



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA

Facultad de Arquitectura y Artes

Escuela Internacional de Música Contemporánea

Evaluación de las características de la emulación digital de los equipos analógicos.

Sustentante

Samuel José Cabrera Almonte

Matricula: 15-1701

Trabajo de grado para optar por el título de

Licenciado en Música Contemporánea

Director

MA: Corey Allen

Asesoría Metodológica

Hussein Velaides

Asesor Musical

MA: Luis Mansilla

Santo Domingo, República Dominicana, septiembre 2022

Dedicatoria

Dedico este documento a Dios por guiarme y darme la perseverancia necesaria, a mis padres, José R. Cabrera Cabrera y Katihurca M. Almonte Montes de Oca, por darme el apoyo en todos mis proyectos y darme la oportunidad de lograr ser profesional, y a mis hermanos José D. Cabrera Almonte y Natalia Cabrera de Peña por ser una fuente de sabiduría de la cual pueda aprender el camino por el cual debo seguir para lograr ser una persona íntegra, humilde y exitosa.

Agradecimientos

Gracias al licenciado Hussein Velaides y al ingeniero Luis Mansilla por su asesoría, orientación, comprensión, seguimiento y supervisión a lo largo de todo este proyecto.

Gracias a todos mis compañeros de licenciatura que estuvieron a la disposición de ayudar, contribuir y asistirme en todas las áreas en la que se involucraron.

Agradezco a Tiziano Fajardo y Maryam de Soto por disponer de sus instalaciones para realizar las debidas grabaciones y concierto en su estudio Caribbean Dreams Studios.

Nuevamente a mi familia quiero agradecer por su apoyo incondicional no importando las circunstancias.

Y finalmente a todos los docentes de Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña que compartieron sus conocimientos, haciendo posible mi formación profesional.

Tabla de Contenidos

Marco General	9
I. Descripción	9
II. Motivación	9
III. Justificación	10
IV. Objetivo General	11
IV. Objetivos Específicos	11
V. Alcances	11
VI. Metodología	12
1. Marco Teórico	19
1.1 La importancia de una grabación.	19
1.2 Captura de una señal de audio, el encuentro con el micrófono.....	20
1.3 La necesidad de estandarizar el volumen, la búsqueda de un compresor.	21
1.4 Evolución de las tecnologías en la captura, reproducción y distribución del audio.	23
1.5 Equipos que marcaron la historia de la grabación de audio.....	24
1.6 Procesamiento digital de una señal (DSP).	26
2. Marco Analítico	31
2.1 Elementos a tomar en cuenta al analizar una emulación en un Plugin	31
2.1.1 <i>Plugin</i> ,THD, Frecuencia de Muestreo, Frecuencia de Nyquist y <i>Aliasing</i>	31
2.1.2 Ejemplos de <i>Aliasing</i> en nuestros <i>plugins</i>	35
2.1.3 Trabajar en altas frecuencias de muestreo.....	37
2.1.4 Trabajar con <i>Oversampling</i>	39
2.1.5 Reacción de los <i>plugins</i> a un barrido de frecuencias para conocer su respuesta.	40
2.1.6 Análisis armónicos de las emulaciones digitales.	42
2.1.7 Comparación de mediciones entre equipo analógico y su emulación digital.	44
2.2 Cadena de procesamiento de batería.....	45
2.2.1 Microfonía.....	45
2.2.2 Preamplificación.....	48
2.2.3 Ecuilización.....	49
2.2.4 Compresión (1176, 175-B)	52
2.2.5 Efectos (Lexicon 224).....	53
3. Marco Proyectual	57
3.1 Características de las emulaciones.	57
3.2 Medición y análisis de las emulaciones.	58
3.3 La solución del <i>Aliasing</i>	59



3.4 Preamplificadores destacados	60
3.5 Elección de Compresores	65
3.6 Orden para procesamiento de audio.	72
4. Portafolio	79
4.1 Concierto	79
4.2 EP de Estudio	80
4.2.1 What Are You Doing For The Rest of Your Life - Barbra Streisand (Swing Ballad).....	80
4.2.2 Stardust - Original (Swing Ballad).....	81
4.2.3 In A Mellow Tone - Duke Ellington (Medium Swing).....	82
4.2.4 I Got Rhythm - Bing Crosby (Fast Swing).....	83
4.3. Live Session	84
4.3.1 Misty - Frank Sinatra (Smooth Jazz).....	84
4.3.2 Yesterdays - Frank Sinatra (Funk).....	85
4.3.3 Sugar - Bing Crosby & Louis Armstrong (Smooth Jazz).....	86
4.3.4 Come Rain Or Come Shine - Frank Sinatra (Smooth Jazz).....	87
4.4 Cortometraje para Efectos de Sonido	88
4.4.1 Drive to Survive Trailer (2mins. 4 seg)	88
4.5 Cortometraje para Foley, Efectos de Sonido, Ambientes, Edición de Diálogos y Mezcla.	89
4.5.1.1 LOOT (6 mins. 22 seg.).....	89
Conclusión	93
Bibliografía	97

Marco General

Marco General

I. Descripción

El siguiente trabajo de grado estudia, evalúa, analiza y comprueba el nivel de competitividad de las emulaciones digitales de preamplificadores, ecualizadores, compresores, limitadores, saturadores, cintas y amplificadores analógicos utilizados en la industria de la música, a partir de grandes éxitos musicales del género del Jazz que marcaron tendencia en el audio.

II. Motivación

Debido a que mientras más se profundiza en el estudio y la práctica en la ingeniería de grabación, es de gran importancia obtener una captura audio de nivel profesional. Desde un par de décadas atrás se han estado programando y creando emulaciones de equipos analógicos relacionados con la ingeniería en audio, producción y postproducción musical. los cuales han tenido una gran recepción por una gran parte de los ingenieros de sonido debido a que han podido experimentar experiencias similares con sus versiones análogas, pero también han sido de cierta manera rechazadas por otros que no comparten las mismas experiencias y que debido a esto cuando se tratan de emulaciones digitales de equipos analógicos son bien inflexibles en su posición de que nada se compara a las versiones *Hardware*.

Por lo que actualmente se está en una posición de inseguridad por la falta de experiencia de trabajar con equipos analógicos, ha provocado la curiosidad y el interés por analizar el mundo de las emulaciones digitales de los equipos analógicos, por saber hasta dónde pudiera llegar a hacer efectivo el uso de solo equipos emulados de manera digital. Este formato digital agrega muchas ventajas a la industria ya que entre las mayores diferencias que hay entre los equipos analógicos y sus emulaciones digitales, son el precio de estos equipos y la emulación.

Debido a esto, se evaluará las capacidades de las emulaciones y se proyectarán mediante gráficos los estudios y análisis de estos equipos emulados para que poder conocer sus comportamientos con las señales de audio y su eficiencia a la hora de trabajar con cada emulación en su respectivo uso.

III. Justificación

El análisis incluirá la toma de decisiones técnicas de selección de micrófonos, preamplificadores, compresores y ecualizadores específicos y previamente evaluados para cada instrumento que será capturado y producido en cada uno de los temas que serán parte de este proyecto. En caso de la postproducción para definir el tono, timbre y dinámicas deseadas para ciertos instrumentos están a la elección los saturadores, compresores y ecualizadores. Estos últimos los cuales perfectamente se pudieran utilizar en el momento de captura por igual, pero posiblemente con una función no tan predominante como en la Postproducción. Dicho esto, en este proyecto se comprobará las características de timbres, rango dinámicos y capacidades de las emulaciones digitales de *hardwares* utilizados entre la época de los años 50s a los 90s. Los equipos utilizados y creados en dicha etapa de la historia perduran su uso hasta la fecha actual de este documento, tanto en su versión análoga como en su emulación digital.

De las marcas más utilizadas de equipos emulados están los Neve, Pultec, Fairchild, Roland, Helios, Universal Audio, entre otros. La intención con este proyecto es alcanzar la calidad y cualidad ofrecida por dichos equipos analógicos, pero en esta ocasión con la utilización de sus respectivas emulaciones digitales. Para así desmentir la grandiosa idea de que las emulaciones realmente si tienen la capacidad de simular su versión análoga. Esta sería una excelente prueba ya que las diferencias de precio que hay entre un equipo analógico y su emulación digital es bastante amplia, el analógico siendo mucho más costoso. Si en este proyecto se logra identificar que utilizando solo equipos digitales y emulaciones se puede llegar a un nivel de calidad sonora **competitiva** en el mercado mundial sería un gran avance, confirmación y ayuda para muchos **ingenieros** en audio que se dedican tanto para el área de captura hasta la producción y postproducción.

IV. Objetivo General

Evaluar las características de la emulación digital de los equipos analógicos.

IV. Objetivos Específicos

- Comprobar que cada emulación digital tiene un tono que la identifica.
- Evaluar las diferentes funcionalidades que nos puede aportar cada emulación digital.
- Analizar las respuestas de frecuencias a las cuales son sensibles cada emulación.
- Analizar qué carácter le aportan al audio cada emulación.
- Comprobar la calidad sonora del equipo digital.

V. Alcances

Se evaluará la competitividad de las emulaciones digitales de equipos analógicos en los aspectos de timbre, rango dinámico, saturación, respuestas de frecuencias, piso de ruido y precio. A través de los equipos: *channel strips*: Neve 1073, API; Compresores: Fairchild 660, 1176, UAD175B & Dbx 176.

Se registrarán los siguientes procedimientos utilizando preamplificadores, ecualizadores, compresores, limitadores y saturadores, de forma digital para la demostración del nivel de calidad y las características ofrecidas por estos puede ser de igual importancia como la de los preamplificadores analógicos:

- Grabación de estudio y Postproducción.
- Grabación de sesión en vivo y Postproducción.
- Grabación estereofónica de concierto en vivo.
- Grabación de *props de foley* y efectos de sonido para cortometraje.
- Mezcla total de audio de un cortometraje.

En cada uno de estos procedimientos serán procesados con las emulaciones digitales mencionadas a nuestro alcance, para ser analizados en cada una de estas tareas, evaluando su comportamiento y competencia en cada situación.



VI. Metodología

Para este proyecto se utilizará métodos de investigación, se estará recolectando información de entrevistas a ingenieros de grabación, mezcla y masterización, respondiendo preguntas acerca de su uso particular de los equipos de audio en su formato digital. Ingenieros como Fab Dupont, Andrew Scheps, Bill Putnam Sr., Al Schmitt y Jacquire King serán de gran influencia para este proyecto porque han sido personas muy importantes en la demostración del potencial que tiene los equipos emulados en la industria musical. También se investigará parte de la historia acerca de los equipos que se estarán analizando y evaluando en este proyecto. Todo esto incluyendo datos como la fecha, su utilización al momento de su creación, la empresa quien se encargó de su fabricación e información sobre su funcionamiento y componentes. Como método de experimentación se someterá cada equipo emulado a diferentes circunstancias, también se aplicará su uso en cada uno de los diferentes procesos de grabación, producción y postproducción de temas musicales y conciertos.

Con todos los datos recolectados en cada uno de los procedimientos que se llevaran cabo, se identificará cuan eficientes y competitivos son cada una de las emulaciones para la industria musical específicamente en el ámbito de la ingeniería.

Antecedentes

Margarita María Portillo Castilla, en el 2015 en la Universidad de San Buenaventura en Bogotá, presentó su tesis de pregrado titulado "Diseño e implementación de un *plugin* en formato VSTi para emular sonidos de agua aplicando un modelo físico líquido". El objetivo principal de su proyecto fue desarrollar un *plugin* en formato VSTi que permita sintetizar sonidos de objetos pequeños caer en agua, sonidos de lluvia, usando procesamiento digital de señales y síntesis basada en el modelo físico de las burbujas, y de esta manera poder darle inicio a la creación de una librería de 20 sonidos de agua sintetizados. Dentro del propósito de su proyecto de grado estaba el poder permitir el procesamiento de sonidos de *splash* emulando los parámetros del modelo físico y evaluar en unas encuestas si los sonidos logrados, implementando el *plugin*, son comparables con sonidos de librerías comerciales y si pueden ser usados en producciones audiovisuales. Palabras claves que se utilizaron en sus proyectos fueron síntesis con modelos físicos, burbujas, sonidos de agua, **procesamiento digital de señales**, modelos físicos de burbujas, sonido de lluvia, sonido de *splash*, señal impulso, ruido rosa, amortiguamiento, resonancia de la burbuja, transformada corta de Fourier, *flowstone*, *Assembler*, *vocoder* de fase, *plugin*, VSTi. Como línea de investigación del proyecto, esta pertenece a la línea USB: tecnologías actuales y sociedad. Como línea de investigación de la facultad: análisis y procesamiento de señales, y como núcleo problema: **análisis y procesamiento de señales, acústica y audio**. Este proyecto tuvo como conclusión que los algoritmos aplicados para implementar el modelo matemático permitieran emular y manipular parámetros de las burbujas y la fuente como radio, altura, amortiguamiento, número de "gotas" (burbujas), profundidad, *pitch*, ataque, para crear sonidos de *splash* y lluvia que pueden ser guardados como archivo "WAV" y usados en producciones audiovisuales, como animaciones y videojuegos. Sin embargo, se pudo observar que los sonidos obtenidos en especial los de *splash*, carecen de características dadas por la interacción del ambiente en ese sonido, debido a que no solo están compuestos por el sonido de las burbujas, sino también por variables del ambiente que le rodea, por esto, implementaron síntesis aditivas para poder lograr un mayor realismo del sonido obtenido al usar un ruido rosa y envolventes acústicos. Los algoritmos utilizados para emular el sonido de lluvia abrieron la posibilidad de crear un acercamiento no solo al sonido de lluvia sino, también a sonidos relacionados con el correr del agua o con la gran población de burbujas, como los sonidos generados con el fluir de agua y goteos. Proyectos como este son buenos y útiles para personas que trabajan en la elaboración de efectos de sonido en producciones audiovisuales, porque de no poder generar productos como estos, sería necesario el tener que

comprar equipos para poder grabar en un audio potable en condiciones críticas como es el acercamiento de equipos al agua. A falta de efectos como estos, un proyecto audiovisual puede sentirse con falta de respaldo auditivo y no se lograría el objetivo de que tanto visualmente como auditivamente se alcance una sensación de inmersión en el ambiente.

José Andrés Vásquez Patiño, en la Universidad de Cuenca, para la obtención del título de Licenciatura en Instrucción Musical elaboró un proyecto en febrero del 2021, y este tiene como título “Producción musical de cuatro temas en genero metal de la banda Tremor con aplicación de herramientas digitales en *home studio*.” Tiene como palabras claves implementadas en el documento: **producción musical, procesamiento digital, audio, plugins, home studio, banda, metal, Tremor.** A método de resumen los trabajos realizados en el ámbito de la producción musical profesional son en su mayoría realizados con un amplio y costoso equipamiento tanto de software como de hardware, su trabajo tuvo como objetivo buscar presentar la grabación de cuatro temas musicales en el género metal **utilizando técnicas y recursos digitales alternativos.** Para ese propósito, dicho proyecto se trabajó en base a objetivos como la investigación y selección de herramientas digitales, planteamiento de metodologías para el uso de estos recursos en la grabación musical, así como la edición del material registrado, la preparación y optimización para una potencial etapa de postproducción a futuro. La metodología y técnica que se aplicaron comprenden la revisión bibliográfica de antecedentes en el uso de herramientas digitales, la investigación de opiniones profesionales de las mismas y su uso en un entorno básico y/o limitado para realizar una grabación musical de alta calidad. Los resultados de su proyecto comprenden un reconocimiento de alternativas en herramientas digitales para la producción musical y aplicación de estas a la producción de material discográfico en el género del metal. De su proyecto se puede concluir la factibilidad del uso de software en una producción musical que conserve la calidad sonora frente a posibles limitaciones de tiempo y presupuesto. La conclusión de este proyecto al lograr su objetivo, va muy de la mano con la de nuestro trabajo tanto en la parte de investigación como la parte de la ejecución, ya que estamos buscando evaluar la capacidades de nuestros recursos digitales elaborados para la ejecución de tareas que anteriormente solo se era capaz de lograr con equipos costosos y así buscar confirmar de ser posible, que se puede alcanzar una calidad competitivo en el mercado con solo equipos de categoría digital y emulaciones.

Introducción

La dinámica de la industria musical es caracterizada por una constante evolución en términos, técnicos, mercadológicos, y prácticos. Y esto no es debido a una sola parte de la industria, sino que depende de 3 grandes grupos que se relacionan entre sí. Es un conjunto de partes que viven de la creación de la propiedad intelectual mediante la composición de letras y arreglos que se interpretan en escenarios y son igualmente grabadas para ser distribuidas a los consumidores para cualquier tipo de uso. Esta estructura de negocio da espacio a las tres grandes industrias, la discográfica que se encarga de la grabación y distribución, las licencias musicales que se encargan de gestionar la parte legal para aquellas empresas que deseen utilizar la música como método de promoción como giras, espectáculos y conciertos. Por último, está la tercera familia que se incluye a la industria, que son las compañías fabricantes de instrumentos musicales, software, y equipos musicales. Antes de la llegada del internet el sector discográfico era el más fuerte de los tres, este producía la mayor cantidad de ingresos. La mayoría de los artistas se ilusionaban con pensar en fichar por un sello discográfico que pudiera financiar su carrera, incluyendo sus grabaciones de estudio, que le permitiera al artista introducirse a la distribución internacional de sus discos. Esto era algo que estaba muy fuera del alcance de la mayoría de las bandas y artistas vigentes en el momento.

Con la llegada del internet y las oportunidades que esta tecnología otorgaba, puso en peligro la realidad que tenía la industria. Las facilidades, en términos de distribución, se han masificado, y la capacidad de comercio de equipos e instrumentos musicales ha aumentado en gran manera. El internet no solo benefició la industria musical en términos de distribución de licencias, de discos de forma digital, sino que también se potenció las capacidades de investigación en búsqueda de la emulación de funcionamientos analógicos en el mundo virtual y digital. Con esta disposición surgieron marcas de software que se dedicaron a realizar equipos digitales en formato de *plugin* programados para la emulación de equipos de alto uso en la industria musical en su formato analógico, para poder utilizarse de forma digital en el procesamiento del audio y conseguir resultados estandarizados por la industria durante los años. El proyecto busca analizar y rectificar si ciertamente es posible alcanzar este estándar impuesto por equipos utilizados en la industria de la grabación de estudio, durante los años de la grabación análoga, con emulación creadas en formato digital.

Abstract

The dynamics of the music industry is characterized by a constant evolution in technical, marketing, and practical terms. And this is not due to a single part of the industry, but it depends on 3 large groups that are related to each other. It is a set of parts that live from the creation of intellectual property through the composition of lyrics and arrangements that are performed on stage and are also recorded to be distributed to consumers for any type of use. This business structure gives space to the three major industries, the record company that is in charge of recording and distribution, the music licenses that are in charge of managing the legal part for those companies that wish to use music as a method of promotion such as tours, shows and concerts. Finally, there is the third family that is included in the industry, which are the companies that manufacture musical instruments, software, and musical equipment. Before the advent of the internet, the record industry was the strongest of the three, producing the most revenue. Most of the artists were excited about signing with a record label that could finance their career, including their studio recordings, that would allow the artist to enter the international distribution of their records. This was way out of reach for most of the bands and artists out there at the time.

With the arrival of the internet and the opportunities that this technology provided, it endangered the reality that the industry had. The facilities, in terms of distribution, have become more widespread, and the capacity to trade musical equipment and instruments has greatly increased. The internet not only benefited the music industry in terms of the distribution of licenses, of records digitally, but also enhanced research capabilities in search of the emulation of analog operations in the virtual and digital world. With this provision, software brands emerged that were dedicated to making digital equipment in plug-in format programmed for the emulation of high-use equipment in the music industry in its analog format, to be able to be used digitally in audio processing and achieve results, standardized by the industry over the years. The project seeks to analyze and rectify whether it is indeed possible to achieve this standard imposed by equipment used in the studio recording industry, during the years of analog recording, with emulation created in digital format.

Marco Teórico

1. Marco Teórico

1.1 La importancia de una grabación.

El ser humano había buscado por décadas la forma de amplificar el audio, para ayudar resaltar sonidos débiles o mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad auditiva. La revista Diffusion Magazine ¹menciona:

“No es fácil hallar a la persona que desarrolló el teléfono y el micrófono puesto que muchas personas coincidieron en esta gran idea; no obstante, se le atribuye la patente del teléfono y del primer micrófono líquido al Sr. Graham Bell² en 1876. Detrás de él, existieron muchas personas que contribuyeron al desarrollo de éstos y después de ser presentado al mundo varios investigadores se inquietaron en crear un micrófono que mejorara la calidad de la señal. A partir de esto, el micrófono fue evolucionando a tal punto que no solo se aplica en la telefonía sino también para la radio, la televisión, el cine, mediciones e incluso espionaje y hasta nuestros días es un elemento indispensable en grabación, amplificación de señales y en eventos de pequeña y gran magnitud.”

La capacidad de capturar/reproducir sonidos con algún aparato que le permitiera difundir y propagar esa información, con anterioridad a estas invenciones, era posible solo a través de la notación musical escrita. La única posibilidad de reproducir una pieza musical era a través de los instrumentos musicales acústicos los cuales necesitaban ser ejecutados por personas que estudiaban las piezas para poder interpretarlas. Había músicos contratados en las casas de personas adineradas para que pudieran ambientar fiestas, reuniones y conferencias. En 1877, año donde sale la noticia del primer equipo creado por Thomas Edison³ llamado el fonógrafo, permitía, por primera vez, la grabación y reproducción de audio en la historia.

¹ Diffusion Magazine es una plataforma digital gratuita especializada en temáticas del audio profesional.

² Alexander Graham Bell fue un inventor, científico e ingeniero estadounidense, que contribuyó al Desarrollo del teléfono.

³ Thomas Alva Edison fue un inventor estadounidense que se le atribuye la invención del fonógrafo, la foto en movimiento, y las primeras versiones del bombillo.

Figura 1: Primer sistema de grabación y reproducción de sonidos, el fonógrafo



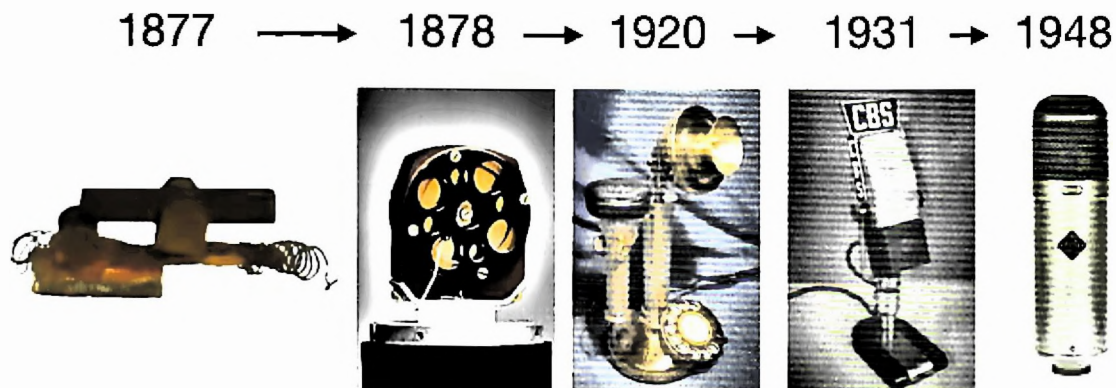
Fuente: Tomada de sitio web: <https://fahrenheitmagazine.com/life-style/life-style-tecnologia/el-fonografo-una-revolucion-en-el-sonido>

1.2 Captura de una señal de audio, el encuentro con el micrófono.

En la revista Diffusion Magazine, también menciona en el artículo llamado “Historia del micrófono” el hombre tiene más de 130 años de evolución en cuanto a materia de procesamiento de una señal se refiere. En áreas como la comunicación entre personas que están a largas distancias, hubo un salto agigantado con la invención del teléfono. A pesar de que la invención de dicho equipo tenía como objetivo en sus inicios la ayuda a personas con discapacidades auditivas, terminó revolucionando el tema de las comunicaciones. Con eso de base nació el micrófono, este dispositivo fue capaz de captar una señal sonora, amplificarla, y transferirla de un lugar a otro. En un principio se le denominaba al micrófono como el instrumento capaz de solo amplificar sonidos débiles, este artefacto eran dos varillas delgadas que transmitía vibraciones mecánicas a los dos oídos. La idea del micrófono fue pulida y revolucionada con la búsqueda de desarrollar un producto que alcanzara la mayor calidad y fidelidad al sonido reproducido por la fuente. El funcionamiento de todo micrófono viene

prácticamente de la misma base que está vinculada con la ley de Ohm⁴ (la corriente de un circuito es el producto del voltaje sobre la resistencia). Hoy en día existen varios tipos de micrófonos. El micrófono condensador que funcionan con un campo magnético entre dos placas, una de estas placas es más delgada y es llamada diafragma. Cuando una señal sonora toca la lámina principal se crea una variación en las distancias entre las dos placas, todo ese sistema necesitando un batería eléctrica o fuente externa de electricidad conocida por sus 48 voltios⁵. El micrófono de bobina móvil o conocido como dinámico funciona cuando la señal sonora llega al diafragma vibra la bobina⁶ creando una fricción sobre el imán transformando la energía en corriente eléctrica. Siendo estos dos de los micrófonos más conocidos en la industria por su durabilidad y flexibilidad de uso.

