

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



DISEÑO DE RESTAURADOR DE BAJOS PARA PRODUCCIÓN.

Opción 2: Titulación Integral – Tesis Profesional

Elaborada por:

Alejandro López Magaña

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Asesora:

M.C. Susana Violeta Martínez Hernández

“DISEÑO DE RESTAURADOR DE BAJOS PARA PRODUCCIÓN”

Elaborada por:

Alejandro López Magaña

Aprobado por.

M.C. Susana Violeta Martínez Hernández
Docente de la carrera de Ingeniería Electrónica
Asesora de tesis profesional

Revisado por.

Ing. Netzahualcóyotl Martínez Cázares
Docente de la carrera de Ingeniería Electrónica
Revisor de la opción de titulación

Revisado por.

M.C. Leonel Estrada Rojo
Docente de la carrera de Ingeniería Electrónica
Revisor de la opción de titulación



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 11/03/2022

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

Ing. J. Trinidad Tapia Cruz
Director Académico y de Estudios Profesionales
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): López Magaña Alejandro	
Carrera: Ingeniería en electrónica	Núm. de control: E13120213
Nombre del proyecto: "Diseño de Restaurador de Bajos para Producción".	
Producto: Tesis profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Dr. Eli Eduardo González Durán
Coordinador de Ingeniería Electrónica
ITSUR

Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato



COORDINACIÓN INGENIERÍA
ELECTRÓNICA

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

M.C. Susana Violeta Martínez Hernández Asesora de la Tesis profesional	Ing. Netzahualcóyotl Martínez Cázares Revisor 1	M.C. Leonel Estrada Rojo Revisor 2

Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
Subdirección de Vinculación
División de Ingeniería Electrónica

DEPARTAMENTO ACADEMICO	CLAVE:ITEIT0002E IELE-EGR-2022/01
---------------------------	--------------------------------------

Uriangato, Guanajuato, 11/marzo/2022

Asunto: Aprobación de impresión de trabajo profesional

C. López Magaña Alejandro
PRESENTE:

Por medio de este conducto, le comunico a usted que después de haber sido revisado su trabajo de titulación bajo la del cual se derivó la Monografía Titulada:

“Diseño de restaurador de bajos para producción”

La comisión revisora, ha tenido a bien aprobar la impresión de este trabajo.

ATENTAMENTE

*“Exelencia en Educación Tecnológica”
“Tecnología y Calidad en la Vida”*



Dr. J. Eli Eduardo González Durán
Coordinación de Ingeniería Electrónica

Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato



**COORDINACIÓN INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**

C.c.p Unidad de Servicios Escolares
C.c.p Coordinación de Ingeniería Electrónica
C.c.p Archivo Consecutivo



Ave. Educación Superior No. 2000, Col. Benito Juárez, Uriangato, Guanajuato, C.P. 38980
Tels. (445) 45 7 74 68 al 71 Ext. 137, e-mail: electronica@itsur.edu.mx
tecnm.mx | itsur.edu.mx



**2022 Flores
Año de Magón**

Título de la tesis: Diseño De Restaurador De Bajos Para Producción.

Resumen

En la actualidad existen muchas empresas de sonido para autos que ofrecen una gran variedad de productos al consumidor, por lo que en México se venden en una gran cantidad dichos equipos.

Uno de los accesorios más vendidos de la industria del sonido para autos, es el restaurador de bajos o también conocido como epicentro, el cual es un accesorio indispensable para lograr producir una calidad de sonido mayor. Un auto con equipo de sonido debe tener una alta calidad de música, por lo cual el equipo de sonido debe tener un balance para reproducir música en un rango adecuado de frecuencias (altas, medias y bajas).

El restaurador de bajos es un accesorio que se conecta a la salida del auto estéreo y a la entrada de un amplificador, esto para acentuar las frecuencias bajas que reproduce el autoestéreo y lleguen amplificadas al amplificador. Esto hace que el rango de frecuencias reproducidas por los altavoces sea más amplio y resaltar la calidad del sonido.

Acústicamente se sabe que el sonido es un conjunto de frecuencias que se reproducen simultáneamente en un periodo de tiempo, por lo general son frecuencias altas, medias y bajas, las cuales definen el nivel de voz, el cuerpo del audio y la calidad del mismo, por lo mismo hay formatos o géneros musicales donde carece de frecuencias bajas, altas o medias, así como son diferentes géneros musicales o formatos de archivos diferentes.

Existen empresas extranjeras de origen asiático como: Audiocontrol, sound magus, Sound stream etc., que fabrican el restaurador de bajos. En México no hay empresas mexicanas que se dedique a la fabricación de un restaurador de bajos. Actualmente, XION es la primera empresa mexicana en su fabricación, la manufactura de

este equipo en territorio nacional, trae como beneficios: obtener los beneficios de un costo de fabricación menor, aumentar el trabajo y la economía local y ser uno de los distribuidores a nivel nacional e internacional del producto.

Por ello surgió la necesidad de realizar un proyecto donde se obtuvieran los archivos Gerber y BOM para la fabricación de tarjetas electrónicas por medio de una línea de ensamblaje SMT (tecnología de montaje superficial, también conocida por la sigla SMT del inglés surface-mount technology), dichos archivos son necesarios para toda producción de circuito electrónico, llevan la información del mismo (tamaño, tipo de componentes, cantidad de componentes, ubicación de componentes, número de capas etc. esto con ayuda de una ensambladora de PCB de componentes axiales y radiales.

En este documento se propone una metodología para realizar el proyecto de ingeniería inversa para la fabricación de un circuito de un restaurador de bajos y la extracción de archivos Gerber y BOM para la fabricación en México. Se expone los pasos de la realización del circuito y extracción de los archivos antes mencionados con ayuda del software PROTEUS.

Palabra(s) Clave: producción, restaurador, sonido, PROTEUS, circuito.

Abstract

Currently there are many car sound companies that offer a wide variety of products to the consumer, which is why such equipment is sold in large quantities in Mexico.

One of the best-selling accessories in the car sound industry is the bass restorer or also known as epicenter, which is an essential accessory to achieve higher sound quality. A car with sound equipment must have a high quality of music, for which the sound equipment must have a balance to reproduce music in an adequate range of frequencies (high, medium and low).

The bass restorer is an accessory that connects to the output of the car stereo and to the input of an amplifier, this to accentuate the low frequencies that the car stereo reproduces and reach the amplifier amplified. This makes the frequency range reproduced by the speakers wider and enhances the sound quality.

Acoustically, it is known that sound is a set of frequencies that are reproduced simultaneously over a period of time, they are generally high, medium and low frequencies, which define the voice level, the body of the audio and the quality of the sound. same, for the same reason there are musical formats or genres where it lacks low, high or medium frequencies, as well as different musical genres or different file formats.

There are foreign companies of Asian origin such as: Audiocontrol, sound magus, Sound stream etc., that manufacture the bass restorer. In Mexico there are no Mexican companies dedicated to the manufacture of a bass restorer. Currently, XION is the first Mexican company in its manufacture, the manufacture of this equipment in national territory, brings as benefits: obtaining the benefits of a lower manufacturing cost, increasing work and the local economy and being one of the national and international distributors of the product.

For this reason, the need arose to carry out a project where the Gerber and BOM files were obtained for the manufacture of electronic cards through an SMT assembly

line (surface-mount technology, also known by the acronym SMT of the English surface-mount). technology), these files are necessary for all production of electronic circuits, they carry the information of the same (size, type of components, number of components, location of components, number of layers, etc. This with the help of an assembler of PCB of axial and radial components.

This document proposes a methodology to carry out the reverse engineering project for the manufacture of a bass recloser circuit and the extraction of Gerber and BOM files for manufacturing in Mexico. The steps of the realization of the circuit and extraction of the aforementioned files with the help of the PROTEUS software are exposed.

Key Word(s): production, restorer, sound, PROTEUS, circuit.

Agradecimientos:

Quiero primero agradecer a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y sacrificios, ya que hicieron todo lo que estuvo a su alcance al brindarme las herramientas necesarias para poder cumplir mis metas. A mis amigos y compañeros de carrera los cuales fueron fundamentales para el crecimiento personal y profesional. A los maestros que me brindaron su conocimiento, tiempo y sabiduría a lo largo de toda la carrera.

Dedicatoria:

El trabajo realizado lo dedico con mucho cariño para mis padres Javier López Guzmán y Celestina Magaña Zamudio, que han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos, ya que, con su ejemplo y amor profundo, me encaminaron a seguir adelante y no darme por vencido en momentos difíciles quienes, siempre me dieron esperanzas y tuvieron fe en mí. A mis hermanos López Magaña Jesús Omar y Zamudio Magaña Gloria Jaqueline por los consejos y la ayuda incondicional que me brindaron. A mis amigos que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño, y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

Tabla de contenido

Capítulo 1	17
Introducción.....	17
Capítulo 2	18
Marco teórico (Antecedentes).....	18
2.1 Restaurador de bajos (Epicentro).	18
2.2 Archivos Gerber	21
2.3 BOM - Bill of Materials (Lista de materiales).	22
2.4. PROTEUS	22
2.5. Ingeniería inversa.	23
2.5.1. Ventajas de la ingeniería inversa.....	23
2.5.2. Problemas o complicaciones.....	24
2.6. Características de un sistema de audio.	24
2.6.1. ¿Qué es el sonido?.....	24
2.6.2 Decibelios (dB).	24
2.6.3 Amplitud	25
2.6.3. Amplitud.	26
2.6.4. Periodo (T).....	27
2.6.5 Longitud de onda (λ)......	27
2.6.6. Frecuencia.....	27
2.7 Técnica de planchado.	27
2.7.1. Impresión de plantilla PCB.	28
2.7.2 Limpieza de cobre de la placa.	28
2.7.3 Pegado de papel en placa.	29
2.7.4 Quitado de papel con agua.	29
2.7.5 Ácido férrico en placa.	30
2.7.6 Perforación de la placa.	30
Capítulo 3	32
Planteamiento del problema.....	32
3.1. Identificación.....	32

3.2.	Justificación.....	32
3.3.	Alcance.....	33
Capítulo 4	.....	34
Objetivos	.....	34
4.1.	Objetivos generales.....	34
4.2.	Objetivos específicos.....	34
Capítulo 5	.....	35
Metodología	.....	35
5.1	Análisis visual y reconocimiento de elementos de circuito.....	35
5.2.	Análisis y trazado de pistas.....	36
5.3.	Plasmado de conexiones y componentes con entrada esquemática (Schematic Capture (ARES)).....	37
5.4	Plasmado de conexiones y componentes en PCB Layuot (ISIS).....	40
5.5	Impresión y armado de tarjeta física.....	49
5.5	Implementación física del circuito (técnica del planchado).....	51
Limpieza de la placa de cobre.....		51
Transferencia de la impresión a la placa de cobre.....		52
Quemado de la placa para la obtención de las pistas de cobre.....		53
Perforado del PCB.....		54
Colocado de componentes en placa.....		54
5.6	Extracción de archivos Gerber.....	57
Visualización de los archivos Gerber generados.....		59
5.7	Lista de componentes (BOM).....	62
Capítulo 6	.....	64
Resultados	.....	64
Tabla 1.	Lista de componentes.....	Error! Bookmark not defined.
Capítulo 7	.....	69
Análisis de Resultados.....		69
Capítulo 8	.....	72
Conclusiones y trabajo a futuro.....		72
Referencias bibliográficas	.....	Error! Bookmark not defined.

Anexos.....**Error! Bookmark not defined.**

Índice de figuras

Figura 1. intervalos en la escala logarítmica. (Gustavo, 2001)	19
Figura 2.. Función logarítmica. Donde $y = x$, $y = 10x$, $y = \log(x)$. (Elizabeth Spelke, 2008).....	20
Figura 3.Incremento de frecuencia por octava. (audionuts, s.f.).....	20
Figura 4. Escala logarítmica de dB (Schuler, 1986).	25
Figura 5. . Características de una onda senoida (California, 1996).	26
Figura 6. Simulación de circuito impreso con técnica de planchado	31
Figura 7. Desarmado de caratula y análisis de componentes.....	36
Figura 8. Boceto de pistas de conexión.	37
Figura 9. Dimensionado de la tarjeta, colocación y conexión de componentes.	38
Figura 10. Impresión del circuito.	39
Figura 11. Características de impresión.	39
Figura 12. Circuito en schematic capture.....	40
Figura 13. Selección de área de trabajo.....	41
Figura 14. Dimensionado de área de trabajo.	42
Figura 15. Colocación de componentes.....	43
Figura 16. desactivado de vectores de ayuda.	44
Figura 17. Plasmado de componentes en ISIS.	44
Figura 18. Conexión de pistas.	45
Figura 19. Extracción de elementos de la tarjeta.	46
Figura 20. Pistas a contra luz.....	46
Figura 21. Diagrama del restaurador ISIS.....	47
Figura 22. icono visor 3D.....	47
Figura 23. Vista 3D frontal de tarjeta terminada.	48
Figura 24. Vista 3D tracera de tarjeta terminada.....	49
Figura 25. Impresión de plantilla Layout.	49
Figura 26. Caracteres de impresión de plantilla.....	50
Figura 27. Plantilla impresa.	51
Figura 28. . Limpieza de placa. (ELISEO WILFREDO AMARU FERNANDEZ, 2017)	52
Figura 29. transferencia de tinta a la placa. (ritsasv, 2016).	53

Figura 30. Disolución de exceso de cobre en ácido férrico. (castañeda, 2014).....	54
Figura 31. Colocado de componentes.	55
Figura 32. Soldado de componentes en la tarjeta.	55
Figura 33. Tarjeta física ensamblada.	56
Figura 34. Esquema de conexión de restaurador de bajos.	56
Figura 35. Generate Gerber/ Exellon Files.	57
Figura 36. Caracteres de extracción de archivos.	59
Figura 37. Ventana de visualización de Gerbers generados.	60
Figura 38. Vista de capas en el PCB	60
Figura 39. Selección de visualización de cada una de las capas por medio de Display Settings.	61
Figura 40. Archivos Gerber	61
Figura 41. Opciones para generar lista BOM.	62
Figura 42. Icono para BOM.	63
Figura 43. Vista de Gerbers con simulador www.jlpcb.com	64
Figura 44. Cotización de fabricación de PCB.	65
Figura 45. Restaurador de bajos conectado.	70
Figura 46. Cotización 1 de producción y fabricación.	71
Figura 47. Cotización 2 de producción y fabricación.	71

Índice de tablas

Tabla 1. lista de componentes	65
-------------------------------------	----

Capítulo 1

Introducción.

En la actualidad en el mundo industrial la tecnología que se ve cada día es más compleja y eficiente, por lo cual hay tecnología que se necesita realizar localmente para el propósito de abaratar precios y tiempo.

El uso de los equipos de sonido para autos cada día más común y se han popularizado en la actualidad, pero son pocas las empresas que se dedican a producir equipos en nuestro país como es la empresa XION. Hay empresas mexicanas como Carbón Audio, Magnum, Chang Customs etc., que se dedican a la compra y venta de equipos, pero no hay quien los manufacture dentro de la república mexicana.

