



Libro de la
**Audio
Engineering
Society**
Sección Colombia
Vol. II



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

Avances del audio en Latinoamérica

Medellín
Medellín
Medellín
Medellín

Carlos Andrés Caballero Parra, Ricardo Escallón Gaviria
EDITORES ACADÉMICOS



Audio
Engineering
Society



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

**Libro de la Audio Engineering Society,
Sección Colombia Vol. II**
Avances del Audio en Latinoamérica

© Audio Engineering Society, Sección Colombia
© Institución Universitaria ITM

Primera edición: abril 2026
e-ISBN: 978-628-96359-8-0

EDITORES

Carlos Andrés Caballero Parra
Ricardo Escallón Gaviria

AUTORES

Juan Carlos Velásquez Román, Robinson Cataño Meneses, Marco Antonio Juan de Dios Cuartas, Enrique Izquierdo Rodríguez, Jorge Mario Valencia Upegui, Juan Diego Correo Blair, Carlos Andrés Caballero Parra, Luis Pérez Valero, Sebastián Lopera Gómez, Óscar Alejandro Cardoso Guzmán, Felipe Echavarría, Juan Manuel Bravo, Daniel Gómez

Publicación dirigida a la comunidad científica, académica y profesional del audio en Latinoamérica

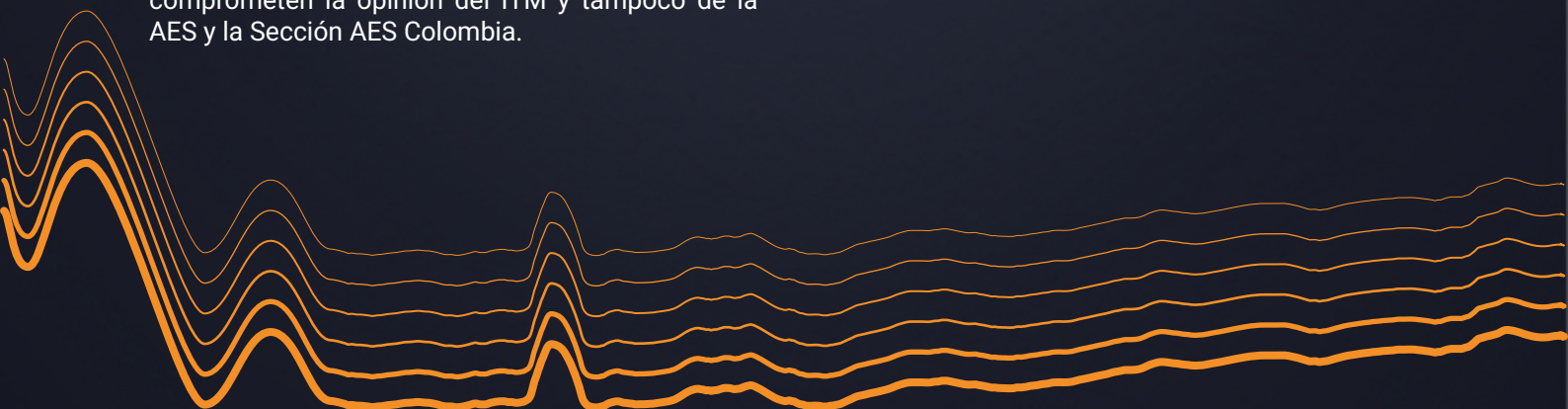
DISEÑO

Frank Vélez Penagos

CORRECCIÓN DE ESTILO

Diana Patricia Carmona Hernández

Los contenidos de esta publicación son responsabilidad de cada autor, por lo tanto, no comprometen la opinión del ITM y tampoco de la AES y la Sección AES Colombia.



CONTENIDO

PREFACIO

Pág. 4

PRESENTACIÓN

Pág. 6

CAPÍTULO I

EL AUDIO Y LA HISTORIA DE LA GRABACIÓN. PROCESOS Y ARCHIVOS DE LA DISCOGRAFÍA EN IBEROAMÉRICA

Pág. 9

Catálogo de fonogramas de Discos Fuentes 1960-2020: un estudio preliminar

Juan Carlos Velásquez Román / Robinson Cataño Meneses

Pág. 10

Digitalización de discos de gramófono: conversión directa AD frente a captación de la bocina acústica

Marco Antonio Juan de Dios Cuartas / Enrique Izquierdo Rodríguez

Pág. 15

Estilos y estéticas de los productores musicales en la era dorada de la industria discográfica de Medellín 1960-1970

Carlos Andrés Caballero Parra

Pág. 26

CAPÍTULO II

RELACIONES INTERMODALES ENTRE LA TECNOLOGÍA Y EL ARTE. LA INVESTIGACIÓN CREACIÓN Y SUS POSIBILIDADES DE INTERVENCIÓN INTERDISCIPLINAR

Pág. 37

La inter/transdisciplinariedad de la producción musical a través de "Pictosonido: colores sonoros interactivos" de Juan Pablo Manquían

Luis Pérez Valero

Pág. 38

Desarrollo de Sonoroteca de la ciudad de Medellín

Sebastián Lopera Gómez

Pág. 44

CAPÍTULO III

HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA LA CREACIÓN MUSICAL. IDA Y VUELTA DEL ARTE Y LA TECNOLOGÍA DE AUDIO

Pág. 54

Diseño de plugins de audio para la enseñanza de la producción musical

Jorge Mario Valencia Upegui / Juan Diego Correa Blair

Pág. 55

Instrumento musical virtual de temperado dinámico

Óscar Alejandro Cardoso Guzmán

Pág. 64

PATT: Algoritmo de generación probabilística de Progresiones de Acordes basado en modelos de Tensión Tonal

Felipe Echavarría Villegas / Juan Manuel Bravo Cortés/ Mateo Yepes /

Daniel Gómez

Pág. 70

AGRADECIMIENTOS

Pág. 83

PREFACIO



La Conferencia Latinoamericana de la Audio Engineering Society del año 2021, realizada en modalidad virtual desde la ciudad de Medellín, organizada por la Sección AES Colombia y que tuvo como sede principal el Instituto Tecnológico Metropolitano, estuvo marcada principalmente por las secuelas de la pandemia, lo cual determinó sustancialmente el contenido de esta conferencia. La AES LAC 2021 fue la tercera conferencia latinoamericana realizada desde Colombia – después de las dos primeras realizadas en la ciudad de Bogotá, en 2010 en la Pontificia Universidad Javeriana, y en 2016 en la Universidad de San Buenaventura– y la segunda en modalidad virtual después de la AES LAC de Rio de Janeiro en el preciso año de la pandemia, 2020.

La modalidad virtual determinó el devenir de todas las actividades que se realizaron, y fue precisamente por esta razón que se pudo reunir a una cantidad muy importante de profesionales del audio a nivel mundial, los cuales solo se podrían ver juntos en una de las convenciones de otoño que realiza la asociación en la ciudad de Nueva York, pero que, precisamente, la virtualidad permitió reunir en torno a un evento que tuvo una duración de cinco días. Algunos de esos invitados fueron el productor estadounidense Daniel Shores, múltiple nominado a los Grammy® y profesor de Shenandoah University; estuvieron los legendarios ingenieros y creadores de varios dispositivos de trabajo en audio, Tony Agnello y Richard Factor, también del país norteamericano. El evento contó con la participación del americano John Storyk y del argentino Segio Molho en representación de la compañía WSDG; del ingeniero estadounidense Will Files de la compañía Dolby®; Ianina Canalis, alemana especialista en Audio Spatial de la compañía Meyer Sound®; del norteamericano dr. Matthew T. Neal, especialista en acústica y percepción; y del especialista en audio inmersivo de la compañía Genelec®, Eric Horstmann, proveniente de Alemania. Vale la pena mencionar el panel de productores que realizaron un conversatorio en torno al tema *Evolving and adapting to today's challenges*, integrado por los norteamericanos Andrew Scheps, Tony Maserati, Michael Brauer y Vance Powell, y que giró alrededor de las estrategias de trabajo derivadas de la condición de aislamiento que sufrimos todos los seres humanos entre los años 2020 y 2021 con motivo de la pandemia por Covid-19 y que obligó a replantearnos las formas de trabajo que aún hoy llevamos en nuestro diario vivir laboral y personal.

Por otra parte, tuvimos un interesante panel de ingenieras y productoras musicales, titulado *From Classical to Rock – Women that empowered music*, y que contó con la participación de Martha de Francisco, de Colombia, y las norteamericanas Leslie Ann Jones, Susan Rogers y Lenise Bent, en

el cual dejaron claro la importancia y trascendencia que han tenido las mujeres en el mundo del audio profesional. También se presentó un panel dedicado específicamente al tema de auralización, integrado por la colombiana Ana Jaramillo, de la compañía AFMG®, Dirk Noy, de Suiza, y los estadounidenses Scott Pfeiffer, de la Acoustical Society of America, y Benjamin Markham, también experto en acústica de recintos.

Otro de los destacados paneles fue el de los sistemas de calibración de monitores, que contó con la participación del ingeniero boliviano Marcelo Navia, del uruguayo César Lamschheim, del panameño Hernando López y del español Miguel Domínguez, este último en representación de la compañía Genelec®. El último panel que se presentó estuvo dedicado a las músicas urbanas, en especial a los productores contemporáneos de reguetón, lo cual, por cierto, era importante teniendo en cuenta que la sede virtual del evento era la ciudad de Medellín, que ha venido sumando en los últimos años un importante reconocimiento mundial en estos géneros musicales; en este panel, titulado Producción de música urbana: presente, pasado y futuro, se dieron cita la productora colombiana radicada en Miami, María Elisa Ayerbe, la artista Ali Stone, y los productores colombianos de la ciudad de Medellín, Danilo Jiménez “Sherman” y Sebastián Ordóñez “Fine”.

Además de los latinoamericanos ya mencionados, el evento contó con la participación de varios ilustres representantes del audio y la producción musical en nuestra región, entre ellos tuvimos a César Sogbe, de Venezuela, Luis Soria, de Bolivia, David Acosta, de Ecuador —este último representando a la compañía Eventide® para Latinoamérica—, el productor boricua Marcos Sánchez, además de los mexicanos Óscar Barrientos y Mauricio “Magú” Ramírez. En el evento se realizaron talleres sobre varios temas, entre ellos el del ingeniero y productor argentino Gustavo Borner, sobre mezcla, el de Jorge Díaz, de Colombia, sobre grabación de baterías, el del español Jorge Taverné y el panameño Rodolfo Miranda, quienes realizaron un taller sobre la importancia de la puesta a tierra en los equipos de audio, y finalmente, las conferencias locales a cargo de Andrés Barrios, sobre el loudness en los audiovisuales, y de Felipe Guevara, colombiano radicado en España, sobre producción y mezcla.

Esta conferencia desarrolló, además, otras actividades que trataron de darle un tinte un poco más amable y “presencial” para permitir un mayor acercamiento entre los participantes, fue así como se realizaron un par de tours técnicos virtuales con “cámara en mano” a las instalaciones recién inauguradas de la Universidad Icesi, en la ciudad de

Cali, Colombia, al igual que al ya reconocido Centro Ático, en la ciudad de Bogotá, perteneciente a la Pontificia Universidad Javeriana. De forma paralela a la programación se dejaron abiertos algunos espacios virtuales en donde los participantes podían interactuar con otros desde cualquier parte del mundo, algo que generó mucha satisfacción en varios de los asistentes, pues allí se lograron contactos profesionales y, además, se extendían algunas charlas con los ponentes facilitando la interacción en estos espacios de manera participativa.

Finalmente, se realizaron las ya conocidas fiestas al final del día, a cargo de varios de los patrocinadores, quienes además realizaron rifas de algunos de sus equipos y softwares entre los participantes, entre ellas, las de la compañía Meyer Sound y su distribuidor Audio Concept, la de Genelec, la de WSDG y la de Eventide. El último día se realizaron las premiaciones de las competencias de grabación, las cuales tuvieron lugar los dos primeros días del evento.

PRESENTACIÓN



Ricardo Escallón* y Carlos Caballero**

*Profesor de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
rescallon@javeriana.edu.co

**Profesor de la Institución Universitaria ITM, Colombia
carloscaballero@itm.edu.co

Este libro recoge algunas de las ponencias presentadas en la Conferencia AES Latinoamericana realizada en el año 2021, y algunos otros trabajos invitados a participar para complementar la idoneidad del texto. En el libro se pueden constatar varios de los temas que los latinoamericanos venimos trabajando en las disciplinas del audio profesional y la producción musical, siendo esta última de gran auge entre la población académica y de creciente relación con los procesos de investigación.

El texto está organizado en tres grandes áreas de interés que se extienden a lo largo de ocho capítulos en total. La primera de estas áreas se denomina “El audio y la historia de la grabación. Procesos y archivos de la discografía en Iberoamérica”, y está constituida por tres trabajos relacionados con la historia de la grabación y del audio y la industria musical tanto en Latinoamérica como España; considerando el auge que vienen teniendo los estudios culturales relacionados con el patrimonio sonoro, estos capítulos se convierten en textos de relevancia para este marco disciplinar. La segunda de estas áreas de interés, denominada “Relaciones intermodales entre la tecnología y el arte. La investigación creación y sus posibilidades de intervención interdisciplinar”, permite entender, a partir de dos trabajos artísticos, esa relación directa entre la tecnología y el arte presente en cada una de las obras que en la actualidad hacen parte del mundo transmedia. La tercera de estas áreas de interés propuestas por los editores de este trabajo se denomina “Herramientas computacionales para la creación musical. Ida y vuelta del arte y la tecnología de audio”, en la cual se presentan tres trabajos que abordan las posibilidades de programación computacional como herramienta de trabajo para la creación artística, allí se entrelazan conceptos como algoritmo, programación, e inteligencia artificial, todas ellas en pro de obtener capacidades a la hora de la creación musical. Veamos ahora un poco más de cada una de estas propuestas.

El primero de estos trabajos da cuenta del catálogo de la compañía colombiana Discos Fuentes, la cual, por cierto, hace poco celebró el aniversario número 90 de su fundación por parte del cartagenero Antonio Fuentes en 1934; se trata de la compañía discográfica más longeva del continente, por supuesto dentro de la categoría de las disqueras

creadas por empresarios locales y no como filial de las grandes compañías norteamericanas o europeas —la otra compañía fundada con patrimonio local, la mexicana Peerless, establecida en 1933, un año antes que Discos Fuentes, cesó sus actividades comerciales en el año 2002—. Este capítulo, escrito por los estudiantes Juan Velásquez Román y Robinson Cataño Meneses, pertenecientes al programa de Artes de la Grabación y Producción Musical de la Facultad de Artes y Humanidades de la Institución Universitaria ITM de Medellín, refleja el arduo trabajo que se debe realizar en relación a la conservación de este catálogo discográfico que, ciertamente, se encuentra casi en su totalidad digitalizado por la compañía, a excepción de los primeros 15 años, cuya información se encuentra en su gran mayoría dispersa entre coleccionistas o simplemente desaparecida. El trabajo refleja las dificultades para realizar un catálogo razonado que permita una búsqueda de información historiográfica más allá de los datos necesarios para la comercialización de los fonogramas, además de identificar otros datos que resulten valiosos para levantar información de carácter patrimonial.

El segundo capítulo, escrito por los musicólogos españoles Marco Juan de Dios Cuartas y Enrique Izquierdo Rodríguez, del Departamento de Musicología de la Universidad Complutense de Madrid, se ocupa de los trabajos experimentales realizados en laboratorio Sonolab de la misma universidad, a partir de los cuales se recogen diferentes resultados en relación a los procesos de conversión análogo digital en torno a los discos reproducidos en gramófonos antiguos, teniendo en cuenta que el sonido capturado en la actualidad se aleja de aquello que escucharon quienes pertenecieron a esa época tecnológica, mientras que en la actualidad se podrían hacer estas conversiones con tocadiscos electromagnéticos convencionales cuyos resultados obedecen a una realidad sonora contemporánea con resultados muy interesantes en términos técnicos —como la relación señal ruido y las respuestas en frecuencia—, pero produciendo una escucha que no es del todo “real” en términos historiográficos, o, como lo mencionan los investigadores, una “escucha históricamente informada”, y que por el contrario se alejan de los posibles resultados estéticos sonoros de los gramófonos de resorte de la época, para los cuales los investigadores usaron una técnica sencilla de captación por medio de un transductor ubicado en la bocina del dispositivo. Esta dicotomía presenta unos resultados interesantes, pues si bien los resultados por medio de capturas realizadas con equipos actuales permiten una calidad razonable en términos estético sonoros, la escucha y captura directamente de las bocinas de los aparatos resulta aún más interesantes para los propósitos técnicos del proyecto en particular.