Figura 2: Evolución del micrófono.



Fuente: Elaboración propia: Programa Pages

1.3 La necesidad de estandarizar el volumen, la búsqueda de un compresor.

Después de encontrar a través del invento del micrófono y todas sus evoluciones la capacidad de amplificar los sonidos débiles, esto provoco otras problemáticas por resolver. La revista Hispasonic⁷ en su artículo “Pequeñas historias del sonido (I): el compresor” dice: “Ya en 1947, el Broadcast Operator’s Handbook (de Harold E. Hennes, John F. Rider Publisher, NY), de ese

⁴ Ohm es la unidad estándar para la medición de la resistencia eléctrica.

⁵ Voltio es la unidad de medición de la potencia eléctrica, la fuerza electromotriz y tensión eléctrica.

⁶ Bobina es conocido como el inductor pasivo de un circuito eléctrico.

⁷ Hispasonic es un portal web de contenidos y servicios para músicos y profesionales del audio.

año afirma que el amplificador de limitación, también conocido como amplificador de compresión es una pieza muy importante en una emisora⁸. En la radio había tantas fuentes variadas de sonidos como los anunciantes, grupos musicales, conversaciones telefónicas, discos, locutores, era fundamental cuidar las transiciones entre cada fuente sonora. No solo por las saturaciones de los equipos donde se podían escuchar, sino también por la saturación de las válvulas que funcionan en la circuitería de los equipos encargados de la amplificación de potencia y radiofrecuencia. Otra de las razones por la cual se veía en la necesidad de controlar la sobre modulación es que el transmisor de radiofrecuencia comenzaba a generar interferencias con otras emisoras que estuvieras en frecuencias cercanas y había que potenciar lo mayor posible la señal para no tener multas. De ahí la necesidad de un artefacto que regulara la modulación de la señal⁸, pero igualmente te permitiera darle más ganancia de salida a la señal. De esta forma entra en la ecuación un equipo inventado por J.G. Stewart⁹ conocido como un sistema de reducción de ruido para cine, idea que funciono para la radio y hasta el día de hoy todas las producciones sonoras usualmente llevan consigo un compresor para que cumpla dicha función.

Figura 3: *Hardware* del compresor Fairchild 670.



Fuente: tomada de sitio web: <https://www.uaudio.com/uad-plugins/compressors-limiters/fairchild-tube-limiter-collection.html>

⁸Modulación de una señal consiste en la variación y/o alteración de un parámetro de una onda.
⁹ James Graham Stewart fue un pionero en el campo de la grabación de audio.

El compresor Fairchild 670 es uno de los más venerados por cantidad limitada de ejemplares y por el sonido característico que le da su construcción echa de 20 tubos y 14 transformadores, este compresor fue inicialmente pensado para su uso en la radio y *broadcast*. más tarde, al utilizarse en la producción musical, se convirtió en uno de los compresores más difíciles de encontrar y más elogiados por su sonido.

1.4 Evolución de las tecnologías en la captura, reproducción y distribución del audio.

A partir del momento en que se produjo la primera grabación y reproducción de un sonido, por el fonógrafo. Desde ese momento en la historia se fue avanzando en formato de olas, ya que fueron impulsadas por la invención e introducción al mercado comercial de nuevas tecnologías. Estas se dividen en la “era acústica o mecánica”, la “era eléctrica”, la “era magnética” y, por último, la actual llamada la “era digital”. Dentro de la tecnología análoga junto con el fonógrafo de Edison, también existió el gramófono que presentaba ventajas ante la invención de Edison ya que permitía mayor masificación del producto. Porque bajo la tecnología de Edison cada grabación requería que la banda o los músicos repitieran la ejecución para crear cada ejemplar, en el caso del gramófono al utilizar la tecnología del disco planos eran reproducidos de manera más fácil. Y en este sentido fueron avanzando las tecnologías de la grabación de audio, teniendo como norte la facilidad de reproducción y difusión masiva. En el 1925 fue la llegada del disco de vinilo que presentaba una nueva tecnología que permitía una nueva velocidad de reproducción, la cual creaba una mayor duración y calidad de audio. En ese mismo año fue la llegada del magnetófono de bobina abierta que permitía capturar sonidos en un soporte magnético adherido a una cinta plástica mediante el procesamiento de señales eléctricas amplificadas por micrófonos. Este último, incluyendo varias de las eras anteriormente mencionadas, tenía elementos analógicos, eléctricos y magnético, pero por su funcionamiento principal de un sistema magnético está dentro de los sistemas de grabación magnéticas. Como resultado de este sistema, llega la creación del casete, considerado como otro avance en cuanto a calidad de audio y la portabilidad que aportaba su sistema de reproducción. El inicio de la época digital ocurrió con la llegada de los discos compactos, dejando atrás los surcos creados físicamente para convertirse en un sistema binario de unos y ceros, con lectores ópticos.

Figura 4: Evolución de los equipos de reproducción musical



Fuente: tomada de sitio web: <http://www.miguelgaldon.com/musica-internet-evolucion-paralela/>

1.5 Equipos que marcaron la historia de la grabación de audio.

En la historia de la grabación muchos de los equipos que se inventaron tenían la finalidad de encontrar nuevas capacidades, tanto de distribución, como necesidades físicas. Inventos como el micrófono lograron impactar la humanidad, este mismo fue creando problemas y soluciones en base a las necesidades del mercado. La industria de la grabación musical no tiene una historia aparte a la industria musical en general; la grabación de estudio es solo una rama de la misma historia. Incluso, tuvo un gran impacto por equipos que fueron creados para distintos usos, no solamente para la grabación de estudio, sino para la radio y cine. Durante el tiempo, la industria de la grabación se ha visto beneficiada por cada paso de una era tecnológica, transición que permitió pasar del poder grabar en una sola habitación con un solo micrófono a toda una banda, a luego poder grabar todos los instrumentos al mismo tiempo en formato multipistas, hasta llegar ahora donde se puede grabar en cualquier momento, cualquier lugar y la tecnología permite que podamos unificar cada pista mediante una estación de trabajo digital

(siglas en ingles DAW¹⁰). Aun así, hubo tiempo donde los estudios de grabaciones estaban llenos debido a popularidad que ganó la industria musical en conjunto con su distribución masiva. Los ingenieros se vieron obligados a buscar soluciones para la alta demanda de los espacios y equipos de grabación. Esto dio lugar a que ingenieros de grabación que tenían acceso a equipos de radio, equipos de grabación ya establecidos, debían crear sus propios ejemplares y modelos, de donde salieron los preamplificadores que hoy en día son tan venerados y catalogados como leyendas. Compresores de tipo 1176 y LA-2A, canales de consolas como las Neve 1073, marcas, modelos, que transformaban toda una generación de música simplemente impregnando su color y tono en la mayoría de los audios de su época. Sigue impresionando de estos equipos los versátiles que pueden llegar a ser. A lo largo de los años han sido utilizados para todo género musical, desde el Jazz, el Rock, el Metal, el Pop y aún siguen impactando la industria musical con la calidad de sus circuiterías y la capacidad que tienen de homogeneizar los audios. Se pondrán en contexto algunos de los equipos que se estarán emulando en el proyecto. Para conocer más a profundidad sus características sonoras de sus emulaciones.

Figura 5: Comentario de Jacquire King¹¹ acerca de las emulaciones de *preamps* de UAD.



Fuente: tomada de sitio web: <https://www.uaudio.com/audio-interfaces/apollo-x8p.html>

¹⁰ DAW, *digital audio workstation* se trata de un *software* que permite la grabación, modificación de audio.

¹¹ Jacquire King es un productor, ingeniero de grabación e ingeniero de mezcla estadounidense 35 veces nominado al Grammy.



1.6 Procesamiento digital de una señal (DSP).

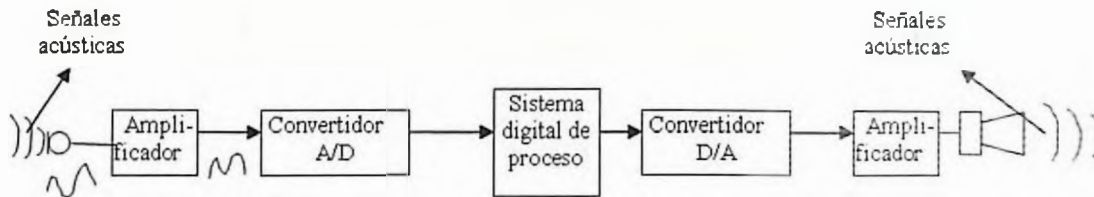
En el artículo llamado “Introducción al procesado digital de señales” de la Universidad de Valencia OpenCourseWare dice “El procesado digital de señales se ocupa de la representación, transformación y manipulación de señales desde el punto de vista de la información que contienen”. Para poder procesar una señal sonora analógica de forma digital primero hay que realizar una conversión realizando procesos de muestreo y cuantificación, como resultado se obtiene una secuencia de números que representan de manera aproximada la señal analógica. La calidad de la conversión dependerá de con que velocidad se tomaron las muestras de la señal analógica y con que precisión se representa la amplitud, en el audio se le conoce a esto como “frecuencias de muestreo” y “velocidad de bits¹²”. Los primeros usos del procesado digital fueron para simular el funcionamiento de sistemas analógicos, representando unas leyes físicas mediante un conjunto de ecuaciones matemáticas. Los procesamientos DSP consisten en 4 fases. Primero el filtrado que aplica filtros digitales para modificar el contenido frecuencial de la señal, estos pueden reproducir el comportamiento de filtro analógicos e incluso pueden crear comportamientos nuevos que en el mundo analógico no existen. Segundo el análisis espectral utilizado para conocer las frecuencias que están presentes en la señal, utilizando herramientas matemáticas para describir las señales en términos de valores a lo largo del tiempo. Tercero la síntesis que es la capacidad que tienen los sistemas DSP de generar tonos sencillos que pudieran simular la voz humana, dentro de esta fase incluye la generación de funciones trigonométricas, números aleatorios y osciladores digitales. Y como última fase está la de la correlación que determina la periodicidad de una señal comparando tramos de la señal original con los generados en las fases anteriores. Las ventajas de un sistema de procesado digital frente a un sistema analógico consisten en la flexibilidad que al tratarse de sistemas programados se facilita el cambio de los algoritmos sin necesidad de modificar un circuito analógico. Y la repetitividad, por ser ecuaciones matemáticas, el resultado de los procesamientos no varía aunque se cambie de dispositivos. El procesamiento DSP también cuenta con una serie de limitaciones, señales con ancho de banda ¹³ excesivamente grande son difíciles de ser procesados de forma digital en tiempo real. Cuando existan dispositivos digitales con la

¹² Bitrate es la tasa de bits o datos que son procesados por unidad de tiempo. La tasa de bits promedio en un archivo Mp3 es de 128kbps, un archivo creado con este bitrate ocupa aproximadamente 1 Megabytes de datos por minuto de audio.

¹³ Ancho de banda es la cantidad de información recibida por un sistema cada segundo, mientras más grande el valor, mayor es la capacidad de ese sistema recibir o descargar datos.

velocidad de proceso suficientes para procesar cualquier tipo de señal o que reduzcan la carga computacional, estas limitaciones irán desapareciendo.

Figura 6: Sistema de grabación, procesamiento y reproducción de señales acústicas.



Fuente: tomada de sitio web: https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/42732/mod_page/content/1/Tema_1/1_1.pdf

1.7 Bill Putnam Jr. e inicio de las emulaciones digital.

En la sección de historia de la web oficial de Universal Audio dice:

“Universal Audio fue refundada en 1999 por los hijos de Bill Putnam Sr., James Putnam y Bill Putnam Jr.¹⁴, con dos objetivos principales: reproducir fielmente equipos de grabación analógicos clásicos en la tradición de su padre; y diseñar nuevas herramientas de grabación digital con el sonido y el espíritu de la tecnología analógica clásica. Con ese fin, Universal Audio emplea a los ingenieros de DSP¹⁵ más brillantes del mundo y a las autoridades de modelado digital para desarrollar nuestra galardonada plataforma *UAD Powered Plugins*. Con los complementos de emulación analógica más auténticos de la industria, nuestros gurús de DSP trabajan con los fabricantes de *hardware* originales, utilizando sus esquemas exactos, unidades doradas y oídos experimentados, para brindar calidez y armónicos a los plugins UAD.”

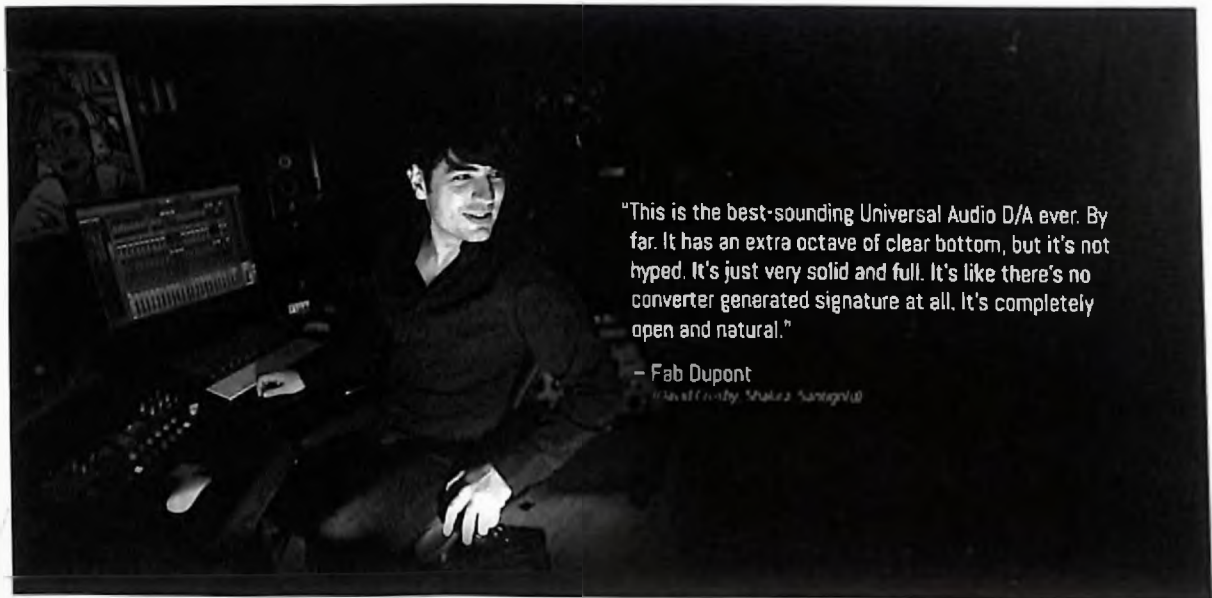
Con esta información pudimos observar que Bill Putnam Jr. junto con su hermano estaban comprometidos con la elaboración de emulaciones y versiones digitales de los equipos analógicos que su propio padre Bill Putnam utilizaba en sus tiempos de ingeniero de grabación

¹⁴ Bill Putnam Sr. y Jr., son padre e hijo, Bill Putnam Sr. siendo un ingeniero de grabación y creador de equipos analógicos de los años 50's, y su hijo el inventor de la empresa Universal Audio que se conoce hoy.

¹⁵Digital Signal Processor (DSP) es un chip microprocesador especializado para operar procesamiento de una señal digital.

en su época. Equipos que a través de los años se han ido escaseando ya que muchos de ellos eran elaborados a mano y con una producción limitada. El acceso que ellos tuvieron en tan temprana edad a escenarios y ambientes de la producción de artefactos como estos creó en ellos el interés de revolucionar toda una industria aplicando los recursos de la tecnología para masificar la producción y distribución de los equipos para fomentar la facilidad de conseguir esos resultados icónicos logrados con las versiones analógicas.

Figura 7: Comentario de Fab Dupont acerca de los productos digitales de Universal Audio



Fuente: tomada de sitio web: <https://www.uaudio.com/audio-interfaces/apollo-x&p.html>

Marco Analítico

2. Marco Analítico

2.1 Elementos a tomar en cuenta al analizar una emulación en un Plugin

Debido a que cada plugin de emulación tiene características sonoras específicas que son las que las relacionan con sus versiones analógicas. Cada una de estas características en el caso de las emulaciones son consecuencias de programación y cálculos computacionales. Para el análisis de las emulaciones se tomarán varios puntos y conceptos que serán expuestos a continuación.

2.1.1 *Plugin*, THD, Frecuencia de Muestreo, Frecuencia de Nyquist y *Aliasing*.

Para poder encontrar la relación tan importante que llevan cada uno de estos términos y lograr una buena sonoridad de una señal de audio procesada por equipos totalmente digitales, hay que tener una buena noción de que significa cada uno de estos datos. Para el proyecto una buena forma de empezar con los análisis es describir cada termino según su definición.

Los plugins son herramientas que consisten en programas complementarios que amplían las funciones y capacidades de un programa o *software* determinado. Cuando se instala un plugin siempre hay un *software* que adquiere una nueva función, por ejemplo, en programas de páginas web se pueden obtener plugin de conversión de formatos de archivos. En la situación del procesamiento de audio digital, un plugin consiste en agregarle funciones al DAW¹⁶ y de esta forma agregarle emulaciones digitales de equipos analógicos, ecualizadores digitales, compresores y demás tipo de procesamiento de audio que no viene de forma predeterminada con el DAW de base.

¹⁶ Digital Work Station (DAW) son las estaciones digitales para producir, grabar, componer mezclar y editar audio.

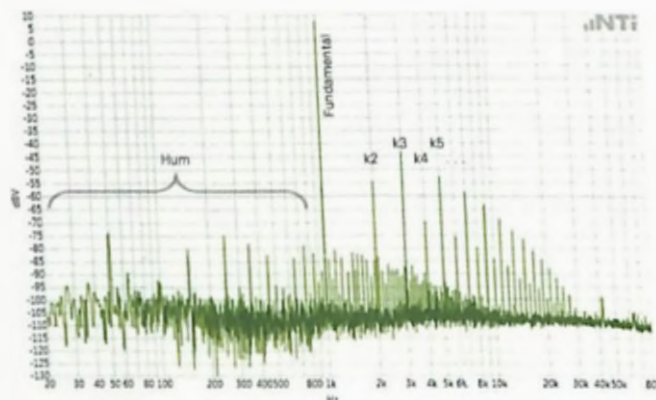
Figura 8: Plugin llamado Ozone ¹⁷ creado por iZotope.



Fuente: Página Web: <https://www.izotope.com/en/shop/ozone-9-advanced.html>

THD = Total Harmonic Distortion. Este término es la medida de la distorsión armónica de una señal y se define como la relación entre la suma de las potencias de todos los componentes armónicos y la potencia de la frecuencia fundamental de la señal. En algunos de los *plugins*¹⁸ que suelen emular *hardware* analógicos, en ocasiones hasta incluyen una perilla (que mucho de sus *hardware* no existían) que le llaman “THD” o “Analógico”, que funcionaría para emular la cantidad de distorsión armónica de su *hardware* aplicada a una señal. Este elemento en un *plugin* de emulación es muy importante y vital. Este elemento puede ser tanto destructivo, abrasivo y dañino, como puede ser totalmente efectivo y una suma valiosa para una señal.

Figura 9: Gráfica y representación del THD.



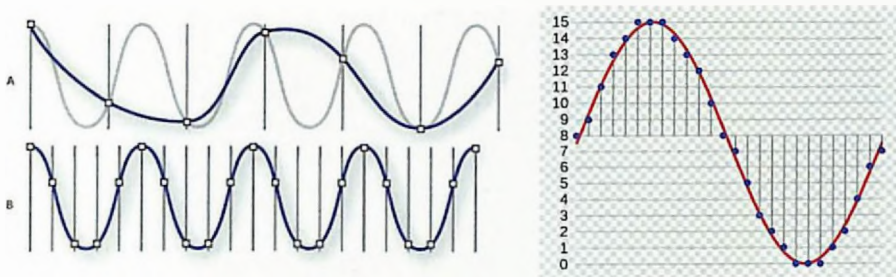
Fuente: Página Web: <https://www.nti-audio.com/en/support/know-how/lets-clear-up-some-things-about-distortion>

¹⁷ Ozone es un plugin creado por iZotope que entrega la última tecnología de audio con asistencia de inteligencia artificial para balancear y masterizar un audio final.

¹⁸ Plugin en computación se refiere a un software que se encarga de agregar funcionalidades a un programa computacional ya existente.

La frecuencia de muestreo es otro término bien importante, es completamente imprescindible tener identificado el objetivo y destino del resultado de un proyecto para seleccionar correctamente este parámetro a la hora de trabajar una captura y/o mezcla masterización musical. Este término se describe como la cantidad de muestras de un audio que se pueden grabar por segundo. Este se mide en Hertz¹⁹ o muestra. Una muestra de un audio es un número que representa la cantidad de ondas acústicas en un punto específico en el tiempo. De las más utilizadas a partir de la era de la distribución digital, por CD o *streaming*²⁰ son las de 44.1kHz y 48kHz. En este parámetro es sumamente importante ser muy intencional al decidir en cual trabajar, ya que dependiendo de en qué frecuencia de muestreo se trabaje, se sabrá en que frecuencia de muestreo estará el producto final debido a que uno es dependiente del otro.

Figura 10: Representación gráfica de la frecuencia de muestreo



Fuente: Página Web: <https://helpx.adobe.com/si/audition/using/digitizing-audio.html> y <https://www.pngwing.com/es/free-png-napjr>

Frecuencia de Nyquist²¹ es un término que no todo el mundo maneja, pero debería, ya que su impacto sobre el resultado en combinación con los demás parámetros mencionados es lo que hará la diferencia entre un audio con complicaciones digitales, y otro sin dicho impedimento. Este término se describe como la mitad de la tasa de muestreo de un sistema de procesamiento de una señal, se le conoce también como la frecuencia plegable de un sistema de muestreo. Dónde la frecuencia de muestreo este a 44.1kHz, la frecuencia de Nyquist será 22.05kHz. Este importante parámetro se suma a la cadena de elementos que se tiene que tomar en cuenta para

¹⁹ Hertz es la unidad internacional utilizada para la medición de un ciclo por segundo.