Este trabajo se realizó a partir de una necesidad identificada en el área de investigación de la empresa XION, donde uno de los objetivos de la empresa es ser auto-suficiente en la manufactura de tarjetas electrónicas para sus diversos equipos de sonido, se identificaba la ausencia de tener archivos Gerbers y BOM que son necesarios para la elaboración y manufactura de tarjetas electrónicas. El propósito de este proyecto es aplicar procesos de ingeniería inversa, a fin de brindar y mejorar el nivel de confiabilidad de un producto, a partir de un nuevo estudio que indague el proceso de trabajo del equipo a partir de su utilización y con ello la toma de pruebas a fin de rediseñar u optimizar el trabajo al cual es sometido; y así como el de realizar esta tesis para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Capítulo 2

Marco teórico (Antecedentes).

Hasta hace algunos años, un equipo de sonido se conformaba solamente por equipo básico el cual era un reproductor de audio como instrumentos musicales o una grabadora, un amplificador de audio, y altavoces, que al tener una buena potencia carecía de calidad de música ya que el sonido que emitía los altavoces no reproducían frecuencias altas o bajas.

El restaurador de bajos de más comúnmente usado fue patentado en Estados Unidos por Albert L. Thuras, de Laboratorios Bell, en 1932. Antes de esta fecha, los altavoces eran empotrados simplemente en otra superficie y las bajas frecuencias se perdían en la parte trasera del dispositivo ya que dichas frecuencias eran impercibibles. Hasta que la empresa AudioControl con más de 40 años en la fabricación de dispositivos electrónicos de audio dio a conocer el primer restaurador de bajos para el sonido automotriz. (grupo online, 2017).

2.1 Restaurador de bajos (Epicentro).

¿Qué es un restaurador de bajos o epicentro?

Al comprimir una señal de audio a formatos como mp3, aac, wma, entre otros, el rango de frecuencias disminuye para que el archivo de música sea más ligero. Por lo tanto, quedará una calidad de sonido con bajos pobres. El restaurador de bajos o también conocido como epicentro es un dispositivo que cuenta con algoritmo digital capaz de crea bajas frecuencias en base a la más baja frecuencia del audio comprimido. El algoritmo baja toda una octava la frecuencia más baja que encuentra y crea una nueva base para el archivo. Las frecuencias se miden en Hz (Hertz) y son logarítmicas, cada octava obedece a una regla matemática que se dice que si aumenta se duplica su frecuencia y si se disminuye, baja a la mitad de su valor. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 1. (Gustavo, 2001)

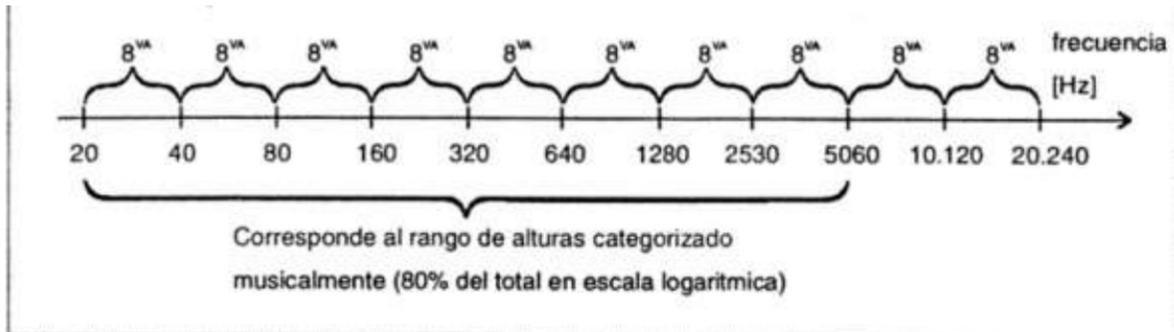


Figura 1. intervalos en la escala logarítmica. (Gustavo, 2001)

Para dar un ejemplo práctico, si la frecuencia más baja de la señal entrante es de 500Hz y el epicentro la baja una octava, la frecuencia se estará a escuchando 250Hz que es la mitad de 500Hz. Los 500Hz desaparecen porque ellos son el material que usó el restaurador para crear las nuevas frecuencias bajas.

También es conocido comúnmente como epicentro o epicenter por el primer dispositivo que se creó por la marca Audio Control, el cual es un procesador de audio, su función es restaurar o crear frecuencias más bajas que la que lleva la señal original (música) que se reproduce.

Esto significa que tiene que convertir la señal análoga que entra al epicentro en digital, analizar estas frecuencias e "inyectar" las frecuencias bajas a la señal para después volver a convertir la señal de digital a análoga.

Dicho de otra forma, una escala logarítmica es una escala de medida que utiliza el logaritmo de una cantidad física en lugar de la propia cantidad. (Gustavo, 2001)

Un ejemplo sencillo de escala logarítmica muestra divisiones igualmente espaciadas en el eje vertical de un gráfico marcadas con 1, 10, 100, 1000, ..., en vez de 0, 1, 2, 3.

En la figura 2 se observa una función lineal, exponencial y octava logarítmica.

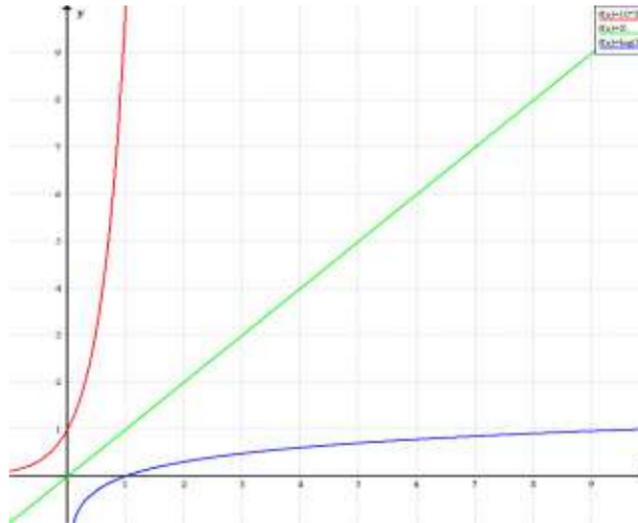


Figura 2.. Función logarítmica. Donde $y = x$, $y = 10x$, $y = \log(x)$. (Elizabeth Spelke, 2008)

En la figura 3 se observar la gráfica que hace referencia al incremento de frecuencia (Δf) o ancho de banda en relación con cada octava en frecuencia. Se puede observar como la frecuencia fundamental o frecuencia de entrada va cambiando su valor en logarítmicamente en cada octava.

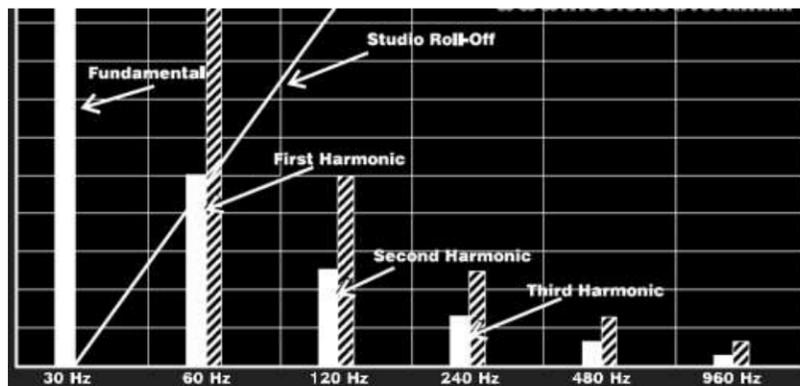


Figura 3.Incremento de frecuencia por octava. (audionuts, s.f.)

2.2 Archivos Gerber

¿Qué son los archivos gerber?

Todas las áreas de electrónica requieren circuitos impresos para plasmar sus desarrollos. Los prototipos de circuitos impresos se pueden elaborar empleando técnicas artesanales utilizando sustancias químicas que tienen costo considerable, son contaminantes, afectan la salud y requieren de cierta destreza manual para su uso. El perforado es un trabajo adicional al grabado, y puede volverse tedioso con circuitos de gran cantidad de perforaciones, además de que no garantiza la precisión del perforado.

El formato Gerber es un formato de archivo de vector binario 2D. Es el archivo estándar usado por software en la industria de PCB para describir las imágenes del circuito impresos.

Estos archivos contienen toda la información necesaria del circuito elaborado, como son perforaciones en tarjeta para componentes, tamaño de pistas, capas del circuito, textos, etc. Los Gerber son utilizados para proporcionar a la fabricación de los circuitos con máquinas de ensamblaje superficial de tarjetas electrónicas o PCBs por sus siglas en inglés “printed circuit board” ó “placa de circuito impreso” . Y con ello se obtiene un proceso de manufactura industria más rápido, eficiente y reduciendo considerablemente los errores de fabricación en comparación con los procesos de manufactura artesanales.

Es fundamental contar con estos archivos para un fabricante ya que se necesita dicho archivo usualmente en formato RS- 274-X, por cada capa que conforma el circuito impreso y debe incluir gráficamente todo lo que se “imprima” en dicha capa. Normalmente, la información que tendrá que deberá enviar de las capas que conforman un circuito impreso es la siguiente:

- Capa de cobre superior o también denominada TOP.
- Capa de cobre inferior o también denominada BOTTOM. (Si el circuito tiene más de una capa)

- Capas internas de cobre (Un archivo por cada capa interna si el circuito es multicapa)
- Capa de mascara de soldadura de la cara TOP
- Capa de mascara de soldadura de la cara BOTTOM
- Capa de leyenda de componentes de la cara TOP
- Capa de leyenda de componentes de la cara BOTTOM (Si la hay)
- Capa de corte exterior de la tarjeta
- Capa de ruteos internos de la tarjeta (Si los hay)
- Archivo de perforaciones usualmente en formato Excellon.

Archivo: Léame.txt con la descripción de la correspondencia de los archivos que estamos enviando además de toda aclaración que consideremos necesaria.

2.3 BOM - Bill of Materials (Lista de materiales).

Es una lista de materiales también conocida como BOM por sus siglas en ingles Bill of Materials, es una lista de las materias primas, subconjuntos, conjuntos intermedios, sub-componentes, piezas y cantidades de cada una que sean necesarias para la fabricación de un producto final. La lista de materiales se utiliza para la comunicación entre la manufactura del fabricante y va de la mano y en conjunto con los archivos Gerber.

En PROTEUS se conoce como BOM a la lista de componentes que conforman el circuito elaborado, dándoles una numeración y descripción a cada uno de ellos, tales como la cantidad de condensadores, resistencias, transistores, etc. (labcenter)

2.4. PROTEUS

¿Qué es PROTEUS? (Jose Emilio Navas)

PROTEUS es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

El software PROTEUS es una herramienta didáctica a trabajos de diseño, simulación y elaboración de circuitos electrónicos y en su defecto en su versión gratuita otorga opciones muy completas como numeraciones de elementos de circuitos que solo se encontrarían en softwares con licencia vigente al otorgar al usuario una forma cómoda, económica y practica de trabajar ya que dicha herramienta fue utilizada y enseñada a lo largo de la estancia de la facultad.

2.5. Ingeniería inversa.

La ingeniería inversa o retro-ingeniería es el proceso llevado a cabo con el objetivo de obtener información o un diseño a partir de un producto, con el fin de determinar cuáles son sus componentes y de qué manera interactúan entre sí y cuál fue el proceso de fabricación.

El método se denomina así porque avanza en dirección opuesta a las tareas habituales de ingeniería, que consisten en utilizar datos técnicos para elaborar un producto determinado. En general, si el producto u otro material que fue sometido a la ingeniería inversa fueron obtenidos en forma apropiada y propia, entonces el proceso es legítimo y legal. De la misma forma, pueden fabricarse y distribuirse, legalmente, los productos genéricos creados a partir de la información obtenida de la ingeniería inversa, como es el caso de algunos proyectos de software libre ampliamente conocidos. (Jose Emilio Navas).

2.5.1. Ventajas de la ingeniería inversa.

La aplicación de ingeniería inversa no cambia la funcionalidad del producto objeto de la aplicación, sino que permite obtener productos que indican cómo se ha construido el mismo. Su realización permite obtener los siguientes beneficios:

- Reducir la complejidad del sistema.
- Generar diferentes alternativas.
- Recuperar y/o actualizar la información perdida (cambios que no se documentaron en su momento).

- Facilitar la reutilización.

2.5.2. Problemas o complicaciones.

Los problemas considerados en la ingeniería inversa se complican ya que se tiene que aplicar un criterio o protocolo propio, son mediante dos pasos fundamentales como son:

- Análisis.
- Diseño.

2.6. Características de un sistema de audio.

2.6.1. ¿Qué es el sonido?

Es un fenómeno físico del movimiento del aire, el cual emite una fuente emisora que genera una serie de ondas de presión sonora que, al llegar al oído, se perciben como sonido.

Para medir la velocidad o los ciclos de onda, se utiliza la unidad “un ciclo por segundo” (HERTZ), de esta manera, la longitud de onda será la estipulada por la frecuencia de ésta. Para medir la intensidad o el volumen de presión (SPL, por sus siglas en inglés) se utiliza el decibelio, dB. Esta es una medida logarítmica y se emplea para medir la ganancia o la atenuación de una señal. El espectro humano tiene un rango auditivo que va desde los 20 Hz a los 20 kHz.

Para que una onda sonora se produzca son necesarios diferentes parámetros como los decibelios, amplitud, periodo, longitud de onda y frecuencia. (ERAZO, 2013)

2.6.2 Decibelios (dB).

El decibelio o decibel, con símbolo dB, es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora, o tensión y potencia eléctrica (no es unidad de medida). La unidad básica es el belio (o bel) de símbolo B, pero dada la amplitud de los campos que se miden en la práctica, se utiliza su submúltiplo, el decibelio.

Los decibelios se emplean en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos potencias: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

En la figura 4, se muestra la escala en dB de uno a 10 dígitos logarítmicamente. (Schuler, 1986)

10 Log X	X
100	10000000000
90	1000000000
80	100000000
70	10000000
60	1000000
50	100000
40	10000
30	1000
20	100
10	10
0	1
-10	0.1
-20	0.01
-30	0.001
-40	0.0001
-50	0.00001
-60	0.000001
-70	0.0000001
-80	0.00000001
-90	0.000000001
-100	0.0000000001

Figura 4. Escala logarítmica de dB (Schuler, 1986).

2.6.3 Amplitud

En física la amplitud de un movimiento oscilatorio, ondulatorio o señal electromagnética es una medida de la variación máxima del desplazamiento u otra magnitud física que varía periódica o cuasi periódicamente en el tiempo. Es la distancia entre el punto más alejado de una onda y el punto de equilibrio o medio. (California, 1996)

En la siguiente imagen se observan las características de la amplitud de onda donde:

1 = Amplitud.

2 = Amplitud pico a pico.

3 = Media.

4 = Periodo.

2.6.3. Amplitud.

En física la amplitud de un movimiento oscilatorio, ondulatorio o señal electromagnética es una medida de la variación máxima del desplazamiento u otra magnitud física que varía periódica o cuasi periódicamente en el tiempo. Es la distancia entre el punto más alejado de una onda y el punto de equilibrio o medio. (California, 1996)

En la figura 5, se observan las características de la amplitud de onda donde:

1 = Amplitud.

2 = Amplitud de pico a pico.

3 = Media.

4 = Periodo.