El trabajo del profesor Carlos Andrés Caballero Parra nos enmarca en la era dorada de la música tropical colombiana, coincidente con el auge de su discografía entre las décadas de 1960

y 1970, ubicándose a Medellín como la ciudad de mayor esplendor y trascendencia a nivel nacional, incluso con alcances internacionales. La relación entre la estética y la técnica se demuestra delineada entre las máquinas y sus operarios, aquellos que permiten la conjugación entre arte y técnica, o, en términos filosóficos, los tecnoestetas, que para el espectador común eran simples operarios de máquinas, consolas y cintas, y que no obstante permitieron la consolidación de un sonido particular en una época marcada por los grandes cambios tecnológicos. Todas estas producciones musicales, la gran mayoría enmarcadas dentro de los géneros tropicales, permitieron establecer una interesante lucha entre los principales sellos discográficos del momento, entre ellos, por supuesto, Discos Fuentes (1934) —el sello más longevo latinoamericano de capital propio—, Sonolux (1949), Zeida (1950), entre otras compañías radicadas en esta ciudad a lo largo de la segunda década del siglo pasado. Es, pues, una oportunidad para entender ese rol de los grabadores y el relacionamiento con la industria, los artistas, los géneros y las influencias estéticas y comerciales en la época de mayor producción discográfica en Colombia.

El musicólogo Luis Pérez Valero, de la Universidad de las Artes de Guayaquil, nos trae un interesante estudio de caso sobre una propuesta transmedia que involucra el audio y el video de manera interactiva, la cual también estaría relacionada de alguna manera con los performance studies. El trabajo presentado por el artista chileno Juan Pablo Manquían da cuenta de las múltiples posibilidades que los estudios en producción musical pueden llegar a abordar, teniendo en cuenta que los currículos alrededor de esta disciplina tienen un importante contenido multi e interdisciplinar que puede ir desde el análisis de un fenómeno de la naturaleza, como el sonido a partir del estudio de la física acústica, pasando por temas complejos como la programación de sistemas computacionales; de allí la importancia en el crecimiento de este tipo de programas en nuestra región latinoamericana, como lo podemos evidenciar en Colombia con los de Música con énfasis en ingeniería de sonido y producción musical de universidades como Pontificia Universidad Javeriana, Universidad de los Andes o Universidad del Bosque —ubicadas en la ciudad de Bogotá—, el programa de Música de la Universidad Icesi —de la ciudad de Cali— o el programa de Artes de la Grabación y Producción Musical del ITM —en Medellín—, que, al igual que el programa de Licenciatura en Producción Musical y Sonora de la UArtes de Guayaquil, establecen una interesante área de desempeño profesional, más allá de los perfiles fundamentales para los cuales fueron creados. Este caso es, pues, una muestra más de la interesante propuesta latinoamericana por los estudios en el campo de la producción musical, programas que, ante todo, forman artistas para la creación, y que precisamente no debería tener límites más allá de las mismas posibilidades que el medio en sí mismo representa para la expansión del arte y el conocimiento.

Otra interesante propuesta artística derivada también de un trabajo final por parte del ingeniero de sonido y magister en artes digitales, Sebastián Lopera Gómez, da cuenta de las posibilidades que los estudios en las áreas de la producción y la ingeniería de audio pueden llegar a tener en relación a la creación artística; su obra representa lo que, al inicio, puede ser un análisis estadístico presentado de forma fría —como son los estudios de los paisajes sonoros urbanos—, pero que aquí se presentan de manera diferente para atender de forma creativa a quien esté interesado en este tipo de fenómenos sonoros urbanos, los cuales, al igual que otras propuestas latinoamericanas desarrolladas en Ciudad de México y Santiago de Chile, se suman a esta propuesta titulada “Sonoroteca de la ciudad de Medellín”; su alcance se extiende, teniendo en cuenta que la captura fue realizada en formatos de audio 360 y que incluso se han creado videos en el mismo formato que permiten otra forma de apreciar estos paisajes en un momento y lugar específicos. Finalmente, vale la pena mencionar que el artista no se queda únicamente en la parte técnico-operativa del proceso, pues su idea fue precisamente dar cuenta de ese componente creativo que tienen los programas relacionados con el arte y la tecnología que devienen en procesos de investigación-creación, de tal forma que fueron creadas cinco obras que acompañan lo más importantes paisajes sonoros propuestos en este trabajo, que, valga decir, hacen parte de espacios de patrimonio cultural de la ciudad de Medellín.

El trabajo de los ingenieros Jorge Mario Valencia Upegui y Juan Diego Correa Blair da cuenta de la búsqueda particular de herramientas digitales propias para la producción musical y su uso en la docencia y a nivel profesional. Este trabajo presenta una interesante búsqueda de herramientas de trabajo libre que permitan avanzar en el propósito de no solo crear otras herramientas, sino también de implementarlas y usarlas de manera concreta en ámbitos académicos y profesionales. Es sabido que los productores, o la mayoría, somos coleccionistas de plugins, así que nuestros sistemas de almacenamiento computacional conservan una gran cantidad de estas colecciones de variadas marcas, algunas de acceso libre, y la gran mayoría originadas en el sector comercial y de las principales compañías diseñadoras de estos softwares; si bien otros productores prefieren siempre las mismas herramientas, no solo porque las conocen, sino porque les funcionan bien para sus propósitos profesionales y artísticos, esta colección de seis nuevos plugins se convierte en una inédita propuesta que alimenta esa librería inconmensurable de *gadgets* existentes en el mercado y que, a su vez, permite nutrirlos para gusto de productores y aprendices que quieren explorar su paleta de colores de procesamiento digital, convirtiéndose así en una interesante propuesta para nuestra comunidad profesional y académica.

El trabajo del ingeniero de sonido y artista digital Óscar Alejandro Cardoso Guzmán da cuenta de las múltiples posibilidades que se generan derivadas de la escucha crítica y estricta de los fenómenos sonoros relacionados con la afinación musical, problemas que no son contemporáneos, pues datan de la antigua Grecia y su concepción del mundo a través del arte, la física y las matemáticas. El dispositivo computacional propuesto por el autor recoge un trabajo que parte del análisis de las escuchas previas y existentes a lo largo del mundo de las afinaciones de los instrumentos musicales de temperado igual, las cuales dan lugar a una interesante propuesta que cobija no solo un trabajo de programación, sino de intervención en un público objetivo, lo que permite tener una crítica de primera mano a la creación e intervención del dispositivo. Los alcances de este trabajo resultan interesantes y prometedores, toda vez que sirve de herramienta de creación para compositores contemporáneos y de vanguardias que utilizan los microtonalismos como fuente y materia prima para sus creaciones musicales. Este, sin duda, es otro trabajo de interdisciplinariedad derivado de los estudios entre el arte y la tecnología que ya se presentan como una tendencia constante en este trabajo compilatorio de ingenieros y productores latinoamericanos.

Finalmente, presentamos el trabajo los estudiantes de Ingeniería de sonido de la Universidad de San Buenaventura en Medellín, Felipe Echavarría Villegas, Juan Manuel Bravo Cortés y Mateo Yepes, y del investigador posdoctoral Daniel Gómez, del Centro de Investigación Music Technology Group de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona, quienes dan cuenta del diseño de un algoritmo que permite la secuenciación automática de acordes, basados en los conceptos de tensión sonora que aparecen en cualquier tipo de género musical. A partir de un análisis formal de una serie de obras preestablecidas y seleccionadas, los ingenieros diseñan una aplicación generativa que nos permite intuir las posibilidades que brindan en la actualidad las IA, a partir de una necesidad, en este caso, de orden artístico. Esta herramienta se une a las demás presentadas en esta compilación de trabajos académicos que permiten intuir un interesante avance de la academia en relación con su impacto en el medio, logrando así una visibilidad necesaria como región latinoamericana.



CAPÍTULO I.

EL AUDIO Y LA HISTORIA DE LA GRABACIÓN.

PROCESOS Y ARCHIVOS
DE LA DISCOGRAFÍA EN
IBEROAMÉRICA

Catálogo de fonogramas de Discos Fuentes 1960-2020: un estudio preliminar

Juan Carlos Velásquez Román, Robinson Cataño Meneses

Institución Universitaria ITM

Medellín, Colombia

juanmusica03@yahoo.es; robicalem@gmail.com

RESUMEN

En esta presentación se da cuenta de los avances de un estudio preliminar del catálogo de Discos Fuentes, una de las más importantes discográficas de Colombia y América Latina. Se trata de 149.000 registros de canciones que se acumularon en un periodo de sesenta años (1960-2020), cuyo examen nos permite establecer tendencias en cuanto al auge, permanencia y declive de intérpretes (grupos y cantantes), compositores, letristas, obras, álbumes, géneros musicales, géneros discográficos, etc. A través de un estudio sincrónico y diacrónico de este corpus, se pueden comenzar a dibujar con mayor precisión los cambiantes paisajes sonoros que se desarrollaron bajo su influjo en una línea de tiempo. El objetivo último de nuestra propuesta es elaborar un catálogo razonado de la producción fonográfica de Discos Fuentes siguiendo las normas propuestas por la International Association of Sound Audiovisual Archives (IASA), como parte del proyecto de investigación del ITM "Discos Fuentes en la memoria sonora de Colombia". La publicación de dicho catálogo dará acceso al mismo a todos los investigadores del tema, lo que permitirá ampliar exponencialmente los estudios sobre la discografía colombiana.

Palabras clave: catálogo discográfico, Discos Fuentes, industria musical, Normas IASA, producción discográfica.

ABSTRACT

This presentation presents the progress of a preliminary study of the catalog of Discos Fuentes, one of the most important record companies in Colombia and Latin America. It is about 149,000 song records that were accumulated in a period of sixty years (1960-2020), whose examination will allow to establish trends in terms of the rise, permanence and decline of players (groups and singers), composers, lyricists, works, albums, music genres, record genres, etc. Through a synchronic and diachronic

study of this corpus, the changing soundscapes developed under its influence can begin to be drawn with greater precision in a timeline. The ultimate objective of our proposal is to develop a catalogue raisonné of the phonographic production of Discos Fuentes, following the standards proposed by the International Association of Sound Audiovisual Archives (IASA), as part of the ITM research project "Discos Fuentes in the Colombia's sound memory." The publication of this catalog will give access to all researchers to an invaluable information, which will allow the studies on Colombian discography to be expanded exponentially.

Keywords: Catalogue raisonné, Discos Fuentes, Music Industry, IASA Standards, Record Production.

I. INTRODUCCIÓN

Discos Fuentes nace en la ciudad de Cartagena en 1934 y se muda para Medellín en el año 1955, este es el inicio de una parte importante de la historia musical en nuestra ciudad y en el país. Discos Fuentes cuenta con una de las más grandes e importantes colecciones de registros fonográficos en Colombia.

Los estudios que existen sobre Discos Fuentes son escasos y se han limitado a publicaciones realizadas por la propia compañía con fines comerciales más que académicos, entre las que se encuentran varias centradas más en temas relacionados con los estilos, géneros y artistas, documentos promovidos por la propia empresa, pero no estudios críticos y reflexivos sobre su propia actividad como industria proveedora de bienes culturales a la sociedad colombiana. Allí encontramos títulos donde se aborda el tema de Discos Fuentes como objeto de estudio, por ejemplo en Colombia musical. Una historia... una empresa, de Ofelia Peláez y Luis Felipe Jaramillo, un panorama histórico publicado en 1995 a todo color con abundante material fotográfico y numerosas

referencias a sus artistas y agrupaciones más destacadas; así como en La industria musical de Colombia: pensamiento global (s.f.), publicado ya en el siglo XXI. A su vez, Discos Fuentes ha patrocinado otras publicaciones vinculadas siempre a su propio quehacer cultural, como: La Sonora Matancera: más de 60 años de historia musical (1990), de Serna y Barroz Ariza; Música tropical y salsa en Colombia (1992); La verdadera historia del bolero y Verdades, mentiras y anécdotas de las canciones: sus creadores e intérpretes, ambos de Ofelia Peláez; Guillermo Buitrago, cantor del pueblo para todos los tiempos, de Elías Caballero; Arqueología del chucu-chucu: la revolución sonora tropical urbana antioqueña. Medellín, años 60 y 70 (2014) y El libro de la cumbia. Resonancias, transferencias y trasplantes de las cumbias latinoamericanas (2020), ambos de Juan Diego Parra Valencia; al igual que los CD-ROM Raíces del Rock Tropical. Un homenaje a Afrosound y Mariano Sepúlveda y su Cumbia Eléctrica: el pionero del rock tropical (grabado en la Facultad de Artes y Humanidades del ITM entre el año 2015 y 2016); o los documentales Afrosound: cuando el chucu-chucu se vistió de frac, por Juan Diego Parra Valencia (Premio Nacional de Periodismo Simón Bolívar en 2014 y nominación a los Premios India Catalina 2014), y Paparí (producido en el año 2015, dedicado a la vida y obra del guitarrista Mariano Sepúlveda).

Estos productos giran en torno a grupos, artistas, géneros y estilos musicales que en su momento surgieron bajo el patrocinio financiero e institucional de Discos Fuentes. Como puede verse, esta propuesta apunta a la consolidación de esta importante línea de investigación orientada a examinar sistemática y exhaustivamente la industria musical colombiana y, en particular, la industria fonográfica. Estas publicaciones se centran más en temas relacionados con los estilos, géneros y artistas que promovió en algún momento la empresa, pero no en estudios críticos y reflexivos sobre su propia actividad como industria proveedora de bienes culturales a la sociedad colombiana. Es en este sentido que el presente proyecto propone un aporte decididamente novedoso a la literatura y la documentación existente sobre el tema; hasta ahora, nadie ha trabajado sobre el catálogo de Discos Fuentes, tarea que emprendemos con la investigación que aquí se expone.

II. PARTE TÉCNICA

Inicialmente, se abordará este trabajo a partir de un estudio del catálogo elaborado por la propia empresa, que alcanza unas 149.000 entradas. Discos Fuentes tiene un catálogo comercial, con campos que le permiten administrar su repertorio: soportes, números de registros, títulos del producto, cantante, autor, obra, género, ritmo, intérpretes, entre otros ítems.

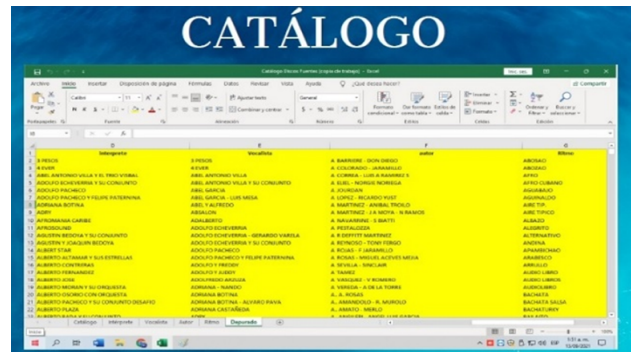


Figura 1. Imagen de hoja del catálogo de Discos Fuentes.
Nota. Discos Fuentes.

A través de un estudio sincrónico y diacrónico de este corpus, se pueden comenzar a dibujar con mayor precisión los cambiantes paisajes sonoros que se desarrollaron en Colombia, y en particular en Medellín.

El objetivo último de nuestra propuesta es elaborar un catálogo razonado digital de la producción fonográfica de Discos Fuentes siguiendo las normas propuestas por la International Association of Sound Audiovisual Archives (IASA). La publicación en la web de dicho catálogo dará acceso al mismo a todos los investigadores del tema, lo que permitirá ampliar exponencialmente los estudios sobre la discografía colombiana.