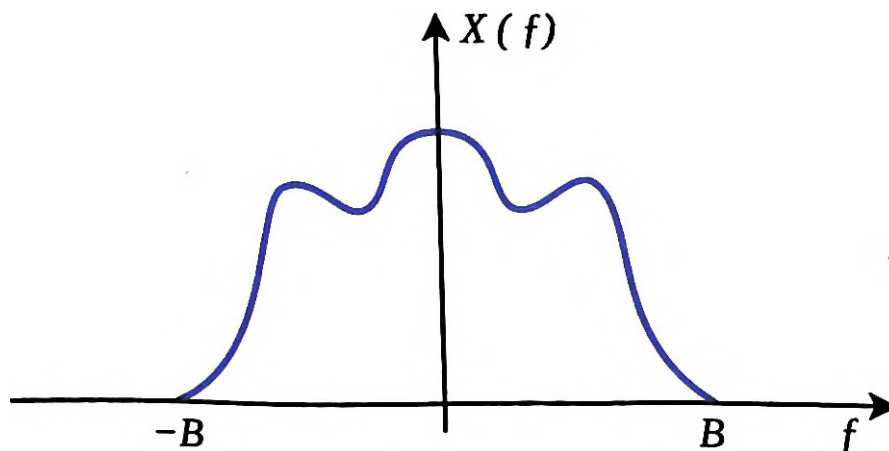
²⁰ *Streaming* se refiere a cualquier contenido ya sea grabado o en vivo que es entregado vía internet.

²¹ Harry Nyquist fue un físico e ingeniero electrónico sueco que contribuyó con su comunicación de teorías.

evitar la creación del siguiente fenómeno. Por el cual es de gran importancia conocer los términos anteriores, es por la existencia del fenómeno del *aliasing* en los sistemas digitales.

Aliasing es el fenómeno único del procesamiento digital de una señal. Es definido como lo que ocurre cuando parte de una onda no va la velocidad suficiente para construir de manera precisa su forma de onda. Esto produce que nuestra muestra no sea completamente fiel a la onda física producida por nuestra fuente primaria. Esto sucede ya que nuestro sistema computarizado trabaja bajo un estructura binaria de ceros y unos, a la hora de grabar y/o aplicar un procesamiento a una señal, nuestro equipo computarizado continua procesando la señal hasta frecuencias agudas que nuestros oídos no pueden escuchar ni percibir, pero al esa muestra de audio alcanzar la frecuencia de Nyquist se produce un efecto espejo que crea lo llamado efecto *aliasing* que es son armónicos no relacionados con la fundamental que surgen por los cálculos binarios, este efecto provoca que dichos armónicos no musicales entren de manera paralela en nuestro espectro y cause un efecto distorsionado en nuestra muestra.

Figura 11: Representación gráfica del efecto *Aliasing*

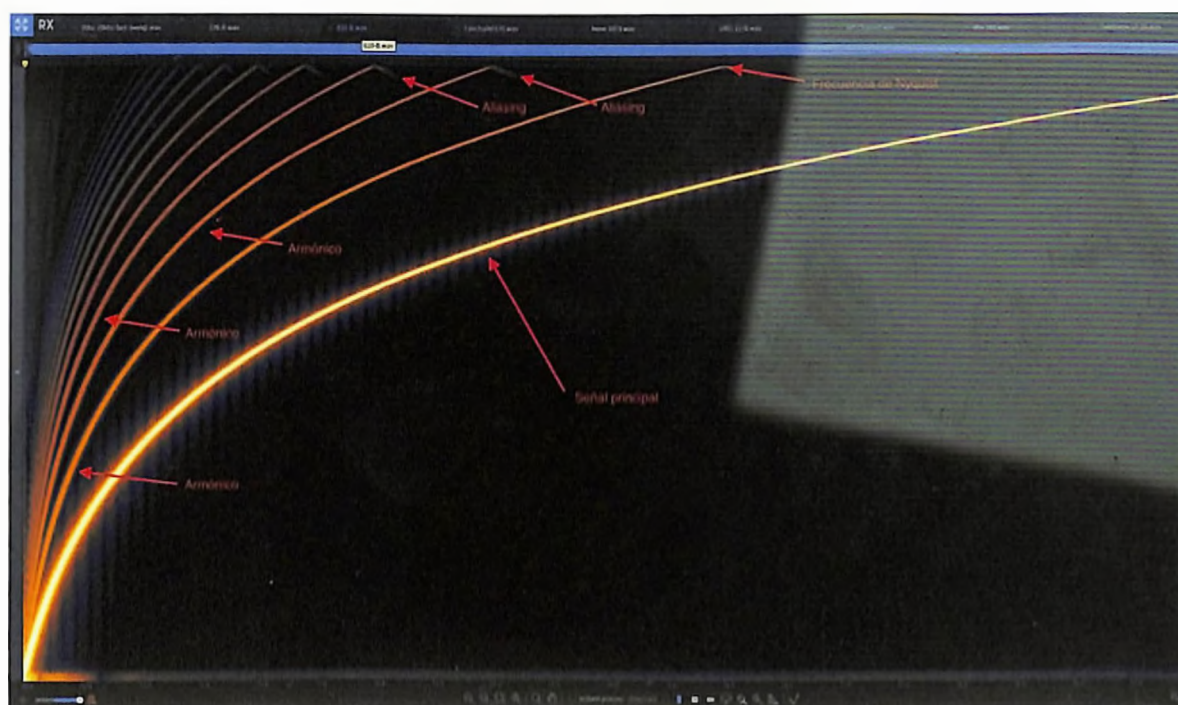


Fuente: Página Web: <https://www.pngegg.com/es/png-ujlkw>

2.1.2 Ejemplos de *Aliasing* en nuestros *plugins*.

Para aplicar y demostrar el próximo punto, un experimento con una señal llamada barrido de frecuencias²², que consiste una señal continua que va incrementando o descendiendo de frecuencias de manera logarítmica en el tiempo. Para este experimento se utiliza Pro Tools²³ como DAW, en el cual se introdujo el barrido desde 10Hz hasta 20kHz. A esta señal se aplicó varios de los equipos que emulan tonos y armónicos de equipos analógicos. Emulaciones como los UAD 610-B, el Neve 1073, el UREI 1176.

Figura 12: gráfico de la reacción del UA 610-B a 48kHz al barrido



Fuente: Elaboración propia: Programa iZotope RX²⁴.

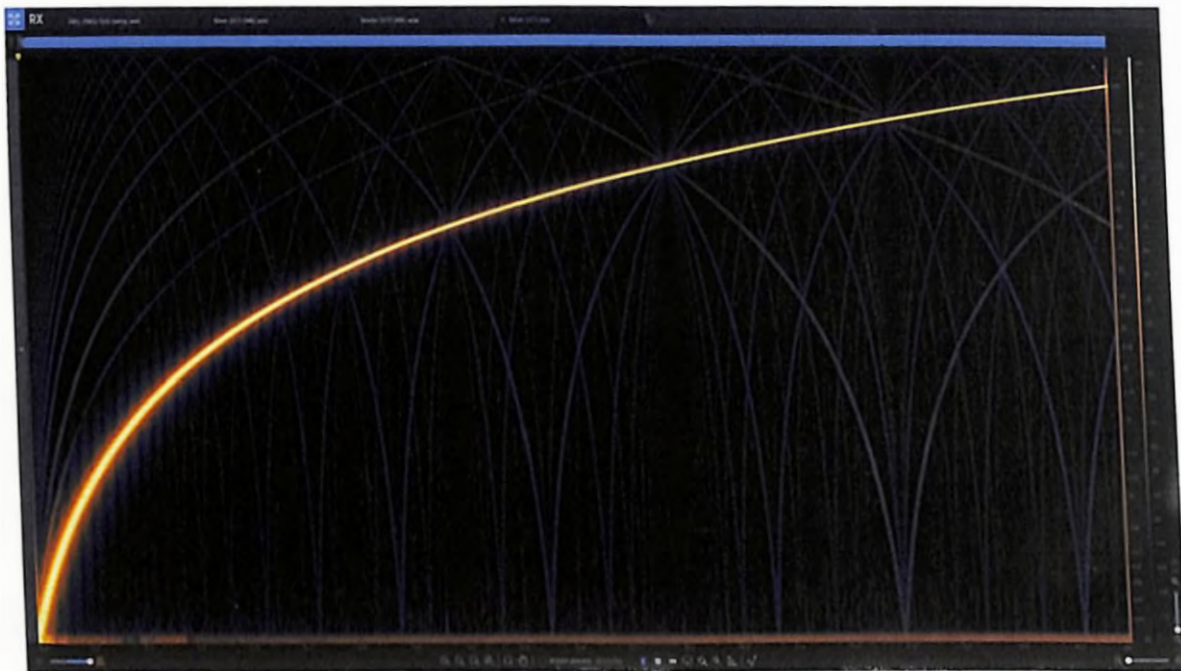
²² Barrido de frecuencia comúnmente utilizada para el análisis de los armónicos, y consiste en barrer un rango de frecuencias en un determinado tiempo.

²³ Pro Tools es uno de los DAW más comunes utilizado tanto en el ambiente del cine como en la producción musical.

²⁴ Izotope RX es uno de los softwares más utilizados para la análisis y reparación de audio.

En la gráfica se puede ver la señal de barrido con un color anaranjado bien intenso, a la izquierda de la señal fundamental se puede ver los armónicos musicales creados por la emulación de la circuitería del *hardware* analógico, se puede apreciar en el tope de las señales como se crea un rebote inmediatamente se alcanza la frecuencia de Nyquist y partir de allí se produce lo que llamamos *aliasing*, en este equipo es bien leve e imperceptible. No todos los resultados de nuestras emulaciones de Universal Audio nos dieron este resultado tan satisfactorio. En el análisis del Neve 1073 se encuentran con efectos de *aliasing*.

Figura 13: grafica de la reacción de Neve 1073 a un barrido de frecuencias en 48kHz



Fuente: Elaboración propia: Programa iZotope RX

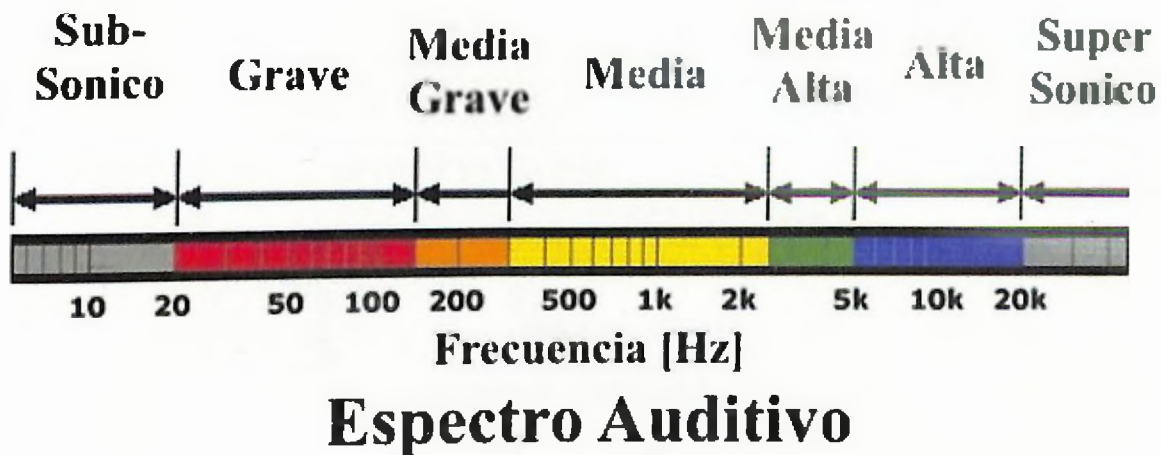
Esta gráfica del Neve 1073 reaccionando al barrido, los armónicos relacionados con la fundamental realmente son débiles con relación a lo que muestra la gráfica del 610-B, y tiene una mayor cantidad de frecuencias producidas por el *aliasing*. Como resultados se aprecia que esta emulación del Neve 1073 tiene un gran problema con este fenómeno.

La solución parcial que resultó en una gran mejoría en cuanto al *aliasing* fue empleando el uso de dos métodos de trabajo.

2.1.3 Trabajar en altas frecuencias de muestreo.

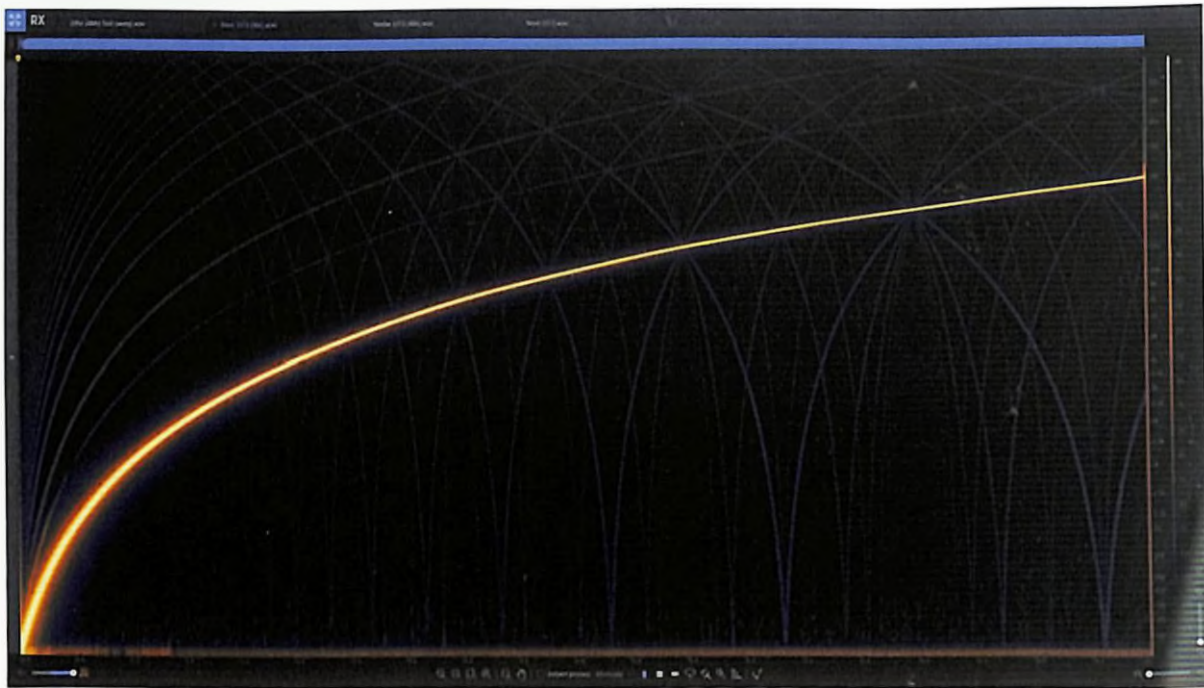
Trabajar en una frecuencia de muestreo superior a la del objetivo final es una técnica que se utiliza para alejar la frecuencia de Nyquist aún mas de nuestro espectro audible, para que los rebotes en efecto de espejo que produce el *aliasing*, aun permanezca fuera de zonas audible y sea menos perceptible. En este paso es que llega a ser importante estar bien claro a que frecuencia de muestreo se busca llevar el objetivo, ya que trabajar bajo una frecuencia de muestreo al doble o más de la frecuencia de muestreo, en caso de ser 44.1kHz, se trabajaría en 88.2kHz, y si nuestro objetivo es 48kHz, trabajaríamos en 96kHz. Con esto se obtendrá neutralizar ese efecto de *aliasing* llevándolo a un rango de frecuencia donde no sea audible.

Figura 14: Representación del espectro audible



Fuente: Página Web: https://www.daviddarling.info/encyclopedia_of_music/A/audio_spectrum.html

Figura 15: Gráfica de la reacción de Neve 1073 a un barrido de frecuencias en 96kHz

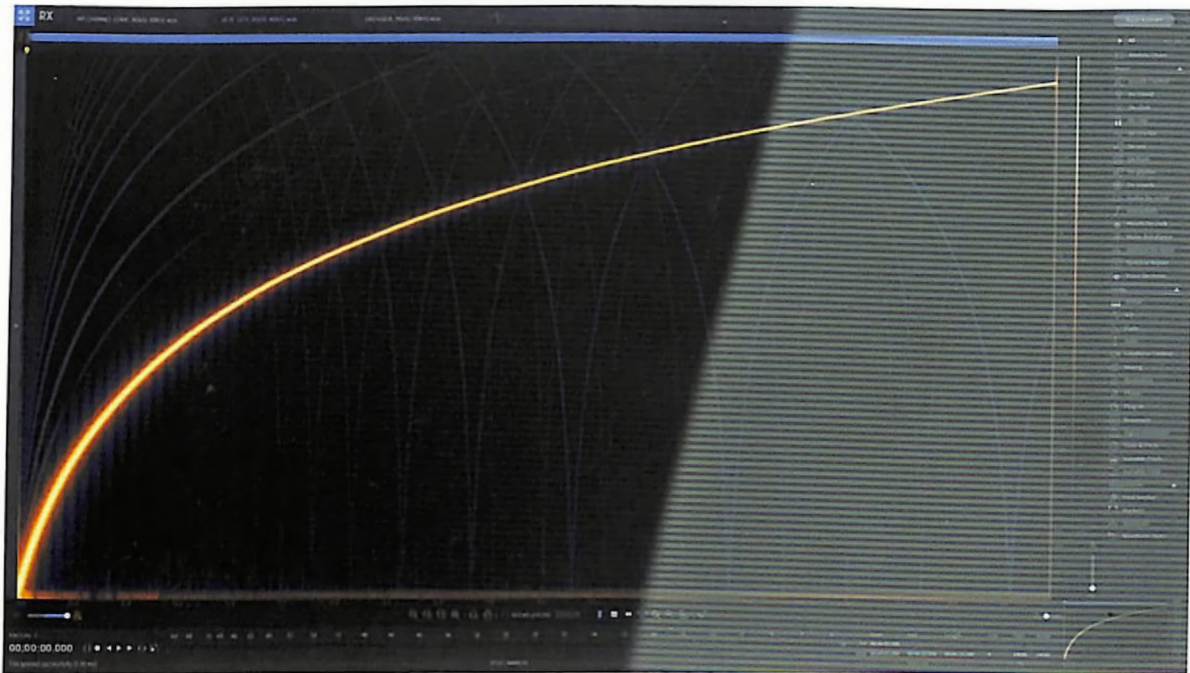


Fuente: Elaboración propia: Programa iZotope RX

En la figura “13” al someter el *channel strip*²⁵ de UAD Neve 1073 a un barrido de frecuencias desde los 20Hz hasta los 20kHz, procesamiento aplicado en una frecuencia de muestreo de 96kHz. Igualmente se puede apreciar que hay la misma cantidad de *aliasing* que cuando se lo aplicamos en 48kHz, pero con menor intensidad. Si luego se exporta el resultado llevándolo a 48kHz luego de haberle aplicado el procesamiento con las emulaciones se obtiene un resultado como el de la figura 14.

²⁵ *Channel strip* es como se les llama a los canales de las consolas que integran preamplificación y EQ en un solo modulo, en ocasiones también incluyen compresores y/o limitadores.

Figura 16: Reacción de Neve 1073 a un barrido de frecuencias en 96kHz bajado a 48kHz.



Fuente: Elaboración propia: Programa iZotope RX

No se erradica el efecto *aliasing* por completo, pero definitivamente se reduce una cantidad importante. Aun se obtienen los armónicos relacionados con la fundamental producidos por la emulación digital de sus equipos analógicos, pero igualmente se redujo la intensidad de los armónicos no musicales que pudieran ser destructivos para la señal de audio.

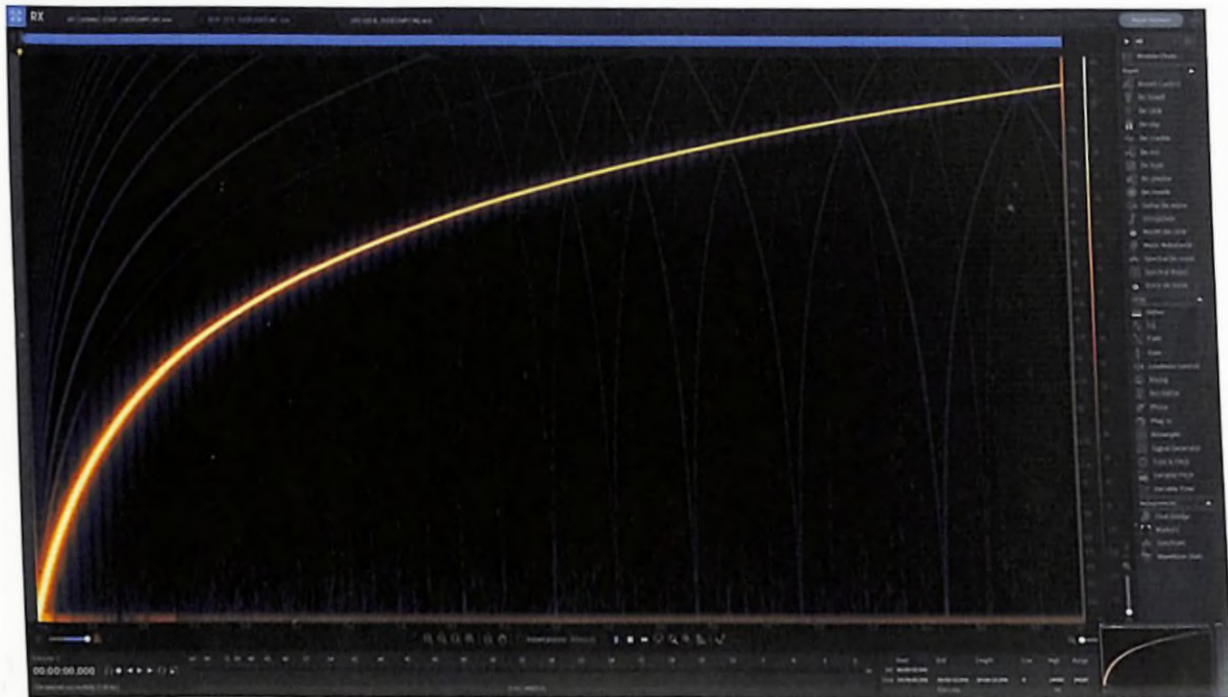
2.1.4 Trabajar con *Oversampling*

Ciertamente trabajar a 96kHz, dependiendo de la cantidad de canales, puede ser una opción, pero también existe la realidad de que para una computadora trabajar a esa capacidad, por la cantidad de recursos de procesamiento que le toma, puede ser complicado y muy costoso. Hay otra forma de erradicar dicha problemática del *aliasing*, y esta es a través de la utilización del *oversampling*²⁶. Este método consiste en procesar la señal en una frecuencia de muestreo significativamente mayor a la frecuencia de Nyquist para, de esta forma, incrementar la resolución y la relación señal-ruido, alejando la frecuencia de Nyquist hasta un punto donde los reflejos del *aliasing* comiencen en un lugar en el espectro de frecuencia, que no es

²⁶ *Oversampling* el proceso de muestrear una señal a frecuencia significativamente mayor a la frecuencia de Nyquist.

perceptibles por el oído humano. En la siguiente gráfica representa lo obtenido con el proceso de *oversampling*, utilizando el mismo recurso visual de la solución anterior.

Figura 17: Gráfico de la reacción de Neve 1073 en 48kHz con *oversampling* x4.



Fuente: Elaboración propia: Programa Izotope RX

La frecuencia de Nyquist ha sido alejada lo suficiente para que el rebote llamado *aliasing* afecte lo menos posible. Se observa del *aliasing* que ya son residuos a una intensidad poco perceptible, el cual crea una mayor claridad y fidelidad de los armónicos y tonos de nuestras emulaciones.