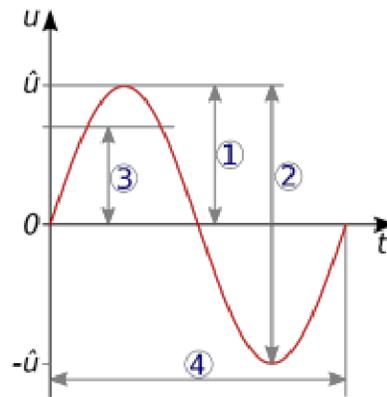


Figura 5. . Características de una onda senoidal (California, 1996).

2.6.4. Periodo (T).

Es el tiempo que toma un ciclo de una oscilación completa. El período de una onda es el tiempo que transcurre entre la llegada de dos crestas consecutivas (los picos o valles. Esta definición es idéntica a la afirmación de que el período es el tiempo que la vibración tarda en completar el pasar de una cresta a otra. El período de una onda se da en segundos.

2.6.5 Longitud de onda (λ).

La longitud de onda es la distancia desde un punto de una onda a un punto similar de la misma onda; es decir, de cresta a cresta y desde el punto central al valle. En definitiva, la amplitud de una onda es el valor máximo, tanto positivo como negativo, que puede llegar a adquirir la onda sinusoidal.

2.6.6. Frecuencia.

La frecuencia de la CA es el número de ciclos por segundo de una onda sinusoidal de corriente alterna (CA).

Dicho de otra forma, la frecuencia es la velocidad a la que la corriente cambia de sentido por segundo. Se mide en hercios (Hz), una unidad internacional de medida donde 1 hercio es igual a 1 ciclo por segundo.

En su forma más básica, la frecuencia es cuántas veces se repite algo. En el caso de corriente eléctrica, la frecuencia es el número de veces que una onda sinusoidal se repite, o completa, un ciclo de positivo a negativo. (Mazur, 2021)

2.7 Técnica de planchado.

La técnica de planchado es una forma de realizar circuitos electrónicos de una forma artesanal, para ello se requiere seguir una secuencia de pasos para la elaboración de una placa, esta técnica es comúnmente utilizada cuando no se tiene la maquinaria necesaria para la fabricación de un PCB.

El planchado es una técnica, de impresión empleada principalmente para reproducir imágenes sobre placas de cobre, consiste en aplicar calor producido por medio de una plancha sobre un papel termotransferible que tiene la imagen del circuito, a su vez este papel esta puesto sobre un material donde se pretende imprimir la imagen, una baquelita de cobre, la impresión sólo puede efectuarse una vez, ya que la tinta quedará plasmada en el material y no se vuelve a utilizar. (Br. Jader Rubén Ruiz Guevara, 2018)

2.7.1. Impresión de plantilla PCB.

El papel utilizado en la impresión es uno de los elementos críticos para obtener buenos resultados. Hojas convencionales no serán útiles a pesar de “funcionar”. Los mejores resultados se obtienen con papel ilustración o con las hojas termo adheribles. Se debe tener cuidado de seleccionar hojas que no sean ásperas sino suaves, sedosas y por supuesto, finas o delgadas, de poco espesor. Esto será muy útil para agilizar el trabajo al momento de retirar el papel una vez que esté “planchada” la placa. La impresión se realiza con una impresora láser preferentemente. El siguiente paso será cortar la placa con las medidas adecuadas, para que el “dibujo” del PCB pueda ser albergado sin inconvenientes en la placa.

2.7.2 Limpieza de cobre de la placa.

Existen diversos criterios y maneras de realizar el trabajo. Algunas personas sólo lavan la placa con alcohol o con cualquier solvente que pueda quitar los restos de grasa que se adhieren al cobre con la manipulación. Otras opciones pueden ser suaves “lijas al agua” para pulir y limpiar la superficie y también están aquellos que le dan a la placa un rápido y fugaz paso por el ácido (percloruro de hierro o cloruro férrico) para que le otorgue al cobre, una “suave rugosidad” (todo lo contrario, a pulir) de modo tal que la tinta se adhiera mejor al cobre.

Antes de limpiarla, o después, es indistinto, se limpian las asperezas que pueden quedar en los bordes de la placa y que son producidos por las herramientas de

corte. Estas partes “salientes” pueden impedir una correcta transferencia de la tinta al cobre, especialmente en los bordes de la placa.

2.7.3 Pegado de papel en placa.

Luego viene el paso de recortar el papel para colocarlo sobre la placa en la posición más adecuada y centrada como te sea posible. Algunos detalles de alineación pueden corregirse al final del proceso con pequeños recortes en los bordes de la placa. se puede tomar como opción colocar el papel sobre el cobre, apoyar la plancha y no realizar ningún movimiento. Se pega el papel a la placa para poder desplazar la plancha por distintos sectores de la placa hasta obtener un resultado “visual” que indica un planchado correcto. Es decir, que el trabajo está realizado de manera correcta. Se coloca el papel de manera tal que simule un envoltorio sobre la placa que estamos a punto de planchar. Para este sencillo trabajo, es bueno tener en cuenta de doblar los bordes del papel hacia la parte de la placa que no posee cobre y pegarlo con pequeños trozos de cinta manteniendo una tensión determinada (sobre el papel) para que el mismo, quede tan adherido a la superficie de cobre como sea posible.

En esta instancia ya está lista para planchar. Para esto, se debe tener presente de hacer estas etapas del trabajo en lugares donde sea seguro de manipular las herramientas correctamente. Con equipos de potencias ubicadas entre 1000W y 1500W los resultados son óptimos. Por otro lado, el conjunto “papel + placa + superficie de apoyo” varían en cada aplicación.

2.7.4 Quitado de papel con agua.

La tinta que se ha transferido al cobre, el papel se tiene que retirar con agua sumergiendo la placa. El papel no se retira como una etiqueta autoadhesiva. Se da de tolerancia algunos minutos y considerar los pequeños detalles como el modo en que el papel comienza a arrugarse y la aparición más evidente de las líneas de impresión. El tiempo considerado para comenzar a retirar el papel no debe ser menor a tres minutos.

El tiempo que se deja que el agua haga su trabajo dependerá del espesor del papel utilizado. Considerando un papel liviano el papel se ira despegando poco a poco de la placa.

2.7.5 Ácido férrico en placa.

Una vez retirado el papel, las pistas están descubiertas y dibujadas sobre el cobre, se comenzará a trabajar con el ácido férrico. también conocido como cloruro férrico o percloruro de hierro.

Se debe utilizar un recipiente plástico, esmaltado o de vidrio para verter en el ácido y dejar que allí se realice el ataque químico sobre el cobre. Se debe tener cuidado de nunca se utilice un recipiente metálico. El ácido ataca todo tipo de metales. Por otro lado, cuando el ácido se utiliza para fabricar muchas placas comienza a “saturarse” del cobre quitado de los PCB y cumple una vida útil. También se puede utilizar el ácido en forma directa, tal como se comercializa, se puede diluir en agua o en dos partes de agua y una de ácido.

El tiempo que necesita el ácido varía entre 10 a 20 minutos en situaciones normales y cualquier zona de la placa puede ser manipulada durante el proceso para completar con éxito la eliminación total de las zonas de cobre que no fueron tratadas con la tinta de la impresión planchada. Una vez que ya se observe que no quedan restos de cobre y el PCB estará listo, se debe dejar caer la mayor parte del ácido, que siempre queda sobre la placa y, si es necesario, se debe limpiar con papel suave. Cuando sea conveniente, se lava dejando correr agua para que los restos de ácido, que quedan en la placa, se diluyan a valores ínfimos, además, para que el cobre de la placa no se siga afectando con el accionar de ácido remanente en ella.

2.7.6 Perforación de la placa.

Una vez que la placa está limpia, con un taladro se hacen las perforaciones en la misma por donde se introducen las terminales o pines de los componentes. Para

esto se utiliza un moto-tool o un taladro pequeño con brocas finas, se perfora todos los orificios por los cuales irán en la tarjeta.

El circuito impreso está listo para ser ensamblado. Este método no permite la impresión de la máscara anisodonte, se colocó una capa de esmalte transparente a las pistas de cobre, para evitar que se oxiden. A continuación, se observa en la figura 6 la placa simulada como resultado final después de la perforación, la simulación es realizada en proteus.

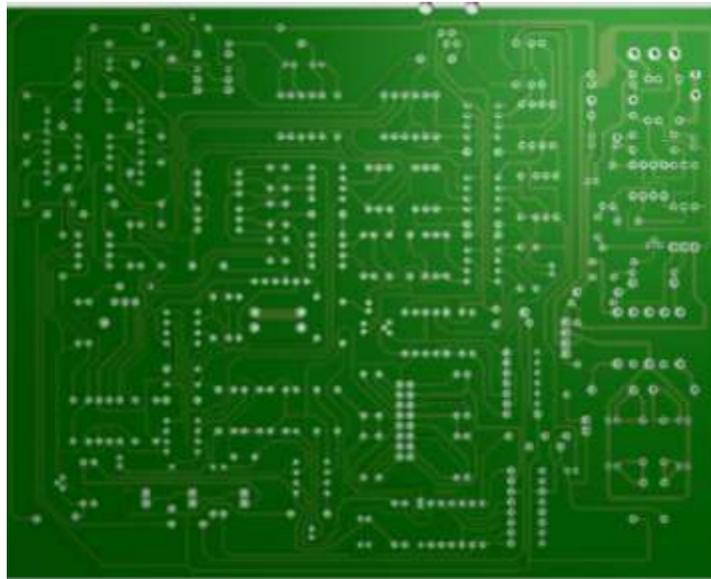


Figura 6. Simulación de circuito impreso con técnica de planchado

Capítulo 3

Planteamiento del problema

3.1. Identificación.

Todos los circuitos impresos tienen características similares en su elaboración tales como la simulación en un software, para realizar las plantillas, colocar componentes y tener una perspectiva de lo que será el resultado final en el software, uno de los planteamientos a futuro es el modificarlo y poder producirlo industrialmente por lo cual uno de estas partes fue la relocalización del esquema del circuito en el software.

Otra de las técnicas para comprobar si el circuito funciona correctamente es armarlo físicamente ya sea en una tarjeta de prueba (protoboard) o de modo manual con técnicas como es la del planchado.

Como parte del proyecto se planeó desarrollar prototipos de simulación y físicos por PROTEUS como herramienta para obtener los resultados y tener una perspectiva del circuito a desarrollar.

Para validar los resultados de este proyecto se usó el software PROTEUS debido a su amplia gama en las librerías de circuitos integrados y elementos, además de su confiabilidad. PROTEUS permite simular un circuito electrónico y por medio de la herramienta (que no se su nombre) obtener el diseño del circuito impreso para la elaboración del PCB.

3.2. Justificación.

La importancia para la realización de este proyecto para la empresa de sonido automatizada XION radica en su interés de no solo comercializar equipos electrónicos si convertirse en fabricante de equipos electrónicos de alta calidad, con el objetivo de en un futuro no muy lejano ser exportador de equipos electrónicos de audio para automóviles. Al llevar a cabo este proyecto se presenta uno de los primeros prototipos que están listos su fabricación con equipamiento de una línea de ensamblaje,

actualmente hay empresas dedicadas al duplicado, utilizando la ingeniería inversa ofreciendo a sus clientes los archivos Gerber y BOM, pero son tardados los resultados sin mencionar que es más costoso realizar el trabajo con tarjetas sencillas como el restaurador de bajos el cual no lleva electrónica SMD o multicapas en el PCB. En este trabajo se presenta un modelado que permite conseguir lo necesario para su fabricación si la necesidad de una empresa de por medio.

3.3. Alcance.

Como ingeniero en electrónica se tiene cierta experiencia en la realización de circuitos electrónicos y estos conocimientos son de gran ayuda para la realización de proyectos como este, donde se plantea una problemática y una solución, la capacidad de diseñar un circuito, y comprobándolo de manera digital como físicamente y llevar a cabo la fabricación en masa dándole seguimiento y solución a la empresa así mismo dejar un registro para proyectos a futuro que requieran del procedimiento.

Capítulo 4

Objetivos

Dar solución a una necesidad de la empresa Xion dedicada al sonido automotriz extrayendo los archivos necesarios utilizando herramientas y técnicas de ingeniería para la elaboración y diseño de un restaurador de bajos

4.1. Objetivos generales.

Diseñar un circuito simulado en la plataforma de PROTEUS, el cual permita extraer archivos que son necesarios para la elaboración del PCB de un restaurador de bajos para la empresa XION.

4.2. Objetivos específicos.

- Comprender la dinámica de análisis para replicar equipos electrónicos comerciales.
- Obtener los archivos pertinentes para su fabricación de forma industrial, al mismo tiempo analizar equipos comerciales para entender su funcionamiento.

Capítulo 5

Metodología.

En este capítulo se definirán los procedimientos y técnicas que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto. Además, se explica y analiza los ejemplos y pasos que se utilizaron en el área de desarrollo de la empresa XION ubicada en el municipio de Uriangato Guanajuato.

5.1 Análisis visual y reconocimiento de elementos de circuito.

El circuito del restaurador de bajos es un grupo de elementos de circuito electrónico que conforman circuitos integrados, resistencias, transformador, diodos, etc. Por lo cual lo primero que se analiza, es tener claro que tipos de integrados, diodos, transistores o elementos que contiene el circuito, esto ayuda a que en el caso de que el software de PROTEUS no estuviese tal elemento en su biblioteca, sustituirlo por algún otro que cumpla con sus características físicas o bien, editar el modelo para tener las características del dispositivo, hablando de algún integrado, debe tener el mismo tamaño y el mismo número de pines.

Ejemplo: En el circuito original del restaurador de bajos contiene alrededor de 10 integrados con numeración 4560D el cual es un amplificador operacional de alta frecuencia. Revisando la librería de PROTEUS, el integrado como tal no se encuentra en su base de datos, por lo que se sustituye por un amplificador operacional TL072, ya que cuenta con las mismas características físicas e internas.

Se desmonta la caratula del restaurador, se capturan los componentes en una lista y se identifica los elementos de circuito en el software como se puede ver en la figura 7.



Figura 7. Desarmado de caratula y análisis de componentes.

5.2. Análisis y trazado de pistas.

Este es uno de los pasos más complejos y meticulosos del proceso, ya que en él se tiene que realizar perfectamente para el buen funcionamiento del restaurador.

En este análisis su función es en tener una referencia de las pistas que conectan cada uno de los elementos del circuito.

Una técnica efectiva para identificar cada una de las pistas, es trazar cada una de ellas y dibujar un boceto con cada uno de los elementos conectados, esto dará una perspectiva más amplia de las conexiones y un margen de error menor más adelante al hacer las conexiones en el software.

Es importante mencionar que cada componente del circuito aún esta ensamblado en la tarjeta, se hace confuso seguir las pistas de conexión siendo un proceso que lleva tiempo, sin embargo, este paso es útil ya que el boceto que se obtenga será de gran ayuda para el trazado de las pistas sea más simple, el boceto se puede realizar a lápiz y papel como el que se muestra en la figura 8.

