Stratocaster de la marca Fender, siendo la diferencia más relevante en el diseño concebido, la falta de trastes. En relación al Cuatro eléctrico, el mismo fue diseñado similar al cuatro tradicional venezolano, con la variación de un cuerpo completamente sólido; es decir, en una sola pieza. Por otra parte, para el Baby Bass el diseño fue de creación inédita, para el cual se dibujaron varios bocetos con

medidas a escala real, con los cuales se marcaron y se cortaron las maderas, iniciándose de este modo el proceso de fabricación.



Fig. 1 Guitarra Electroacústica
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

Una vez seleccionada la madera para la construcción de los instrumentos, se realizaron sobre ella los bocetos con plantillas del cuerpo y el mástil. Cabe destacar, que para el Cuatro Eléctrico se utilizó una pieza sólida de madera de Samán (Ver Fig. 2), mientras que para la guitarra Fretless y el Baby Bass se utilizaron diferentes maderas como; Cedro; Samán, MDF. Cada una para formar una pieza distinta del cuerpo de la guitarra y el bajo, seguidamente fueron cortadas y moldeadas con la mayor precisión y exactitud posible, para su posterior ensamblaje, creándose en este sentido una pieza sólida. (Fig. 3)



Fig. 2 Pieza central del Cuatro Eléctrico.
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.



Fig. 3 Piezas de la Guitarra Fretless
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

Con la figura base de los instrumentos musicales ya definida, se procedió a aplicar las técnicas del trabajo de carpintería como: desbastar, trozar, cantear, masillar y lijar, para obtener todos los detalles del cuerpo hasta darle una figura de acabado y estética a cada instrumento.

Luego de la fase de lijado se seleccionó la ubicación de las cavidades para los accesorios, las cuales fueron marcadas y talladas, al finalizar, se instaló los sistemas del puente, clavijas y cuerdas; para poder probar el correcto funcionamiento del instrumento antes de comenzar la etapa de pintura. En este período se experimentó y se probó los diferentes tipos de micrófonos, las afinaciones para las cuerdas, así como los circuitos electrónicos de los instrumentos para lograr los sonidos deseados.

Seguidamente de la fase de comprobación y funcionamiento del instrumento, se procedió a desmontar de nuevo las piezas, para aplicar el sellador de madera al cuerpo y el mástil del instrumento, continuando con el lijado de todo el contorno de la superficie, repitiéndose el mismo, hasta dejar la madera lisa al tacto, para un mejor acabado. Es importante señalar que en el proceso de lijado se utilizaron varios tipos de lija, tales como: 80, 120-160-180-220 -320, ya que cada una da una textura diferente a la madera trabajada. Ya curada y lijada la madera, la misma fue pintada con diferentes métodos y técnicas que incluyen la aerografía y la pintura a mano, utilizándose para tal fin, tanto tintas como pinturas acrílicas. (Ver Fig. 4)



Fig. 4 Aplicación del Sellador a la Tapa superior de la guitarra Fretless.
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

Una vez culminado el cuerpo del instrumento musical, se realizó el ensamblaje del circuito electrónico. Cabe destacar que se diseñó un circuito electrónico propuesto por los estudiantes, estos fueron elaborado sobre una placa de cobre, para reemplaza el circuito de sólo cableado que comúnmente utilizan los instrumentos. Al circuito diseñado se le agregaron diferentes filtros de tono para lograr óptimos resultados en el sonido final. (Ver fig. 5)



Fig.5 Circuito en la placa de cobre diseñado para el Baby Bass.
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

Para todos los instrumentos musicales se utilizaron el mismo diseño de circuito electrónico propuesto por los estudiantes, solo variaron los valores de los condensadores empleados como filtros de tono, a fin de optimizar las frecuencias, las cuales dependen de los tipo de micrófonos empleados.

Finalmente, se calibró todo el sistema para iniciarse la etapa de pruebas de sonido y afinación, para ello fue necesario el uso de diferentes amplificadores y afinadores electrónicos. Todo el proceso tomo unas ocho (8) semanas aproximadamente para la construcción de cada instrumento musical.

ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentan los instrumentos eléctricos fabricados con materia prima nacional en la E.T.I.R “Manuel Antonio Pulido Méndez”, del Municipio Libertador, Estado Mérida.



Cuatro Eléctrico



Guitarra Fretless



Guitarra Electroacústica

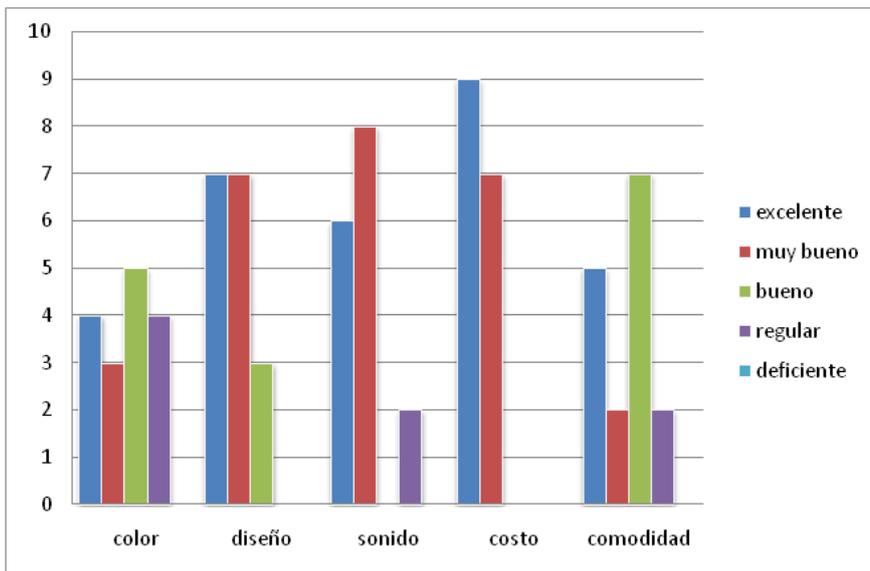


Baby Bass

Fig.5 Circuito en la placa de cobre diseñado para el Baby Bass.
Fuente: José L. Belandria M. y Gregory F. Albornoz G.

Luego de haber fabricado los instrumentos se procedió a ejecutar la fase de evaluación, aplicando unos cuestionarios a profesores y estudiantes de la escuela de música Musirama, así como a los Lutieres. El objetivo fundamental de la encuesta fue conocer la opinión de la muestra sobre los nuevos diseños de instrumentos eléctricos musicales fabricados con materia prima nacional.

GUITARRA FRETLESS



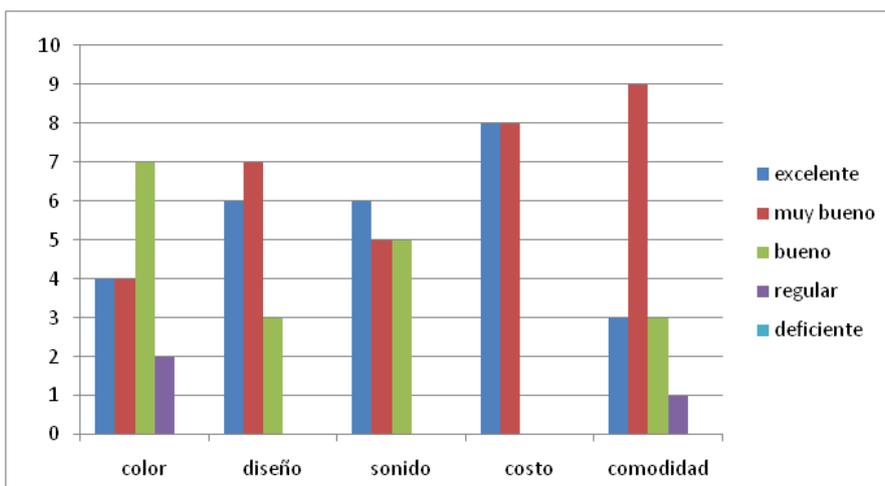
Costo del instrumento: 900BsF

Gráfica 1. Evaluación de estudiantes, profesores de música y Lutieres.