En tal sentido, hemos estudiado las bases teóricas y metodológicas comúnmente aceptadas para la elaboración de estudios y catálogos discográficos que nos permitan sentar las bases para la elaboración de un catálogo razonado digital de la producción fonográfica de Discos Fuentes. Esta investigación va a requerir, por tanto, del uso de las más diversas metodologías y técnicas para el logro de sus objetivos multidisciplinares, como la recopilación de datos documentales a través de la bibliohemerografía, la videografía, la iconografía o la discografía; la hermenéutica para la interpretación de esos datos; el trabajo etnográfico a través de entrevistas, trabajo in situ y visitas de campo; la catalogografía a través de la utilización de normativas internacionales para el ordenamiento de materiales no bibliográficos como el formato MARC o las normas IASA; la informática para la construcción de una publicación electrónica en línea de alta calidad académica a través de tecnologías como SCALAR; la estadística, donde a través de cuadros, imágenes, porcentajes, medias, se puedan establecer tendencias históricas y proyectarlas al futuro; la grabación y producción de piezas audiovisuales; etc.



Figura 2. Normas internacionales a seguir en esta investigación.

Nota. Elaboración propia.

Un estudio preliminar de este catálogo comercial nos permitirá elaborar un catálogo razonado y arrojará datos muy interesantes respecto de la compañía.

III. RESULTADOS

El estudio del catálogo nos brinda un panorama bastante preciso de cómo se forjaron los gustos musicales de una época determinada, cómo se mudan y se imponen otros, no solo debido a los intereses económicos de la empresa, la competencia y las estrategias comerciales, sino a través del surgimiento de propuestas inéditas, de artistas originales, de novedades musicales, de circunstancias culturales, sociales, políticas y económicas en apariencia ajenas a la industria. A través de estudios estadísticos y comparativos de la discografía colombiana, podemos identificar tendencias que permitan explicar el devenir histórico de estilos, géneros, artistas, compositores, letristas, etc.

Formatos:
DIGITAL Y STREAMING 31927
CASETE 29835
CD M
USICAL 26785
LONG PLAY 25685
ALBUM 2 CDS 7513
ALBUM CST 4689
ALBUM 5 CDS 4332
CD MP3 100 CANCIONES 4299

Géneros:
TROPICAL – BAILABLE 68531
POPULAR 18032
SALSA - CARIBEÑA 12790
VALLENATO - ACORDEÓN 10129
BALADA - PROTESTA 7798

SIN GENERO MUSICAL 5964
NAVIDAD 4706
INSTRUMENTAL 3494

Ritmos:
PASEO 16976
CUMBIA 14983
SALSA 12330
BOLERO 12062
PORRO 7569
MERENGUE 5819
PASILLO 4503

Interpretes:
LOS DIPLOMÁTICOS 6359
LOS CORRALEROS DE MAJAGUAL 5370
LA SONORA DINAMITA 4857
FRUKO Y SUS TESOS 3722
PASTOR LÓPEZ Y SU COMBO 2891
JOE ARROYO Y LA VERDAD 2776
THE LATIN BROTHERS 2398
LOS HISPANOS 2282

Figura 3. Algunos números encontrados en las categorías.

Nota. Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES

Este trabajo está asociado al proyecto “Discos Fuentes en la memoria sonora de Colombia”, que se enmarca en la ya larga iniciativa institucional de la Facultad de Artes y Humanidades de la Institución Universitaria ITM, y apunta a la consolidación de una línea de investigación orientada a examinar sistemática y exhaustivamente la industria musical colombiana, en general, y la industria fonográfica, en particular, para así facilitar estudios estadísticos y comparativos de la discografía colombiana que permitan identificar tendencias y explicar el devenir histórico de estilos y géneros musicales.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Institución Universitaria ITM, a Discos Fuentes, al docente Carlos Andrés Caballero Parra y en especial al maestro Juan Francisco Sanz Moreira (1960-2022), nuestro asesor y guía en este trabajo.

VI. BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- Abadía, G. (1995). *ABC del folklore colombiano*. Panamericana.
- Apuleyo, P., & Forero, E. (1967). *Cuarenta años de música costeña*. <http://www.mixcloud.com/ebiruojaba/40-anos-de-musica-costena-la-historia-de-la-cumbia-colombiana/>
- Araújo, O. (2010). *Gabriel García Márquez, el Caribe y los espejismos de la modernidad*. Universidad del Norte.
- Arias Calle, J. D. (2011). *La industria musical en Medellín, 1940-1960: cambio cultural, circulación de repertorios y experiencias de escucha* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8800>
- Arcos Vargas, A. (2008). *Industria musical en Colombia: una aproximación desde los artistas, las disqueras, los medios de comunicación y las organizaciones* [tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia].
- Arteaga, J. (1991). *Lucho Bermúdez. Maestro de maestros*. Intermedio Editores.
- Bermúdez, E. (2006). *Los bajeros de la montaña. La acabación del mundo: música de gaitas de los Montes de María* (librillo acompañante al CD). Fundación de Música, Observatorio del Caribe Colombiano.
- Bermúdez, E. (2009). Cien años de grabaciones comerciales de música colombiana. Los discos de "Pelón y Marín" (1908) y su contexto. *Ensayos. Historia y Teoría del Arte*, (17), 87-134.
- Betancur, F. (1993). *Sin clave y bongó no hay son*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Betancur, F. (2012). Bajo el cielo azul un viento verde: Lucho Bermúdez en Medellín. En S. Santana, & R. Bassi, *Lucho Bermúdez: cumbias, porros y viajes* (pp. 91-112). Ediciones Santo Bassilón.
- Blanco, D. (2005). La música de la costa Caribe colombiana en México, un fenómeno transfronterizo. *Alteridades*, 21, 19-41.
- Blanco, D. (2008). *La cumbia como matriz sonora de Latinoamérica: los colombianos de Monterrey-México (1960-2008)*. *Interculturalidad, identidad, espacio y cuerpo* [Tesis doctoral, Colegio de México]. <https://repositorio.colmex.mx/concern/theses/kk91fk66p?locale=es>
- Bartlett, B., Bartlett, J. (2009). *Practical Recording Techniques. The Step-by Approach to Professional Audio Recording* (5th ed.). Focal Press/Elsevier.
- Burgos, A. (2001). *Antioquia bailaba así*. Lealon.
- Burgos, A. (2013). *Recordando*. IASA.
- Caballero Elías, E. (1999). *Guillermo Buitrago, cantor del pueblo para todos los tiempos*. Discos Fuentes.
- Caballero Parra, C. A. (2010). *La producción musical en estudio* (1a ed.). Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Candela, M. (2003). Nación y música costeña, algunas tensiones en el siglo XX. *Huellas* (67-68), 12-17.
- Cavallo, V. (Dirección). (2014). *Pasos de cumbia* [Película].
- Discos Fuentes. (1992). *Música tropical y salsa en Colombia*. Ediciones Fuentes.
- Discos Fuentes (s.f.). *La industria musical de Colombia: pensamiento global*. Discos Fuentes.
- Fernández L'Hoeste, H. (2011). De música y colombianidades: en torno a una historia de la cumbia, la parrandera. En P. Semán & P. E. Vila, *Cumbia: nación, etnia y género en Latinoamérica*. Gorla.
- Florencia, J. H., Quintana, L., & Sigüenza, O. (2002). *Tres perspectivas de análisis en el marco de la obra de Gabriel García Márquez*. Plaza y Valdés.
- Fortich, W. (1994). *Con bombos y platillos: origen del porro, aproximación al fandango sinuano y las bandas pelayeras*. Domus Libri.
- González Henríquez, A. (2000). Los estudios sobre música popular en el Caribe colombiano. En J. Martín-Barbero, F. López de la Roche, & Á. Robledo (Eds.), *Cultura y región* (pp. 152-179). Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, O. (2015). *Los mitos de la música nacional. Poder y emoción en las músicas populares colombianas, 1930-1960*. Fondo Editorial Casa de las Américas.
- International Association of Sound and Audiovisual Archives Asociación Internacional de Archivos Sonoros y Audiovisuales (2005). *Normas, prácticas recomendadas y estrategias IASA-TC 03. La salvaguarda del patrimonio sonoro: Ética, principios y estrategia de preservación* (Versión 3).
- Jaramillo, L. F. (1992). *Música tropical y salsa en Colombia*. Ediciones Fuentes.
- Lambuley, N. (1988). La cumbia: un gran sistema caribe-colombiano. *A Contratiempo. Revista de Música en la Cultura*, 90-99.
- Muñoz, E. L. (agosto de 2015). El juglar del río y las andaduras por Cartagena de Indias. *La Palabra*. <https://lapalabra.univalle.edu.co/historico/lapalabra-2015-08/>
- Nieves Oviedo, J. (2008). *De los sonidos del patio a la música mundo: semiósis nómadas en el Caribe*. Convenio Andrés Bello.
- Norma Mexicana de Catalogación de Documentos Fonográficos. (2002). Subcomité de Normalización de Archivos Sonoros y Fonográficos, México.
- Nullvalue. (octubre 28, 1993). Breve historia de la industria musical. *El Tiempo*.
- Ocampo, J. (1970). *El folklore y su manifestación en las supervivencias musicales en Colombia*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

- Ochoa, F. (2013). *El libro de las gaitas largas. Tradición de los Montes de María*. Editorial Javeriana.
- Ochoa, F. (2014). *Construcción, usos y sentidos de una tradición: la cumbia en caña de millo como símbolo sonoro del Carnaval de Barranquilla* [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia].
- Olvera, J. J. (2000). Al norte del corazón. Evoluciones e hibridaciones musicales del noreste mexicano y sureste de los Estados Unidos con sabor a cumbia. En *Actas del III congreso IASPM-AL*.
- Parra, J. D. (2014). *Arqueología del chucu-chucu*. Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Peláez, O. (2002). *Verdades, mentiras y anécdotas de las canciones: sus creadores e intérpretes*. Discos Fuentes.
- Peláez, O. (2006). *La verdadera historia del bolero*. Discos Fuentes Edmúsica.
- Pombo, G. (1965). *Kumbia, legado cultural de los indígenas del caribe colombiano*. Antillas.
- Restrepo, M. (2012). *Hernán Restrepo Duque, una biografía*. Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Salcedo, A. (2015). *Homenaje a José Barros*. Semana, Sura, Ministerio de Cultura.
- Santana, S., & Bassi, R. (Edits.). (2012). *Lucho Bermúdez. Cumbias, porros y viajes*. Ediciones Santo Bassilón.
- Semán, P., & Vila, P. C. (2011). *Cumbia: nación, etnia y género en Latinoamérica*. Gorla.
- Serna, C. & Barroz Ariza, M. (1990) *La Sonora Matancera: más de 60 años de historia musical*. Fuentes.
- Sevilla, M., Ochoa, J. S., Santamaría, C., & Cataño, C. (2014). *Travesías por La Tierra del Olvido: modernidad y colombianidad en la obra de Carlos Vives y La Provincia*. Editorial Javeriana.
- Silva, R. (2005). *República liberal, intelectuales y cultura popular*. La Carreta Editores.
- Solano, J. (2003). La influencia del arquetipo jazz band y la guaracha en la evolución de la música popular del Caribe colombiano. *Huellas* (67-68), 46-53.
- Valencia, V. (1995). *El porro palitiao: análisis del repertorio tradicional* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica de Colombia].
- Velásquez Román, J. C. (2016). *Medellín sede de la industria fonográfica en Colombia*. Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Vila, P., Semán, P., Martín, E. y Carozzi, M. J. (2011). *Troubling Gender: Youth and Cumbia in Argentina's Music Scene*. Temple University Press.
- Zagorsky-Thomas, S. (2014). *The Musicology of Record Production*. Cambridge University Press.
- Zapata, D. (1962). *La cumbia: síntesis musical de la nación colombiana*. Revista Colombiana de Folklore, 7, 187-204.

Digitalización de discos de gramófono: conversión directa AD frente a captación de la bocina acústica

Enrique Izquierdo Rodríguez, Marco Antonio Juan de Dios Cuartas

Departamento de Musicología, Facultad de Geografía e Historia,

Universidad Complutense de Madrid

Madrid, España

enrizqui@ucm.es; mjuanded@ucm.es

RESUMEN

La digitalización de archivos analógicos no solo supone una actividad imprescindible para la preservación del patrimonio musical, también convierte la interpretación dentro de estas grabaciones en un objeto de estudio para la musicología. La manipulación, el análisis del estado de conservación del disco o el proceso de limpieza, forman parte de la preparación del soporte antes del proceso de conversión A/D. Una vez realizado el análisis previo del formato y de su estado de conservación nos enfrentamos a la pregunta más relevante del proceso de digitalización: ¿Qué dispositivo de reproducción se adecúa con mayor fidelidad a la escucha original, la salida de línea de un tocadiscos actual o un gramófono de la época? Esta dicotomía constituye el eje central de nuestro proyecto de investigación. Por un lado, la digitalización a través de un tocadiscos permite un ajuste mucho más preciso de la velocidad y una mejor relación señal/ruido. Sin embargo, utilizar un gramófono de resorte permite al oyente actual acercarse a la percepción sonora original. El análisis se centra en la utilización de dos técnicas: por un lado, la captación microfónica de la bocina y, por otro, la reproducción y grabación del disco utilizando un tocadiscos electromagnético actual.

Palabras clave: 78 rpm, AD, digitalización, gramófono, musicología, patrimonio sonoro.

ABSTRACT

The digitization of analog files is not only an essential activity for the preservation of musical heritage, but it also converts the interpretation within these recordings into an object of study for musicology. The manipulation, the analysis of the state of conservation of the disc or the cleaning process, is part of the preparation of the support before the A/D conversion process. Once the previous analysis of the format and its state of conservation has been carried out, we are faced

with the most important question of the digitization process: Which reproduction device is more faithful to the original listening, the line output of a current turntable, or an original gramophone? This dichotomy constitutes the central axis of our research project. On the one hand, digitizing through a turntable allows for a much more precise adjustment of speed and a better signal-to-noise ratio. However, using a spring gramophone allows the modern listener to get closer to the original sound perception. The analysis focuses on the use of two techniques: on the one hand, the microphone capture of the speaker and, on the other, the reproduction and recording of the disc using a current electromagnetic turntable.

Keywords: 78 rpm, AD, digitization, gramophone, musicology, sound heritage.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto de digitalización de discos de gramófono «Conversión directa AD frente a captación de la bocina acústica» surge en el laboratorio sonoro «Sonolab UCM», ubicado en el Departamento de Musicología de la Universidad Complutense de Madrid¹. «Sonolab UCM» es un espacio dedicado a la preservación, la digitalización, y el estudio del impacto de los dispositivos de grabación analógicos, tanto en la distribución discográfica como en la experiencia de la escucha.

El objetivo principal de nuestra investigación es estudiar en profundidad las características de los gramófonos de la era mecánica y su evolución hacia la era eléctrica de la grabación, como primer paso para la implementación de técnicas de digitalización idóneas para los trabajos discográficos de este período. En una última fase del proyecto nos hemos propuesto llevar a cabo una comparativa gráfica entre la digitalización empleando un tocadiscos electromagnético actual y los archivos de audio

¹ <https://www.ucm.es/sonolab/>

resultantes de la captación microfónica empleando tres tipos de gramófonos de resorte.

II. CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA

El gramófono fue patentado por Emile Berliner en 1887. El funcionamiento tenía el mismo principio de transducción acústica-mecánica del fonógrafo, pero en lugar de cilindros, Berliner utilizó inicialmente discos planos de metal y posteriormente de ebonita. Por lo tanto, en lugar de trazar un surco en el papel de aluminio, este se realizaba en función de la variación de la desviación lateral del disco. Es este último material el que permitió a la compañía de Berliner realizar miles de copias para su distribución con un solo molde original, algo que se convertiría en un factor determinante para una industria discográfica que comenzaría poco después a desarrollarse.

Las primeras grabaciones comerciales que se conservan son cilindros de cera de principios de la década de 1890. Existen grabaciones en papel de aluminio de años anteriores, pero no eran productos comerciales y en la mayoría de los casos no se podían reproducir sin ser destruidas.