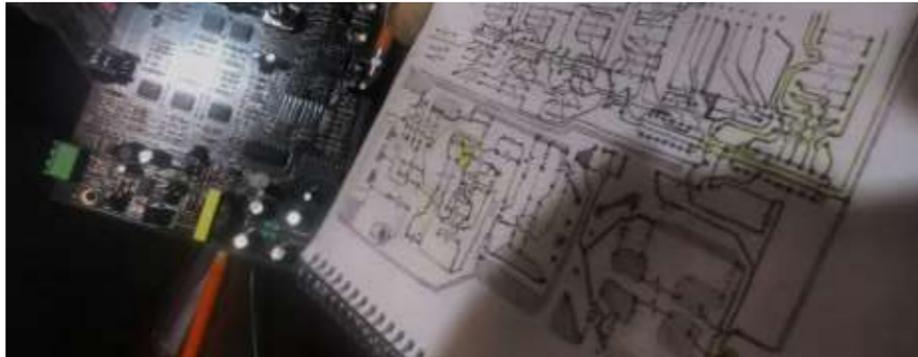


Figura 8. Boceto de pistas de conexión.

5.3. Plasmado de conexiones y componentes con entrada esquemática (Schematic Capture (ARES)).

Schematic Capture o esquema de captura o la introducción del esquema es un paso en el ciclo del diseño de automatización y diseño electrónico (EDA) en el que el esquema electrónico, o esquemático electrónico del diseñado circuito electrónico es creado. Esto se hace de forma interactiva con la ayuda de una herramienta de captura de esquemas también conocida como editor de esquemas .

También conocido como ARES el cual es la herramienta para la elaboración de placas de circuito impreso con posicionador automático de elementos y generación automática de pistas, que permite el uso de hasta 16 capas.

Ya caracterizados los componentes que tiene el circuito tanto los componentes que se sustituirán se utiliza el software PROTEUS para colocar cada uno de los componentes que lo conforman. Los componentes tienen que ir en el mismo orden en que van ensamblados en la tarjeta base, las conexiones se facilitarán y reduce el margen de error. Los componentes se colocan de izquierda a derecha manteniendo un orden y una secuencia de colocación. Poniéndolos a la misma distancia que están ensamblados físicamente.

Para ello se tiene que diseñar el área de trabajo con las mismas dimensiones que cuenta la tarjeta original las cuales son 17.2 cm x 12.5 cm, esto se hace para dar dimensión del tamaño a la tarjeta en la que se trabaja. Como se puede ver en la figura 9.

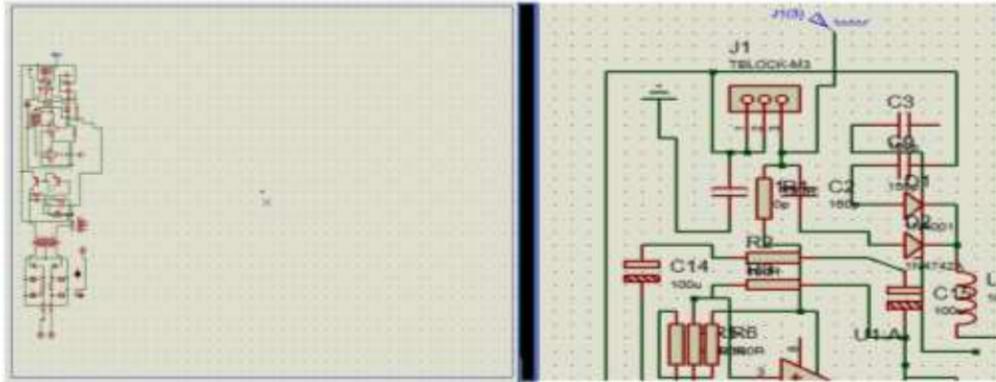


Figura 9. Dimensionado de la tarjeta, colocación y conexión de componentes.

Con ayuda del boceto que se dibujó anteriormente se analizan las conexiones de los componentes conforme se están colocados llevando la secuencia de colocación de izquierda a derecha.

Cabe destacar que cuando se realizan las pruebas de funcionamiento físico, todos los componentes tienen que encajar perfectamente en todos los componentes sustituidos tienen que estar físicamente idénticos, por lo cual se necesita medir los componentes físicos milimétricamente con ayuda de un vernier y así colocar un componente con las mismas dimensiones y características físicas.

Una vez colocados los elementos de circuito y las conexiones en Schematic Capture se imprime el diseño del circuito mediante la barra de herramientas en File -> Print Desing como se puede ver en la figura 10.

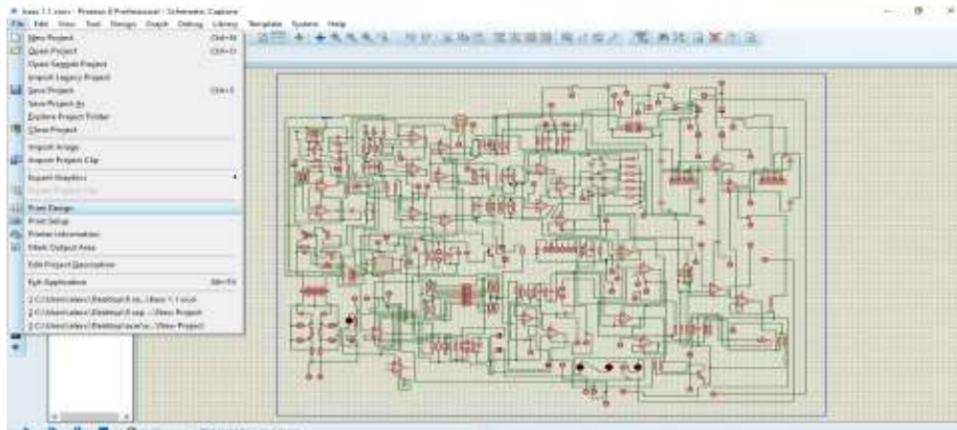


Figura 10. Impresión del circuito.

En la figura 11 que se muestra a continuación se observa las características de impresión donde aparecerá una ventana, se selecciona la orientación de la hoja y se da click en Landscape y el tamaño de la impresión que será 2:1 (50% reducción), posteriormente se selecciona el lugar en donde será guardado el archivo.



Figura 11. Características de impresión.

Realizado el circuito en el apartado Schematic Capture, se tiene un esquema que ayuda a tener una referencia de conexiones y componentes para realizar el circuito en ISIS en el apartado PCB Layout. El esquema realizado se puede ver en la figura que se muestra a continuación en la figura 12.

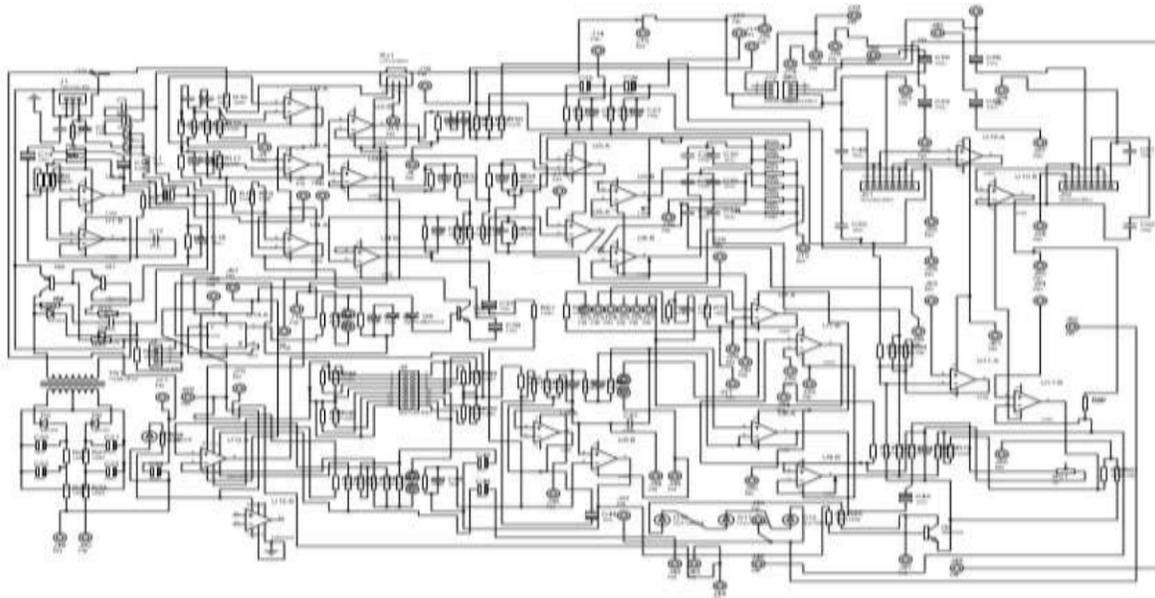


Figura 12. Circuito en schematic capture.

5.4 Plasmado de conexiones y componentes en PCB Layout (ISIS).

La herramienta PCB Layout, permite escalar el tamaño de las placas que pueden ser construidas. PROTEUS es capaz de gestionar proyectos de placas de circuito impreso de hasta 16 capas de cobre, con una resolución de 10nm y permitiendo la disposición de los elementos en cualquier ángulo, posición y da un diagrama de acomodado de componentes, pistas y tamaño de área de trabajo también conocido como ISIS el cual es la herramienta para la elaboración avanzada de esquemas electrónicos, que incorpora una librería de más de 6.000 modelos de dispositivos digitales y analógicos. (Arrivillaga)

En este apartado se plasman los componentes y cada una de las conexiones, en este paso es en el que los archivos Gerbers y BOM son generados y posteriormente extraídos.

En este apartado se da el dimensionado a el área de trabajo como anteriormente se realizó en el apartado 5.3 en Schematic Capture en las cuales las dimensiones son 17.2cm x 12.5cm. Se debe tener un área de trabajo y dimensionado iguales, esto ayuda a que el tamaño del prototipo final sea el adecuado.

El siguiente paso es crear un borde de tablero dando el dimensionado a el área de trabajo seleccionando el modo de cuadro de gráficos 2D. Se selecciona la capa de selección en la esquina inferior izquierda y la opción de borde del tablero (board edge). Ver figura 13.

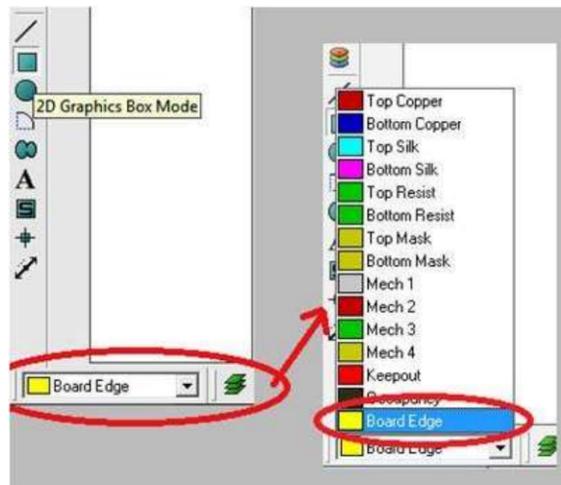


Figura 13. Selección de área de trabajo.

Se selecciona el espacio de trabajo de ISIS, después aparecerá una línea verde. Con eso se tendrá que dibujar un cuadro. Este cuadro es el mismo que en la línea azul profesional ISIS anterior. El circuito del restaurador deberá estar dentro del cuadro amarillo. Como el circuito es más complejo y de gran tamaño, existe la posibilidad de expandir el cuadro de trabajo o área de trabajo. Para asegurarse de tener el tamaño correcto se puede usar la opción de modo de dimensión que se muestra en la figura siguiente, esto ayuda a medir milimétricamente el área de trabajo. Figura 14.

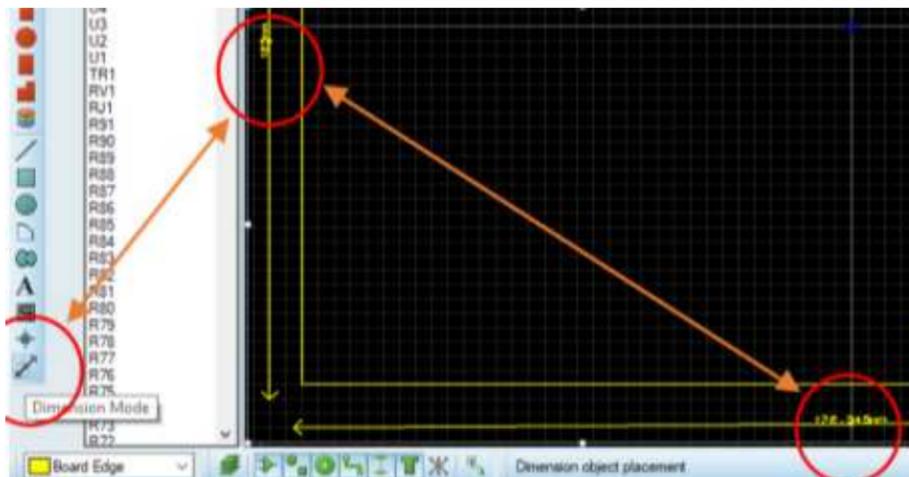


Figura 14. Dimensionado de área de trabajo.

Lista el área donde se instalará el circuito, se colocará cada uno de los componentes tomando en cuenta el orden y el espacio entre uno y otro como se muestra en la figura 15. Para colocar los componentes se tiene como ayuda en el boceto de dibujo que se realizó, tanto como el circuito en ARES y la tarjeta original.

Al colocar los componentes en ISIS automáticamente señalará las conexiones con vectores y líneas de color verde llamadas Ratsnest y Force Vectors.

Forcé vectors o vectores de fuerza le ayudan a colocar piezas en la PCB. Cuando coloca una pieza manualmente en el tablero, debe prestar especial atención al vector de fuerza de esa pieza. Le ayuda a colocar la pieza lo más cerca posible de otras piezas que están unidas a la misma red.

Ratsnest es el término utilizado para referirse a la forma como los programas de diseño de circuitos impresos muestran gráficamente en el editor de PCBs la conexión más corta posible de un pin eléctrico a otro, mediante el uso de una delgada

línea recta que une dos puntos que deberán estar unidos por trazos de circuito impreso. Esto se puede ver a continuación en la figura 15.

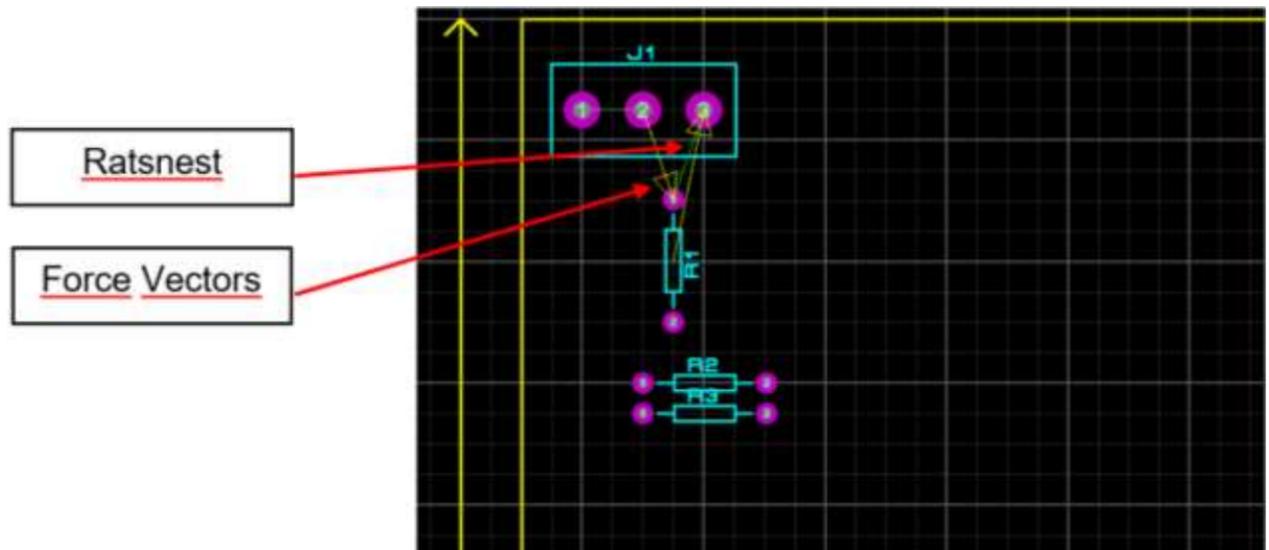


Figura 15. Colocación de componentes.