Tal como lo ilustra la gráfica 1. La opinión del público evaluador en relación a la guitarra Fretless en cuanto sonido y diseño tuvo una tendencia del calificativo muy bueno, su color y comodidad fueron calificadas como buenas en

su mayoría, aunque a algunos encuestadores les agradó medianamente los tonos empleados en el color de este instrumento. Por último, la valoración que realizaron en cuanto al sonido estuvo entre bueno y excelente.

GUITARRA ELECTROACÚSTICA



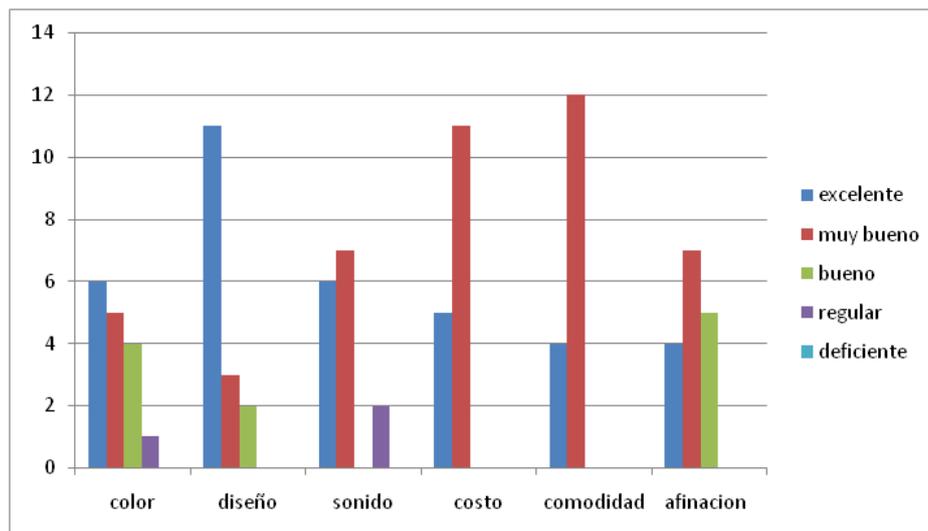
Costo del instrumento: 800BsF

Gráfica 2. Evaluación de estudiantes, profesores de música y Lutieres.

La guitarra electroacústica obtuvo en su mayoría muy buena aceptación por parte de los evaluadores, en cuanto a diseño, costo y como-

dad, su sonido fue catalogado entre bueno y excelente. En cuanto al color los encuestadores lo consideraron bueno.

CUATRO ELÉCTRICO



Costo del instrumento: 500BsF

Gráfica 3. Evaluación de estudiantes, profesores de música y Lutieres.

Tomando en consideración los resultados reflejados en la gráfica 3, se puede decir que el diseño del cuatro eléctrico fue calificado como excelente por los estudiantes, profesores y lutieres que lo evaluaron, salvo algunos que opinaron que es muy bueno y bueno, por otra parte los costos y la comodidad fueron aceptados en un rango que va desde muy bueno hasta excelente. De igual manera para el sonido se aprecia que los rangos se encuentran entre los parámetros muy bueno y excelente, solo una minoría opina que el sonido es regular. Ahora bien, la aceptación sobre la afinación lograda en el instrumento tuvo variaciones en las opiniones ya que oscilaron entre bueno, muy bueno y excelente. Finalmente, del color podemos decir que a pesar que en esta elección influye el gusto de cada evaluador su apreciación en la mayoría de los casos fue entre excelente y bueno.

Finalmente, se observa que los instrumentos eléctricos musicales diseñados y contruidos con materia prima nacional tienen muy buena aceptación por parte de los estudiantes y profesores de la escuela de música Musirama, así como los lutieres. Cabe destacar que con este hecho además de demostrar que es posible diseñar y construir instrumentos eléctricos con materia prima nacional, también es posible reducir los costos de los mismos, favoreciendo de este modo la posibilidad de adquirirlos.