Muchas grabaciones pertenecientes a esta época que se conservan en archivos y colecciones privadas sufren, desgraciadamente, un profundo grado de deterioro. Aunque durante este período se realizaron grabaciones de músicos excelentes, la tecnología no hizo justicia capturando lo que estaba sucediendo en el estudio, y el desgaste de las copias originales dificulta aún más la evaluación de todas estas interpretaciones. Aunque originalmente la grabación se concibió con algunos fines que se alejaban de los intereses de la industria discográfica y que tenían que ver con perpetuar la voz humana para la posteridad o realizar la función de dictáfono para grabar notas de voz que posteriormente fueran mecanografiadas, finalmente termina por convertirse en el objetivo principal de una industria musical que vería un gran potencial en la comercialización de grabaciones sonoras sobre este formato.

La historia de la grabación vivirá una importante mejora en la calidad con la aparición de la grabación eléctrica y la amplificación empleando la válvula termoiónica a partir de la década de 1920 en adelante, consiguiendo una progresiva evolución hacia el concepto de "alta fidelidad". Como señalan Gronow y Saunio (1998), los avances tecnológicos de la grabación afectan directamente a las grabaciones de música clásica a partir de la década de los años 30:

La reproducción del sonido de los discos había mejorado considerablemente gracias a las nuevas tecnologías. Esto fue más evidente en las grabaciones de música clásica. (...) los armónicos

más altos del violín y la mayor parte de las variaciones en el volumen de la orquesta, desde *pianissimo* a *fortissimo*, podían, en principio, capturarse en la grabación. (...) Amantes de la música adinerados estaban dispuestos a invertir más y más en la reproducción de sonido de alta calidad - de alta fidelidad (p. 113).

La industria discográfica ha empleado en este sentido un gran esfuerzo para mejorar el rango frecuencial de las grabaciones a lo largo del siglo XX. Desde el inicio se instauró de algún modo la idea del pionero de la producción, Fred Gaisberg, de concebir el acto de la grabación como la toma de fotografías sonoras, aunque en realidad eran "confusas y desenfocadas por las limitaciones de la tecnología al captar los sonidos y por las limitaciones en su reproducción" (Day, 2002, p. 42). Con la electrificación de la grabación, la calidad de los registros mejora de forma significativa, aunque dista aún de esa visión fotográfica del acontecimiento musical que perseguía Gaisberg. Pero este paso de la era mecánica de la grabación a la era eléctrica que se produce a mediados de la década de 1920 supone la utilización del micrófono como transductor de la señal acústica que proyectan los instrumentos musicales a la señal eléctrica que se registra posteriormente. Los micrófonos proporcionarán una mayor sensibilidad y rango dinámico en la captación y modificarán las colocaciones de los instrumentos dentro de los espacios destinados a las grabaciones: "No había ya necesidad de modificar los instrumentos en modo alguno y era posible adoptar las posiciones normales para tocar, así como emplear el número adecuado de músicos para grabar orquestas completas y no grupos reducidos de modo artificial" (Day, 2022, pp. 42-43).

Recordemos, en este sentido, que la baja sensibilidad en la captación a través de la bocina obligaba a los intérpretes a pegarse al dispositivo de grabación generando posiciones incómodas que condicionaban la *performance* de los músicos. La electrificación suponía además dejar atrás adaptaciones de los instrumentos en las grabaciones, como el violín Stroh o el piano con los fieltros limados. Los músicos comenzaron a acercarse a la grabación de una forma mucho más natural, dispuestos en torno al micrófono como si de una representación ante el público se tratase, pero aún bajo la limitación frecuencial y dinámica o el poco tiempo de grabación de los discos: 4:30 en el disco de 12 pulgadas (30 cm) y 2:30 en el disco de 10 pulgadas (25 cm).

Wilson y Webb, dos técnicos de la compañía The Gramophone, publicaban en 1929 un trabajo en el que ponían de manifiesto las mejoras que había supuesto la aparición de la grabación eléctrica

tras la implementación de la válvula termoiónica y el comienzo de la utilización de los micrófonos. Uno de los hechos más significativos es que este nuevo sistema permitía grabar en unas condiciones similares a las de la interpretación en vivo, lo que llevaría a la utilización de teatros como espacios para la producción fonográfica, frente a los estudios pequeños que se habían utilizado durante la era acústica de la grabación.

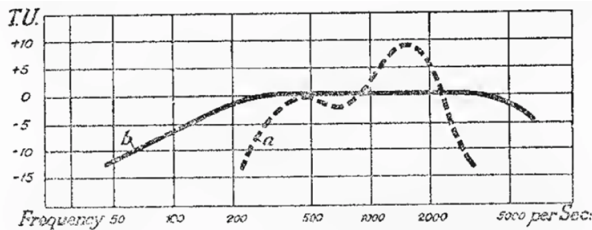


Figura 1. Curvas de respuesta de grabación: a) grabación acústica; b) grabación eléctrica.
Nota. Modern Gramophones and Electrical Reproducers, 1929.

Como podemos observar en la gráfica, la electrificación de la grabación conlleva una ampliación del rango frecuencial tanto en graves (de 50 Hz a 200 Hz aprox.) como en agudos (de 3000 Hz a 6000 Hz aprox.), pero, sobre todo, consigue registrar una respuesta en frecuencia mucho más plana. Arias Gómez destaca en este sentido las grandes ventajas de este nuevo sistema en la escucha de una orquesta sinfónica:

Todos los matices que puede crear una agrupación de noventa profesores, quedan grabados en cera, y se consiguen admirables efectos de claridad, tonalidad, justeza y brillantez. Con la partitura en la mano se sigue la obra sinfónica más complicada, distinguiéndose perfectamente en los tutti la variedad de los instrumentos de una orquesta. Masa de cuerda, madera, metal, percusión, todo aparece maravillosamente equilibrado (1931, p. 127).

Aunque el sistema de impresionado había tenido una importante evolución durante la década de los años 20, coincidiendo con una mejora en el diseño de la bocina y del brazo y con la aparición de los diafragmas de aluminio —más sensibles que los de mica—, la impresión eléctrica del disco constituye el paso fundamental hacia la transformación del sistema de grabación.

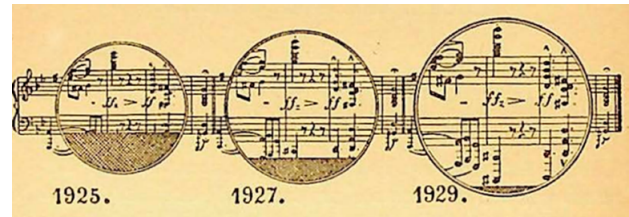


Figura 2. La ampliación del rango frecuencial del registro sonoro afecta directamente a las posibilidades reales de grabación de una orquesta.
Nota. El gramófono moderno, 1931

Durante la década de los años 20 eran el disco de pizarra de 78 rpm y los cilindros de cera los únicos elementos que constituían la tecnología de la época (Díaz-Empanaza, 2017). Con la impresión eléctrica comienza a utilizarse el micrófono como herramienta de transducción, frente al sistema mecánico empleando bocinas. El nuevo sistema mejorará sustancialmente la calidad de la grabación, optimizando el rango frecuencial de la escucha tanto en los reproductores mecánicos como en los nuevos reproductores eléctricos. Aunque aparecen nuevos reproductores en los que se emplea *pick up* en lugar de diafragma y un altavoz en lugar de la bocina acústica, los reproductores mecánicos siguen teniendo un uso generalizado principalmente por su portabilidad: gramófonos de maleta y ultraportátiles. La aparición de los micrófonos aumenta el rango frecuencial en el registro sonoro, pero encuentra en el dispositivo de reproducción una limitación en la fase de escucha.

III. HIPÓTESIS

La hipótesis principal de esta investigación es que existe una disociación entre las posibilidades de registro y las de reproducción a partir de la década de 1930, cuando se consolida el sistema de grabación eléctrica basada en micrófonos y preamplificadores. La pregunta que nos planteamos, en consecuencia, es si debemos adecuar la digitalización de estas grabaciones sonoras a las condiciones de escucha de la década de 1920 o si podemos afrontar su digitalización empleando tocadiscos eléctricos modernos con salidas de nivel de línea en busca de una mejor recuperación del rango dinámico y frecuencial.

Analizar y comparar estas limitaciones constituye un paso previo fundamental para entender cómo se produce la escucha en su contexto histórico:

Cualquier fonógrafo tiene una zona de frecuencias cuya intensidad es suficiente, pero por encima y por debajo de esta región, las notas van saliendo

con intensidad cada vez menor, hasta que casi desaparecen. Por eso, cuando un constructor anuncia que su aparato emite una nota muy grave, no significa nada, pues lo importante es la intensidad con que esta nota se emite (Le Corbeiller citado en Arias Gómez, 1931, p. 133).

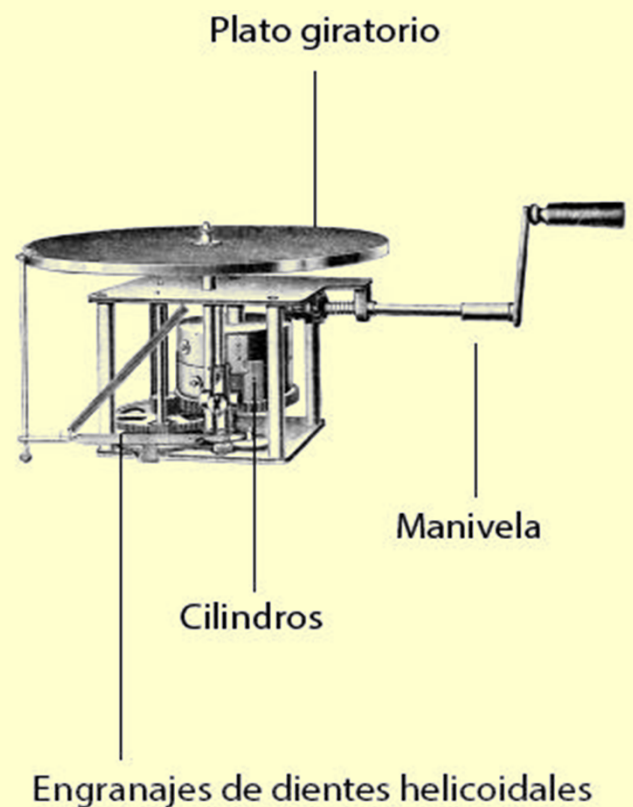
Presentar los avances tecnológicos como reclamo publicitario constituye una estrategia que siempre ha estado presente en la industria del audio, pero, como indica el autor, no se produce una transferencia literal entre las características de la ficha técnica de estos dispositivos y las posibilidades reales de escucha, ya que esta depende de las características de la grabación en el disco y de la intensidad con que estas finalmente se proyectan. Puntualiza, en este sentido, Le Corbeiller:

En una zona entre 500 y 2000 frecuencias por minuto la intensidad suele ser constante, pero a derecha y a izquierda decae la eficacia del fonógrafo mecánico, primero lentamente, luego deprisa, y a la frecuencia 100 o 4000 la eficacia es casi nula (citado en Arias Gómez, 1931, p. 134).

Pretendemos analizar, en este sentido, las posibilidades de captura que ofrecen los micrófonos en la década de los años 30 del siglo XX y las limitaciones de la reproducción sonora en los dispositivos de esta misma época frente a las posibilidades de "recuperación" del archivo sonoro que ofrece un tocadiscos moderno si se emplea la aguja adecuada. Se trata, en definitiva, de demostrar en qué medida los discos de pizarra contienen "información dinámica y frecuencial oculta" que ha pasado desapercibida por parte del público general.

IV. EL GRAMÓFONO

El gramófono consta de un plato giratorio, una plataforma sobre un eje redondo de acero o aluminio rematado con un disco de goma u otro material no deslizante. Por un lado, esto ayuda a mantener el disco en su lugar y, por el otro, aísla las vibraciones cuando el disco gira. Dentro del gramófono, un eje mantiene alineado el disco y reduce la fricción y el ruido de rotación empleando un conjunto de engranajes de dientes helicoidales. El gramófono consta también de un diafragma o caja de resonancia donde va conectada la aguja. La caja de resonancia que alberga el diafragma constituye en sí misma una fuente emisora y, por lo tanto, como veremos, debe ser microfoneada en el proceso de digitalización. La caja de resonancia va conectada mediante un brazo cónico a la bocina, empleando un laberinto que amplifica acústicamente las vibraciones que se transmiten desde el diafragma.



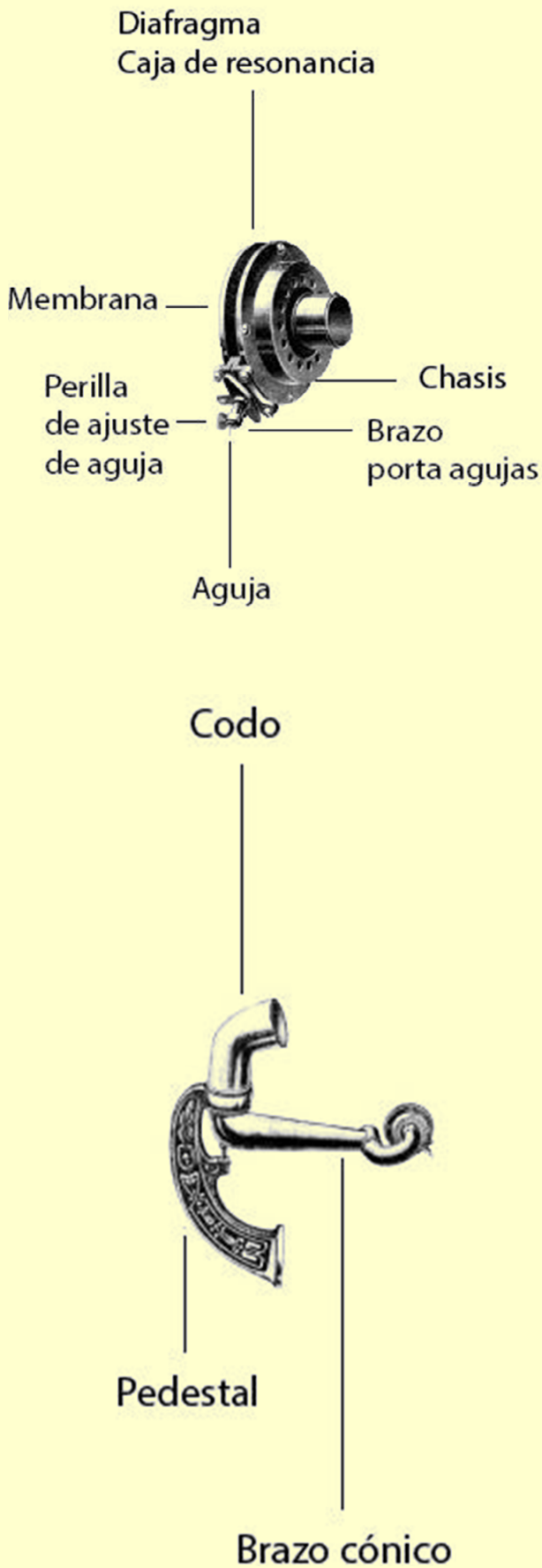


Figura 3. Sistema mecánico de un gramófono (Licencia Creative Commons).

El mayor o menor tamaño de esta bocina genera una mayor o menor presión acústica en determinadas frecuencias. De este modo, podemos distinguir entre gramófonos portátiles, medianos de sobremesa, de salón e incluso gramófonos de grandes dimensiones destinados a las salas de baile. También podemos establecer una correspondencia entre el rango frecuencial que finalmente es capaz de reproducir, añadiendo las reflexiones que se generan en la propia estructura de la caja y la bocina del dispositivo.