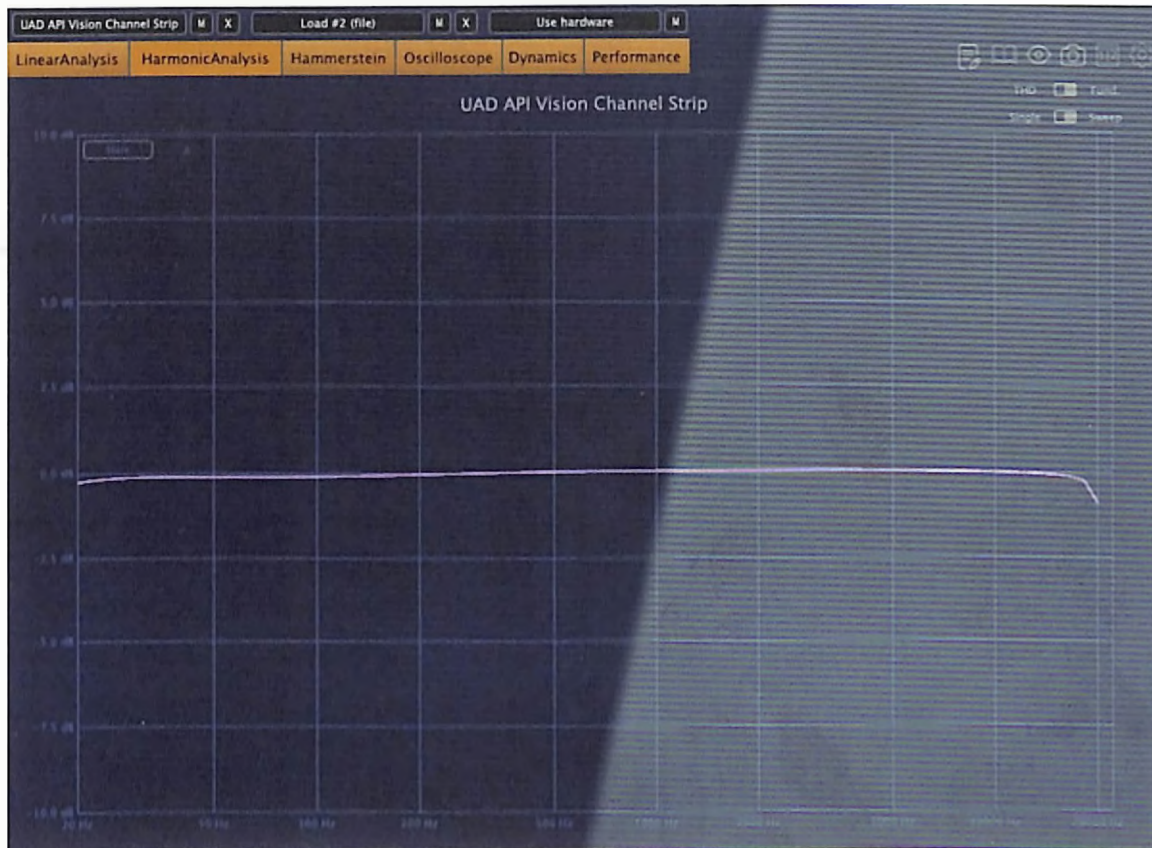
2.1.5 Reacción de los *plugins* a un barrido de frecuencias para conocer su respuesta.

El análisis de la reacción con las emulaciones al someterlas a las pruebas de la *suite* de análisis de *plugins* llamada "PluginDoctor²⁷" el cual permite visualizar la respuesta de frecuencias y funcionamiento los armónicos de los *plugins*. con esto podrá identificar el comportamiento de los *plugins* al capturar y reproducir una señal de audio. Este proceso analítico es necesario

²⁷ PluginDoctor es un software especializado para análisis los comportamientos de los plugins.

realizarlo para el mayor entendimiento de las funcionalidades y características específicas que conlleva cada *plugin*, y así tener mejor discernimiento para utilizar estos recursos de manera correcta.

Figura 18: Gráfico de respuesta de frecuencia del Neve 1073 a un Fundamental barrido

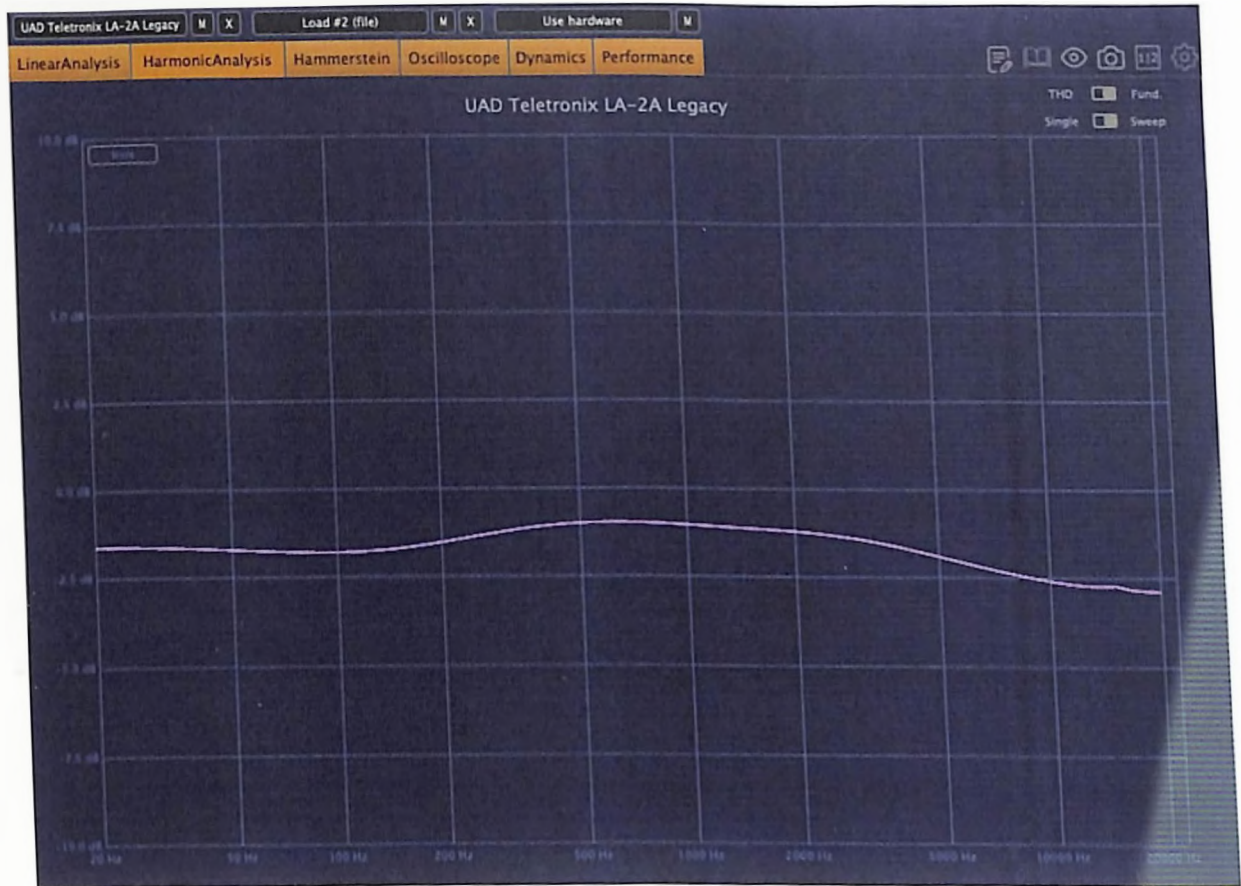


Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

En la imagen anterior al someter el *plugin* una prueba llamada “Fundamental Sweep²⁸” que consiste en aplicar al *plugin* un barrido de todas las frecuencias entre 20Hz y 20kHz, recreando de esta forma la reacción del *plugin* a dicho proceso demostró, a través de la línea rosada en el gráfico, que la respuesta a el barrido de frecuencias es más intensa su señal entre los 500Hz hasta los 10kHz, y a partir de los 10kHz tiene caída leve que termina en otra caída más pronunciada en los 18.5kHz.

²⁸ Funtamental Sweep es la forma en la que el *plugin* de PluginDoctor le llama al barrido de frecuencia.

Figura 19: Gráfica de Respuesta de Frecuencia del Teletronix LA-2A a un Fundamental Sweep.



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

Parte del análisis es hacer estas pruebas con las emulaciones tanto de los preamplificadores y *channel strip* como de los compresores. Como resultado el Teletronix LA-2²⁹ es utilizado para voces, guitarras y demás instrumento que tenga como prioridad las frecuencias medias debido a que su representa de frecuencia es más sutil en las medias, Y tiende a ser más agresivo en su compresión en las medias graves y a partir de los 3kHz.

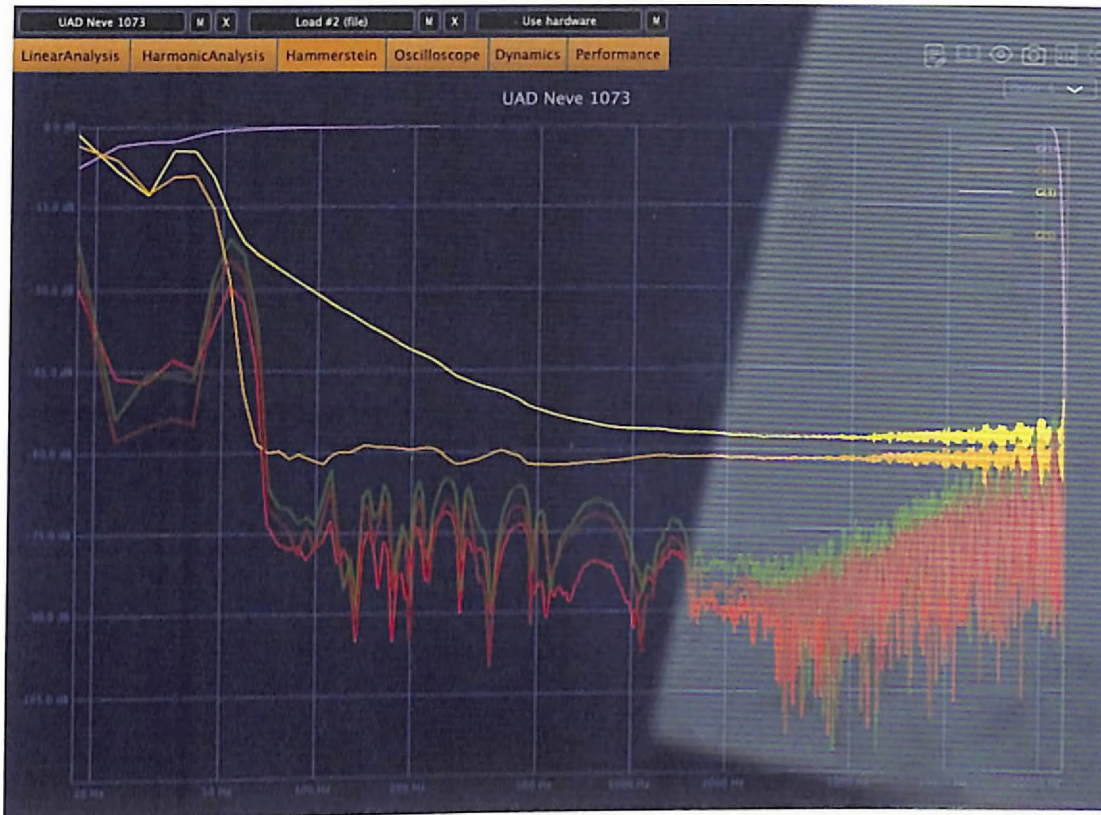
2.1.6 Análisis armónicos de las emulaciones digitales.

Si algo caracteriza los equipos analógicos es que al pasar por cada componente de dicho hardware ya sean magnéticos, eléctricos y demás, provocan una alteración en la señal que logra resaltar frecuencias relacionadas con las fundamentales, formando una secuencia llamada serie de armónicos. Estos son una serie de seis armónicos siendo el tercer armónico una quinta justa

²⁹ Teletronix LA-2A es uno de los compresores más utilizados en la industria de la producción musical.

con relación a la fundamental y quinto armónico siendo una décima mayor con relación a la fundamental, estos dos siendo los más buscados a la hora de afectar una señal por el aporte musical que le agregan a la misma. Dicho proceso se le denomina excitación y/o saturación armónica. Es importante evaluar cuáles son las características armónicas de las emulaciones para ver las capacidades que tienen de reproducir y excitar la serie de armónicos de una señal.

Figura 20: Gráfica de excitación de armónicos de la emulación UAD Neve 1073



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

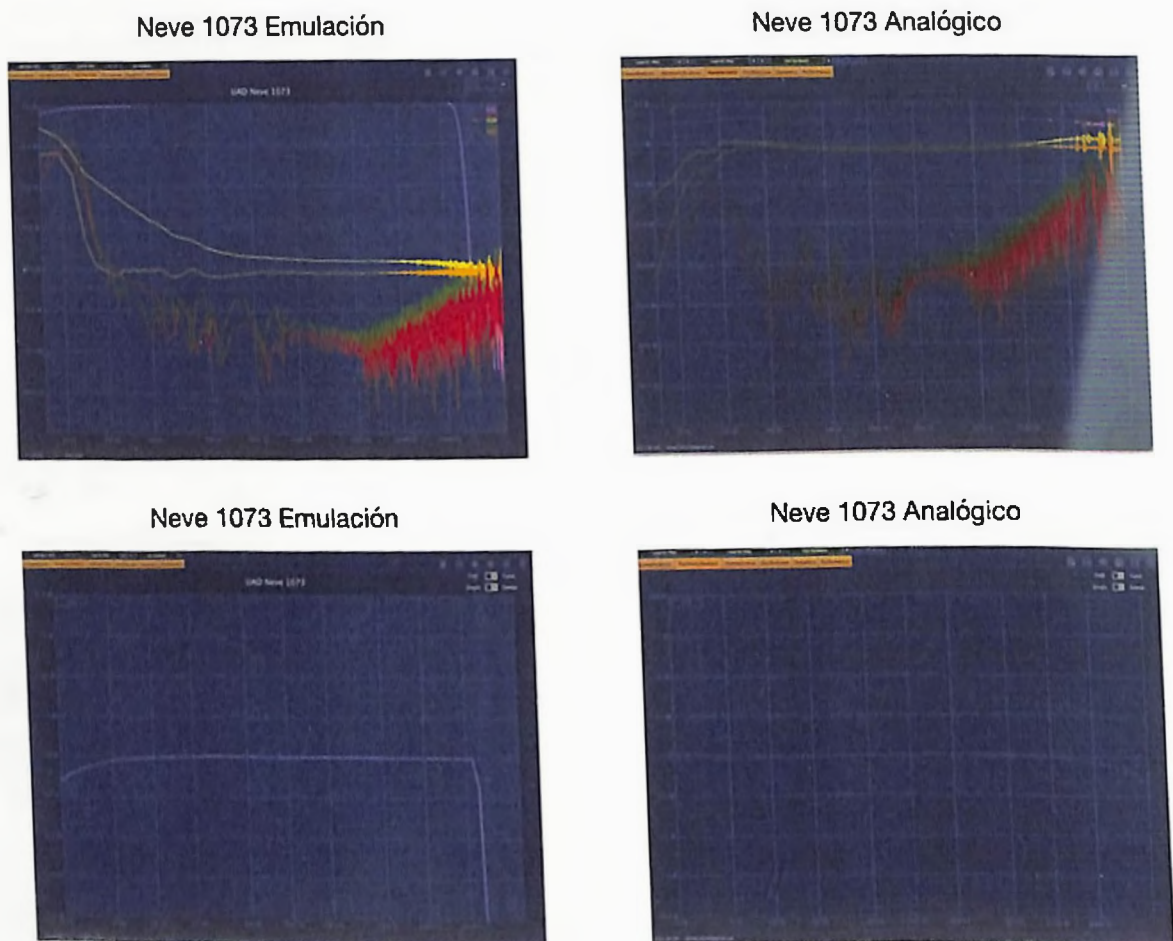
Esta gráfica revela que los *plugins* tienen la capacidad de emular la excitación armónica que se lograba con los componentes físicos de los equipos analógicos. En la línea rosada se observa la fundamental que está muy cercana a 0dB como se podía apreciar en el grafico del barrido de frecuencias, y las demás líneas de color amarilla y naranja que representa el tercer y quinto armónico, son los más presentes en estas frecuencias graves y a lo largo de su comportamiento. En el caso de los *plugins*, estos siendo programados mediante cálculos matemáticos que recreaban el funcionamiento de los componentes, al tener el tercer y quinto armónico bien

pronunciados, alcanzan una sonoridad agradable y musical. En el Neve 1073 se puede observar que la mayor pronunciación de armónicos se encuentra en las frecuencias bajas y por eso este *hardware* tanto como su emulación digital, son conocidos por aporte característicos en las frecuencias graves.

2.1.7 Comparación de mediciones entre equipo analógico y su emulación digital.

Antes de iniciar con el uso de emulaciones digitales es de buena práctica tener el conocimiento del comportamiento de la versión analógica, para conocer, de mejor manera, la forma en que reaccionan y actúan los equipos. Con fin de conocer estos parámetros, una buena práctica es realizar análisis de forma precisa de los equipos analógicos para escuchar que aporte pueden traer a una señal, así poder tomar las decisiones correctas a la hora de seleccionar cual es el equipo ideal para cada circunstancia.

Figura 21: Comparación equipo analógico con su emulación digital.



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor.

Con estas gráficas y mediciones se puede apreciar la diferencia a nivel de armónicos y respuesta de frecuencia que tienen las emulaciones digitales de sus ejemplares analógicos. Se logra apreciar la capacidad que tienen de pronunciar las curvas en los armónicos de una forma similar al analógico, pero a un nivel de volumen más tenue. El analógico tiene armónicos de forma más consistente a lo largo del espectro de frecuencia y a un volumen mucho más cercano a la frecuencia fundamental de la señal. Realizando este tipo de comparación se puede juzgar que tan eficientes son las reacciones y las capacidades de las emulaciones digitales.

2.2 Cadena de procesamiento de batería.

2.2.1 Microfonía

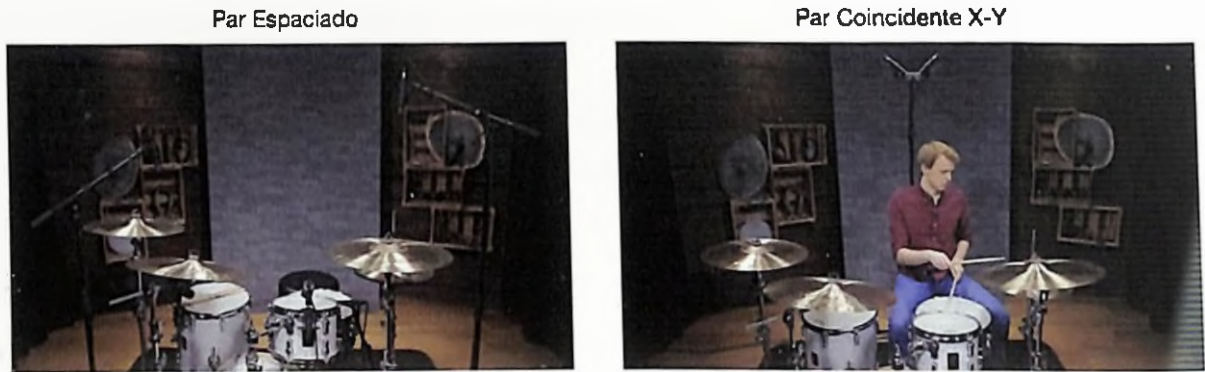
A la hora de colocar la microfonía en una batería hay que tener en cuenta elementos como los del salón y las facilidades que se disponen. Si se cuenta con un espacio único para cada instrumento se tomarían decisiones distintas a si se tuviera que grabar toda la banda en un solo salón. En caso de tener un salón único para este instrumento, una manera de organizar la microfonía de la batería es identificar cuanto peso se quiere poner en los *overheads*³⁰ ya que la función de dichos micrófonos pueden ser parte fundamental de la captura de todo el instrumento, o solo para la captura de los platillos. En un primer escenario en el que se podrá tener un espacio solo para la batería se podría decidir que tanto sonido del propio salón se quisiera capturar, ya que no va a haber ninguna información proveniente de otra fuente o instrumento. De cumplir con estas características, mientras más alejados de la batería se colocan los micrófonos, más sonidos del salón se capturarán, y de acercarlos, los platillos tomarán un protagonismo mayor que cualquier otro elemento del instrumento. Parte importante de la colocación de los *overheads*, para lograr obtener una estereofonía³¹ óptima, es necesario medir correctamente la distancia de ambas capsulas de los micrófonos para que estén a la misma distancia del redoblante, este tambor siempre debe estar en centro de la captura debido a que en la imagen estereofónica este elemento forma central de la mezcla. Hay varias técnicas de microfonía para *overheads*, entre ellas están la “par espaciado” y la “par coincidente x-y”,

³⁰ *Overheads* son los micrófonos ubicados alrededor de la batería comúnmente para capturar el sonido de los platillos o la batería con su ambiente.

³¹ Técnica de grabación y reproducción del sonido por medio de varios canales simultáneamente con diferente selección de tonos, dando al oyente una sensación de distribución espacial, de relieve del sonido.

estas cumplen con una excelente estereofonía y con buena capacidad de captura del instrumento completo. La técnica de par espaciado obtiene una mayor captura del salón debido a que hay más espacio entre cada micrófono y, por ende, menor cancelación.

Figura 22: Microfonía de *overheads*



Fuente: Microfonía de batería tomada de youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=QdPx5m42XLE&t=199s>

Dentro de las necesidades fundamentales para una buena captura de batería, además de contar con una buena microfonía de *overheads*, será la captura de las frecuencias graves con la colocación de un micrófono para bombo. Con modelos como el Shure Beta 52, o el Audix D6 se logran registrar esas frecuencias con una alta fidelidad. Al colocándolos de forma direccional en la parte exterior frontal del tambor se puede conseguir el empuje que provocan la presión sonora de esas frecuencias lo cual, de manera controlada, es exactamente lo que se busca a la hora de microfonear un bombo. Es común utilizar un micrófono dinámico que se pueda colocar dentro del bombo para capturar el maso del pedal que tiene una tonalidad brillante y definida. Micrófonos como el Beyerdynamics TG D71 que tienen la cápsula en la superior de su construcción le permite ser colocados sobre una superficie como la del interior del bombo.

Figura 22: Microfonía para bombo.

Micrófono de Bombo dentro



Micrófono de bombo afuera



Fuente: Microfonía de batería tomada de youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=OdPx5m42XLE&t=199s>

Al cubrir la captura de los elementos esenciales mediante micrófonos de *overhead* y de bombo, al tener la disponibilidad de microfonear demás elementos en orden de prioridad, se puede colocar como la siguiente la captura de **forma individual del redoblante**, siendo este elemento el que junto al bombo estarán en el centro de la estereofonía de la batería. Utilizando micrófonos dinámicos direccionales como el Shure SM57 o el Beyerdynamics M 201 colocados en la parte de arriba de el redoblante apuntando hacia el centro del tambor (mientras más se apunta al borde del parcho, más ataque se tendrá y más sonido del parche se capturará) y micrófonos como el mismo Shure SM57 o el Beyerdynamics TG D58 para ser colocados en la parte inferior del redoblante obteniendo así una mejor captura de la bordonera para una definición más clara de este sonido característico del instrumento, igualmente siendo ubicado en dirección hacia el centro del parche.

Figura 23: Microfonía para redoblante

Micrófono de redoblante inferior



Micrófono de redoblante superior



Fuente: Microfonía de batería tomada de youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=QdPx5m42XLE&t=199s>

Al tener los 3 elementos esenciales de la batería microfoneados en orden de prioridad, los siguientes elementos por microfonear serían los tambores. Estos, en su mayoría, manejan un perfil sonoro parecido, ya que comparten entre ellos un rango dinámico amplio. Por esta razón es muy común utilizar el mismo tipo de micrófonos para todos los tambores. Los Sennheiser 421 y los Beyerdynamics TG 151 son los más utilizados y al colocarlos de forma direccional hacia el centro del parche del tambor se podrá capturar su resonancia natural y el ataque de cada golpe ejecutado por el instrumentista.