CONCLUSIONES.

Es importante señalar que Venezuela, no es un país con trascendencia y tradición en la construcción y comercialización de instrumentos musicales Eléctricos, en vista de que los que se encuentran en los comercios son en su totalidad son importados. (No así para los instrumentos acústicos). Esto significa que existe un vacío en la producción nacional, el cual a través de este trabajo de Innovación tecnológica, se pretende llenar, demostrando que si es posible el diseño, la construcción y la comercialización de instrumentos musicales eléctricos con una alta calidad sonora y estética, elaborados con materia prima nacional, reduciéndose en este sentido los costos de producción y minimizando su valor económico.

Cabe destacar, que en la muestra de la población seleccionada, los instrumentos electrónicos elaborados tuvieron gran aceptación y acogida por parte de los estudiantes y profesores de la escuela de música Musirama en la ciudad de Mérida.

Por otra parte, es de suma importancia resaltar que las modificaciones electrónicas que se realizaron a los circuitos ensamblados en los instrumentos, mediante la adaptación de filtros de sonido, así como también otros tipos de micrófono como los piezoeléctricos y electromagnéticos; reportan una mejor calidad del sonido y a la vez logran suprimir o realzar frecuencias específicas; generándose en este sentido, sonidos más óptimos. Asimismo, cada modificación realizada a los circuitos genera una nueva gama de posibilidades para crear sonidos nuevos, los cuales dependerán de las destrezas del ejecutante a fin, de producir fusiones de melodías con armonía y ritmos nuevos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGARRA H. Y RODRÍGUEZ P. (1972). **Instrumentos "Beat" y Luces Psicodélicas**. Argentina. Edit. Vacas Editores Asociados.
- HAMEL F. Y HURLIMANN M. (1984). **Enciclopedia de la música. Parte II**. Barcelona, España. Edit.: Grijalbo S.A.
- MILEAF H. (1982). **Electrónica Serie Uno Siete**. México. Edit. Limusa.
- PUCCINI J. (2009). **Diseño de una guitarra eléctrica de alta precisión articulando factores técnico-productivos para ser producida en serie en Venezuela**. Universidad de los Andes, Facultad de ciencias, Mérida.
- PRATA E. (1981). **Lecciones de Electroacústica**. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Mérida.
- SABER ELECTRÓNICA: **SONIDO Y ACÚSTICA**. (2003). Buenos Aires, Argentina.
- WEEMS D. (1978). **How to Design, build & test complete speaker systems**. Estados Unidos de América. Edit. TAB BOOKS.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- <http://www.lamusica-emilio.blogspot.com>
- <http://www.aulaactual.com/especiales/circuitos1/circuitos1.htm> (2011).
- <http://construccionprs.blogcindario.com/2005/11/00001-proceso-de-construccion.html> (2010).
- <http://espanol.bestbuy.com/enes/site/null/Electric-Guitar-Buying-Guide/pcmcat159100050006.c?id=pcmcat159100050006&lang=ES&homepage=true> (2011).
- <http://www.guitarnucleus.com/wiring.html> (2010).
- [http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_02_03/Guitarra/Web/\(2011\)](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_02_03/Guitarra/Web/(2011))
- <http://www.wordreference.com/sinonimos/> (2011).
- <http://www.6cuerdas.com/pickup.htm> (2010).
- <http://www.lamusica-emilio.blogspot.com> (2011).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Electric_guitar_parts.jpg (2011).
- <http://construyetuspedales.blogspot.com/2010/01/construccion-de-mic-pastillas-o-pickups.html> (2011).
- http://2.bp.blogspot.com/_3ucNGd41fow/TNx-hmoAsvXI/AAAAAAAAAGA/B-yvGPaJEF0/s1600/Contrabajo.jpg&imgrefurl