En la figura que se muestra a continuación se aprecia cómo desactivar estas ayudas ya que, si no se desactivan, en este caso solo se hará más confuso el acomodado de los componentes y el conectado de los mismos, que se realizará manualmente.

Para desactivar estas ayudas se presiona las teclas Ctrl+L y se abrirá la ventana de opciones de ajustes de pantalla, se desmarca las casillas Ratsnest y Force Vectors y posteriormente se selecciona OK. Ver figura 16.

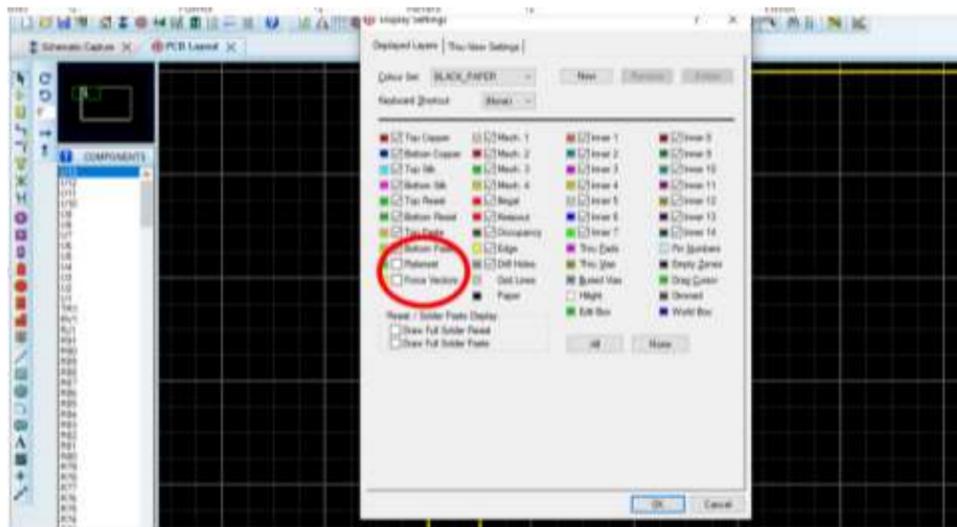


Figura 16. desactivado de vectores de ayuda.

Ya desactivada la opción de Ratsnest y Force Vectors se colocan los componentes de una manera más limpia visualmente como se observa en la figura 17. Cabe recalcar, que cada componente tiene que ser colocado como originalmente se encuentra en la tarjeta, ya que tiene que llevar el espacio entre un componente y otro exacto para la colocación de las pistas y la conexión entre ellos.

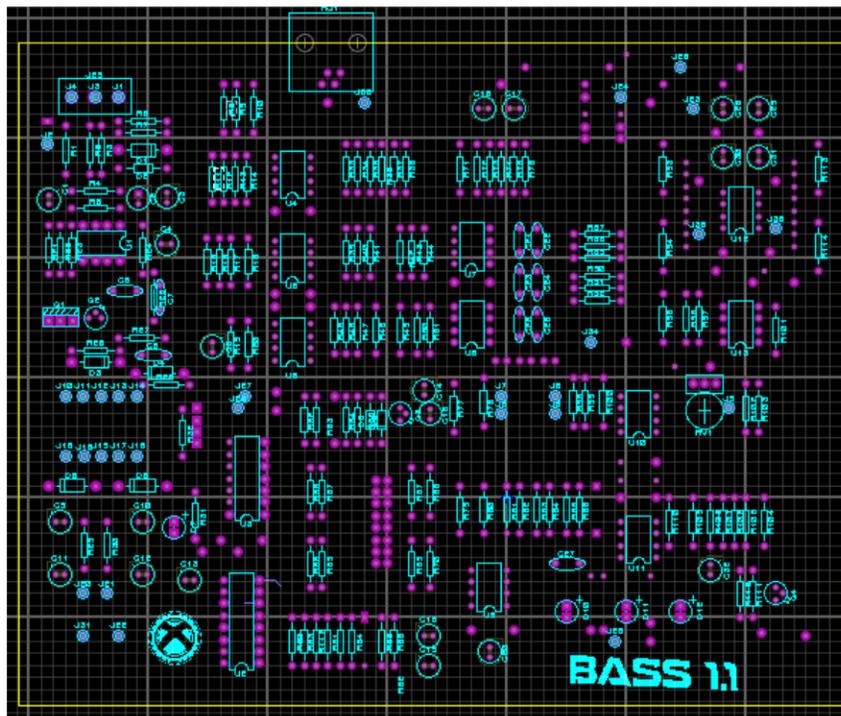


Figura 17. Plasmado de componentes en ISIS.

Una vez que cada uno de los componentes estén colocados en su posición, se realiza una inspección de cada uno de los componentes para asegurar la ausencia de alguno de ellos y que cada uno tenga la separación exacta entre sí.

Se deberá realizar las conexiones de los componentes seleccionando la herramienta Track Mode, se selecciona un ancho de pista de T15 (cuanto es de grosor en mm) como promedio, ya que cada pista tiene diferente grosor, como se muestra en la figura 18.

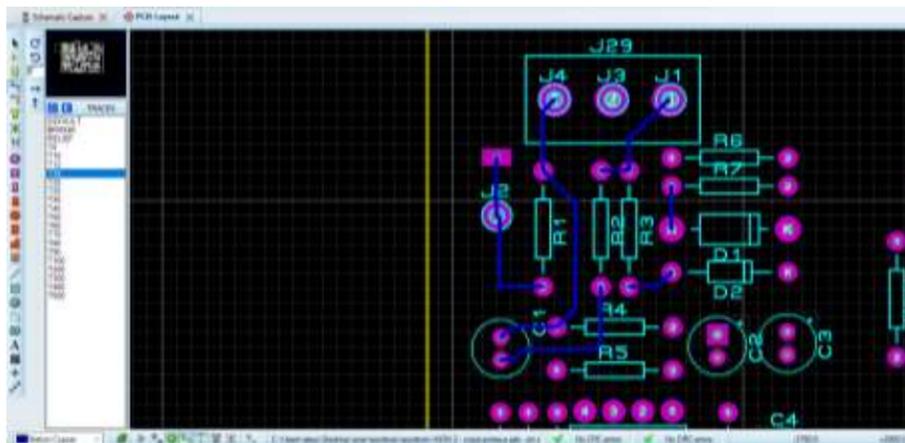


Figura 18. Conexión de pistas.

Ya que se obtienen los dos bocetos de las conexiones, tanto como el boceto de dibujo y el boceto del circuito en ARES, se verifican las conexiones desde la tarjeta original, ya que esto ayuda a un dimensionado del grosor de las pistas. Para ello se retiran los componentes de la tarjeta dejando expuestas las pistas que pasaban por debajo de ellos, la tarjeta queda como se muestra en la siguiente figura 19.

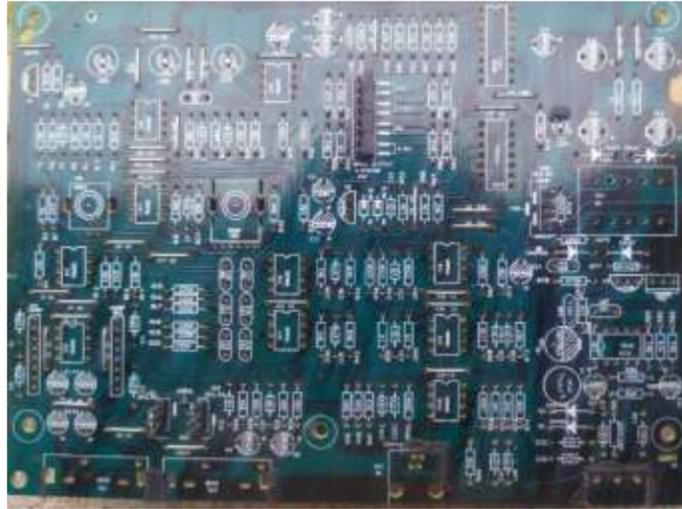


Figura 19. Extracción de elementos de la tarjeta.

Una de las técnicas que se utiliza para observar y verificar las pistas para realizar las conexiones en el software es poner la tarjeta a contra luz y así tener una imagen clara de las conexiones, Figura 20.

Una vez la imagen de las pistas y su dimensionado en grosor se realizan las conexiones con el grosor de cada una de las pistas como originalmente están en la tarjeta.

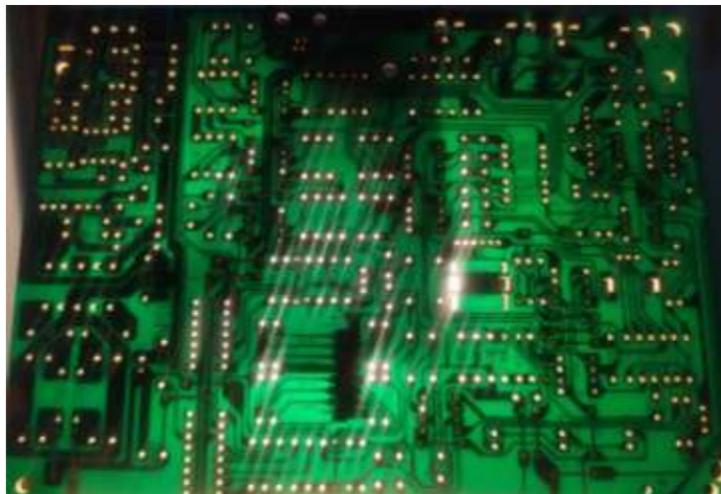


Figura 20. Pistas a contra luz.

Las conexiones de los elementos que se realizan en este paso se tienen que verificar en el boceto de dibujo, en el diagrama del circuito realizado en ARES y siguiendo las líneas de conexiones que se muestran en la tarjeta original, así para que el margen de error sea lo más bajo posible.

En la siguiente figura 21, se muestra el diagrama del circuito en ISIS terminado con las conexiones realizadas y con cada uno de los elementos de circuito colocado en la tarjeta.

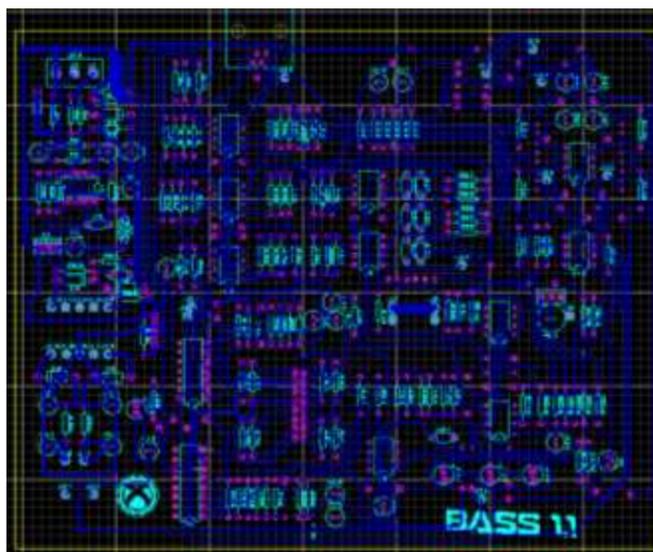


Figura 21. Diagrama del restaurador ISIS

Una vez que la tarjeta tiene todas las pistas trazadas ya está lista para comenzar el proceso de producción, es posible obtener una vista tridimensional para tener una vista previa del resultado final. Esto puede ayudar a tomar decisiones y corregir algunos aspectos antes de construir el primer prototipo en físico.

Para arrancar la vista tridimensional se utiliza el icono de la barra de herramientas para invocar al visor 3D. Figura 22.



Figura 22. icono visor 3D.

Al hacerlo se abrirá una nueva pestaña que mostrará la vista tridimensional. Esto sirve para ver una simulación del trabajo terminado y analizar errores, mejoras o algún cambio en el PCB antes del armado físico, la figura 23 se muestra el resultado final simulando en tres dimensiones.



Figura 23. Vista 3D frontal de tarjeta terminada.

Una de las operaciones al abrir el visor 3D es visualizar la placa desde diferentes ángulos. PROTEUS ofrece cinco vistas preestablecidas: superior, frontal, trasera, izquierda y derecha. Se puede acceder a cada una de ellas por varios caminos distintos. En este caso se observa desde cada ángulo para identificar errores de posición de los elementos o trazados incorrectos de pistas. También se realiza una verificación de errores de la parte trasera de la placa como se muestra en la figura 24.

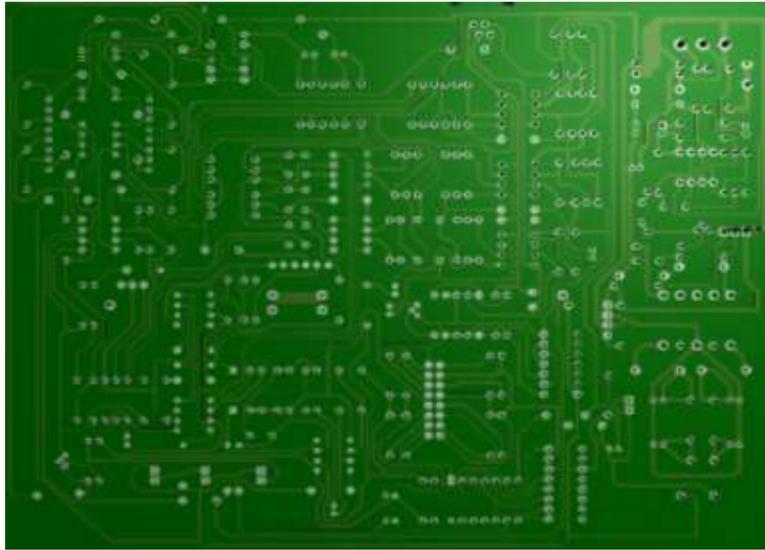


Figura 24. Vista 3D trcera de tarjeta terminada.

5.5 Impresión y armado de tarjeta física.

Una vez confirmadas las conexiones y la verificación de errores de diseño y conexiones, se imprime el diseño, ya que se utiliza para realizar el circuito físicamente con la técnica del planchado, por lo cual se imprime la plantilla de las pistas de la tarjeta diseñada.

Para imprimir la plantilla de la placa de circuito que se ha diseñado se selecciona la opción “Print Layout” desde el menú “Output”, esto se puede observar en la figura 25.