Figura 24: Microfonía para tambores

Micrófono para tambores



Fuente: Microfonía de batería tomada de youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=QdPx5m42XLE&t=199s>

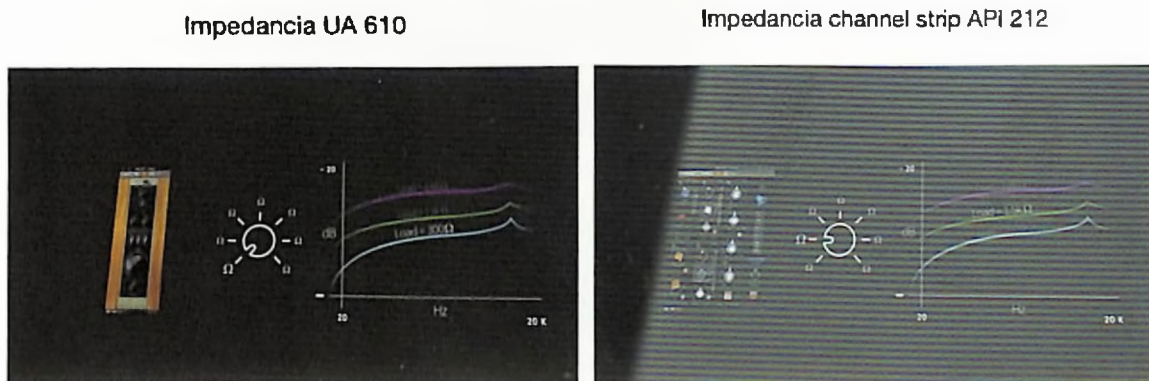
Con esta última microfonía se cubren todos y cada uno de los elementos de la batería, cada micrófono es escogido con una intención determinada dependiendo del perfil de captura que vaya de acuerdo con el perfil sonoro de la fuente primaria que capturará. Los micrófonos escogidos para *overheads* son de mayor rango dinámico por la cantidad de información que se requiere para hacer su función, así como los micrófonos de los tambores tienen características sonoras de mayor consistencia y precisión a la hora de reproducir frecuencias de rango medios y graves.

2.2.2 Preamplificación

La preamplificación es parte crucial en la captura de un audio, sin este proceso el micrófono no tendría la potencia suficiente para capturar fielmente la mayoría de las fuentes que son parte de las producciones. Dependiendo del género musical, de la época que quisiéramos simular, y la idea del productor, surgirán decisiones distintas. Parte de la decisión importante para saber que preamplificador tomar en cuenta, son sus características sonoras que usualmente son dadas

por la impedancia que manejan. Parte de la importancia de la tecnología UNISON de Universal Audio es el poder que tienen de emular la impedancia³² que utilizaba cada hardware emulado. La impedancia hace toda la diferencia entre una emulación que tiene un tono “vintage” o un tono “moderno”, los preamplificadores más modernos pueden llegar a resistir cargas de hasta 5000 ohms, mientras los más antiguos solían resistir desde los 220 Ohm hasta máximo 2800.

Figura 25: Impedancia manejada por el *preamp* UA 610 y el API 212



Fuente: Comparación Hardware antiguo con Apollo y Unison: <https://www.youtube.com/watch?v=D0TrTPAXMII&t=96s>

Al buscar tener un tono antiguo, utilizar emulaciones de preamplificadores con baja carga de impedancia como el Neve 1073 de hasta 660 ohms para el bombo y redoblante o como como el API 212L para *overheads* que tienen una carga de impedancia hasta 1,500 ohms, junto a un buen micrófono hacen una combinación que aporta un tono más brillante. Con estas características dadas por la selección de preamplificadores, el siguiente paso en la cadena será la ecualización.

2.2.3 Ecualización.

Buscando en general un sonido orgánico y fiel de la captura, la ecualización vendría siendo paso en la cadena del cual hay que ser muy cuidadoso y detallistas para no arruinar la naturalidad de sonoridad de la fuente original. Utilizando como referencia la comparación del

³² La impedancia de un circuito representa la cantidad de ohm con la cual se opone a la circulación de una corriente.

actual ingeniero de la banda de rock estadounidense Kings Of Leon³³ Jacquire Kings en conjunto con Universal Audio haciendo una comparación directa de los *hardwares* frente a las emulaciones digitales exactas, se aprecia la similitud de las emulaciones digitales de los equipos analógicos, debido a que los plugin pueden llegar a compartir esas características con sus versiones análogas, los ecualizadores ideales serán los que agregan armónicos de forma agradable a la señal y así poder enfatizar ciertas frecuencias de forma ordenada. Al realizar el análisis de Armónicos producidos por el Neve 1073 se puede apreciar que su comportamiento principalmente es rico en armónicos en las frecuencias grave, lo que indica que para instrumentos que manejan muchas dinámicas en ese rango de frecuencias se benefician por el perfil sonoro “Neve” igualmente con sus curvas de ecualización anchas, que le agregan suavidad y naturalidad.

Figura 26: Ecualización para bombo



Fuente: Elaboración propia; Programa iZotope Neutron y preview

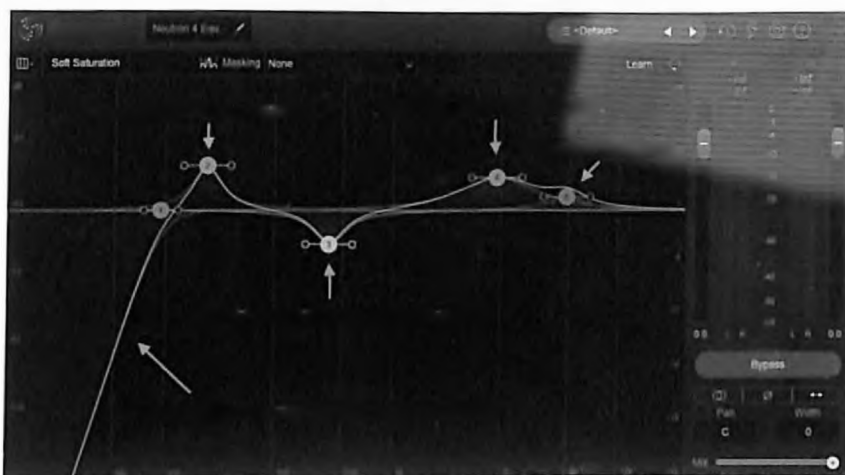
³³ Kings Of Leon es una banda de Rock estadounidense multigadadora de Grammys.

Figura 27: Elaboración para tambores



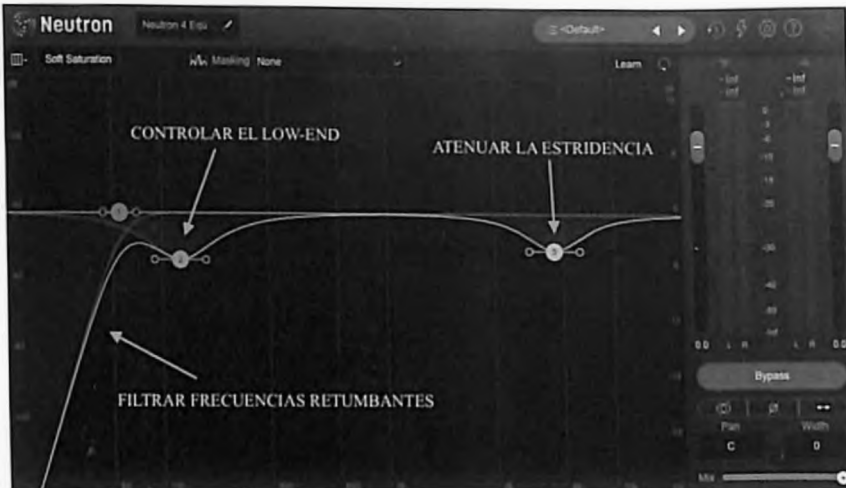
Fuente: Elaboración propia: Programa iZotope Neutron y preview

El redoblante y los *overhead* son parte importante en cuanto a la personalidad de la batería, ya que cada una tiene una función puntual en el espectro de frecuencia. El redoblante siendo el elemento con más frecuencias medias y el *overhead* siendo el encargado de manejar la mayoría de las frecuencias altas. La colocación correcta de los micrófonos está a cargo de la ubicación de los demás elementos de la batería en la tridimensionalidad del audio³⁴.



³⁴ La tridimensionalidad de audio consiste en técnicas de grabación y procesamiento de audio que permiten sentir sonidos en cualquier punto de los 360° del espacio tridimensional.

Figura 29: Ecuación para *overheads*



Fuente: Elaboración propia: Programa iZotope Neutron y Preview

2.2.4 Compresión (1176, 175-B)

La elección de un compresor tiene muchas variables a tomar en cuenta, haciendo un recuento desde el primer proceso, las características del salón de grabación, la reacción de nuestro instrumento, la interpretación de nuestro instrumentista y su capacidad de adaptar su ejecución a las cualidades del salón de grabación. La batería al ser un instrumento de mucha dinámica. el primer uso que se le da a un compresor en su cadena es para controlar las transientes³⁵. la emulación del legendario UREI 1176 o el Dbx 160, tienen como característica un ataque rápido, y un *release* ajustable, añadiendo suavidad o agresividad dependiendo de la configuración a la señal, al comprimir 2dB comienza a resaltar una gran cantidad de armónicos. Además de controlar nuestras transientes, los compresores en la cadena de batería pueden ser utilizados para sumar toda la batería, para agregar homogeneidad o para hacer una compresión paralela³⁶ y agregar creando un auxiliar sobre comprimido que de forma paralela le añada una gran cantidad de armónicos a la señal original. Un buen compresor para esta tarea puedes ser el UA 175-B, este teniendo una gran cantidad de armónicos y un tono agresivo. El último paso en la cadena sería conseguir la ubicación de cada uno de los instrumentos en el espacio en la tridimensionalidad del audio. La batería, al ser un instrumento de acompañamiento. buscamos ubicarlo más hacia atrás en la mezcla. Además de encontrar un balance donde la batería no arroje los demás elementos, el último elemento de la cadena ayuda a lograr este efecto.

³⁵ Transientes son los momentos iniciales de mayor energía de un determinado sonido.

³⁶ Compresión paralela, también conocida como compresión New York es método de mezclar una señal sin compresión con otra comprimida.

Figura 30: Compresor para *overheads*



Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

Figura 32: Compresión paralela de vía auxiliar

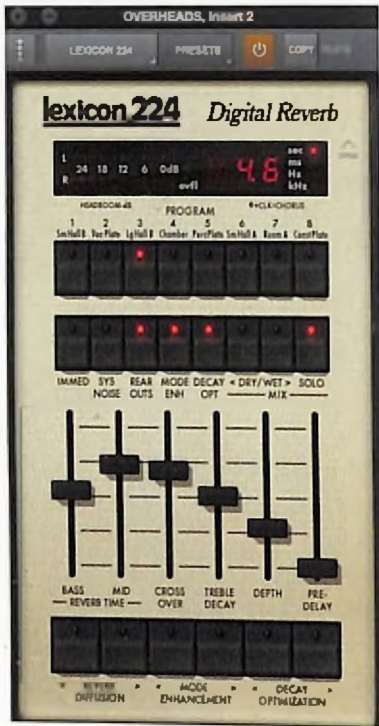


Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

2.2.5 Efectos (Lexicon 224)

Para mantener la esencia de un balance y mezcla orgánica donde cada elemento de la banda se sienta presente, en su ubicación correcta en la tridimensionalidad del audio. compartir el mismo reverb en toda la banda utilizando distintas cantidades de envío para crear mayor profundidad entre los elementos. Un reverb digitales que recrea cualquier tipo de sala. de los mas destacados, el lexicón 224, crea un salón pequeño (*room*). como también es capaz de crear un salón más grande, simulando algún tipo de espacio acústico con más reverberación que pudiera simular un escenario y/o bar, estos siendo lugares posibles donde se interpretan los distintos géneros musicales. A la hora de decidir que tanto afectar la batería con estos efectos, se debe revisar que todos los demás procesos de la cadena estuvieran debidamente logrados, ya que esto afectara la suma completa de la batería, de haber procesado de manera incorrecta en otros pasos, la reverberación podría potenciar el error en la cadena. La reverberación en el bombo se evita ya que maneja frecuencias que pueden retumbar de forma desagradable.

Figura 33: Lexicon 224 para la creación de reverberación de salón



Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

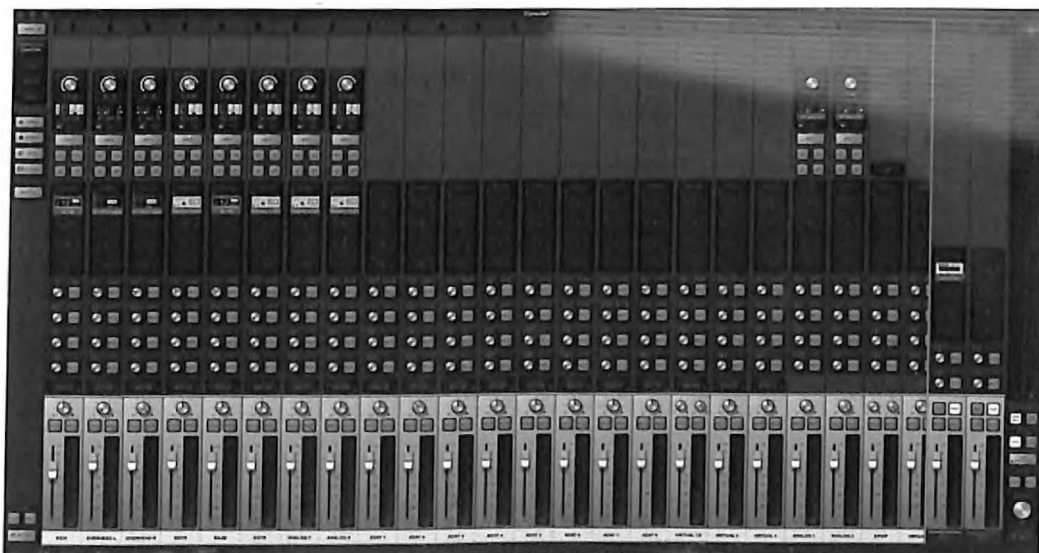
Marco Proyectual

3. Marco Proyectual

3.1 Características de las emulaciones.

Las emulaciones digitales de equipos analógicos cumplen con su función en el mercado, acercar a personas a las cuales se le podría dificultar en gran manera alcanzar la calidad y tonalidad dada por lo equipos analógicos si no fuera por la facilidad y costo que tienen las emulaciones digitales. Como se puede suponer, el precio de cada equipo analógico pudiera rondar entre el doble o más de lo que podría costar el acceso a un *plugin*, con una emulación digital comprada por su funcionamiento y capacidad de uso, la compra de un plugin podría equivaler a la compra de 10-15 equipos analógicos para poder llegar a lo que se puede hacer con un en general con un plugin. Ahora es posible tener esos colores famosos dados por equipos que hoy en día su valor podría rondar en miles de dólares, con su versión digital podríamos tener acceso a ella con menos de la mitad de su valor y con la facilidad de un click afectar cientos de señales. Si bien todo esto es cierto, recomendaríamos que no te encantes por cualquier plugin, sino que si pudieras tener acceso previo al que este necesitando, poder medirlo y analizarlo antes de realizar una compra seria lo ideal para poder identificar su comportamiento, a ver si realmente está haciendo el trabajo que deseas.

Figura 33: Cadenas de señales con la compra de 6 *plugins*



Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

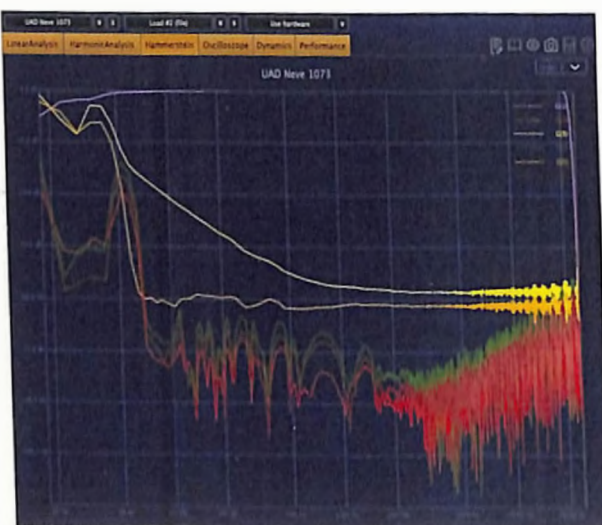
Esta ilustración muestra una cadena que si la quisiéramos reproducir con los equipos analógicos podría pasar a un presupuesto de más de 50,000 dólares, y en el formato digital se puede lograr con menos de la mitad de presupuesto y con más accesibilidad. Los hardware necesarios para correr estas emulaciones digitales, pueden alcanzar un gasto de hasta 10,000 dólares, siendo una quinta parte del presupuesto requerido para sus versiones físicas.

3.2 Medición y análisis de las emulaciones.

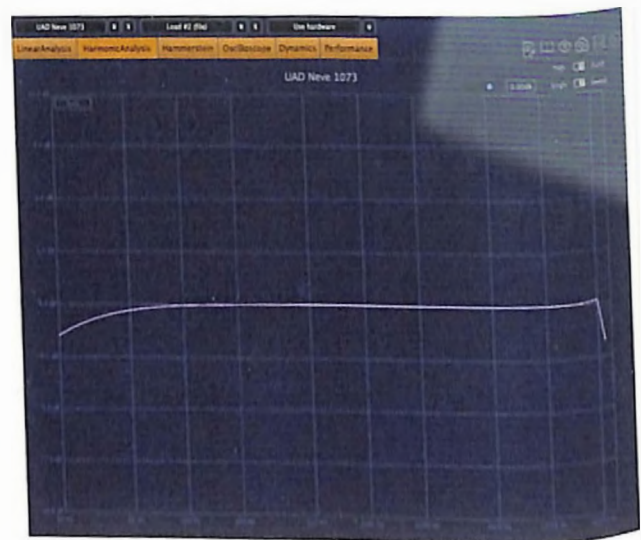
Las capacidades de la tecnología se pueden utilizar para mal y para bien, hay que estar bien alerta, debido a que puede haber empresas que diseñen sus *plugins* con una interfaz que parezca de una emulación y en su programación tener un funcionamiento totalmente lineal, que no produzca armónicos o que los armónicos y efectos que le hagan a una señal no sea la que andes buscando. Ciertamente en los *plugins* que se han utilizado se encontraron buenos resultados, pero no todas las empresas tienen el nivel de compromiso que tiene Universal Audio con las emulaciones. La verdad es que el hecho de que haya suite como la de PluginDoctor son buenas herramientas para verificar y rectificar que lo que estes buscando logre con tus emulaciones como herramienta principal.

Figura 34: Análisis de armónicos y respuesta de frecuencia a Sweep.

Análisis Armónico



Respuesta de Frecuencia



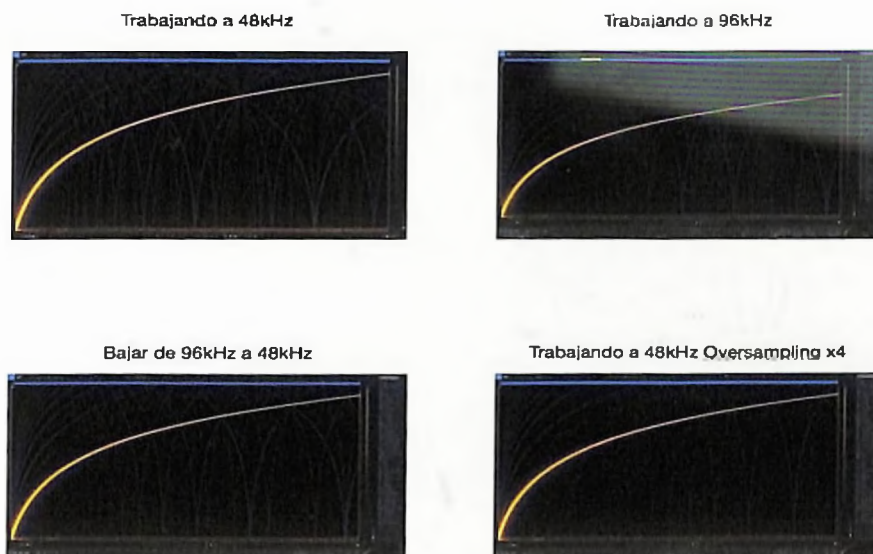
Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor y Pages

Graficar y analizar las Emulaciones es de suma importancia para conocer su funcionamiento, y su reacción a las fuentes que pase a través de ellos. Esto orientará al usuario a poder discernir cuándo y dónde utilizar las emulaciones.

3.3 La solución del *Aliasing*.

No es un secreto para nadie que el funcionamiento de la tecnología tiene grandes capacidades, pero al igual que ser humano llega a tener algunas limitantes, dentro de las limitaciones que nos encontramos de frente al analizar los plugin fue el mencionado *aliasing* que creaba un problema de distorsión del audio de una forma no musical ni armónica natural, sino reflejando excitaciones en armónicos no relacionados con nuestra fundamental creando estos una disonancia no agradable y embarrando la señal. Esto está creando un efecto contrario a lo que buscamos, la meta con las emulaciones digitales es crear, mediante la emulación, ese tono y timbre agradables de los equipos analógicos. Debido a la investigación y análisis se comprobó que la realización del *oversampling* o el trabajar con frecuencia de muestreo elevadas, realmente logran alejar la frecuencia de Nyquist mucho más allá de las frecuencias audibles y con este efecto minimizar el efecto de *aliasing* en nuestra señal.

Figura 35: Gráfica de representación del comportamiento del *aliasing*.



Fuente: Elaboración propia: iZotope RX y Pages.

Al hacer una comparación del comportamiento del *aliasing* trabajando en los diferentes formatos planteados como solución para atenuar el efecto de este fenómeno, se puede observar una mejoría importante. Y así poder alcanzar con fidelidad el comportamiento de las emulaciones en comparación con sus versiones físicas.

3.4 Preamplificadores destacados

De los primeros equipos incluidos en una cadena de procesamiento que juegan un papel indispensable, es el preamplificador. Conocer las cualidades, características armónicas, tonales que puedan darle a una señal de audio es de suma importancia, al igual que cualquier elección en una cadena de procesamiento se toman en cuenta diferentes variables que van desde el tipo de fuente que se captura hasta el espacio donde se realizara la grabación, para así tomar la decisión de que preamplificador escoger para una captura satisfactoria. De modo para crear un listado de recomendaciones para distintas capturas, debajo se encontrarán los preamplificadores destacados en orden de preferencia:

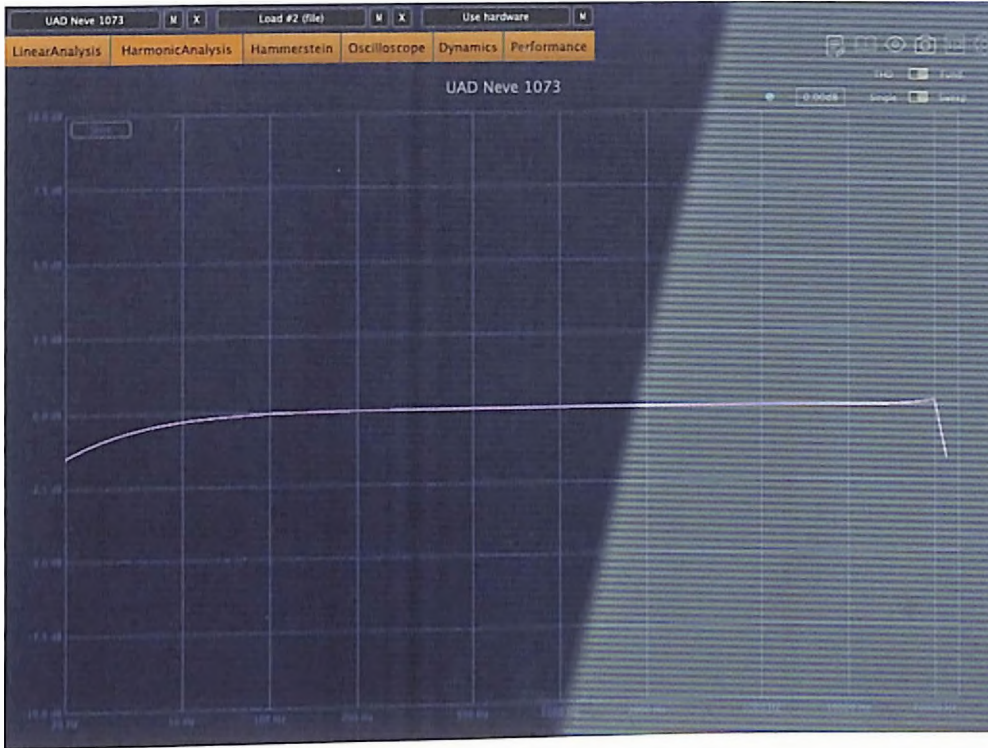
3.4.1. Neve 1073: Este preamplificador resalta una serie de armónicos en las frecuencias graves muy agradables, dándole con estos un empuje y un cuerpo muy definido. En las frecuencias que encajonan el espectro ubicadas desde los 300Hz a los 400Hz tiene una pequeña atenuación. lo cual ayuda a que las demás frecuencias tengan mayor definición. Con su emulación de baja impedancia se puede percibir un tono bastante “antiguo” y de gran suavidad.