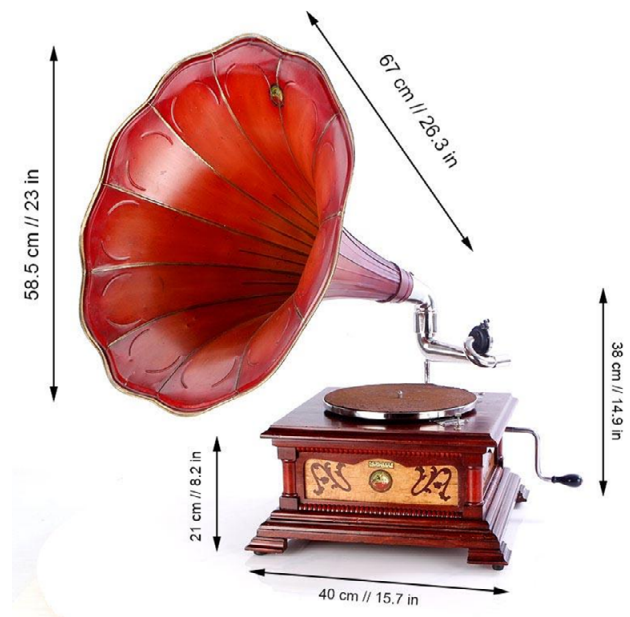


Figura 4. Dimensiones de la bocina del gramófono (Licencia Creative Commons).

V. LOS DISCOS

El gramófono utiliza discos con un surco grueso (previo a la aparición del microsurco) dispuesto en forma de espiral. Generalmente, la modulación de los surcos es lateral, en contraposición a la vertical empleada por los cilindros del fonógrafo. Solo algunos formatos de disco (Pathé, Edison) tienen surcos cortados verticalmente. La gran ventaja de la forma del disco, además de una mayor facilidad de almacenamiento, es que permite fabricar negativos galvanoplásticos y utilizarlos fácilmente para hacer copias mediante estampación o prensado. Como el número de prensados es limitado, el primer negativo de metal ("*father*") sirve como maestro para un positivo de metal ("*mother*"), que se utiliza para producir un número ilimitado de estampadores de metal ("*sons*"), que se utilizan para las herramientas de prensado de los discos copiados. Este método, establecido a principios del siglo XX es en realidad el mismo que se emplearía para los discos de microsurco o "vinilos" y para la producción de CD y DVD.

La mayoría de los discos de "surco grueso", los llamados discos de goma laca o "shellac", están formados por una mezcla de polvos minerales unidos por aglutinantes que originalmente contenían resina de goma laca. Estos materiales son, por lo general, químicamente estables si se mantienen en condiciones bastante secas; sin embargo, son bastante frágiles: cuando se caen, se suelen romper. Aparte de las lacas, existían otros tipos de discos en cantidades mucho más pequeñas que utilizaban diferentes materiales, estos eran a menudo de menor estabilidad, por ejemplo, los discos Edison Diamond, que son extremadamente susceptibles a la humedad.

Los discos instantáneos eran medios de grabación que estaban muy extendidos en las estaciones de radio, antes de la llegada de la cinta magnética. Estos se utilizaron para grabar y reproducir señales sin necesidad de procesamiento ni prensado galvanoplástico. Sus superficies son lo suficientemente blandas como para permitir el corte del surco, pero lo suficientemente duras como para realizar varias reproducciones. La mayoría de estos discos son grabaciones únicas. Si no son reconocibles por su apariencia distintiva, casi todos los discos instantáneos pueden identificarse por sus etiquetas escritas a mano o mecanografiadas. Digamos que es un método de grabación que después sustituirá los grabadores de casete, el *minidisc* o las grabadoras de CD que comienzan a incorporar los ordenadores.

Existen discos homogéneos fabricados con un solo componente de material como el aluminio,

el zinc, el PVC o la gelatina, así como discos laminados que se componen de un sustrato y un revestimiento superficial de diferentes materiales que se "impresiona" con la grabación.

El tipo más extendido de discos instantáneos es el laminado, los denominados discos de laca o "acetato". El sonido se "impresiona" sobre un recubrimiento de laca, que consiste principalmente en nitrato de celulosa generalmente plastificado con aceite de ricino o alcanfor. El sustrato que soporta la capa de información de los discos es generalmente de metal (por ejemplo, aluminio o zinc), aunque algunos son de vidrio, cartón o papel. Los discos de laca se pueden identificar fácilmente ya que el material base generalmente se puede ver entre las capas exteriores de laca, ya sea dentro del orificio central o en el borde del disco.

Uno de los problemas de estos formatos es precisamente la preservación. El nitrato de celulosa se descompone continuamente con el tiempo al reaccionar con vapor de agua u oxígeno. Este proceso produce ácidos que actúan como catalizadores de estas reacciones hidrolíticas. Además, los niveles elevados de temperatura y humedad acelerarán aún más estas reacciones. La degradación gradual, junto con la pérdida de plastificantes, provoca una fragilización y un encogimiento progresivos del recubrimiento de laca. A medida que la laca se adhiere a un sustrato que no se puede encoger, las tensiones internas finalmente dan como resultado un agrietamiento y descamación del revestimiento de laca, lo que lleva a la pérdida de la capa portadora del sonido. La inestabilidad mecánica de las bases de cartón/papel a menudo da como resultado superficies irregulares o agrietadas.

VI. LOS SELLOS DISCOGRÁFICOS

El Viva-tonal era el sistema de grabación patentado por la Columbia inglesa, cuya sucursal en España era el sello Regal. Cada compañía discográfica utilizaba por lo general sus propios materiales en la fabricación de discos. Como ya se ha señalado en el apartado anterior, el "*shellac*" era el aglutinante en el que se mezclaban diferentes materiales de todo tipo y, dependiendo de la calidad de estos, el nivel de ruido impreso en el surco también variaba.

Un disco del sello Odeon en perfecto estado apenas tiene ruido de fondo (el famoso ruido de "fritura" como se conoce popularmente) mientras que un disco del sello La Voz de su Amo siempre tiene algo de ruido de fondo, independientemente de su estado. Estas diferencias acústicas no solo dependen de la compañía, sino incluso de cada país; por ejemplo, los estampadores de metal utilizados

para el “prensaje” de los discos de La Voz de su Amo española no eran los mismos que los utilizados en la “His Masters Voice” inglesa, la HMV utilizaba a menudo pelo de caballo en la mezcla, el cual se veía afectado por la humedad y provocaba que aquellos discos fueran famosos por tener un ruido de fondo mucho más acentuado de lo habitual.

Otro factor que afecta de manera determinante al sonido del disco es si este es laminado o no. Los laminados, como los Odeon españoles eléctricos, los Regal españoles, y muchos otros más, como los Columbia americanos o ingleses, enganchaban las dos caras sobre una base de cartón proporcionando mucha más estabilidad y un sonido más amplio que los no laminados, aunque tenían la desventaja de que eran más sensibles a roturas y a la humedad.

Por último, estas diferencias también dependen de la época. De nuevo, Odeon y La Voz de su Amo, por ejemplo, durante la época acústica prensaban muy diferente. Los Odeon acústicos se prensaban de una manera más deficiente hasta 1925, presentando a menudo burbujas en la superficie; por otro lado, La Voz de su Amo prensaba mucho mejor y tenía menos ruido, justo lo contrario de lo que sucedería en la era eléctrica.

VII. VELOCIDAD DE GRABACIÓN

Hasta la estandarización de la grabación y reproducción electromagnética, los discos para gramófono no tenían una velocidad de grabación fija, por lo que reproducirlos a 78 RPM no garantiza una escucha fiel. Para ello, se utiliza el ajuste de tono, sin embargo, es una tarea arriesgada ya que precisa de un estudio musicológico previo y cierto oído musical. A veces, incluso con la grabación electromagnética, puede existir algún desajuste. De hecho, no todos los tocadiscos están perfectamente calibrados y precisan de un ajuste mediante luz estroboscópica. Cada sello discográfico fijo su propia velocidad de grabación/reproducción hasta que se consiguiera estandarizar este proceso².

VIII. TIPOS DE AGUJA DE GRAMÓFONO

Las agujas de un gramófono son puntas de acero, generalmente de gran grosor, que generan por lo tanto un importante desgaste del disco en cada pase. Aunque se fueron desarrollando nuevos diseños con el objetivo de conseguir sonidos más suaves en los que se redujese el ruido del rozamiento de la aguja con el disco, como por ejemplo las denominadas agujas en forma de flecha, el desgaste del disco en cada pase es incuestionable. Para reproducir el disco en el tocadiscos eléctrico

empleamos una aguja de 3mm y cantilever de metal, su uso provoca un menor desgaste que la punta empleada por un gramófono.

IX. SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN

Existen diferentes trabajos relacionados con la digitalización y preservación de materiales audiovisuales, entre los que destacan algunos acercamientos pioneros como el desarrollado por Froger (1968), Poussier (1976), o manuales de ingeniería de la grabación como el realizado por Eargle (1968). El desarrollo de la grabación y de la tecnología de la digitalización se consolida con los sistemas desarrollados a partir de la década de los años 80 con sistemas como U-matic u otros posteriores como el ADAT o el DAT. El sistema que actualmente se emplea de forma estandarizada para los procesos de digitalización consiste en un interface AD/DA y un DAW. El sistema que se ha empleado en esta investigación es el siguiente:

Tocadiscos: Technics SL-1210MK7
 Interface de audio: RME Fireface 802
 Microfonía: Audio-Technica AT4040, AKG SE300B
 Ordenador: Windows 10 Pro con un procesador Intel(R) Core(TM) i7-8700 CPU con 3.20GHz con una memoria RAM de 16 GB y un sistema operativo de 64 bits
 Parámetros de grabación: 96 kHz de frecuencia de muestreo y 24 bits
 DAW: Pro Tools

X. COMPARATIVA

Para la comparativa se ha utilizado un disco fabricado por el sello Regal español, sucursal de la Columbia inglesa, mediante el sistema de grabación eléctrica Viva-tonal. La grabación es el acto “Las escaleras”, perteneciente a la zarzuela *La rosa del azafrán* del compositor Jacinto Guerrero. Es un disco original que data de los años 30 y que, a pesar de permanecer en buen estado, tiene ciertas marcas de uso.

Para establecer la comparativa entre un disco de pizarra digitalizado por un gramófono de resorte y por un tocadiscos eléctrico actual, se ha utilizado un tocadiscos y tres tipos de gramófono de resorte. El tocadiscos, como apuntamos en el apartado anterior, es un Technics SL-1210MK7 de última generación. Los gramófonos que se han empleado en la comparativa son: un gramófono de bocina grande de 60cm de diámetro y caja de madera de nogal, un gramófono portátil y un gramófono ultra portátil modelo Peter Pan.

² Ver: <http://midimagic.sgc-hosting.com/mixlabls.htm>



Figura 5. Gramófono de bocina grande perteneciente a la colección personal de Luis Delgado³.

graduado por puertas de apertura lateral; también puede estar orientado hacia la parte interna de la tapa, como el que hemos utilizado.



Figura 7. Gramófono Peter Pan perteneciente a la colección personal de Luis Delgado.

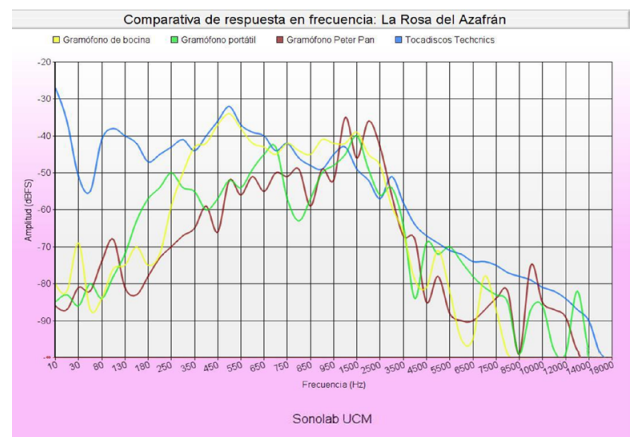


Figura 6. Gramófono portátil perteneciente a la colección personal de Luis Delgado.

El gramófono Peter Pan es un gramófono de dimensiones muy pequeñas y una pequeña bocina fabricada con cuero y cartón.

PARÁMETROS:

RESPUESTA EN FRECUENCIA



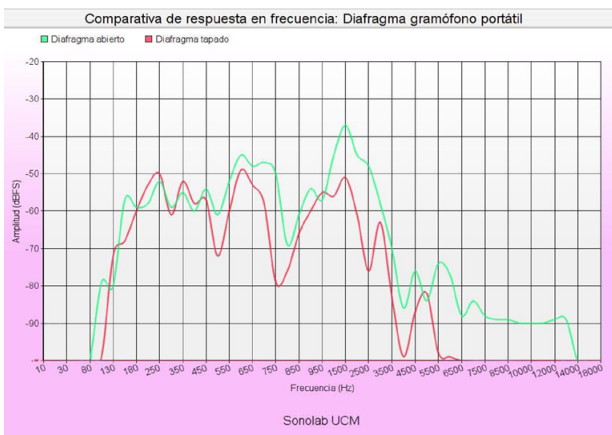
El gramófono portátil tiene una bocina interior situada en la caja de resonancia debajo del plato conectada al brazo acústico. Puede presentar bocinas con pabellón de metal o madera, algunas están adaptadas a la forma de la caja y ocupan casi la totalidad de la misma. La salida del sonido puede estar situada en uno de los laterales de la caja de resonancia o en la zona frontal, y puede estar

En la gráfica se puede observar cómo la digitalización del tocadiscos Technics (azul) tiene una respuesta en frecuencia mucho más plana, más rica en graves, con menos resonancias y con una caída en agudos mucho más suave que los gramófonos. El gramófono de bocina (amarillo) tiene buena respuesta en medios, mientras que el Peter Pan (rojo) tiene una respuesta muy pobre en graves debido al tamaño de la bocina. En cuanto al

³ <https://www.luisdelgado.net/>

gramófono portátil (verde), no tiene diferencias muy grandes con respecto a sus homólogos de bocina y Peter Pan.

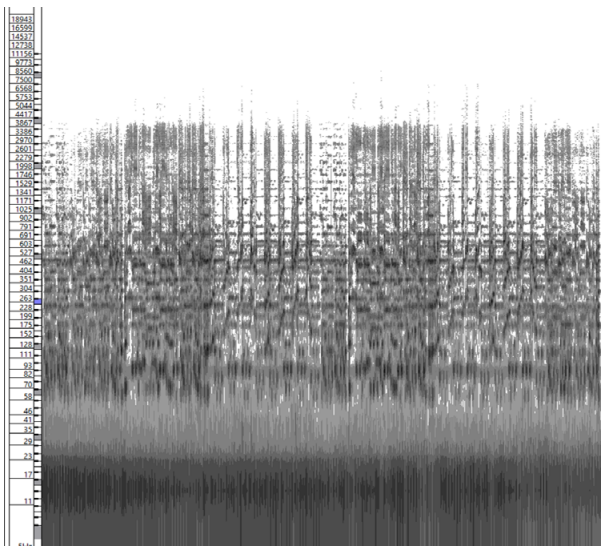
Una característica especial de los gramófonos es que tienen su diafragma conectado directamente con la aguja, por lo que podemos escuchar sonidos a través de él. El diafragma, por su pequeño tamaño, reproduce las frecuencias más agudas del espectro (que en el caso de estas grabaciones no superan apenas los 4500 Hz), por lo que se podría decir que actuaba como un altavoz de agudos de la época. En la siguiente gráfica se muestra la diferencia entre el sonido del diafragma abierto y el diafragma tapado con la mano:



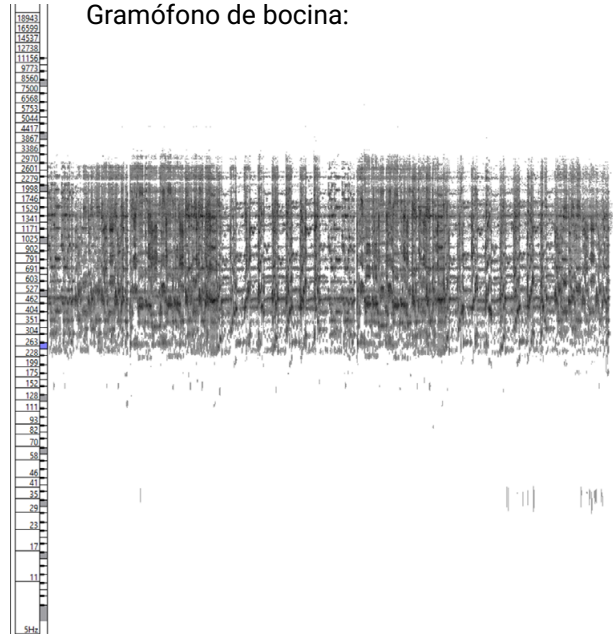
Se puede observar claramente cómo la caída en agudos es mucho más rápida con el diafragma tapado y apenas reproduce las frecuencias de 3000 Hz hacia adelante, teniendo una pérdida de unos 20 dB en la zona de los 1 000 Hz hasta los 3500 Hz.