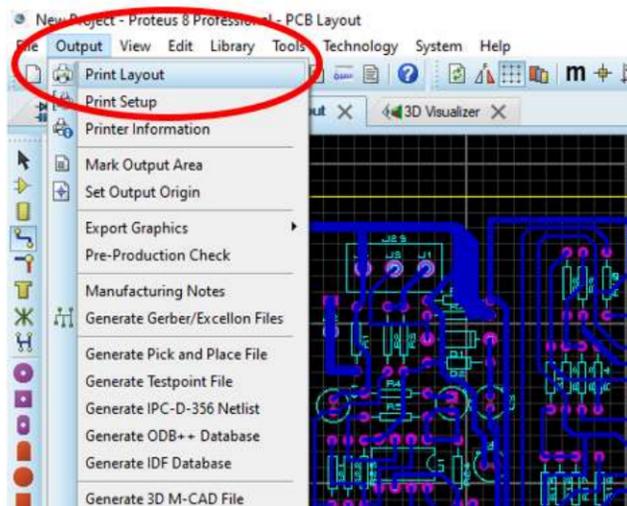


Figura 25. Impresión de plantilla Layout.

Aparecerá una pantalla donde se caracterizará la impresión, donde se elige la escala, y las diferentes capas que se imprimen. En este caso solo se desmarca la casilla “Top Silk” y se selecciona la opción “Mirror” y seleccionar OK, mostrado en la figura 26.

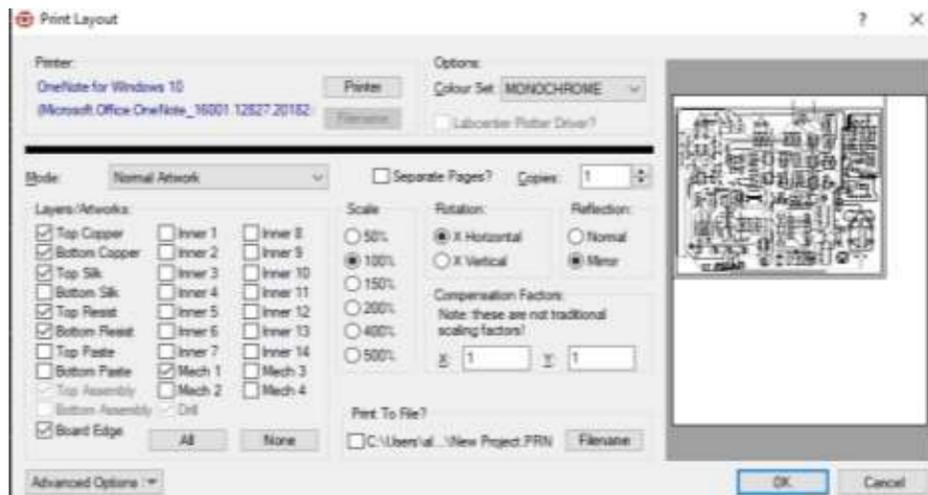


Figura 26. Caracteres de impresión de plantilla.

La plantilla sirve para plasmar cada una de las pistas en la tarjeta de cobre para posteriormente hacer la técnica de planchado, el dibujo final de las pistas se muestra en la siguiente figura 27.

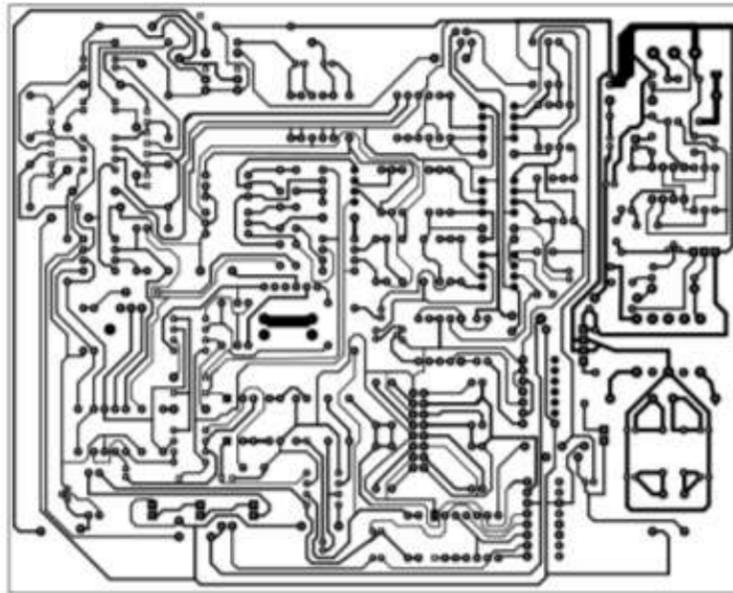


Figura 27. Plantilla impresa.

Este no es otra cosa que el dibujo de las pistas de cobre. Hecho el diseño del circuito en el software, se imprime en alta resolución sobre el papel termo transferible a cualquier lado del papel, usando una impresora láser.

5.5 Implementación física del circuito (técnica del planchado).

Una vez el papel termo adherible este puesto sobre el material donde se pretende imprimir la imagen, la impresión sólo puede efectuarse una vez, ya que la tinta queda plasmada en el material. Para ello hay varios pasos que se siguen simultáneamente.

Limpieza de la placa de cobre.

Una vez la impresión de las pistas del circuito. Se corta la placa de baquelita a la medida del circuito impreso, posteriormente lavarla por el lado del cobre con jabón desengrasante. La placa de cobre deberá estar seca y limpia de polvo y grasa. En este caso también se limpia con una lija muy delgada de agua para remover las impurezas. Ver figura 28.



Figura 28. . Limpieza de placa. (ELISEO WILFREDO AMARU FERNANDEZ, 2017)

Transferencia de la impresión a la placa de cobre.

Se coloca la placa sobre una superficie sólida, con el lado del cobre mirando hacia arriba. El papel termo transferible con el diseño del circuito impreso se coloca sobre la placa de cobre, de tal manera que el dibujo haga contacto con el cobre. Haciendo uso de una plancha casera a temperatura máxima se plancha durante 10 minutos sobre la parte impresa del papel termo transferible, haciendo énfasis en los bordes y el centro de la placa. El equipo debe de estar al máximo ya que a pesar de que las instrucciones del papel termotransferible deben estar a temperatura media, si la temperatura no es bastante alta, la tinta no se adhiere bien al cobre de la placa, figura 29.

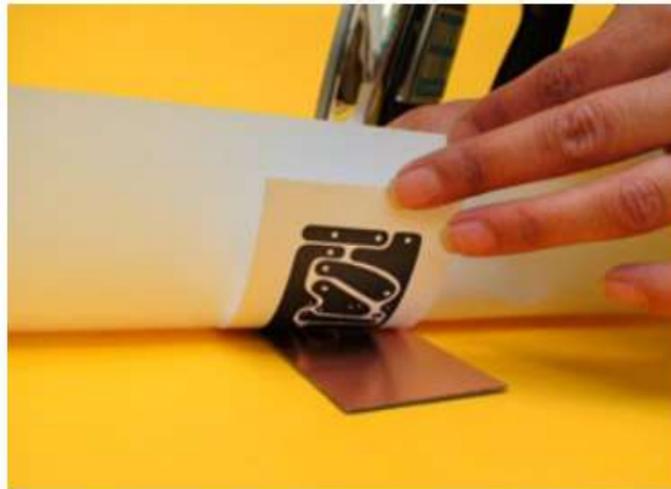


Figura 29. transferencia de tinta a la placa. (ritsasv, 2016).

Transcurrido el tiempo de planchado, el papel fue adherido al cobre, se deja enfriar, se introduce la placa con el papel termo transferible adherido en una cubeta con agua fría dejando sumergida un mínimo de 5 minutos. Al cabo de este tiempo el papel debe estar húmedo. Se retira suavemente con la yema de los dedos el papel termotransferible de la superficie del cobre. Se tiene que secar la placa por el lado del cobre y se revisa que no hallan restos de fibras de papel.

Quemado de la placa para la obtención de las pistas de cobre.

Una vez la imagen está adherida al cobre y se haya corregido cualquier defecto que hubiese surgido, se introduce la placa de cobre en un recipiente no metálico que contenga cloruro férrico disuelto en agua caliente; La función de este es la de disolver el cobre que no está cubierto con tinta, dejando al final las pistas de cobre que forman el circuito.

Entre menos tiempo tenga que durar la placa de cobre en el cloruro férrico, la calidad del circuito impreso final será mejor, por esto se agita el recipiente con la placa de cobre sumergida en el químico, para que de esta manera pueda disolverse más rápido el cobre de la placa. Después que el cloruro férrico haya consumido todo el cobre sobrante, se saca la placa del recipiente y se retira la tinta con solvente y un

trapo, quedando las pistas de cobre, se lava la placa nuevamente con esponjilla y jabón desengrasante. Figura 30.

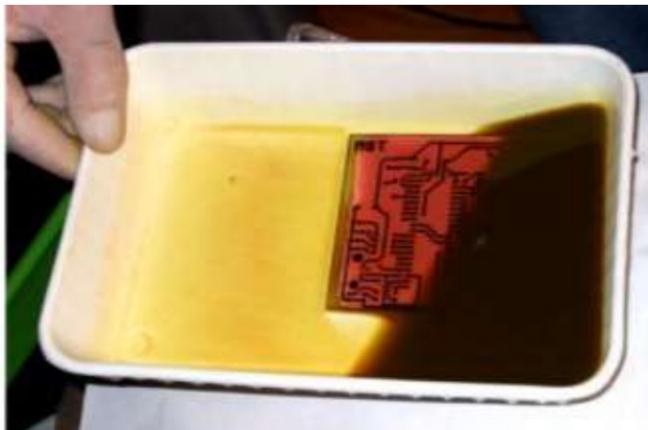


Figura 30. Disolución de exceso de cobre en ácido férrico. (castañeda, 2014).

Perforado del PCB.

Finalmente se perfora todos los orificios por los cuales entrarán las terminales de los componentes que irán colocados en la tarjeta. Por lo general se utiliza un mototool o un taladro pequeño con brocas finas. El circuito impreso está listo para ser ensamblado. Se recomienda colocar una capa esmalte transparente a las pistas de cobre, para evitar que se oxiden.

Colocado de componentes en placa.

Una vez la placa terminada con las pistas de cobre plasmadas en ella y perforada para cada uno de los elementos, se coloca cada uno de los componentes en la tarjeta, siempre teniendo en cuenta la posición exacta y correcta de cada uno de ellos, como se muestra en la figura 31.

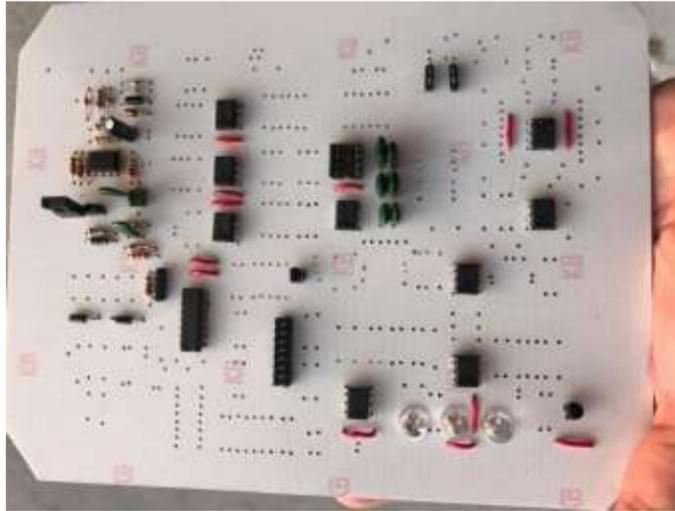


Figura 31. Colocado de componentes.

Ya colocados todos los componentes en la tarjeta cuidadosamente se voltea y en la cara inferior de la tarjeta para soldar cada uno de los componentes. Cabe resaltar que antes de ser soldarlos se tiene que hacer una inspección de todos los componentes y verificar la correcta colocación de los mismos, se deben colocar con la polaridad y posición correcta, a continuación, se muestra en la figura 32 la parte trasera de la placa con los componentes colocados y soldados.

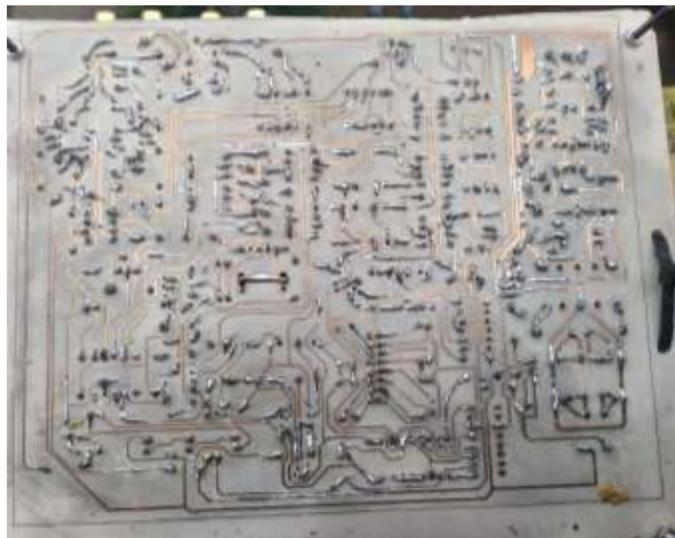


Figura 32. Soldado de componentes en la tarjeta.

Ya que todos los componentes estén soldados el próximo paso es realizar una inspección de continuidad de cada una de las pistas para descartar cortos circuitos en la placa, esto con ayuda de un multímetro digital, midiendo continuidad en todas las pistas. En la figura 33 se observa la tarjeta ensamblada completamente.



Figura 33. Tarjeta física ensamblada.

Una vez revisado el circuito y verificado que el circuito no tenga cortos o errores, se hace la prueba física. Se conecta la placa a la salida de un estéreo automotriz y la entrada a un amplificador de audio, la salida del amplificador a un parlante woofer para corroborar el óptimo funcionamiento de la tarjeta. A continuación, se muestra un diagrama de conexión del restaurador de bajos. Figura 34.

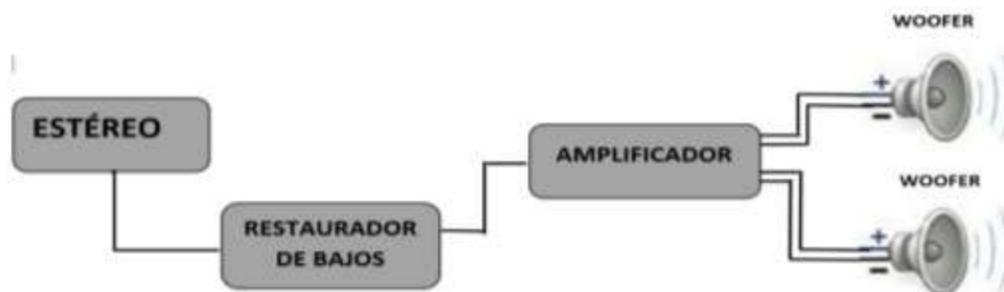


Figura 34. Esquema de conexión de restaurador de bajos.