Figura 36: Preamplificador Neve



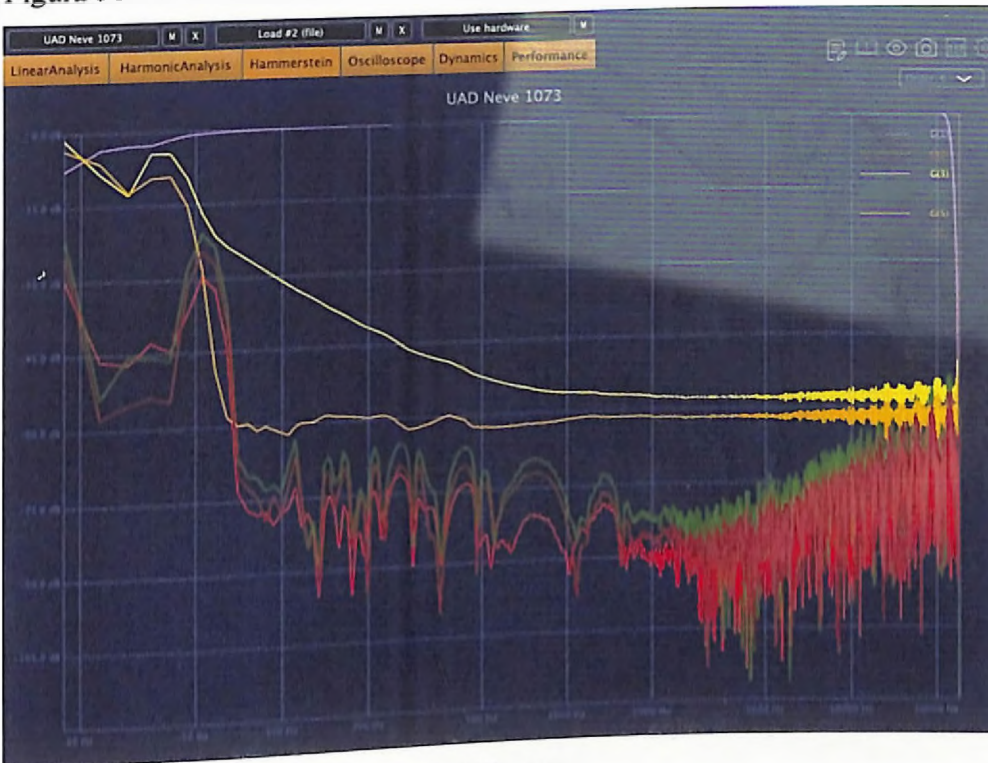
Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

Figura 37: Respuesta de frecuencia del preamplificador Neve 1073



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

Figura 38: Análisis de armónicos del preamplificador Neve 1073



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

3.4.2. API 212L: Preamplificador perfecto para guitarras que necesiten mucho cuerpo, voces y todo lo que necesite un extra en cuanto a armónicos y empujes en las frecuencias graves. El 212L, al manejar una mayor impedancia y una respuesta más definida de las frecuencias medias altas y altas, es un amplificador perfecto para la búsqueda de definición y empuje.

Figura 39: Preamplificador API 212L



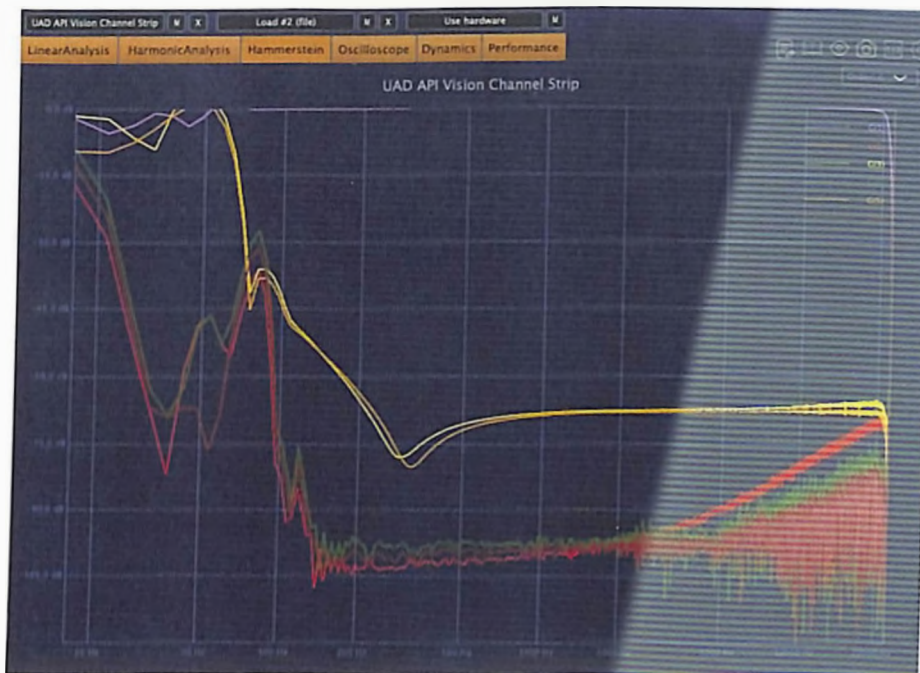
Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

Figura 40: Respuesta de frecuencia del preamplificador API 212L



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

Figura 41: Análisis de armónicos del preamplificador API 212L



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

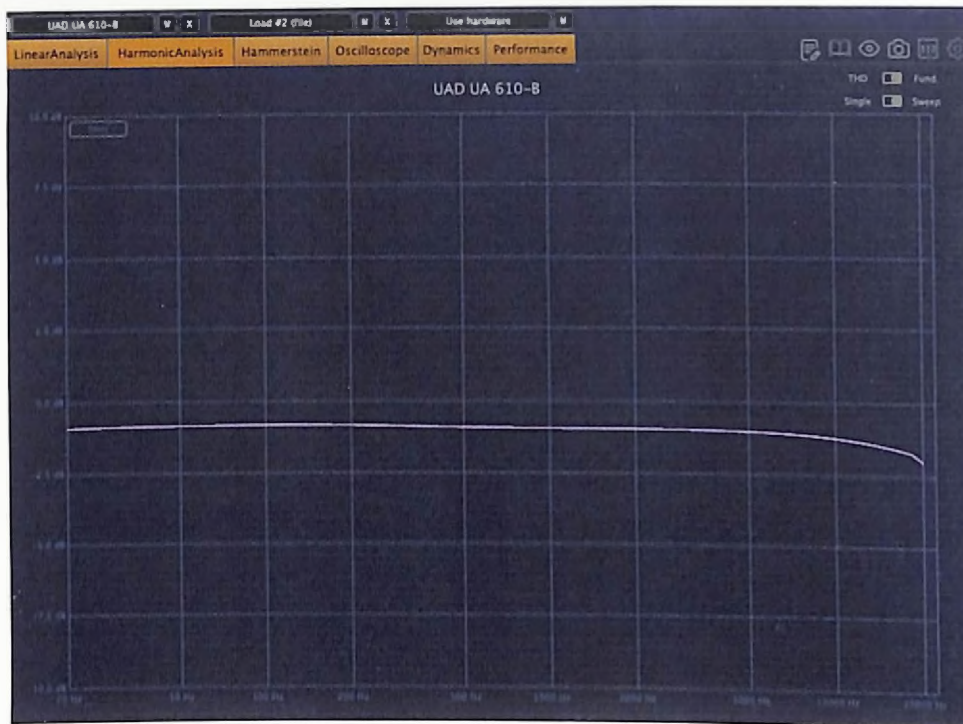
3.4.3. **UA 610 – B:** Este preamplificador que emula los canales de las consolas hechas por el mismo Bill Putnam Sr., tiene una sonoridad muy agradable y con una programación de sus tubos que generan una cantidad de armónicos bien consistentes. Este preamplificador tiene como particularidad lo fácil que es de utilizar, lo cual se presta a un bien práctico, funcional para fuente que tengan una sonoridad clara y definida que solo necesiten ser realizadas de forma uniforme.

Figura 42: Preamplificador UAD 610-B



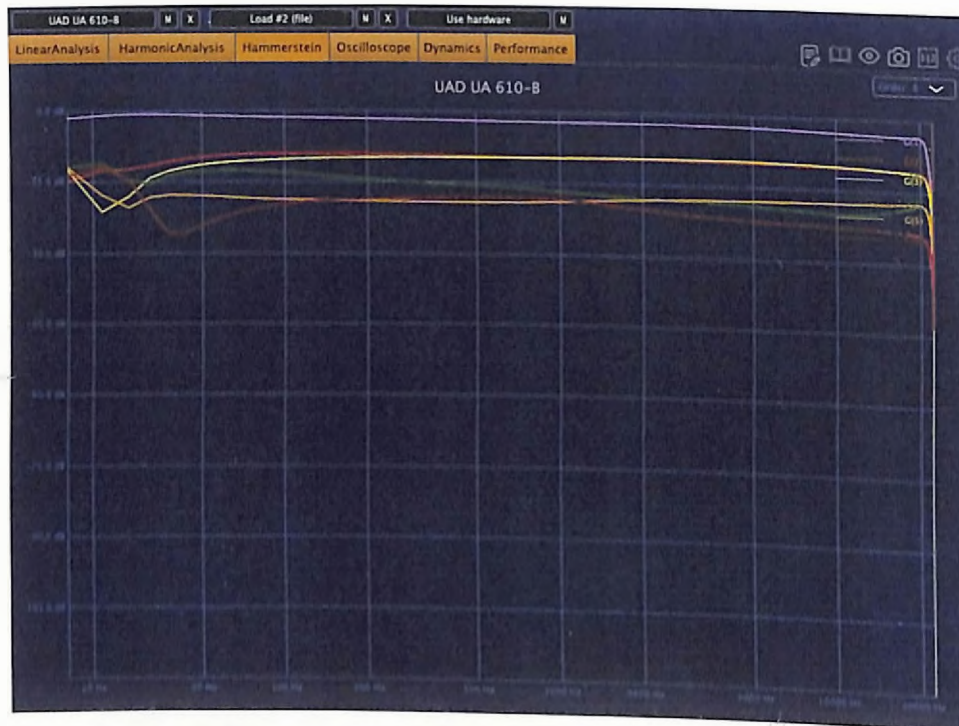
Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

Figura 43: Respuesta de frecuencia del preamplificador UA 610-B



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

Figura 44: Análisis de armónicos del preamplificador UA 610-B



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

3.5 Elección de Compresores

Hay diferentes tipos de compresores cuyos funcionamientos son necesario tomar en cuenta para la elección de uso según la fuente que se capturará.

- Los VCA (Voltaje amplificado controlado) funcionan muy bien a la hora de trabajar con fuente que tiene múltiples transientes muy pronunciadas como las percusiones. Los compresores opto son suaves y relativamente lentos, pueden ser buenos para el uso en fuentes donde se quieren aportar suavidad.
- La compresión FET actúa bastante rápido, son útiles para darle empuje a la fuente, este compresor tiene la capacidad de agregar armónicos y distorsión de calidad.
- La compresión Opto usa fotocélulas como detectores y una bombilla de luz para determinar la reducción de ganancia. Cuando la señal pasa a través del foco, hace que éste brille. La intensidad de la luz es lo que hace funcionar a la compresión óptica. Esto hace que la compresión opto sea poco sensible a las transientes y a los picos, por lo que se puede usar un radio mayor.
- La compresión Vari-Mu fue siendo uno de los primeros diseños de compresión, logrando utilizar una válvula Vari-Mu como un amplificador de ganancia variable. La compresión de este es igual de suave que el opto, pero a diferencia de todos los demás, su curva no es lineal, significando esto que mientras más intensa sea la señal más va a comprimir. este último compresor tiene como ventaja que nunca sobre comprime debido a que nunca tiene una respuesta exageradamente rápida. Este compresor aprieta y suaviza las mezclas, y pudiera funcionar igualmente para fuentes como guitarras o bajos grabados de manera agresiva. La compresión Vari-Mu llega a ser excelente para que una mezcla adquiera una dinámica coherente.

Para elegir con cuál equipo o emulación trabajar, hay que conocer sus cualidades, reacción y capacidades. Estos factores son de gran importancia:

1. El compresor Teletronix LA-2^a de tipo óptico de tubo que dentro de sus características están el ser más agresivo con la compresión de frecuencias bajas y frecuencias altas,

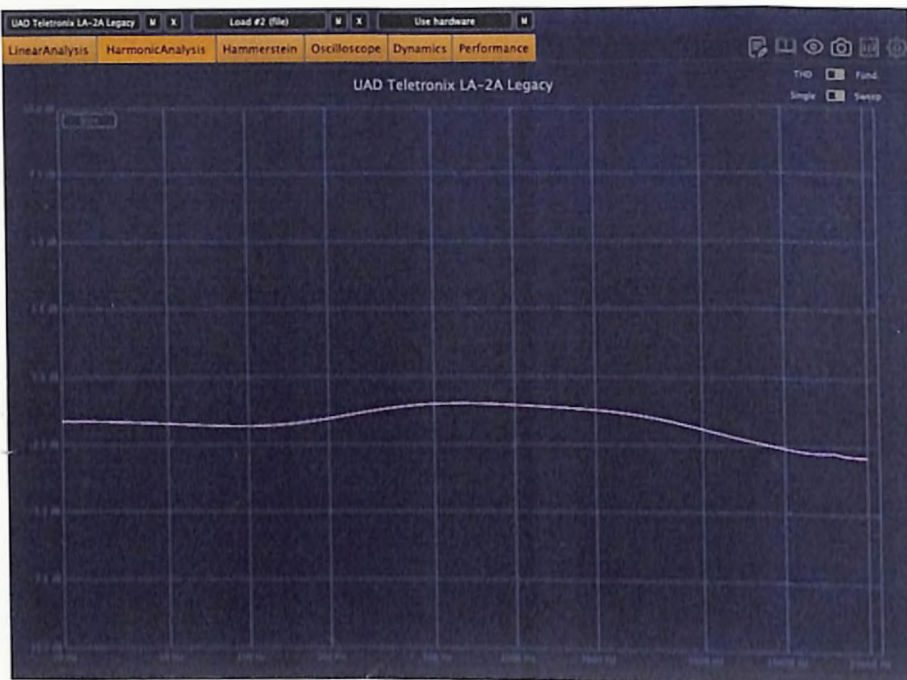
ser comporta de forma sutil con las frecuencias medias, una fuente que puede verse altamente beneficiada por estas características pueden ser las voces, ya que la mayor información en el espectro de frecuencias que tienen las voces están en el rango de las frecuencias medias, al igual que las guitarras eléctricas, y acústicos.

Figura 45: Compresor Teletronix LA-2A



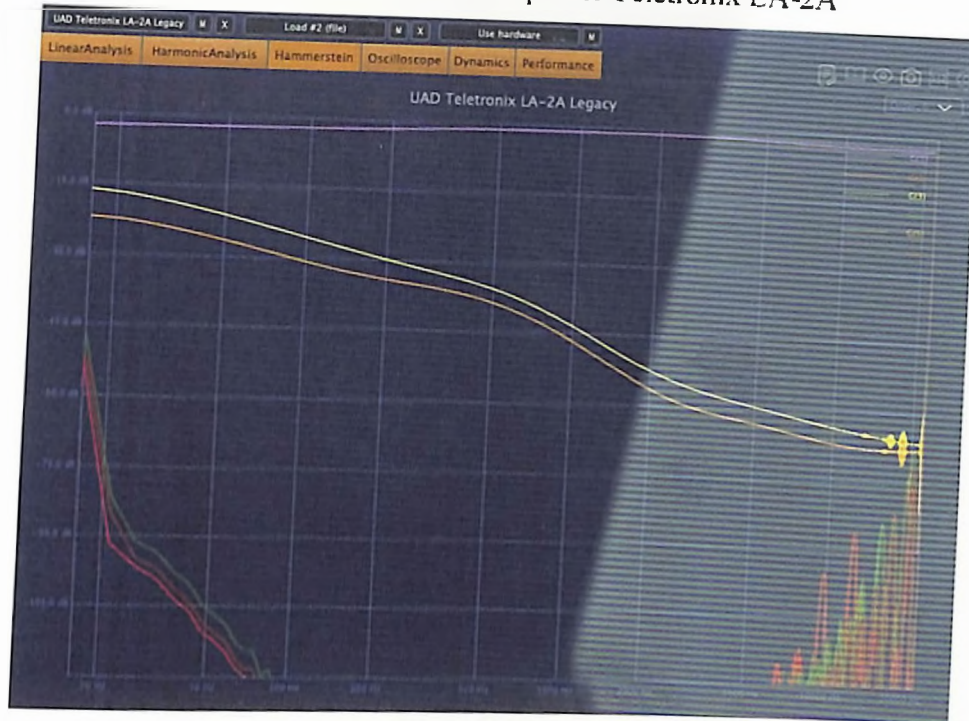
Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

Figura 46: Respuesta de frecuencia del compresor Teletronix LA-2A



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

Figura 47: Análisis armónico del compresor Teletronix LA-2A



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

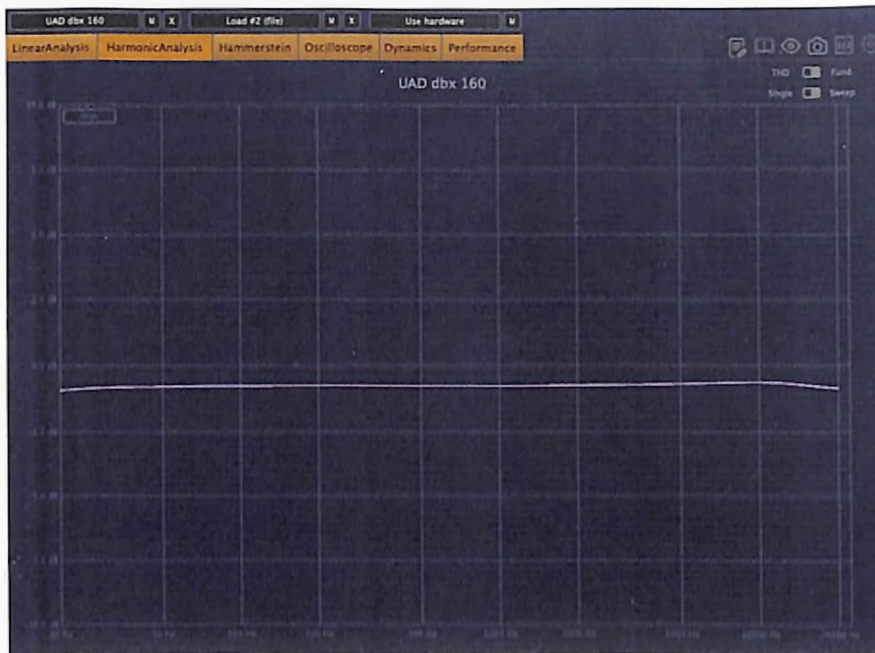
2. El compresor Dbx 160 es de tipo VCA, y produce una gran cantidad de armónicos en las frecuencias graves, es utilizado para instrumentos como el bajo, tambores y bombo debido a su rapidez de reacción para manejar las transientes de una forma suave y sutil.

Figura 48: Compresor Dbx 160



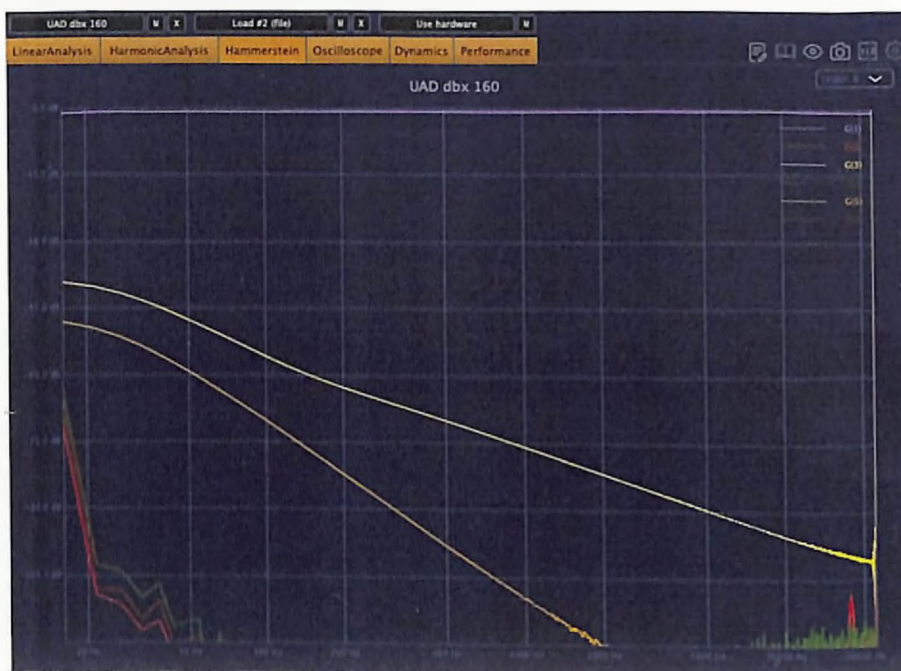
Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

Figura 49: Respuesta de frecuencia del compresor Dbx 160



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

Figura 50: Análisis armónico del compresor Dbx 160



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

3. El compresor UREI 1176 de tipo FET. Este cuenta con una velocidad de ataque capaz de reducir picos de transientes, excelente para instrumentos que han sido grabados con una microfónica muy cercana y tienen transientes muy pronunciadas como guitarras y

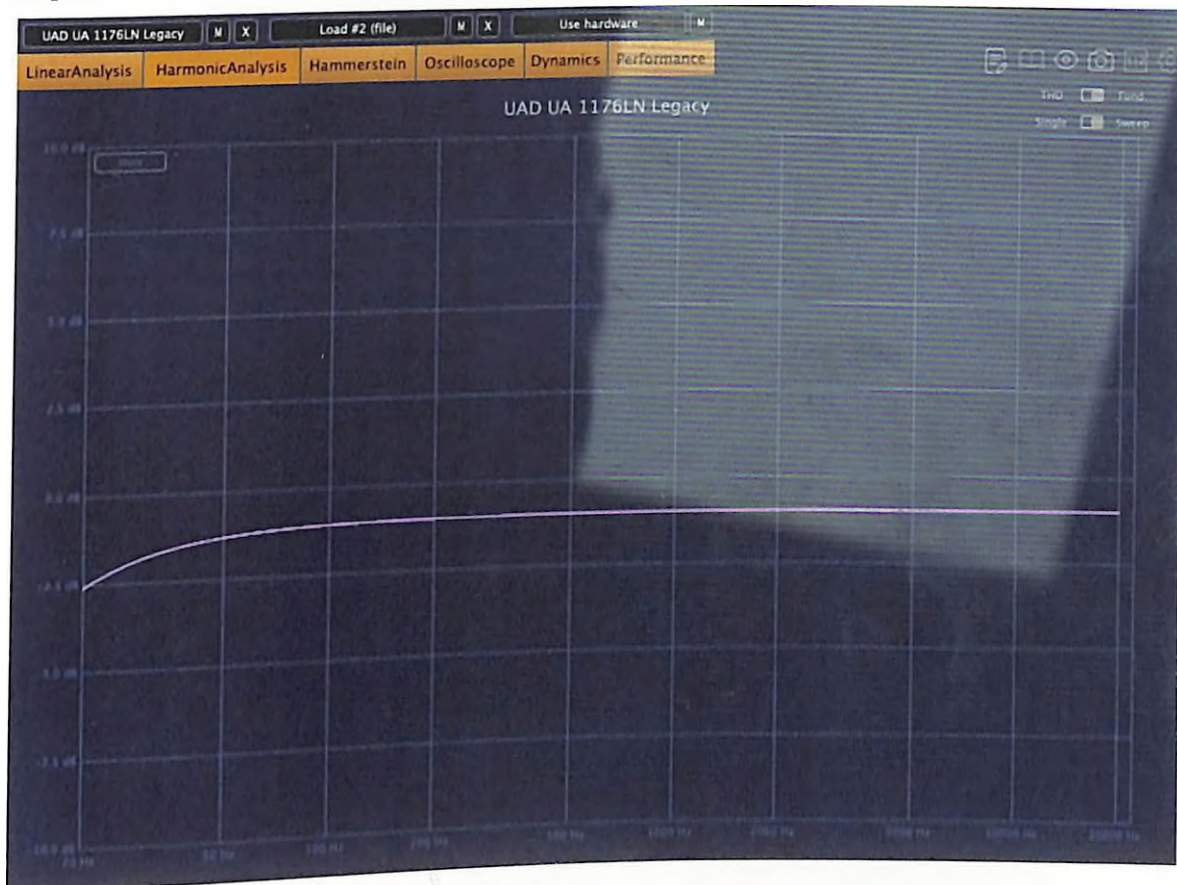
voces. Al momento de buscar lograr una compresión paralela que contenga una distorsión junto con un carácter de manera equilibrada y agradable, este compresor brilla por su excelencia en esa tarea.