En los espectrogramas se puede observar la respuesta en frecuencia individual y la amplitud por frecuencias de una forma más detallada:

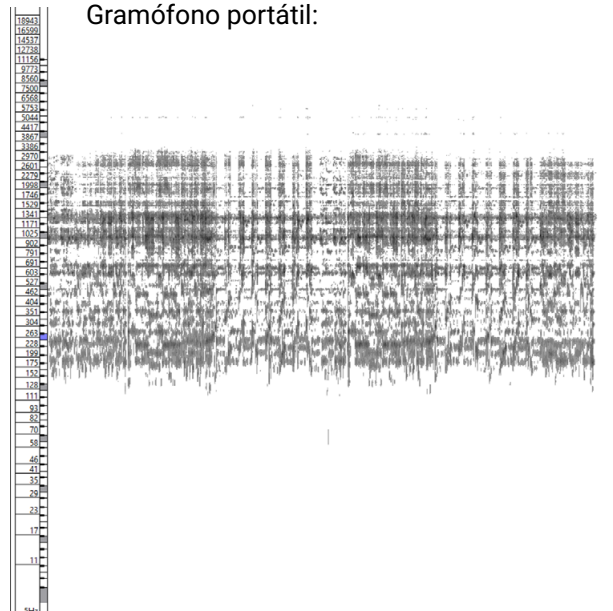
Tocadiscos Technics:



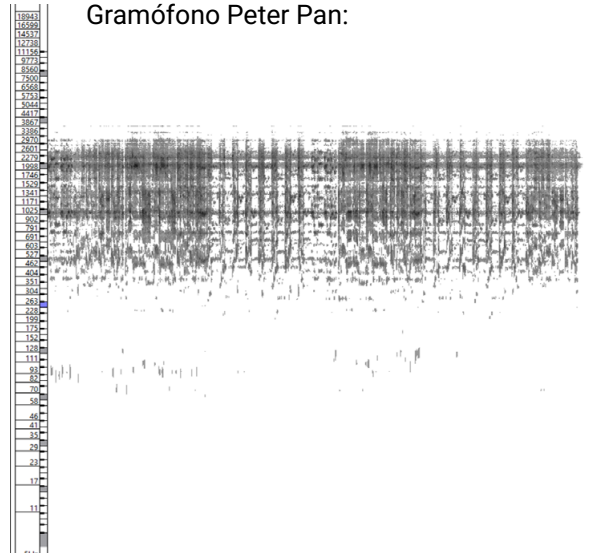
Gramófono de bocina:



Gramófono portátil:



Gramófono Peter Pan:



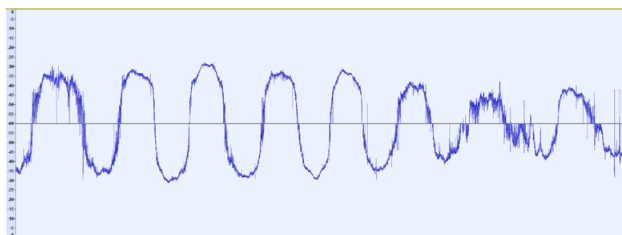
NOISE FLOOR

El ruido de fondo y el rango dinámico dependen de diversos factores, principalmente del propio disco a digitalizar, como hemos podido ver en el apartado sobre las diferencias en el sonido según el sello discográfico. Sin embargo, a la hora de digitalizar mediante micrófonos, también influyen los previos, la respuesta en frecuencia del micrófono, la cantidad de ganancia aplicada, la distancia de los micrófonos a la fuente sonora, el convertor A/D, etc. En el tocadiscos influye mucho el preamplificador que se utilice y las curvas de ecualización RIAA, además del convertor A/D, como en el caso anterior.

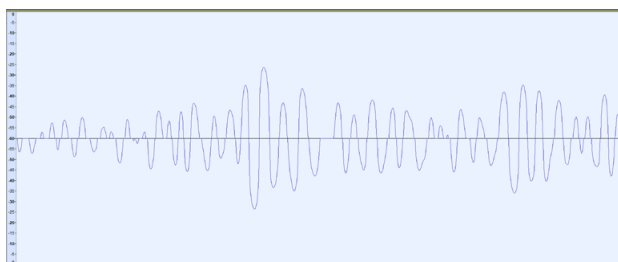
En las siguientes gráficas se puede observar cómo el ruido de fondo es más intenso en los gramófonos, pero sin haber demasiada diferencia con el tocadiscos. Sin embargo, la señal es mucho más uniforme en el tocadiscos, encontrando variaciones de mayor amplitud en los gramófonos. Esto es gracias a la estabilidad que nos ofrece la reproducción eléctrica frente a la mecánica, dependiendo esta última de la goma del resorte del gramófono (es decir, de la constancia en la velocidad) y de otros factores como, por ejemplo, la correcta angulación de la aguja.

A continuación, se muestran las gráficas del ruido de fondo de cada uno de los soportes.

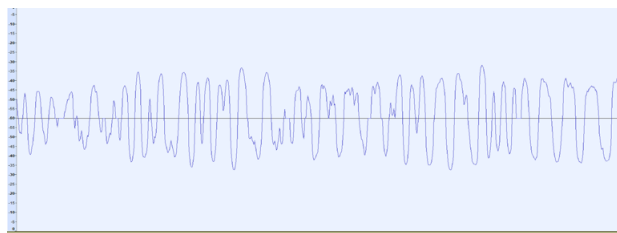
Noise floor del tocadiscos Technics:



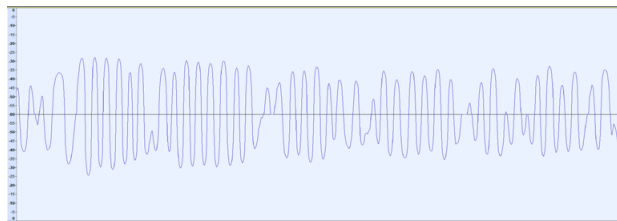
Noise floor del gramófono de bocina:



Noise floor del gramófono portátil:



Noise floor del gramófono Peter Pan:



ARTEFACTOS SONOROS

Es importante distinguir el significado que adquiere la palabra restauración cuando se trata de un objeto físico o del proceso de postproducción digital del archivo sonoro. Las operaciones que permiten trasladar los datos del dominio analógico al digital representan una mutación mediática del documento (Canazza y Orcalli, 2002). En este sentido, la digitalización conlleva la inevitable captura de artefactos sonoros. El principal artefacto es el craquelado, el cual se produce por el roce de la aguja con el surco. Una mala colocación y alineación de la aguja puede dar como resultado que esta no recoja toda la información almacenada en el surco y, en su lugar, reproduzca únicamente el ruido del rozamiento. La suciedad y algunas imperfecciones del surco pueden originar, además, saltos de la aguja y algunos clics. Para resolver estos problemas del archivo digitalizado existen diferentes procesos de software pero, ¿tiene sentido aplicar reducción de ruido?, ¿cómo podemos preservar las características de la grabación original?

La respuesta a la primera pregunta es sencilla: tiene sentido aplicar reducción de ruido siempre y cuando se preserve una copia de la grabación original. Es importante conocer el estado del disco y de cómo suena realmente tras el paso del tiempo, pero si lo que quiere el organismo digitalizador es escuchar los audios con mayor inteligibilidad, es necesario aplicar una reducción de ruido con software especializado de alto rendimiento.

Preservar las características de la grabación original plantea, a su vez, una serie de cuestiones de diversa índole. La primera es conocer con exactitud la velocidad de grabación original, ya que en la época

acústica e incluso eléctrica durante los años 30, los sellos discográficos no respetaban en muchas ocasiones el estándar de 78 RPM. Es importante un acercamiento musicológico que nos permita averiguar el tempo y tono de la obra e investigar sobre la dirección orquestal, la producción del disco, etc. El paso del tiempo y el propio roce de las agujas hace que los discos generen más ruido con cada reproducción, por lo que no podemos escuchar el disco tal y como era realmente en origen, salvo que esté intacto.

XI. CONCLUSIONES

La utilización del tocadiscos eléctrico para el proceso de digitalización se antoja algo más fidedigna que la captación microfónica de gramófonos originales, teniendo en cuenta que las agujas de acero y los diafragmas de los gramófonos de resorte no están preparados para reproducir el espectro de frecuencias que en algunos casos sí consiguieron grabar los micrófonos de la época, e incluso las propias bocinas de los gramófonos actuando a la inversa. Si se comparan las gráficas de los rangos frecuenciales que proporcionan Wilson y Webb en su estudio con las gráficas de respuesta en frecuencia de algunos modelos de micrófono de los años 30, se puede observar que los micrófonos permitían capturar un rango de frecuencias mayor que el que permitían reproducir los dispositivos, en su mayoría mecánicos. En definitiva, las grabaciones tenían mayor calidad que las posibilidades de reproducción del dispositivo. El tocadiscos eléctrico actual, empleando la aguja adecuada, permite la reproducción real de la información que había en el disco y ofrece un menor desgaste del soporte original. En este sentido, se podría hablar de una "digitalización históricamente informada" si pensamos en acercarnos lo máximo posible a la sonoridad real de los instrumentos y voces que han sido interpretados en el registro, siempre teniendo en cuenta la transformación sonora que produce la mediación tecnológica de la grabación. Esta escucha es más fiel al sonido original que se grabó, pero no se adecúa a la escucha del oyente de la época. Pero también es importante reivindicar el acercamiento sociológico que persigue la reconstrucción histórica de la escucha (Canazza y Casadei, 2006). En consecuencia, se podría hablar de una digitalización basada en una "escucha históricamente informada": aunque la digitalización de discos de gramófono a partir de la captación microfónica de la bocina nos proporciona una información más limitada a nivel frecuencial y dinámico, sí se aproxima en mayor medida a las características de la escucha de la época y, por lo tanto, adquiere un mayor valor musicológico para estudiar la recepción de esta música por parte del oyente.

XII. REFERENCIAS

- Arias Gómez, J. (1931). *El gramófono moderno. Manuales Callach*. Editorial Espasa-Calpe.
- Canazza, S. & Casadei, M. (2006) *Ri-Mediazione dei documenti sonori*. Forum.
- Canazza, S. & Orcalli, A. (2001). Preserving Musical Cultural Heritage at MIRAGE. *Journal of New Music Research*, 30(4), 363-374.
- Day, T. (2002). *Un siglo de música grabada: escuchar la historia de la música*. Alianza Editorial.
- Díaz-Empananza Almoguera, M. (2017). *De la estantería a la nube. La recuperación del patrimonio sonoro conservado en archivos y fonotecas*. Ediciones Boloña.
- Eargle, J. (1986). *Handbook Of recording Engineering*. Van Nostrand Reinhold.
- Froger, J. (1968). *La critique des textes et son automatisaton*. Dunod.
- Gronow, P. & Saunio, I. (1998). *An International History of the Recording Industry*. Editorial Casell.
- Pousser, H. (1976). *La musica elettronica*. Feltrinelli.
- Wilson, P. & Webb, G. W. (1929). *Modern Gramophones and Electrical Reproducers*. Casell and Company LTD.

Estilos y estéticas de los productores musicales en la era dorada de la industria discográfica de Medellín, 1960-1970

Carlos Andrés Caballero Parra

Facultad de Artes y Humanidades, Institución Universitaria ITM

Medellín, Colombia

carloscaballero@itm.edu.co

RESUMEN

La estética sonora de la música grabada en las principales casas discográficas de la ciudad de Medellín, especialmente del género tropical, tiene una alta influencia de quienes en ese entonces eran llamados “grabadores” y que generalmente cumplían funciones de orden técnico, sin embargo, su trabajo trascendía más allá del simple trabajo operario y se convertían en verdaderos productores musicales o discográficos, toda vez que su papel influía en el resultado estético sonoro de estas producciones. Veremos en este trabajo cómo los principales productores de este género lograron imponer un estilo característico que marcó una época del imaginario sonoro latinoamericano y que, además, permite identificar aspectos técnicos relevantes de cada disquera y agrupación musical que fue protagonista de esta era dorada de la industria discográfica en Colombia.

Palabras clave: estética sonora, industria discográfica, música tropical, producción musical, grabadores.

ABSTRACT

The sound aesthetics of the music recorded in the main record companies of the city of Medellín, especially of the tropical genre, have a high influence of those who at that time were called “recordists” and who generally fulfilled functions of a technical nature, however, their work transcended beyond simple operative work and they became true musical or record producers, since their role influenced the sound aesthetic result of these productions. We will see then in this work, how the main producers of this genre managed to impose a characteristic style that marked an era of the Latin American sound imaginary and that also allows us to identify the sound traces of each label and musical group that was the protagonist of this golden age of the industry. record label in Colombia.

Keywords: Sound aesthetics, record industry, tropical music, music production, recorders.

I. INTRODUCCIÓN

La música tropical grabada en la ciudad de Medellín entre las décadas de 1960 y 1970 marcó un imaginario sonoro en la cultura colombiana y gran parte de Latinoamérica; aun siendo Medellín una ciudad de carácter industrial y enclavada en los Andes colombianos, tuvo una congregación de migrantes de todas partes del país y, en especial, de artistas y músicos venidos de diferentes regiones, que llegaban a esta ciudad para tratar de ser parte de la que para entonces era la “meca” de la producción discográfica en Colombia, con sus principales sellos discográficos: Sonolux (1949), Silver (1949), Zeida/Codiscos¹ (1950), Discos Fuentes (1954)², Discos Ondina (1962) y Discos Victoria (1964).

El género musical específico del que trata este análisis es el denominado “chucu-chucu”, término onomatopéyico aplicado a la música tropical antioqueña surgida entre los años 60 y 70 del siglo XX (Parra, 2014, p. 37). En otras palabras, se trata del género tropical colombiano al estilo del llamado “sonido paisa” (Wade, 2000), que básicamente consistía en la interpretación de los géneros costeros de la costa Caribe colombiana, interpretados por una configuración instrumental derivada de las agrupaciones juveniles del rock de finales de la década de los 50 y que tuvo como

¹ El sello discográfico empezó sus funciones en 1950 como Zeida, sin embargo, posteriormente cambió su razón social a Codiscos, pero manteniendo la identidad del nombre Zeida en sus carátulas y etiquetas de sus producciones discográficas. Vale la pena mencionar que Zeida es un acrónimo invertido de las iniciales del fundador de la compañía don Alfredo Díez.

² Si bien Discos Fuentes había sido fundada en 1934 en la ciudad de Cartagena, apenas hasta 1954 es que llega a la ciudad de Medellín para instaurarse allí hasta nuestros días.

agrupación pionera a Los Teen Agers (1958)³, seguida de agrupaciones tales como Los Golden Boys (1962), Los Black Stars (1967), Los Hispanos (1967), Los Graduados (1969), Afrosound (1972) y El Combo de las Estrellas (1975), entre otras agrupaciones de menor trayectoria pero que también tuvieron cierta trascendencia, como Las Falcons, Los Claves, Los New Star Club y Los Éxitos.

Este análisis se soporta en una idea planteada por Gilbert Simondon que relaciona el arte y la técnica, denominada *tecnoestética*; el autor manifiesta que no bastaba solamente hablar sobre la estética de la tecnología, sino que era necesaria una síntesis interna, que consistía en modificar la concepción de la relación entre tecnología y estética, llamándolo precisamente de ese modo (Rodríguez, 2007). Al respecto de la fundamentación de la tecnoestética como análisis para el propósito específico de este trabajo, el filósofo Juan Diego Parra menciona que:

Su análisis no se circunscribe a la tradición teórica acerca del gusto y la belleza, sino que integra la idea de tecnicidad como fase modular en la producción de obras artísticas, dentro de un campo amplio de experiencia sensible, en la que imbrican el desarrollo ontogénico humano y la producción de sentido simbólico en la experiencia del mundo (2020, p. 121).