5.6 Extracción de archivos Gerber.

El formato Gerber es un formato de archivo de vector binario 2D. Es el archivo estándar usado por software en la industria de PCB para describir las imágenes del circuito impreso: capas de cobre, máscara de soldadura, leyenda, etcétera. En esta sección se describirá paso a paso cómo generar los archivos Gerber en el software PROTEUS versión 8.5.

Después de abrir el programa, se carga el archivo PCB que se va a procesar. Una vez se muestra el diseño, se selecciona la pestaña “Output”, después la opción “Generate Gerber/ Exellon Files” de la ventana desplegada como se observa en la figura 35.

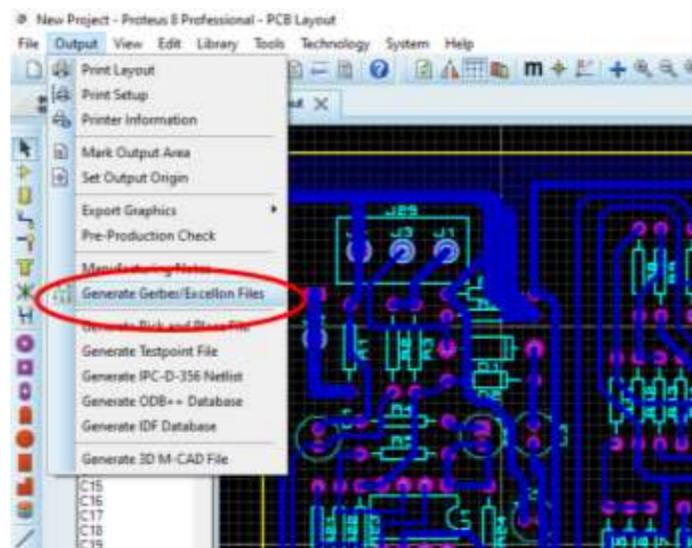


Figura 35. Generate Gerber/ Exellon Files.

Una vez realizado lo anterior aparece una ventana en donde debe hacer un escaneo DRC para detectar errores en el circuito. En la ventana se selecciona la opción “NO”, ya que, si hace el escaneo, muy probablemente se encontrarán errores y no se generarán los archivos, ya que algunas pistas que se conectaron están simuladas.

A continuación, se desplegará la ventana “CAD/CAM (Gerber and Exellon Outputs)” se selecciona las diferentes opciones de la siguiente forma:

- Folder: Se elige la carpeta donde va a almacenar los archivos generados.
- Rotation: "X Horizontal"
- Reflection: "Normal"
- INF File Units: "Metric (mm)"
- Gerber Format: "RS274X"
- Slotting/ Routing Layer: "Mech 1"
- Resolution: "1000 DPI"
- Run Gerber: "Viewer when done"

Utilizando los parámetros correctos se selecciona en la opción "OK".

Se activará las diferentes capas haciendo "Click" sobre las casillas ubicadas bajo la opción "Layers/ Artworks" y de la respectiva capa que consideremos necesario Generar el archivo Gerber, como lo muestra la siguiente información:

- Top Copper: Seleccionar para la capa superior de cobre.
- Bottom Copper: Seleccionar para la capa inferior de cobre.
- Inner Layer 1, 2, etc..: Seleccionar en el caso de un circuito multicapa, uno por cada capa interna que tenga nuestro circuito
- Top Silk: Seleccionar para la capa superior de leyenda de componentes.
- Bottom Silk: Seleccionar para la capa inferior de leyenda de componentes (Si la hay).
- Top Resist: Seleccionar para la capa superior de mascara antisolder.
- Bottom Resist: Seleccionar para la capa inferior de mascara antisolder.
- Drill: Seleccionar para generar el archivo de perforaciones en formato Excellon.
- Edge: Seleccionar para la capa de Borde o Corte externo del circuito.
- Mech 1: (Opcional) Seleccionar para la capa de Ruteos internos y Slots del circuito (si los hay).

Para la activación de capas para el proceso de ensamble automatizado de circuitos impresos:

Las capas que se deben activar en el caso de ensamble automatizado son las siguientes como se aprecia en la figura 36:

- **Top Copper:** Seleccionar para la capa superior de cobre.
- **Bottom Copper:** Seleccionar para la capa inferior de cobre.
- **Top Silk:** Seleccionar para la capa superior de leyenda de componentes.

Bottom Silk: Seleccionar para la capa inferior de leyenda de componentes (Si la hay).



Figura 36. Caracteres de extracción de archivos.

Visualización de los archivos Gerber generados.

Una vez seleccionado el botón “OK”, se desplegará la ventana “Gerber View” donde se puede ver un listado de las capas para las cuales se generarán archivos Gerber y que se pueden visualizar. Esto se muestra en la figura 37.

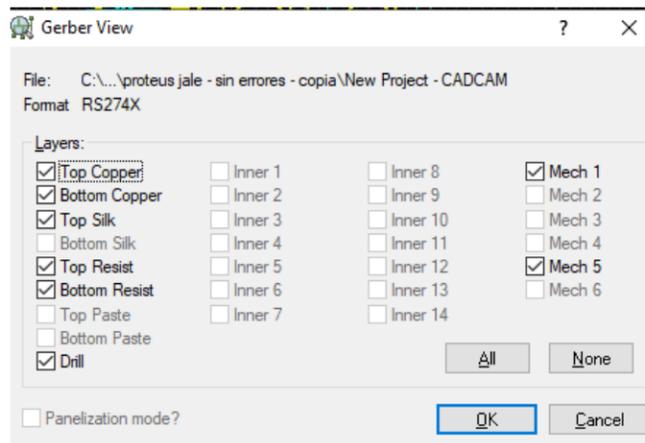


Figura 37. Ventana de visualización de Gerbers generados.

Se selecciona en el apartado “OK”, lo que abrirá una pestaña nueva donde se visualiza los archivos Gerber que se han generado, el resultado de esto se muestra en la figura 38.

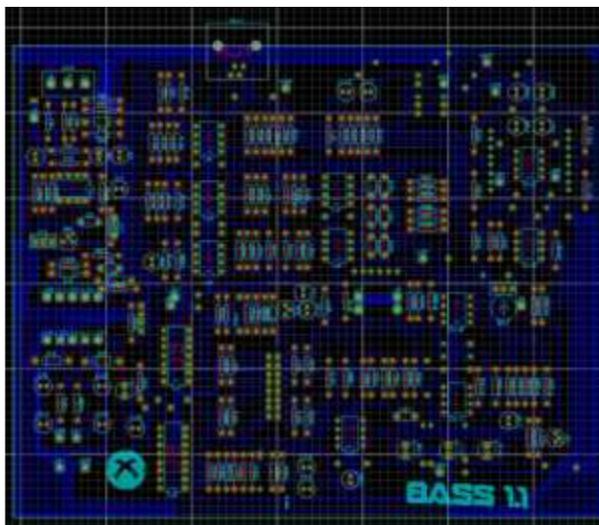


Figura 38. Vista de capas en el PCB .

Si se selecciona sobre la pestaña “Edit Layer Color/ Visibility” o el ícono que ilustra la figura superior se activar y/o desactivar capas para permitir un análisis más detallado y asegurar que se está enviando la información correcta para la fabricación del PCB. Si en estas gráficas se observa cualquier característica de las imágenes mostradas que genere duda, se deberá revisar específicamente el circuito en dicha área y corregir el defecto desplegado con ayudada de los bocetos y diagramas anteriormente realizados. De ninguna manera se debe suponer que una gráfica mostrada

incorrectamente corresponde a un defecto de la tarjeta de gráficos de la computadora. Se puede observar cada una de las capas presionando Ctl+L para desplegar la ventana de ajustes de pantalla y seleccionar las capas que se dese ver como se muestra en la figura 39.

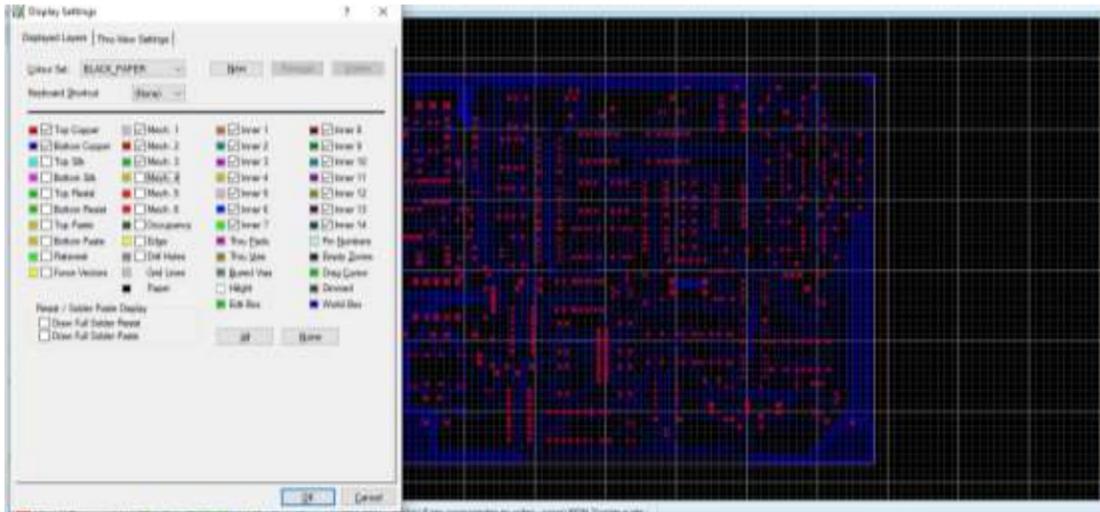


Figura 39. Selección de visualización de cada una de las capas por medio de Display Settings.

Ya revisado que todo esté sin errores visuales se generará un archivo “.rar” el cual son los Gerber generados que se guarda cuando hacemos el escaneo DRC. Los archivos extraídos se guardan en un formato rar como se muestra en la figura 40.

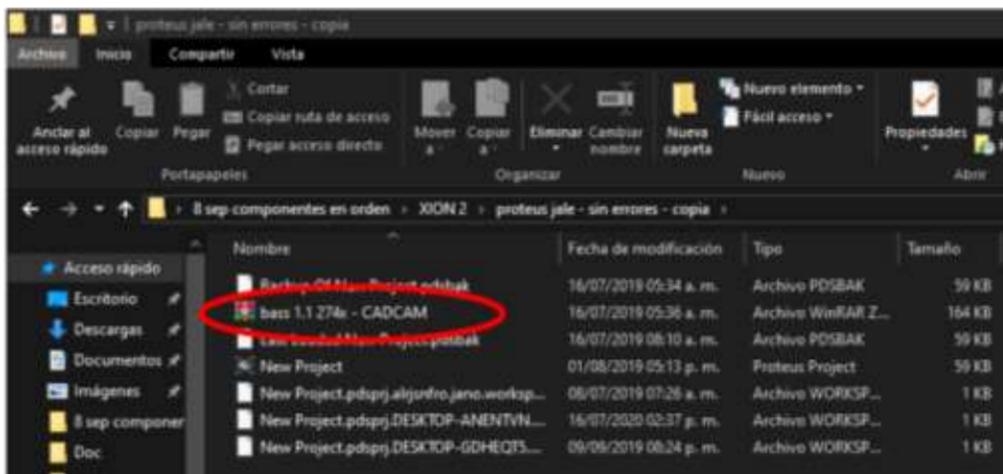


Figura 40. Archivos Gerber .

5.7 Lista de componentes (BOM).

ISIS puede generar de forma rápida y fácil una lista de los componentes y materiales usados en un circuito para saber cuántos son o comprarlos. Esta es la lista de materiales, también conocida como BOM (Bill Of Materials) según su abreviatura en inglés. Para generar la lista, en la opción menú en “Tools”, después a “Bill of Materials”. Hay cuatro posibilidades diferentes: HTML, ASCII, CVS compacto o CVS completo, figura 41.

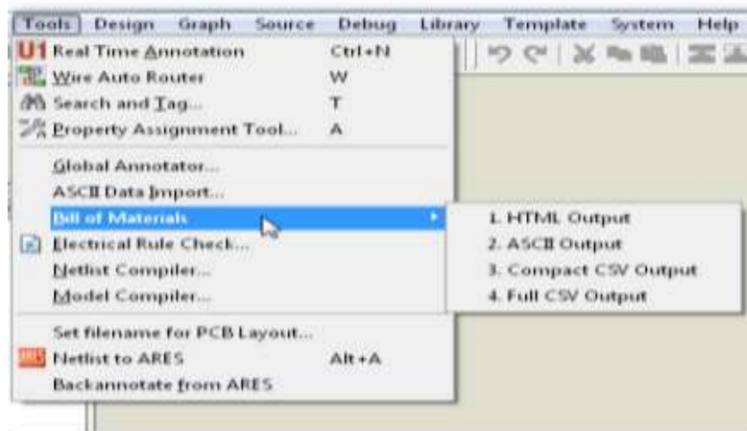


Figura 41. Opciones para generar lista BOM.

La opción HTML generará un archivo que se puede ver en un navegador web, tal como Internet Explorer u Opera. El formato ASCII es para texto simple, y CVS es un formato en el que los valores están separados por comas y que puede ser visto en programas como Excel (las comas indican la separación de las columnas). Al seleccionar cualquiera de los formatos para el reporte, se abrirá una ventana, que es un visor HTML que se instala con PROTEUS, donde observaremos el reporte en el formato elegido.

También se puede extraer la lista de materiales en el símbolo de la barra de herramientas que se muestra en la figura 42.

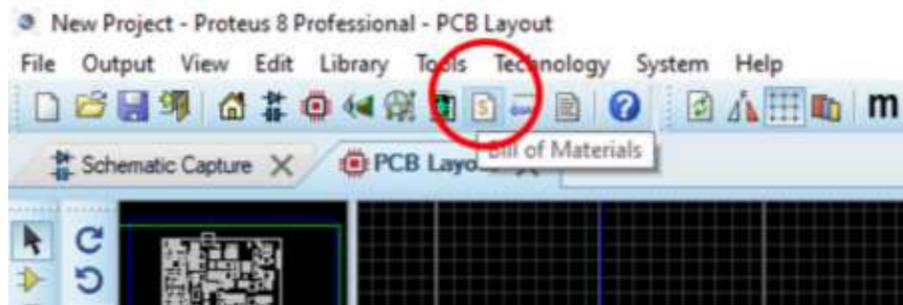


Figura 42. Icono para BOM.

En la configuración de la lista de materiales se puede editar y modificar datos técnicos del circuito o de los elementos, tanto como precios de los elementos, nombre del proyecto, fechas, etc. En la figura siguiente se observa la lista de materiales que se genera.

Desde el visor, se puede imprimir la lista de materiales o guardarla. Para esto, se hace clic en el botón Save (que tiene la forma de un pequeño disquete) o en el menú File/Save as.... luego, se selecciona la carpeta donde va a almacenar la lista, y quedará guardada en el formato elegido: .HTML, .TXT o .CVS. Los datos del archivo se pasaron a un archivo en Excel para posteriormente cambiarlo a formato PDF.

Capítulo 6

Resultados

Los resultados adquiridos son de vital importancia para su análisis.

Datos obtenidos de GERBER.