Figura 51: Compresor UREI 1176



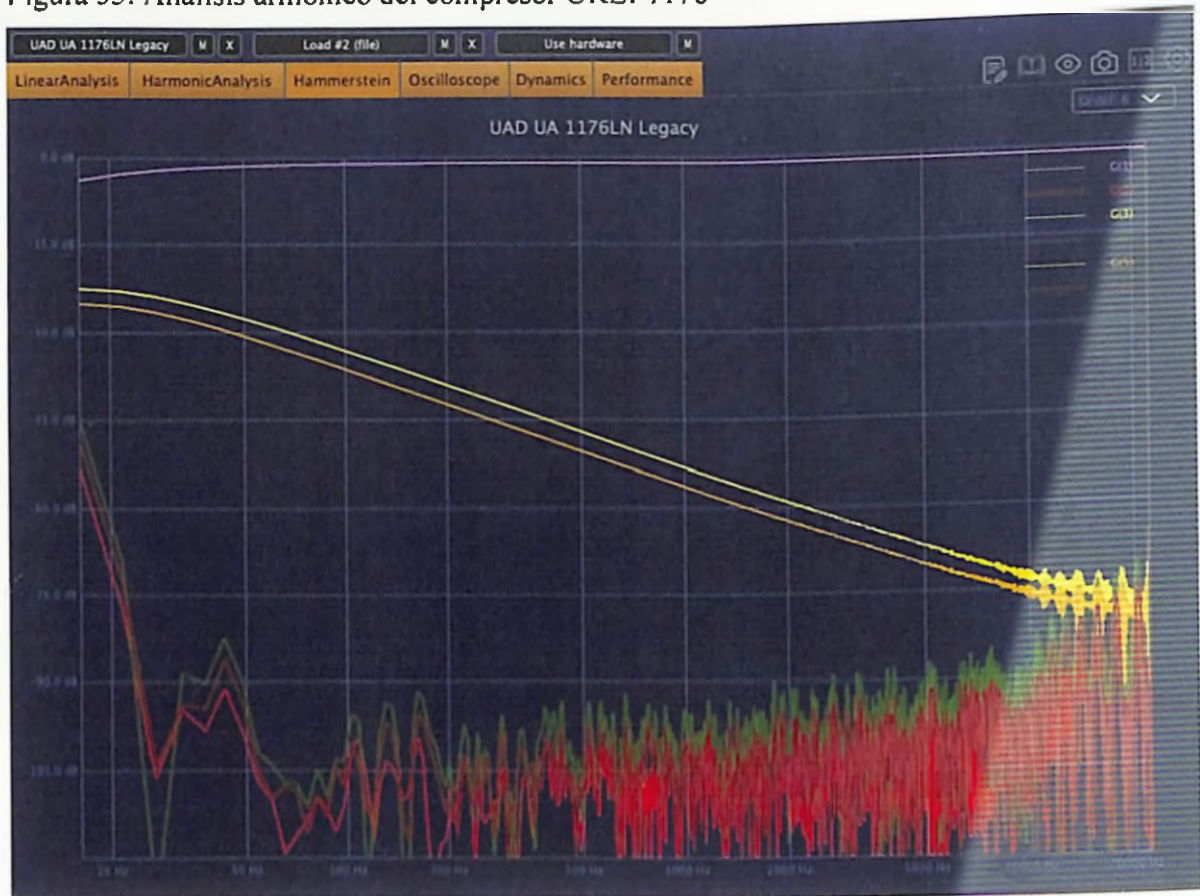
Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

Figura 52: Respuesta de frecuencia del compresor UREI 1176



Fuente: Elaboración propia: Programa Plugin Doctor

Figura 53: Análisis armónico del compresor UREI 1176



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

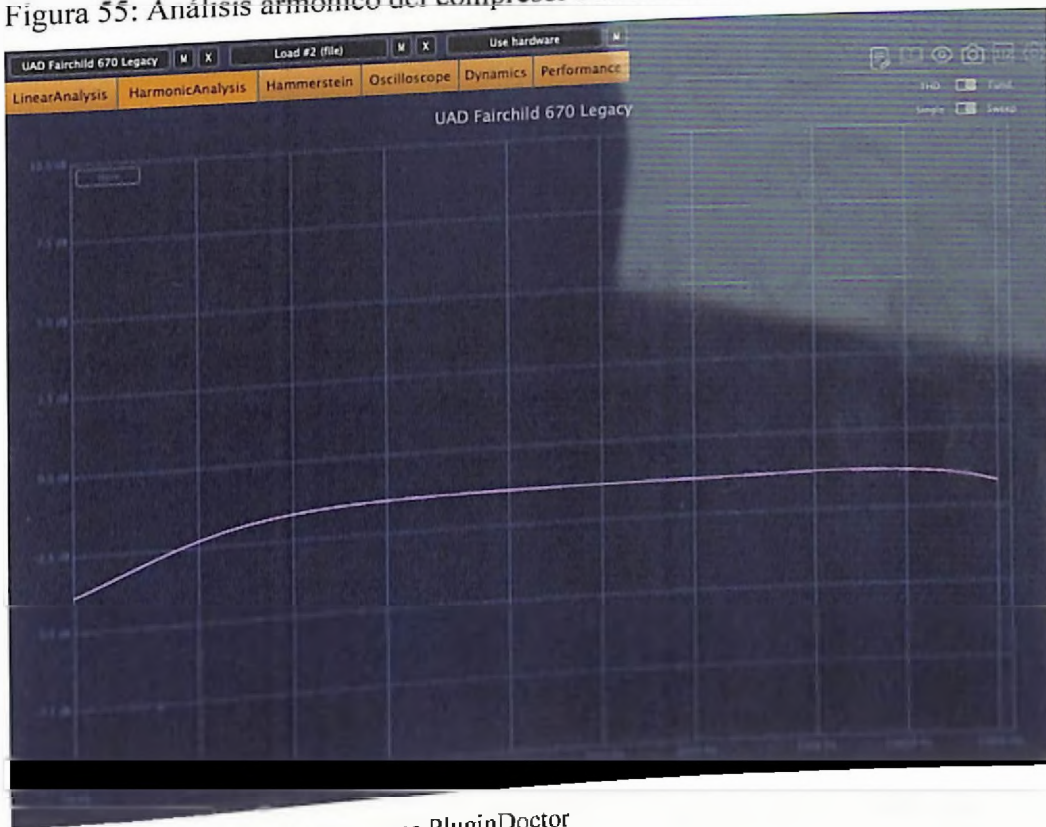
4. Por ultimo los compresores Fairchild 660 y 670 completan junto a el UREI 1176 y el LA-2A los nombrados “La triple corona” siendo el Fairchild con su gran cantidad de tubos y transformadores le agrega una gran agresividad a los pianos, bajos y guitarras. con un gran cuerpo y tamaño.

Figura 54: Respuesta de frecuencia del compresor Fairchild 670



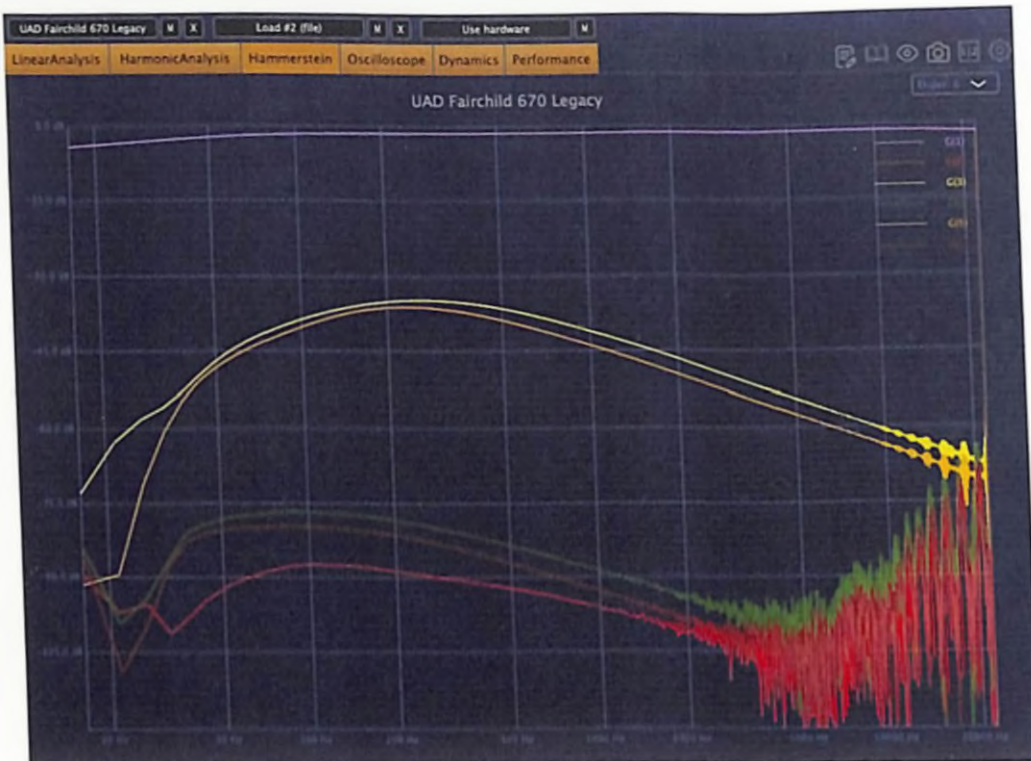
Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

Figura 55: Análisis armónico del compresor Fairchild 670



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

Figura 56: Análisis armónico del compresor Fairchild 670



Fuente: Elaboración propia: Programa PluginDoctor

3.6 Orden para procesamiento de audio.

El orden y cantidad de equipos utilizados en una cadena de procesamiento con emulaciones digitales crea diversidad de opción de forma instantánea. Emplear la compresión antes de la ecualización dependerá de la necesidad que tiene la señal de audio. Una fuente con demasiada dinámica, se beneficiaría de una la compresión en primer lugar, para luego, de ser necesario, manipular mediante la ecualización las frecuencias que filtra, atenúa o aumenta, para lograr que el instrumento aporte lo necesario para que la mezcla tenga espacio para cada elemento. Para poder identificar la necesidad de las mezclas:

1. Buscar que la sesión tenga un orden lógico y código de colores bien identificado,
2. Lograr que los clips estén bien quantizados en caso de necesitarlo, de haber ruido entre las señales y limpiarlos.
3. Hacer un balance entre todos los canales de nuestra mezcla hasta donde pueda ser apreciado el tema musical lo que suena, reconocer la estructura, ubicar elementos importantes en cada sección y escuchar las necesidades de mezcla.

Luego de tener la sesión debidamente organizada, con los clips en una condición ideal para ser mezclados, la estructura y las anotaciones realizadas, inicia el proceso de la mezcla.

El uso de la ecualización seguido de la compresión, o de emplear este procesamiento en el orden contrario, dependerá de la necesidad de los audios. En el artículo “Los 4 compresores principales y cómo usarlos”, la revista de audioproduccion.com dice: “No existe un método o una ruta estándar para mezclar una canción, cada mezcla es única, diferente y cada intención creativa también. Nunca trates de darle el mismo sonido a todas tus canciones, porque existen miles de géneros musicales y cada estilo tiene su propia manera de mezclarse.” Con esta aclaración se entiende que a la hora de trabajar el procesamiento de una señal dependerá de lo que necesite el propio audio. Un audio con muchas transientes siempre será mejor comprimir y suavizarlas para tener una referencia más agradable para ecualizar si es necesario. Un audio que tiene demasiadas frecuencias retumbantes o estridentes que no le aportan una buena sonoridad al balance, es mejor ecualizarla antes de comprimir para que se pueda obtener una mejor personalidad como resultado. Ejemplos de emulaciones que se comportan bien juntos por compartir características armónicas y de respuesta de frecuencias sin los siguientes:

- El preamplificador Neve 1073 y el compresor Dbx 160 hacen una combinación perfecta para el procesamiento de tambores, bombos, bajos e instrumentos con frecuencias graves bien dinámicas, el sonido Neve con sus armónicos en ese rango junto al Dbx 160 con su velocidad y empuje, crean un sonido de gran personalidad.

Figura 58: Combinación de Neve 1073 y Dbx 160.



Fuente: Elaboración propia: Programa Pages

- Una combinación que brilla por su carácter es el utilizar el preamplificador API 212L y el compresor Teletronix LA-2A. El API entregando todo el empuje, mientras que el LA-2A siendo sutil con las frecuencias medias crea un escenario ideal para procesamiento de guitarras y voces, para tener una señal con dinámicas controladas, pero con una sonoridad bien definida.

Figura 59: Combinación de API 212L y el Teletronix LA-2A



Fuente: Elaboración propia: Programa Pages

- Combinación creada por el propio Bill Putnam Sr. a mano, el preamplificador UAD 610-B entregando su sonoridad de forma consistente y el compresor UREI 1176 para crear una distorsión agradable de la señal, es una de las combinaciones de más personalidad y rica en armónicos. Perfecta para instrumentos que tengas un gran rango de frecuencias como pianos y grupos de batería.

Figura 60: Combinación de UAD 610-B y el UREI 1176

UAD 610-B



UREI 1176



Fuente: Elaboración propia: Programa Pages

Portafolio

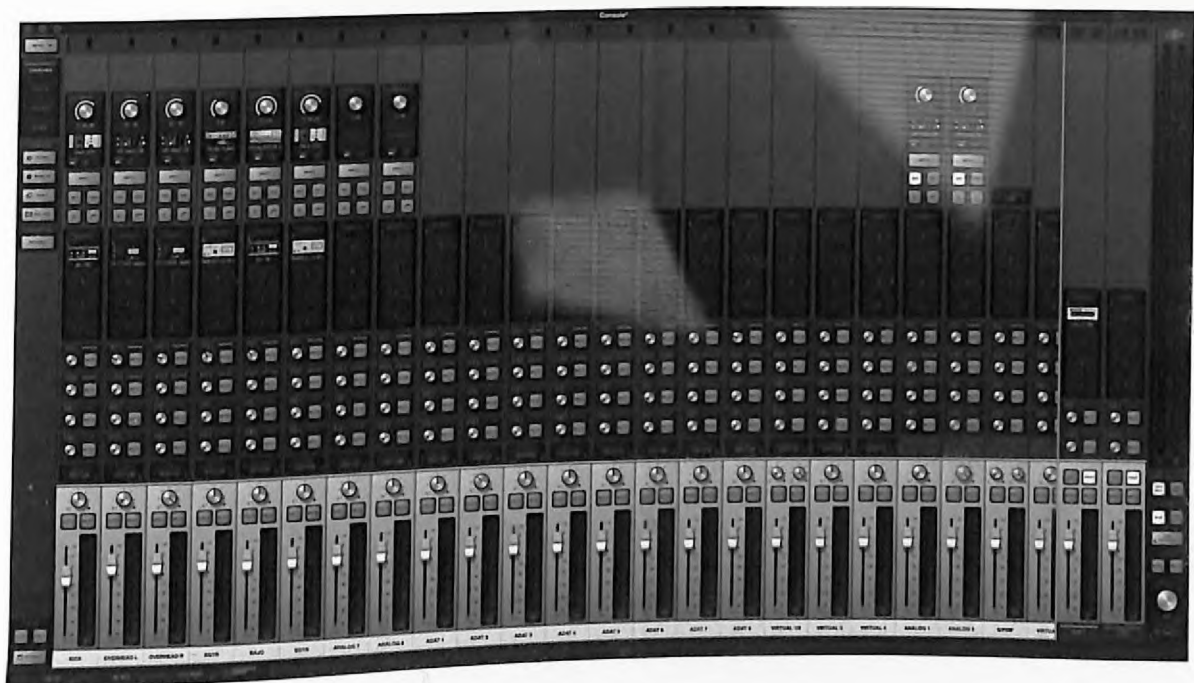
4. Portafolio

Para optar por el título de licenciatura en música contemporánea, mención Ingeniería de Sonido, se otorga el siguiente portafolio, el cual incluye la grabación de un concierto, un EP de 4 canciones, una sesión en vivo, diseño de sonido y grabación de Foley.

4.1 Concierto

Concierto elaborado en las instalaciones de un estudio de grabación en Santo Domingo, es la sala de ensayo de mayor tamaño con un público de 20 personas. La agrupación en formato de trio y en algunas de las canciones una invitada vocalista se añadió a la agrupación. Todo el sistema de preamplificación, ecualización, compresión y reverberación artificial, fueron producidos por el sistema DSP de la tarjeta de Universal Audio x8p en combinación con la Apollo Twin y una MacBook Pro 2018.

Figura 61: Programa Console de Universal audio con todas las cadenas de procesamiento utilizadas



Fuente: Elaboración propia: Programa Console de Universal Audio

1. The Girl from Ipanema - Frank Sinatra & Jobim (Bossa)
2. Dindi - Frank Sinatra & Jobim (Bossa)
3. If You Never Come to Me - Frank Sinatra & Jobim (Bossa)
4. Corcovado - Frank Sinatra & Jobim (Bossa)
5. Meditation - Frank Sinatra & Jobim (Bossa)

4.2 EP de Estudio

4.2.1 What Are You Doing For The Rest of Your Life - Barbra Streisand (Swing Ballad)

Pieza musical interpretada a dúo piano, bajo. Piano grabado bajo la suite de Spectrasonics llamada Keyscape que lleva consigo cientos de emulaciones de pianos, bajo grabado con cadena con emulaciones de Universal Audio incluidas el preamplificador UA 610-B y el compresor dbx 160.

Figura 62: Proyecto de What Are You Doing For The Rest of Your Life

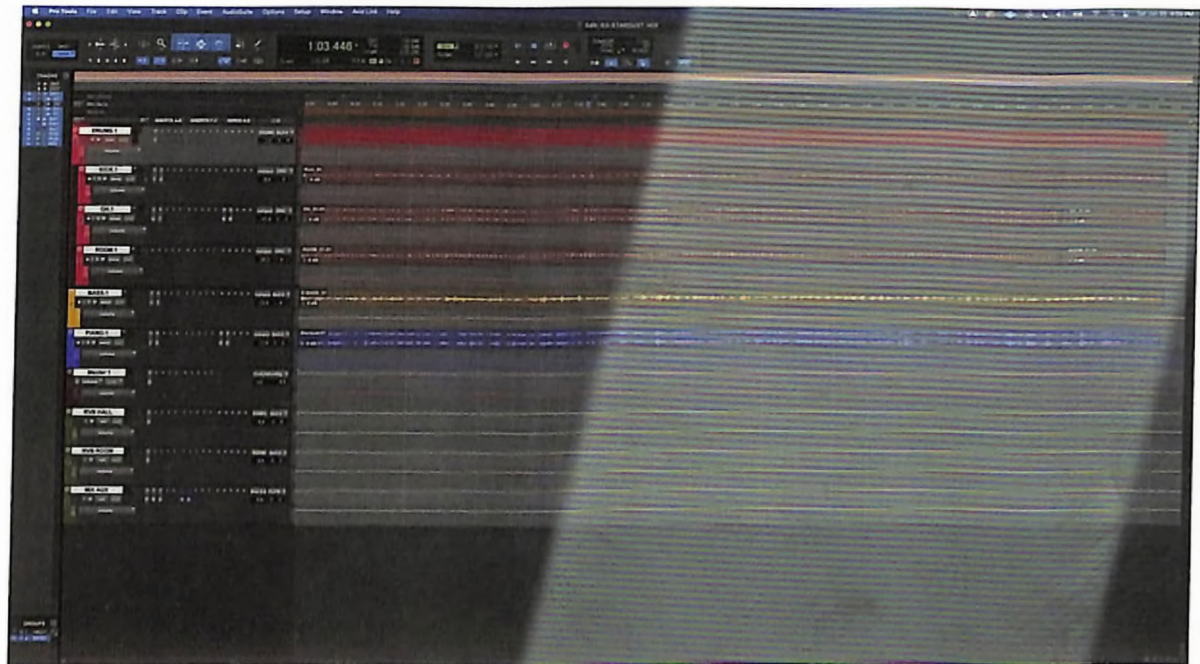


Fuente: Elaboración propia: Programa Pro-Tools

4.2.2 Stardust - Original (Swing Ballad)

Ballada interpretada una formación de trio piano bajo y batería, piano grabado bajo la suite de Spectrasonics llamada Keyscape que lleva consigo cientos de emulaciones de pianos, bajo y batería grabado con cadena de procesamiento de emulaciones de Universal Audio que incluyen preamplificadores UA 610-B del Neve 1073, compresores como el dbx 160 y el 1176.

Figura 63: Proyecto de mezcla Stardust

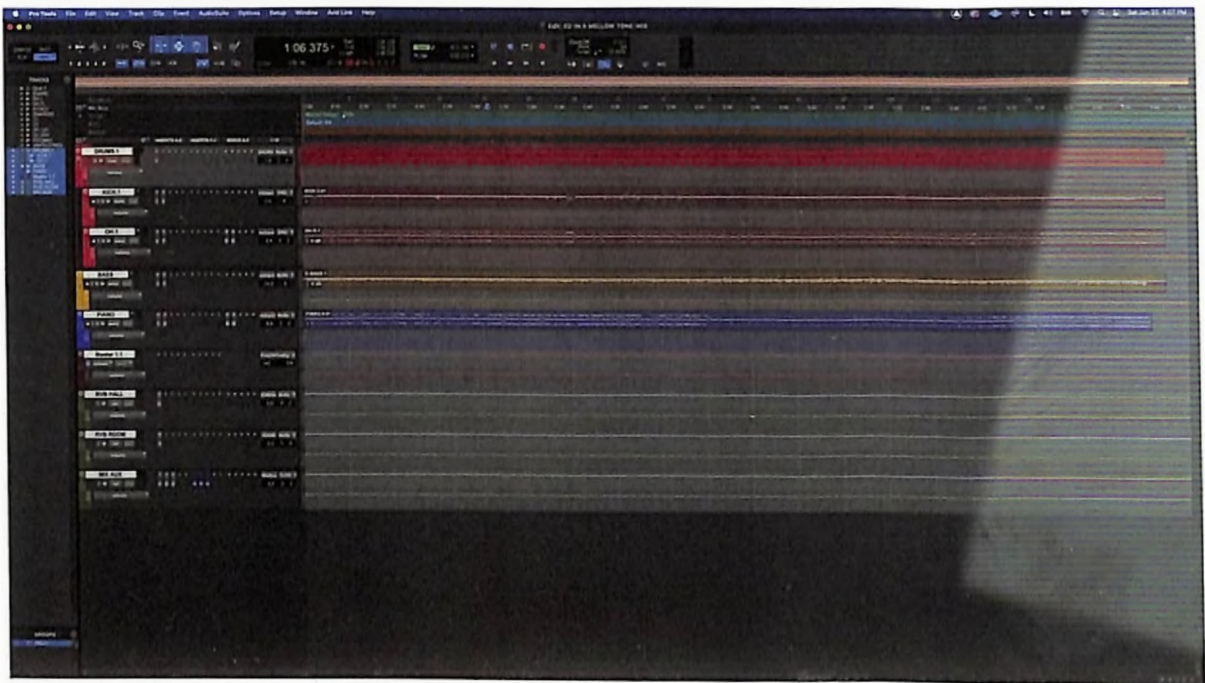


Fuente: Elaboración propia: Programa Pro-Tools

4.2.3 In A Mellow Tone - Duke Ellington (Medium Swing)

Médium Swing interpretado una formación de trio piano bajo y batería, piano grabado bajo la suite de Spectrasonics llamada Keyscape que lleva consigo cientos de emulaciones de pianos, bajo y baterías grabadas con cadena de procesamiento de emulaciones de Universal Audio que incluyen preamplificadores UA 610-B del Neve 1073, compresores como el dbx 160 y el 1176. En esta canción se pudo comprobar la rapidez del ataque del compresor 1176 ya que en los *overheads* estábamos teniendo algunos inconvenientes con los platillos, ya que estaban recibiendo golpes un poco más estridentes de lo que realmente estábamos buscando.