De tal forma que el relacionamiento entre la técnica y la estética hace parte de un proceso más extenso en términos técnicos y extendido en términos artísticos que no necesariamente obedece a las necesidades comerciales en las que se inscribe de manera natural, sino que, además, permite dilucidar una serie de experiencias derivadas de estos actos que logran experimentar la apreciación de un componente artístico importante, en la medida en que este ha sido trascendental para el imaginario sonoro de los colombianos.

Esta relación entre técnica, tecnología, estética y arte tiene, así mismo, otras implicaciones que vale la pena mencionar y que están relacionadas específicamente con nuestro tema de trabajo. Para ello debemos referenciar a autores como Susan Schmidt Horning, quien en su libro *Chasing Sound* (2013) hace énfasis en la influencia que el desarrollo de la tecnología ha tenido en el resultado estético de las producciones discográficas, en especial dentro del estudio de grabación como dispositivo de creación estética. Por otra parte, vale la pena mencionar el concepto que sobre la grabación tiene el musicólogo inglés, Simon Zagorsky-Thomas, cuando menciona que:

La historia de la música occidental ha creado una especie de mitología relacionada con el acto de creación artística como algo interno y cerebral, divorciado del concepto físico interpretativo de la música; en cambio, la música grabada, es decir, las producciones discográficas, permiten una forma de creación para la posteridad, precisamente por la relación entre la obra fijada y la audiencia, de tal forma que esa relación entre la composición como forma de abstracción individual de quien la hace y la interpretación de la obra empieza a equilibrarse (2014, p. 96).⁴

Con esta idea se pretende resaltar el papel que juegan, además de los intérpretes y artistas, aquellas personas que configuran ese espacio denominado estudio de grabación, como un dispositivo estético que permite la interacción entre quienes allí hacen las producciones musicales como esfuerzo colectivo, y que en términos de Burgess (2013) se entiende como una

(...) extensión tecnológica de la composición y la orquestación. Captura la plenitud de una de una composición, su orquestación y las intenciones interpretativas del compositor. En su precisión y capacidad inherente para capturar sutilezas culturales individuales, ambientales, tímbricas e interpretativas, junto con las de entonación, tiempo, intención y significado, es superior a la música escrita y de tradiciones orales (p. 5).

Y termina el autor mencionando que “la producción musical no es sólo una representación, sino también un arte en sí mismo” (p. 5), definición que finalmente se incorpora en el corpus referencial de este trabajo, además de sus conceptos y definiciones del “productor musical” en términos de tipologías funcionales.

Con estos conceptos se pretende, entonces, dar cuenta de un análisis de quienes también fueron los protagonistas en la era dorada de la industria discográfica en la ciudad de Medellín en las décadas de 1960 y 1970 y mencionar la importancia de su papel dentro de esta industria, que si bien ha sido reconocido, los trabajos académicos que den cuenta de ello son apenas escasos y lo poco que se encuentra no va más allá de una simple mención anecdótica o una relación con una obra artística del momento; por el contrario, en este texto se considera que su papel fue trascendental para el desarrollo de la industria y para el patrimonio sonoro y cultural de la música tropical colombiana.

II. METODOLOGÍA

En primer lugar, se realizará un análisis de cada agrupación, así como las disqueras a las que

³ Las fechas a las que se hace referencia corresponden a las primeras grabaciones de cada una de las agrupaciones.

⁴ Traducción sugerida por el autor.

pertenecieron, además de los productores y los grabadores, quienes estuvieron en las diferentes etapas de producción en cada una de estas producciones. Posteriormente, se presentará un análisis de escucha crítica que corresponde a cada uno de los equipos de trabajo creativo en cada disquera y agrupación teniendo en cuenta la tecnología de grabación y el estudio como dispositivo de creación artística, tanto desde lo acústico/espacial, como desde las consideraciones comerciales y particulares en cada sello disquero. Finalmente, se presenta un análisis de algunas obras grabadas por cada una de las disqueras en versiones que la industria llamaba “fusilajes” y que no son otra cosa que covers o reinterpretaciones musicales de una obra fijada (López-Cano, 2018).

A. LAS DISQUERAS Y SUS AGRUPACIONES DE MÚSICA TROPICAL

Si bien cada uno de los sellos discográficos más importantes de la ciudad tuvo sus agrupaciones del género conocido como “chucu-chucu”, este trabajo se enfocará tan solo en tres de ellos y en las agrupaciones que estuvieron asociadas, esto son: Zeida/Codiscos, Discos Fuentes y Sonolux.

Zeida y su incursión en la música juvenil

El primer sello discográfico en realizar grabaciones de este nuevo género o, al menos, sembrar la semilla estético-sonora del género fue Zeida/Codiscos en el año 1958, cuando grabó el primer álbum de la agrupación juvenil Los Teen Ageres, llamado con el mismo nombre de la agrupación *Los Teen Ageres (LDZ-2015)*; si bien el álbum estuvo cargado en su mayoría de sonoridades internacionales o ajenas a la música tropical, marcaría el inicio de toda una revolución sonora de grupos juveniles, quienes después de interpretar por un buen tiempo géneros internacionales, se mudarían a la música tropical. En el año 1959 publicaron el segundo álbum titulado *Teen Ageres Bar (LDZ-2028)*, en este trabajo presentaron un tema llamado Isla de San Andrés (B5), del pianista Aníbal Ángel, en el que ya se intuía un poco lo que sería el género tropical. De la misma manera, sucedieron otros dos álbumes hasta que, en 1961, fueron tentados por el sello Discos Fuentes, en un paso fugaz pero trascendental para el sonido de lo que sería el género tropical colombiano en manos de grupos juveniles; se trató del quinto álbum de la agrupación, titulado *Nuevos ritmos (ST FLP 0067)*, y que tuvo un aporte muy valioso de quien fuera el promotor más importante del género tropical colombiano en la década de los 60, don Antonio Fuentes. El álbum dista sustancialmente de los anteriores grabados en el sello de la familia Díez por varias razones, pero principalmente por dos;

la primera, de carácter técnico, la implementación del formato estereofónico, el cual no había sido adquirido aún por el sello Zeida, pues para el año 1961 apenas estaban terminando los estudios de grabación del barrio El Poblado, en el suroriente de la ciudad de Medellín, de tal forma que para los jóvenes intérpretes era toda una novedad poder grabar en el estudio más moderno de la ciudad y en un formato novedoso; en segundo lugar, la inclusión de músicos de sesión que apoyaran toda la interpretación de los géneros costeños o tropicales, lo que generó un verdadero cambio en la estética sonora de la agrupación. Claramente, aquí se ve reflejada la posición de la tecnoestética —cuando se juntan estas dos situaciones importantes— en la implementación de un sistema de tecnología avanzada para la época en la búsqueda de un género nuevo, que dio como resultado el primer álbum del género chucu-chucu, en el que se plasmaron géneros musicales costeños como cumbias, paseítos, porros y gaitas con instrumentación del rock and roll.

La agrupación regresó un año después a Zeida/Codiscos, cuando la compañía había inaugurado sus nuevos estudios, que ya contaban con tecnología de grabación estereofónica. Si bien Los Teen Ageres tuvieron integrantes muy destacados, vale la pena resaltar el trabajo del cantante Gustavo Quintero, quien daría identidad al género plasmando su forma de interpretación como punto de inflexión en el mismo. Junto a Quintero, quien apenas ingresó para el segundo álbum, se encuentran los pianistas, arreglistas y compositores, Aníbal Ángel —en los dos primeros álbumes— y Francisco Zapata —luego—, con similares características musicales. Ellos, cada uno en su momento, también aportó en la consolidación de lo que sería el género tropical colombiano en estas dos décadas. Los Teen Ageres continuaron produciendo discos, año tras año, hasta el año 1967 cuando definitivamente pasan al sello Discos Fuentes, pero con otro nombre: Los 8 de Colombia, esto a pesar de que el cantante muy rápidamente abandonó la agrupación por circunstancias relacionadas con las giras del grupo a nivel internacional, las cuales estuvieron cargadas de imprevistos, improvisaciones y múltiples engaños que desmotivaron al cantante, quien para el año 1963 ya había abandonado la agrupación para irse a probar suerte a la ciudad de Cali en temas ajenos a lo artístico. Es importante mencionar que estuvo a cargo del sonido de la agrupación el novel grabador Gabriel Alzate, quien tendría una brillante carrera en el sello de la orquídea rosada⁵.

⁵ El logo de la empresa Zeida, desde sus inicios, siempre fue una orquídea rosada, así como el de Discos Fuentes fue la Torre del Reloj de la ciudad de Cartagena.

La contrapropuesta del sello amarillo

La segunda agrupación del género tropical colombiano, como era de esperarse, salió de las entrañas de Discos Fuentes, precisamente un par de años después de que Los Teen Agers pasaran por sus estudios, la agrupación se llamó Los Golden Boys y tuvo como líder artístico al guitarrista y compositor Pedro Jairo Garcés. El primer trabajo discográfico de la agrupación se titula igual que la agrupación *Los Golden Boys (F.L.P.-0156)* y fue publicado el 15 de diciembre de 1963, en este álbum predominan los géneros costeños como gaitas y merengues, en combinación con pasodobles, twist y foxtrot. La agrupación grabó 11 álbumes hasta el año 1970 y tuvo un sin número de éxitos musicales que dieron paso a tener la guitarra eléctrica como protagonista, pues su guitarrista, Pedro Jairo Garcés, alcanzó a grabar algunos trabajos discográficos de música tropical para guitarra eléctrica en los que explora la sonoridad de este instrumento y las tecnologías de grabación que iban evolucionando hacia finales de la década de los años sesenta, hasta su intempestiva muerte a principios de la década de los setenta.

Estas producciones fueron dirigidas por don Antonio Fuentes en compañía de su hijo José María, quien había estudiado ingeniería en Estados Unidos y tenía al mando la dirección artística y técnica de la compañía, ambos acompañados por quien fuera uno de los más importantes grabadores y productores de la música tropical colombiana, Mario de Jesús Rincón Parra.

Sonolux y su propuesta tropical juvenil

La tercera agrupación del género tropical colombiano que aparece en el radar de la industria discográfica en la ciudad de Medellín entre las décadas de 1960 y 1970 se llamó Los Black Stars —que, como era de esperarse, fue la respuesta (tardía) de la gran compañía Sonolux (Industria Electrosonora de Colombia)—, quienes para el año 1968 graban el primer álbum titulado *Fiesta con Los Black Stars (LP 12-610)*. Esta agrupación contó entre sus integrantes, además de los hermanos Alfonso y Jairo Fernández como fundadores, al cantante costeño Gabriel Romero —quien dio un toque diferente al género tropical—, que juntos interpretaron uno de los grandes éxitos de la música tropical colombiana, llamado *La Piragua*, del maestro José Barros, canción que se encuentra en el álbum *A toda máquina Vol. IV (LP 12-730)* grabado en el año 1969. Con esta agrupación se integraría al género tropical uno de los más grandes arreglistas que tuvo esta música en todos sus tiempos, el maestro Luis Carlos Montoya, que empezaba así su gran carrera como arreglista y también compositor de temas de diferentes géneros.

Con Los Black Stars, además de los músicos y el arreglista Montoya, participan de manera crucial dos grabadores que venían desde hace ya unos años trabajando el género tropical, pero con las grandes orquestas, eran ellos Horacio López y Javier Yepes, que aparecen alternados en los créditos de los diferentes álbumes de la agrupación; incluso cuando se distanciaron discográficamente de la compañía y fundaron su propio sello, llamado Sello Negro, participaron en sesiones de grabación y corte del máster.

Con Los Black Stars sucedió algo interesante en términos discográficos y es que ellos, a diferencia de todas las demás agrupaciones del género tropical colombiano, pudieron ir a grabar un álbum a la cuna de la industria discográfica, Nueva York, allí grabaron en el año 1972 un álbum titulado *Arriba, Arriba (L.D.S.N. N.º. 75004)* bajo el sello Metròpoli-Sello Negro, el cual fue registrado en los estudios *Mastertone Recording Studios* del ingeniero Sidney Feldman, quien, a propósito, era gran amigo y conocido de don Antonio Fuentes. El álbum fue grabado por Richard Avilés y el corte del máster fue realizado por Javier Yepes.

En esta etapa de la agrupación, también contaron con el arreglista Luis Carlos Montoya, además de la participación de quien fuera uno de los más importantes compositores del género tropical en Colombia, Gildardo Montoya, compositor del género guasca o música parrandera igualmente.

Los Hispanos/Graduados

En 1967 nace, en términos discográficos, quizás la agrupación más importante de todo el entramado de la música tropical colombiana interpretada en este estilo musical llamado “chucuchucu”: Los Hispanos, la cual trazó una línea en la temática anglosajona de los nombres de las agrupaciones, pues el suyo hace una clara alusión a nuestra relación con el idioma español. Los Hispanos iniciaron toda una nueva estética sonora basada en la simplicidad de sus ritmos y el bajo preponderante, que los llevó a tener una gran popularidad.

Esta agrupación nace en el sello Zeida/Codiscos precisamente en el año en que Los Teen Agers abandonan definitivamente la disquera y se cambian el nombre para irse a Discos Fuentes. Si bien Los Hispanos habían realizado una grabación preliminar muy sencilla en alguno de los otros sellos discográficos de la ciudad, fue en Codiscos donde los animan a realizar esta nueva agrupación juvenil. De la mano de Gustavo Quintero y los hermanos Jiménez, este grupo inicia un periplo de grabaciones por las tres más grandes compañías de la ciudad en el lapso de tan sólo cinco años.

Las tres primeras producciones musicales de Los Hispanos tuvieron la participación de Gustavo Quintero como cantante, como arreglista a Jaime Uribe Espitia, como grabador a don Gabriel Alzate, en el corte estuvo John Escobar y en la dirección artística Humberto Moreno, configurando de esta forma un equipo de trabajo creativo que produjo los tres primeros álbumes de esta agrupación y que, luego de su división, pasó a Discos Fuentes en 1969.

En la primera etapa con Discos Fuentes — dado que después tendrían otra a finales de la década del setenta—, grabaron cinco álbumes, del año 1969 al año 1971, siendo el álbum titulado *De triunfo en triunfo (D-200607)*, lanzado en 1970, el que más éxitos de fin de año tuvo, entre los cuales se reconocen aproximadamente unos siete temas. Este álbum tuvo en la dirección artística a José María Fuentes y en la grabación y corte a Mario Rincón, única información técnica que se puede extraer de los formatos de fijación física, pues, a diferencia de Codiscos y Sonolux, era exigua la información que en este sentido exhibía Discos Fuentes en sus álbumes. Como dato importante en cuanto al tema artístico, se da la inclusión de una de las voces más importantes del género para la posteridad —junto a la de Gustavo Quintero—, el cantante Rodolfo Aicardi.

Luego de estos cinco álbumes con el sello amarillo, pasan a Sonolux, pero ya sin el cantante Rodolfo Aicardi, quien tenía un contrato de exclusividad con Discos Fuentes; en Sonolux graban otros seis álbumes entre 1971 y 1974, pero con muy poca trascendencia para la agrupación.

Como característica importante que la agrupación conservó a lo largo de su carrera, fue tener al inicio del nombre de sus álbumes, el artículo “El”, lo que se evidencia es los primeros 15 álbumes, desde el año 1967 hasta el año 1978, cuando finalmente regresan a Discos Fuentes para, de nuevo, cantar al lado de Rodolfo Aicardi.