Para comprobar que los archivos Gerber que se han extraído correctamente no estén dañados o tengan algún error se toma la ayuda de un visualizador o simulador de estos archivos. Un ejemplo de cómo se realiza una prueba de visualización de los GERBERS fue en la página web www.jlcpcb.com, la cual ayuda a observar el acabado final de la placa del circuito y a cotizar el precio de producción. En este simulador se puede observar cada una de las capas que se utilizaron, tanto como las pistas, referencias y etiquetados de lugares de los componentes. Figura 43.

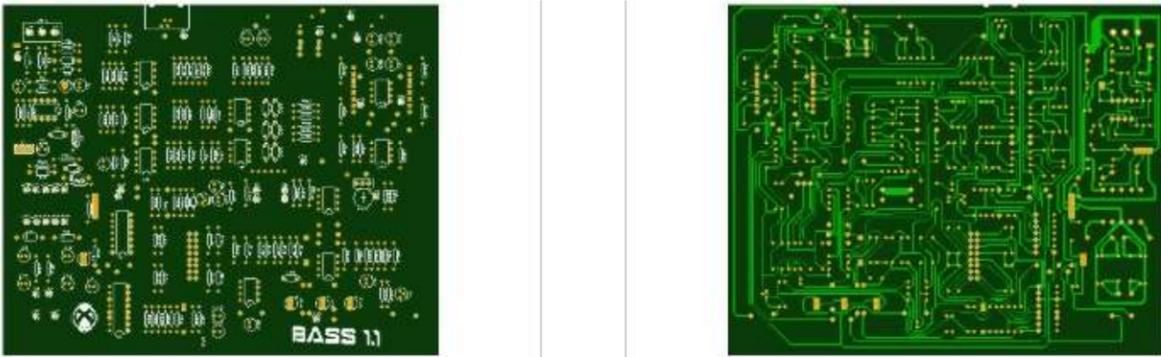


Figura 43. Vista de Gerbers con simulador www.jlcpcb.com

Cabe destacar que se puede hacer el pedido de fabricación y una prueba DEMO en esta página a un precio bajo, personalizar características del PCB como el color, resolución de pistas, grosor de placa, etc. En la figura 44 se observa el precio de fabricación como ejemplo.



Figura 44. Cotización de fabricación de PCB.

Datos obtenidos de lista BOM:

La lista de componentes BOM se origina automáticamente en un PDF con ayuda del software, cabe decir que se realiza en un archivo de Excel ya que para el para la empresa fue más practico el formato.

Tabla 1. lista de componentes

BOM			
Quantity	References	Value	
87 Resistors			
1	R1	4	
3	R2,R26-R27	56K	
5	R3,R32-R34,R53	100K	
8	R4,R6,R15,R31,R36,R40,R47,R83		
1	R5	47K	
15	R7-R8,R18,R20,R38-R39,R42-R43,R50,R74,R76-R77,R82,R84-R85	10K	
1	R9	470	

Capítulo 6. Resultados.

9	R10,R21,R29,R46,R75,R78-R79,R81,R86	1K	
2	R11-R12	220	
2	R13-R14	47	
1	R16	100K	
1	R17	110K	
1	R19	130K	
1	R22	43K	
6	R23,R44,R55,R57,R70-R71	20K	
1	R24	390K	
3	R25,R30,R35	3K	
1	R28	1M	
1	R37	4K	
1	R41	2K	
1	R45	11K	
1	R48	24K	
1	R49	51	
3	R51-R52,R87	510	
2	R54,R56	150	
6	R58-R63	220K	
1	R64	15K	
2	R65-R66	39K	
1	R67	150K	
2	R68-R69	200K	
2	R72-R73	68K	
1	R80	51K	
57 CAPACITORS			
Quantity	References	Value	Stock Code
18	C1,C5,C9-C14,C16-C20,C28-C32	22u	Digikey 493-1095-ND
2	C2,C15	1u	Digikey 493-1095-ND
1	C4	470u	Digikey 493-1095-ND
2	C6-C7	102P	Maplin WX56L
1	C8	100P	Maplin WX56L
4	C21-C24	223P	Maplin WX56L
2	C25-C26	153P	Maplin WX56L
1	C27	562P	Maplin WX56L

15	R200-R209,R215,R218-R220,R225	104P	Maplin WX56L
5	R210,R212,R214,R216-R217	101P	Maplin WX56L
6	R211,R213,R221-R224	27P	Maplin WX56L
1 INDUCTOR			
Quantity	References	Value	Stock Code
1	C3	1uH	
13 Integrated Circuits			
Quantity	References	Value	Stock Code
1	U1	TL072	
1	U2	MJ005B	
1	U3	CD4013	
10	U4-U13	4560D	
4 TRANSISTORS			
Quantity	References	Value	Stock Code
1	Q1	D600k	
1	Q2	K734C3198	
2	Q3-Q4	BRN5551	
12 DIODES			
Quantity	References	Value	Stock Code
5	D1,D3-D6	1N4001	
3	D2,D8-D9	1N4371A	
4	D7,D10-D12	LED	
1 TRANSFORMER			
Quantity	References	Value	Stock Code
1	J10-J19		
38 Miscellaneous			
Quantity	References	Value	Stock Code
30	J2,J5-J28,J31,J33-J36	PIN	
1	J30	TBLOCK	
1	RJ1	42410-9130	Molex 424109130
1	RV1	100	Digikey 3352T-101LF

Una vez que se tiene la información de todos los componentes, la cual es necesario para su fabricación, también se puede hacer una retrospectiva de lo que es necesario utilizar, hacer cotizaciones de los elementos utilizados tomando en cuenta que es una referencia de los componentes, posición de los mismos y cantidades exactas.

Capítulo 7

Análisis de Resultados

Este trabajo de investigación tiene mucha importancia para la empresa xion ya que promueve la investigación y el que la empresa sea autosuficiente de sus productos de venta. También da apertura al desarrollo de más proyectos de investigación para dejar plasmado el conocimiento y la metodología para dichos proyectos a futuro. Se desarrolla una metodología para la obtención de los resultados en el armado del circuito de restaurados de bajos. Para ello se realiza una conexión completa con equipo de sonido que conforman estéreo automotriz, un amplificador para subwoofer, un par de subwoofer, una fuente de poder, y el restaurador de bajos armado y conectado.

Las pruebas se realizan con 2 formatos archivos de música el cual fue mp3 y wma. Se conectan de tal forma que se simula una instalación en un automóvil completa y se deja funcionando por un par de horas analizando posibles fallas o distorsión en el audio.

En la figura 45, se puede apreciar el restaurador de bajos armado en pleno funcionamiento.

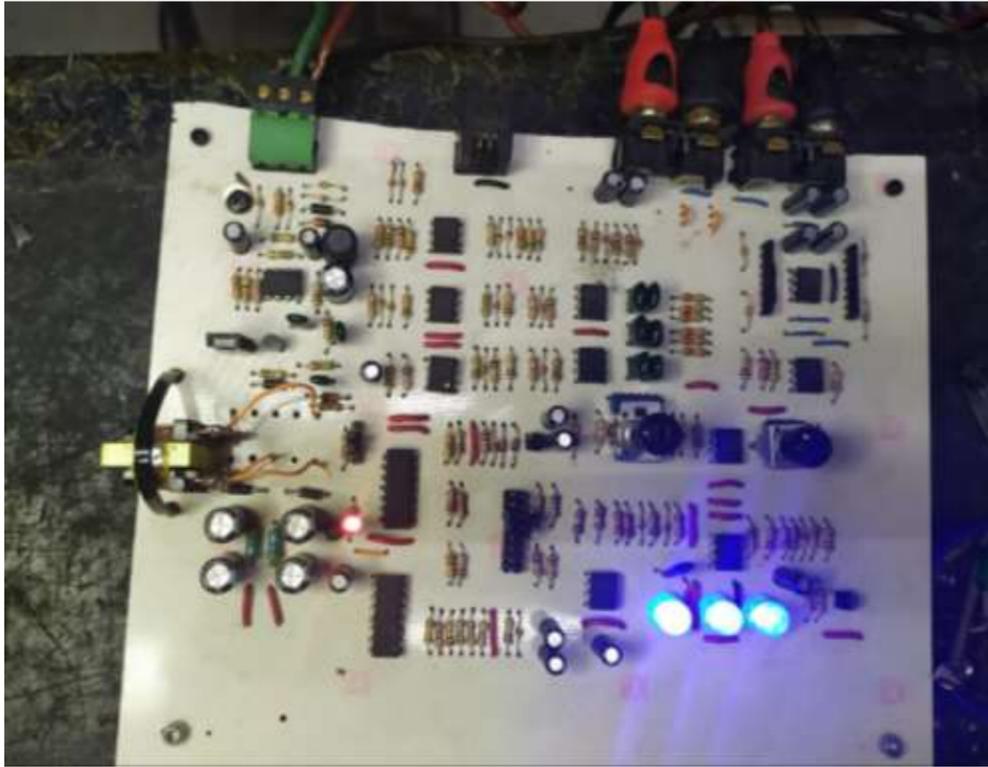


Figura 45. Restaurador de bajos conectado.

Ya analizado el correcto funcionamiento del circuito se realiza una amplia investigación de proveedores para la fabricación del mismo, se compararon los precios para realizar pruebas y demostraciones. Se toma la decisión de la empresa que monetariamente su fabricación se realizará en empresas extranjeras ya que aún no se cuenta con la línea de ensamblaje.

Cumpliendo el objetivo de este proyecto y verificando que se extrajeron los archivos BOM y GERBERS, tanto la verificación del funcionamiento en una prueba física, se hacen cotizaciones para la fabricación de un PCB demo de manufactura industrial. Estas cotizaciones solo conforman la fabricación de la placa PCB mas no la montura de componentes. Debido a que los archivos gerbers y la lista de componentes están a disposición solo queda el ensamble del restaurador y el precio de fabricación disminuyo hasta un 30% de precio si el pedido supera las 10000 unidades. A continuación, se muestran dos cotizaciones de empresas en la manufactura de PCB, con cotizaciones de 5 unidades hasta 10,000 unidades.

TOPFAST		Quotation Sheet												
To:		From:	Topfast Electronic Limited											
ATTN:	Alejandro Lopez	ATTN:	Alice Lee											
Tel:		Tel:	+86 13600154793/17782088421											
Email:	alejandrolopez@gmail.com	Email:	Alice@topfastpcb.com											
Date:	2019-7-31	Quotation No.:	AL20190731001											
Product Basic Information														
1	Material:	FR4	Board Thickness(mm):	1.6										
2	Finished Cu (um):	35/35	Surface Treatment:	HASL										
3	Solder Mask Color/Type:	Green	Silkscreen Mask Color/Type:	White										
4	Min. Trace/Space(mil):		Min. Holes(mm):											
5	Special Remarks:	Spec of above items, please kindly confirm												
Price Matrix														
Item	Project name	Layer	Unit Size(mm)		Array Size(mm)		U/P	Qty (pcs)	Unit Price	Toolings & E-test Cost	Expedite Fee	Shipping Cost	LeadTime (W/D/S)	Total
1	basst. 1274xC.ADCAM	2	175.04	140.48	175.04	140.48	1	5	\$9.10	\$0.00	\$0.00	\$40.00	5	\$85.50
								10000	\$1.19	\$0.00	\$0.00	\$1,950.00	20	\$13,850.00
Remarks: E-test charge is one time cost, repeat order no need pay again for E-test charge. FOB SZ cost = qty*unit price+E-test cost (DAP Russia cost=qty*unit price+shipping cost+E-test cost)														
*** All other items NOT mentioned above, IPC-600G class II and IPC-6012B standards will follow.														
Important Notes:														
1 Payment Terms pay in advance by T/T when you order														

Figura 46. Cotización 1 de producción y fabricación.

Figura 47. Cotización 2 de producción y fabricación.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo a futuro

Con la finalización del proyecto que conforma el restaurador de bajos, se permite dar una perspectiva de realizar circuitos de una forma rudimentaria pero efectiva que está al alcance de todos, mejorando el aprendizaje y habilidades para la utilización de softwares y herramientas que se tiene a la mano y que aprendemos en la estancia de la licenciatura.

El final de este proyecto fue satisfactorio, con los objetivos propuestos al inicio del mismo y comprobando el resultado obtenido dando como cumplidos los objetivos propuestos desde el principio. Las simulaciones y elaboración realizadas con el software concuerdan con la elaboración física del circuito, a su vez de poder generar los archivos correspondientes satisfactoriamente. La importancia de este trabajo fue grande ya que se dio apertura a un área en la empresa donde se elaboran proyectos e investigación dando opciones de que la empresa sea fabricante en equipos electrónicos acortando costos y generar más empleos para profesionistas en la región.

El trabajo a futuro consiste en que se realicen más proyectos como este, con un poco más de experiencia y con herramientas especializadas para ello. Se le dará seguimiento al proyecto ya que también es pensado hacer modificaciones físicas como reducción de tamaño y forma e incluso hacer patentes de dispositivos electrónicos.

Bibliografía

- Navas, J. E., & Guerras, L. Á. (2002). *La Dirección Estratégica de la Empresa*. Civitas.
- Arrivillaga, I. B. (s.f.). <http://labelectronica.weebly.com/proteus.html>. Obtenido de laboratorio de electronica.
- audionuts. (s.f.). <https://www.audionuts.com.mx/tutoriales/epicenter/epicentro.html>.
- Br. Jader Rubén Ruiz Guevara, B. A. (2018). *Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos*.
- California, U. o. (1996). *Universe of Light: What is the Amplitude of a Wave?*
- castañeda, p. (2014). <http://electro0906.blogspot.com/2014/>. Obtenido de <http://electro0906.blogspot.com/2014/>.
- ELISEO WILFREDO AMARU FERNANDEZ, J. A. (25 de mayo de 2017). <http://eliseolaboratorio.blogspot.com/2017/05/quemado-de-placa.html>. Obtenido de <http://eliseolaboratorio.blogspot.com/2017/05/quemado-de-placa.html>.
- Elizabeth Spelke, P. P. (2008). *Distinct Intuitions of the Number Scale in Western and Amazonian Indigene Cultures*.
- ERAZO, J. S. (2013). *CONTRASTES DE LOS DESARROLLOS EMPIRICOS Y TEÓRICOS DEL*. SANTIAGO DE CALI.
- grupo online. (2017). Epicentro o Restaurador de Bajos. ¿Qué es? ¿Cuándo es útil o necesario? *Revista car audio*.
- Guerras, J. E. (s.f.). *La Dirección Estratégica de la Empresa 3ª ed*. Civitas.
- Gustavo. (2001). *Análisis espectral y la transformada de Fourier en la música*. Buenos Aires: Universidad Nacional de la plata.
- Jose Emilio Navas, L. A. (s.f.). *la dirección estratégica de la empresa Teorías y aplicaciones*. Civitas 3ra edición.
- labcenter. (s.f.). <https://www.labcenter.com/bom/>. Obtenido de <https://www.labcenter.com/bom/>.
- Mazur, G. A. (12 de 7 de 2021). *fluke.com*. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-mx/informacion/blog/electrica/que-es-la-frecuencia>.

Referencias bibliográficas.

ritsasv. (7 de Abril de 2016). <https://www.ritsasv.com/2016/04/07/que-es-un-ckto-impreso/>.
Obtenido de <https://www.ritsasv.com/2016/04/07/que-es-un-ckto-impreso/>.

Schuler, C. A. (1986). *Electrónica, principios y aplicaciones* (Vol. Primera edición). Reverté.