Figura 64: Proyecto de mezcla de In A Mellowtone



Fuente: Elaboración propia: Programa Pro-Tools

4.2.4 I Got Rhythm - Bing Crosby (Fast Swing)

Fast Swing interpretado una formación de trio piano bajo y batería, piano grabado bajo la suite de Spectrasonics llamada Keyscape que lleva consigo cientos de emulaciones de pianos, bajo y baterías grabadas con cadena de procesamiento de emulaciones de Universal Audio que incluyen preamplificadores UA 610-B del Neve 1073, compresores como el dbx 160, 1176 y Teletronix LA-2a. Este último compresor se puso a prueba en el piano con esta pieza ya que el intérprete pianista ejecuto algunas notas en velocidad que provocaba ciertos cambios de volúmenes poco agradables y el LA-2A manejo dichas transientes de una forma muy musical y natural.

Figura 65: Proyecto de mezcla de I Got Rhythm



Fuente: Elaboración propia: Programa Pro-Tools

4.3. Live Session

4.3.1 Misty - Frank Sinatra (Smooth Jazz)

Ballada Jazz interpretada por saxofón, batería, bajo y percusión, con una cadena de procesamiento que incluían una variedad de emulaciones con tecnología nativa de Plugin Alliance, incluyendo emulaciones de canales como el SSL, el Neve.

Figura 66: Proyecto de mezcla de Misty

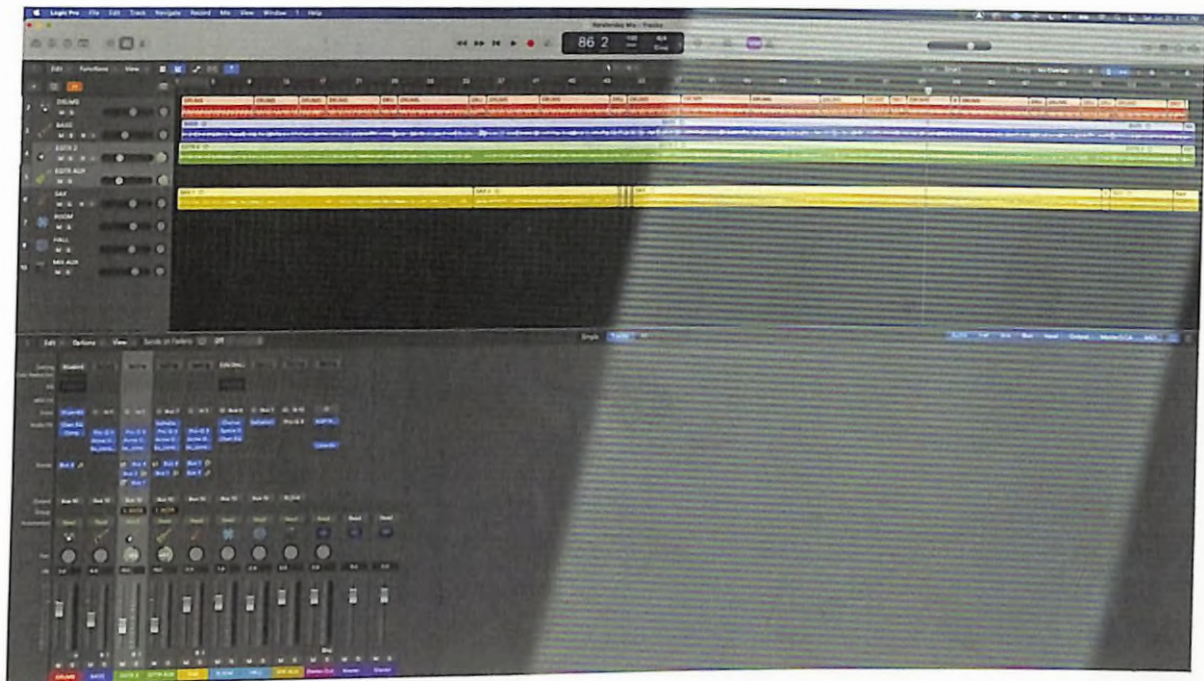


Fuente: Elaboración propia: Programa Logic Pro X

4.3.2 Yesterdays - Frank Sinatra (Funk)

Piezas musicales interpretada por cuarteto teniendo como voz líder el saxofón, y en su cadena de procesamiento teniendo emulaciones hechas por la empresa Plugin Alliance.

Figura 67: Proyecto de mezcla de Yesterday



Fuente: Elaboración propia: Programa Logic Pro X

4.3.3 Sugar - Bing Crosby & Louis Armstrong (Smooth Jazz)

Cuarteto de 2 guitarras, bajo y batería, procesado mediante emulaciones de la empresa Plugin Alliance. En estas implementando emulaciones de plantas de guitarras en combinación con plantas reales, con los mismos micrófonos, comprobando las capacidades de las emulaciones, alcanzando un resultado positivo y competitivo.

Figura 68: Proyecto de mezcla de Sugar

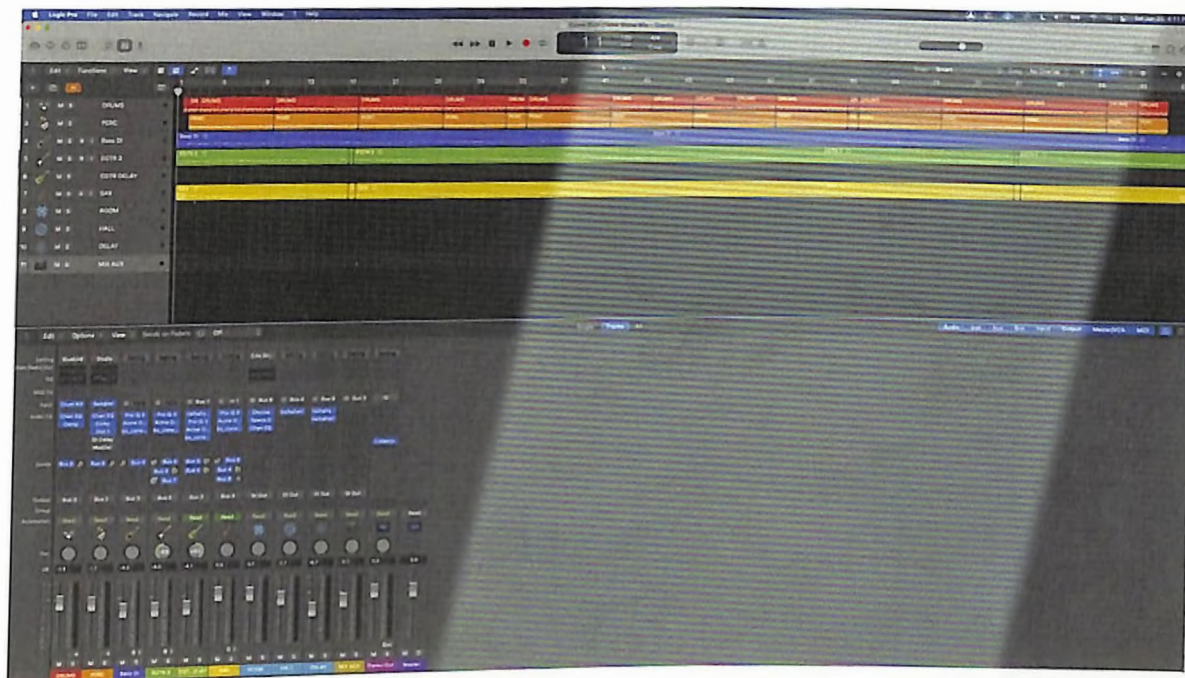


Fuente: Elaboración propia: Programa Logic Pro X

4.3.4 Come Rain Or Come Shine - Frank Sinatra (Smooth Jazz)

Pieza interpretada por saxofón en voz líder, completando un cuarteto junto con bajo, batería y percusión, siendo procesados con una cadena de emulaciones elaboradas por la empresa Plugin Alliance y efectos de la empresa Valhalla.

Figura 69: Proyecto de mezcla Come Rain Come Shine



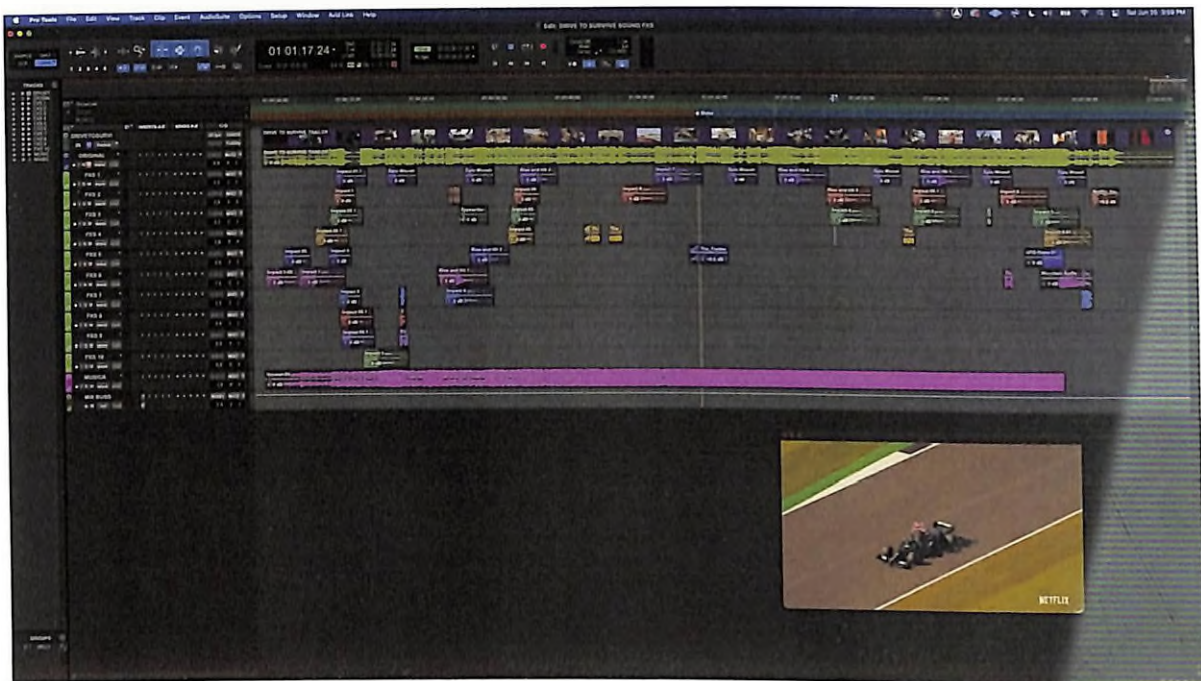
Fuente: Elaboración propia: Programa Logic Pro X

4.4 Cortometraje para Efectos de Sonido

4.4.1 Drive to Survive Trailer (2mins. 4 seg)

Tráiler de la 4ta temporada de Drive To Survive serie acerca de la Formula 1, publicada por Netflix en 2022 al cual se le hizo todo diseño y efectos de sonido.

Figura 70: Proyecto de mezcla y edición de Tráiler Drive To Survive



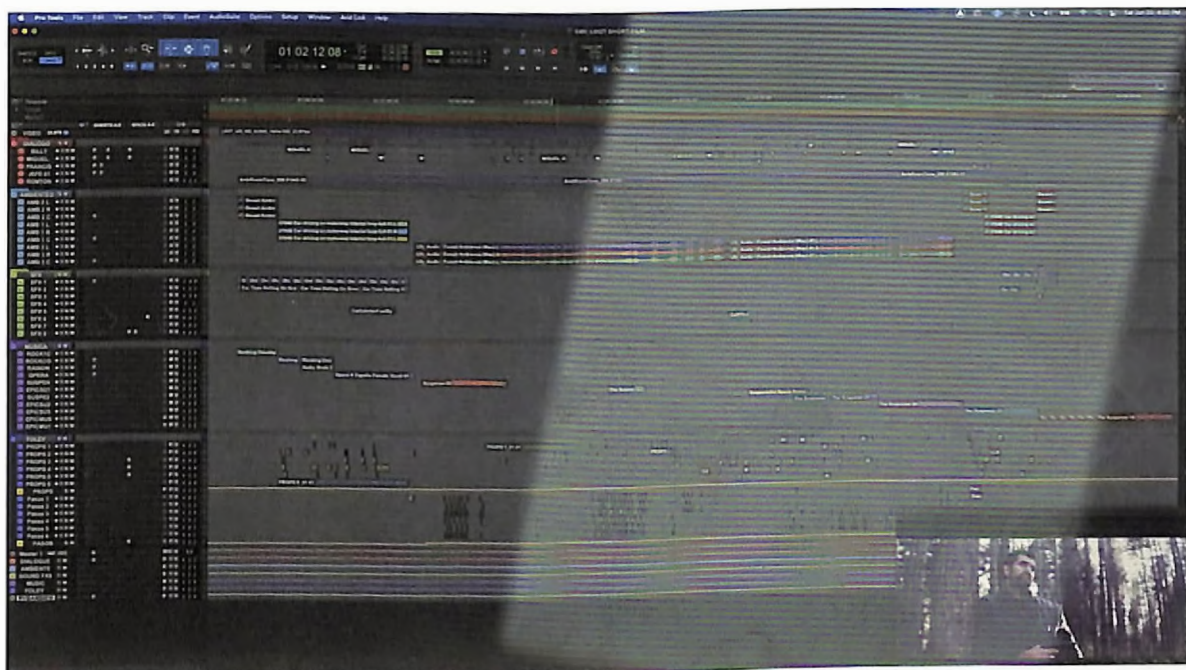
Fuente: Elaboración propia: Programa Logic Pro X

4.5 Cortometraje para Foley, Efectos de Sonido, Ambientes, Edición de Diálogos y Mezcla.

4.5.1.1 LOOT (6 mins. 22 seg.)

Cortometraje con el cual se grabaron el dialogo utilizando preamplificación y cadenas de procesamiento de Universal audio, se le añadió Foley, diseño, efecto de sonido y música para posteriormente hacerle la mezcla final.

Figura 71: Proyecto de mezcla de cortometraje LOOT



Fuente: Elaboración propia: Programa Logic Pro X.

Conclusión

Conclusión

El análisis de las características armónicas de nuestros *plugins* dio como resultado varios aspectos importantes que hay que tomar en cuenta al ser utilizado. Si bien es cierto que las empresas de *software* han hecho un gran trabajo logrando las emulaciones del comportamiento de los equipos analógicos en el formato digital, la tecnología empleada para la digitalización de los procesamientos tiene sus limitaciones y fenómenos que pudieran afectar altamente de forma negativa nuestras señales de audio que los equipos analógicos en forma física no lo harían. El mundo digital al tener una estructura binaria en su funcionamiento, las capacidades de cálculo y de programación son altamente efectivas, pero a la vez pueden provocar ciertas problemáticas, en el caso de la investigación de este proyecto el fenómeno ocurrido es llamado *aliasing*, este se produjo al trabajar con nuestras emulaciones tal cual como se pensaría en el mundo analógico, en frecuencias de 44.1kHz y/o 48kHz. Cuando los cálculos logrados por la programación de las emulaciones sobrepasaban la barrera de la frecuencia de Nyquist, estos reflejaban en el espectro audible, creaban un efecto en la señal desagradable y poco natural. De manera de buscar solución definitivamente las hay, se puede lograr un audio completamente potable y abundante en armónicos como era logrado con equipos analógicos físicos, con las emulaciones, pero trabajando en frecuencias de muestreo mayores a lo acostumbrados, y esto obligando al usuario a tener un sistema de computacional de mayor especificación porque este proceso conlleva el uso de más recursos de la computadora en la cual se está elaborando el proceso. Ahora bien, estos resultados son altamente satisfactorios para la industria y para el artista, ya que esto significa que pudiera alcanzar la calidad sonora estandarizada por los equipos analógicos, pero utilizando únicamente recursos en formato de emulación digital, esta realidad siendo un gran avance para la facilitación de equipos con alta calidad a personas que soñaban con sonar como sus más grandes ídolos musicales, a partir de ahora utilizando recursos de menor precio en el mercado, de alcance de producción y masificación distribución formato de emulación digital.

Bibliografía

Bibliografía

- *1176 and LA-2A hardware revision history.* (s/f). Uaudio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.uaudio.com/blog/1176-la2a-hardware-revision-history/>
- *1176 classic limiter collection.* (s/f). Uaudio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.uaudio.com/uad-plugins/compressors-limiters/1176-collection.html>
- *About.* (s/f). Uaudio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.uaudio.com/about/>
- *API Vision Channel Strip Collection.* (s/f). Uaudio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.uaudio.com/uad-plugins/channel-strips/api-vision-channel-strip-collection.html>
- beyerdynamic [beyerdynamic]. (2021, febrero 24). *beyerdynamic | Drum miking series - Episode 1: BASICS OF DRUM MIKING.* Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=QdPx5m42XLE>
- Carrington, M. (2013, abril 3). Pequeñas historias del sonido (I): el compresor. *Hispasonic.* <https://www.hispasonic.com/reportajes/pequenas-historias-sonido-i/38013>
- *Cómo escoger el compresor perfecto para cada ocasión.* (2018, enero 18). LANDR Blog; LANDR. <https://blog.landr.com/es/como-funciona-la-compresion/>
- Coppola, M. (2021, enero 27). *Qué es un plugin, para qué sirve y cómo instalarlo.* Hubspot.es. <https://blog.hubspot.es/website/que-es-plugin>
- *Dbx® 160 compressor / limiter.* (s/f). Uaudio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.uaudio.com/uad-plugins/compressors-limiters/dbx-160.html>
- *Definición de Hertz.* (s/f). D•ABC. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/hertz.php>
- *Definición de voltio -- Definicion.de.* (s/f). Definición.de. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://definicion.de/voltio/>

- Diffusion Magazine. (s/f-a). *Historia del Micrófono*. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.diffusionmagazine.com/index.php/biblioteca/categorias/historia/365-historia-del-microfono>
- Diffusion Magazine. (s/f-b). *Sonido Tridimensional: nuevas experiencias sonoras*. El sonido tridimensional es la combinación de técnicas especializadas de grabación y procesamiento de audio que permite crear producciones, donde el. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.diffusionmagazine.com/index.php/biblioteca/categorias/produccion/197-sonido-tridimensional-nuevas-experiencias-sonoras>
- *Fairchild Tube Limiter Collection*. (s/f). Uaudio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.uaudio.com/uad-plugins/compressors-limiters/fairchild-tube-limiter-collection.html>
- History Latinoamérica. (2014, febrero 3). *Thomas Edison inventó el fonógrafo*. History Latinoamérica. <https://latam.historyplay.tv/hoy-en-la-historia/thomas-edison-invento-el-fonografo>
- Hochfelder, D. (2022). Alexander Graham Bell. En *Encyclopedia Britannica*.
- *Jacquire King*. (s/f). Jacquire King. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.jacquireking.com>
- Jon, H. (2017, marzo 3). *Los 4 Tipos De Compresores Principales Y Cómo Usarlos*. Audio Producción. <https://www.audioproduccion.com/los-4-tipos-de-compresores-principales-usarlos/>
- Kagan, A. (2021, febrero 22). *Should I be oversampling?* Sonarworks Blog. <https://www.sonarworks.com/blog/learn/should-i-be-oversampling>
- *Lo que siempre quiso saber sobre los barridos (Sweeps)*. (s/f). Nti-audio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.nti-audio.com/es/servicio/conocimientos/lo-que-siempre-quiso-saber-sobre-los-barridos-sweeps>
- Markowsky, G. (2022). Harry Nyquist. En *Encyclopedia Britannica*.

- Murthy, A. [UCb_NEjjK0XV9pilaSOjlkZA]. (2020a, mayo 5). 4. *Understanding aliasing - digital audio fundamentals*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=91PKZllbgds>
- Murthy, A. [UCb_NEjjK0XV9pilaSOjlkZA]. (2020b, septiembre 23). 6. *Bit Depth - Digital Audio Fundamentals*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=X4JEMCQMwOM>
- Murthy, A. [UCb_NEjjK0XV9pilaSOjlkZA]. (2021, enero 29). 12. *Containers and File Formats - Digital Audio Fundamentals*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=mfb7tuUTiZ8>
- *Qué es el streaming - Definición, significado y explicación*. (s/f). Verizon Fios. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://espanol.verizon.com/info/definitions/streaming/>
- R., J. L. (2020, junio 9). *BOBINA. ComoFunciona | Explicaremos hasta cosas que NO existen!; ComoFunciona*. <https://como-funciona.co/una-bobina/>
- *Set up unison technology with your audio interface*. (s/f). Uaudio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.uaudio.com/blog/unison-quick-tip/>
- *Teletronix® LA-2A classic leveling amplifier*. (s/f). Uaudio.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.uaudio.com/hardware/la-2a.html>
- Third, P. [PaulThird]. (2021a, febrero 9). *OVERSAMPLING WAVES AUDIO PLUGINS USING DDMF METAPLUGIN || Kramer HLS vs Acustica Audio Viridian 2*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=DPbrubPEVlg>
- Third, P. [PaulThird]. (2021b, octubre 20). *ALIASING IN AUDIO PLUGINS... The most important things you need to know!!* Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=t4-h38SyhCY>
- Third, P. [PaulThird]. (2021c, octubre 22). *DDMF PLUGINDOCTOR TUTORIAL || Understanding eq curves, oversampling & THD when plugin testing*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=qlugQOPDLpA>

- Universal Audio Support Channel [UC0D0ABJ_HDBzifOvCaeKP5A]. (2016, julio 5). *UAD basics: Using unison with Apollo interfaces*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=jharzWiV8WU>
- *What is ohm? - Definition from*. (2010, marzo 23). Whatis.com; TechTarget. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/ohm>
- Manchester, G. (s/f). *Buy ozone 9 advanced*. Izotope.com. Recuperado el 2 de septiembre de 2022, de <https://www.izotope.com/en/shop/ozone-9-advanced.html>
- *Qué es el ancho de banda - Definición, significado y explicación*. (s/f). Verizon Fios. Recuperado el 2 de septiembre de 2022, de <https://espanol.verizon.com/info/definitions/bandwidth/>
- *¿Qué es un plugin y para qué se usa?* (s/f). IONOS Digital Guide. Recuperado el 2 de septiembre de 2022, de <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-plugin/>
- (S/f-a). Ocw.uv.es. Recuperado el 2 de septiembre de 2022, de <http://ocw.uv.es/ingenieria-y-arquitectura/1-1/tema1.pdf>
- (S/f-b). Ehu.eus. Recuperado el 2 de septiembre de 2022, de https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/42732/mod_page/content/1/Tema_1/1_1.pdf