Cuando en 1969, la mitad de los integrantes de la agrupación Los Hispanos entró en conflicto con la otra mitad, liderada por los hermanos Jiménez, quienes se fueron para Discos Fuentes y conservaron el nombre, en Codiscos se creó otra agrupación de la mano de su cantante Gustavo Quintero, llamado Los Graduados, que hizo su primer trabajo discográfico en el año 1969 titulado como el nombre de la agrupación *Los Graduados (LDZ-20403)*. Aun cuando conservaron a la mayoría del equipo de trabajo que había configurado la primera parte de Los Hispanos, en la dirección artística ya estaba Álvaro Arango, quien estuvo con ellos en los 12 primeros trabajos discográficos hasta el año 1975. Como dato interesante, el grabador siempre fue don Gabriel Alzate y los arreglos musicales

los hacían entre Jaime Uribe y otra de las figuras importantes para la música tropical colombiana, el productor y arreglista Enrique “Kike” Aguilar.

El latin soul, los sonidos africanos y peruanos

En el año 1973 nace en la compañía Discos Fuentes otra agrupación creada por esta disquera para afrontar el embate de los géneros de cumbia chicha provenientes del Perú, llamada Afrosound, que, aunque había empezado en 1972 con un sencillo publicado en *Los 14 Cañonazos Bailables Vol. 12*, fue en 1973 cuando publicó su primer sencillo, *La danza de los mirlos*, para luego dar paso al álbum del mismo nombre. Esta agrupación era un ensamble de sesión para hacer música de catálogo y estaba conformada por músicos que hacían parte de la compañía como músicos de sesión, quienes además tenían otros proyectos como Fruko y sus tesos, Wanda Kenya y Los Ídolos, entre otros. La principal característica de Afrosound, además de ser una agrupación especialmente de covers y adaptaciones de éxitos, era la guitarra como instrumento protagonista y solista en manos de Mariano Sepúlveda. En estas producciones discográficas participaron personajes como Julio Ernesto Estrada “Fruko”, en la dirección, Mario Rincón, en la grabación y producción, y Javier García, quien era promotor de la compañía y luego director internacional.

Colombia vs. Venezuela

Finalmente, se encuentra una agrupación creada en 1975 por el sello Zeida/Codiscos con un propósito muy similar al de Afrosound en Discos Fuentes, llamada El Combo de las Estrellas, y que nace con un interés particular en hacerle frente comercial a las producciones de música tropical venidas de Venezuela con artistas como Emir Boscán, Nelson Henríquez y Pastor López, en un formato resumido de orquesta tropical pero con tan solo dos trompetas, llamado comúnmente “sonora”. Esta agrupación contó con la participación artística en los arreglos musicales de Enrique Aguilar, la grabación de Gabriel Alzate, la dirección de Álvaro Arango y don Rafael Mejía, las composiciones de Gildardo Montoya y, como dato interesante, el cantante fue Jairo Mercado, conocido como Jairo Paternina y quien pasó de ser el bajista de Los Graduados a ser el cantante principal de esta nueva agrupación.

En las Tablas 1-6 podemos apreciar un resumen de lo antes expuesto, en donde se encuentran las casas disqueras, los productores, los artistas y los grabadores para cada agrupación.

TABLA I
LOS TEEN AGERS

Años	Sello	Producción y dirección	Grabación y corte
1958-1960	Zeida Codiscos	Aníbal Ángel Francisco Zapata	Gabriel Alzate
1961	Discos Fuentes	Antonio Fuentes	José María Fuentes Jaime Rincón
1962-1967	Zeida Codiscos	Francisco Zapata Enrique Aguilar	Gabriel Alzate

TABLA II
LOS GOLDEN BOYS

Años	Sello	Producción y dirección	Grabación y corte
1963-1970	Discos Fuentes	Antonio Fuentes José María Fuentes	Mario Rincón José María Fuentes

TABLA III
LOS BLACK STARS

Años	Sello	Producción y dirección	Grabación y corte
Los Black Stars 1968-1971	Sonolux	Luis Carlos Montoya Coordinación: Hugo Hernández Pérez	Javier Yepes Yepes Carlos Horacio López R.
Los Black Stars 1971-1973	Sello Negro	Luis Carlos Montoya Edmundo Arias Agustín Martínez Enrique Aguilar	Javier Yepes Yepes Carlos Horacio López R. Richard Avilés

TABLA IV
LOS HISPANOS

Años	Sello	Producción y dirección	Grabación y corte
Los Hispanos 1967-1968	Zeida Codiscos	Enrique Aguilar Jaime Uribe Dirección artística: Humberto Moreno Álvaro Arango Guillermo Díez	Gabriel Alzate John Escobar (corte)
Los Hispanos 1969-1971	Discos Fuentes	Guillermo y Jairo Jiménez Alcibiades Castrillón	Mario Rincón (grabación y corte) John Escobar (corte)

Años	Sello	Producción y dirección	Grabación y corte
Los Hispanos 1971-1974	Sonolux	Jairo Jiménez Luis Carlos Montoya Hernán Restrepo Duque (dirección artística)	Javier Yepes Yepes Carlos Horacio López R.
Los Hispanos 1978-1980	Discos Fuentes	José Rivero Cepeda Enrique Aguilar Luis Carlos Montoya Agustín "Conde" Martínez Hernán Pabón Dirección artística: José María Fuentes	Pedro Muriel (grabación) Corte: Mario Rincón Oscar Valencia

TABLA V
LOS GRADUADOS

Años	Sello	Producción y dirección	Grabación y corte
Los Graduados 1969-1975	Zeida Codiscos	Enrique Aguilar Jaime Uribe Laureano Gómez Diego del Real Dirección artística: Álvaro Arango Rafael Mejía Gildardo Montoya	Gabriel Alzate (grabación) Corte: Ernesto Arango John Escobar

TABLA VI
AFRO SOUND

Años	Sello	Producción y dirección	Grabación y corte
1973-1979	Discos Fuentes	Julio E Estrada Mario Rincón Javier García	Mario Rincón (grabación y corte) David López (corte)

TABLA VII
EL COMBO DE LAS ESTRELLAS

Años	Sello	Producción y dirección	Grabación y corte
1975-1979	Zeida Codiscos	Enrique Aguilar Diego del Real Dirección artística: Álvaro Arango Rafael Mejía Gildardo Montoya	Gabriel Alzate (grabación) Corte: John Escobar

B. EL ESTUDIO, LA TECNOLOGÍA Y SUS PROTAGONISTAS

Cada uno de los sellos discográficos tenía su propio estudio de grabación, este cumplía una función de carácter técnico, pero, además, una de tipo estético, teniendo en cuenta el concepto de estudio de grabación como aparato de creación estético sonora. Es así como en el transcurrir de las décadas de los años 50 a 60, las tres principales discográficas de la ciudad de Medellín tuvieron una renovación que dio paso a tres grandes estudios de grabación, aunque en la ciudad había otros con características propias acorde a su tamaño; si fue cierto que los estudios de Sonolux, Codiscos y Discos Fuentes fueron los más grandes e importantes, también lo fueron el de Discos Victoria y el de Ondina Venus, en ese mismo orden en tamaño. Cada estudio tenía sus particularidades, sin embargo, elementos como los difusores policilíndricos, las cortinas, los aparatos de separación acústica, los techos altos y los pisos de material blando fueron una constante en cada uno de ellos. El estudio llamado "Luis Uribe Bueno", de la compañía Sonolux, tenía su cabina de control en un segundo piso al cual se accedía por unas escaleras en caracol, los techos eran verdaderamente altos y además de separadores grandes tenía la posibilidad de ubicar agrupaciones orquestales en diferentes alturas de acuerdo a los grupos de instrumentos, utilizando tarimas en madera para tal fin. El estudio de Codiscos, que en tamaño era muy similar al de Sonolux, no presentaba algún tipo de característica especial, más allá de contar con un espacio amplio para la ejecución de formatos musicales de gran envergadura. Y Discos Fuentes, que si bien tenía el más pequeño de los tres, fue de los primeros en adoptar la tecnología de grabación y prensado en formato estereofónico.

En cuanto a la tecnología, los tres tenían ciertas particularidades a inicios de la década de los años 60, sin embargo, en lo que sí coincidían era en las grabadoras y los micrófonos, pues todos adquirieron las marcas más importantes del momento; las grabadoras de cinta y preamplificadores eran Ampex, de uno hasta cuatro canales, al igual que los micrófonos, pues todos tenían los RCA de cinta, el Neumann U67 y el Telefunken U47, entre otros. Ahora bien, para el caso de las consolas, estas sí fueron diferentes en cada caso: Sonolux contaba con una grabadora alemana, Codiscos tenía la tradicional Altec-Lansing y Discos Fuentes tenía una consola ensamblada por el ingeniero Sidney Feldman de los estudios *Mastertone* de la ciudad de Nueva York.

Algo en lo que también coincidían era en el torno, pues todas las disqueras, a partir de la implementación del formato estereofónico,

contaban con la cortadora Scully con cabezal Westrex (tan solo Ondina tenía un torno de corte diferente y nunca cambió sus cabezales al formato estéreo, le decían en su momento "la araña"). Un dato no menor relacionado con el uso de nuevos formatos en las tecnologías de consumo comercial es su implementación y estabilización en el mercado que, para el caso de la transición de monofónico a estereofónico, tardaría más de 10 años en implementarse; incluso en el mercado anglosajón, a finales de la década del sesenta seguían haciendo observaciones técnicas a los formatos de "estéreo compatible", que no era más que una técnica de corte especial que se apropiaba incluso de técnicas de ubicación de micrófono para ayudar a la transición de escuchar un disco cortado en ese sistema pero reproducido en un aparato monofónico, lo que llevaba a la degradación del audio si este no recibía la atención desde la grabación hasta la técnica de corte.

Asimismo, a las diferencias tecnológicas que daban cuenta del carácter sónico de cada compañía discográfica, se le sumaba otra variable, que era la de los grabadores, o como se les llamaba en el mundo anglosajón, los *recording engineering*, expresión que curiosamente fue usada por las disqueras de la ciudad en su traducción literal "ingenieros de grabación"; también usaron ingeniero de sonido o ingeniero de audio, sin embargo, los *recordist* o grabadores de la década dorada de la discográfica en Medellín eran preparados de manera empírica por quienes habían sido sus maestros, mentores y, al mismo tiempo, jefes, como fue el caso de Mario Rincón al lado de Toño Fuentes y José María Fuentes —quienes habían aprendido el arte de la grabación en la ciudad de Nueva York—, y de Gabriel Alzate en Zeida/Codiscos —quien se ve en su juventud al lado de uno de los hermanos Díaz aprendiendo las técnicas de grabación—. Por otro lado, estaban los grabadores de Sonolux, Javier Yepes y Horacio López, a quienes también ponían como ingenieros en las contra carátulas.

Estos personajes, al igual que los arreglistas, directores artísticos e intérpretes, eran los encargados de darle línea estética a las grabaciones de la música tropical en Colombia, de allí la importancia y relevancia de su trabajo para la fundamentación de este trabajo, pues a partir del uso de las técnicas en el posicionamiento de micrófonos, el uso creativo de consolas y grabadoras, y una apropiación extendida de la técnica de corte, propiciaron lo que podría llamarse la huella sonora de cada uno de ellos y sus disqueras.

Varios aspectos se deben tener en cuenta para este análisis, sin embargo, para el caso de este trabajo el énfasis recaerá en la distribución espacial

de las agrupaciones realizada por cada uno de los grabadores de cada compañía, tanto en el proceso de grabación, como en la implementación de los procesadores espaciales y la distribución en la imagen estereofónica en relación a la preponderancia sonora. Para este caso, se realizaron escuchas críticas a todas las producciones discográficas o álbumes de las agrupaciones juveniles de música tropical en Colombia producidas en la ciudad de Medellín, antes mencionadas, a partir de lo cual se presenta una caracterización estética de cada uno de los grabadores que desempeñaban este papel.

Es así, entonces, que para hacerlo era necesario equiparar todos los formatos y formas de escucha, de allí que se realizó una curaduría de las grabaciones y se seleccionaron todas aquellas que estaban en formato de larga duración estereofónico; por tanto, los discos anteriores a la era de la estereofonía no fueron tenidos en cuenta, más allá de su análisis de musical y no tanto desde la estética sonora. Esto dio un punto de partida, que fue el álbum *Nuevos ritmos*, de la agrupación Los Teen Agers, del año 1961, grabado bajo el sello Discos Fuentes, a partir de allí se ajustaron los equipos de reproducción para que la escucha tuviera las mismas características.

Esta escucha tuvo como resultado la caracterización de cada uno de los equipos de trabajo de acuerdo a la disquera y a la agrupación grabada, es así como el comportamiento estético de la presentación de cada uno de ellos difería de manera importante en relación con los demás. Para el caso de Sonolux y sus dos grabadores, Horacio López y Javier Yepes, este comportamiento estético en el uso de la mezcla daba cuenta de un estilo conservador, propiciado gracias a que estos venían de grabar a las más grandes agrupaciones orquestales de música tropical del país, como fueron las de Lucho Bermúdez, Pacho Galán, Edmundo Arias, la Orquesta Sonolux y la orquesta Italian Jazz. Esto se vio reflejado en la formalidad de la presentación de las mezclas de la agrupación Los Black Stars, quienes, incluso, una vez salen de la disquera siguen usando los servicios técnicos y estéticos de estos dos personajes, especialmente para el prensado de sus discos.

En el caso de Discos Fuentes, se pueden identificar varios nombres a lo largo de estos años; en primer lugar, Antonio Fuentes, en compañía de Jaime Rincón, luego sería Mario Rincón al lado de don Antonio y después al lado de José María Fuentes, quienes tuvieron la responsabilidad técnica, estética y comercial de darle carácter a estas grabaciones. De ellos se reconoce una etapa tranquila y austera en el uso de la tecnología y la ubicación en mezcla de las primeras agrupaciones, como fueron Los Teen

Agers en 1961 y Los Golden Boys a partir del 63, pero el cambio significativo se logró con las agrupaciones Los Hispanos, entre 1969-1971, y Afrosound, a partir de 1973. Esta participación, a diferencia del estilo conservador de la propuesta de los grabadores de Sonolux, tenía diferencias conceptuales y aleatorias, quizás debidas a la misma época de grandes convulsiones políticas y sociales (finales de la década del 60) o simplemente por el hecho de buscar y hacer propuestas nuevas. Con Los Hispanos, en su primera producción titulada *De Nuevo (D-200517)*, pareciera simplemente que abrieron los micrófonos, los canales de la consola y se fueron a la grabadora así tal cual, en realidad, la esquizofrenia sonora de esa primera grabación lindaba los albores de la imposibilidad de escucha e inteligibilidad, pues presentaba una escenificación muy particular, con la mayoría de los instrumentos alejados del cantante, un balance poco apropiado, con un bajo que en ocasiones salía por delante del cantante —quien, a propósito, se le sentía forzado al ser obligado a imitar a la primera versión vocal de esta agrupación en el sello Codiscos—. Pero desde esta producción, que tuvo éxitos musicales importantes, a las demás, el cambio fue significativo en términos sonoros, así como también de resultados comerciales, siendo el álbum *De triunfo en triunfo (D-200607)*, grabado por Mario Rincón y dirigido por José María Fuentes, uno de los más exitosos en la industria discográfica de Colombia, pues casi la mitad de sus canciones fueron grandes éxitos comerciales.

De este equipo de trabajo se desprende otro con diferentes alcances estéticos y sonoros, como fue Afrosound, cuyos protagonistas estaban dedicados a la generación de contenido musical como músicos de sesión de la compañía de diferente índole, desde salsa, pasando por música africana, baladas y, por supuesto, una versión colombiana de la cumbia chicha peruana. Con esta agrupación tuvieron la oportunidad de explorar estilos sonoros a partir de la búsqueda de efectos para la guitarra —con el uso excesivo del *delay*, la reverberación y el *wah-wah*—, esto, en combinación los sonidos de los órganos, en especial, el teclado Yamaha Electone X-42 —con el cual hicieron una serie de sonidos que acompañaban la crudeza y particularidad interpretativa de la guitarra eléctrica de Mariano Sepúlveda—, junto a una percusión sencilla y ajustada al lado de un potente bajo interpretado con el sonido la guitarra eléctrica bajo sexto, Fender Bass VI. Esta agrupación, sin duda, marcó un sonido muy particular en el devenir de la industria discográfica, especialmente para el género tropical colombiano.

El caso del grabador Gabriel Alzate para el sello Zeida/Codiscos es bien interesante, pues se encontraba en un punto intermedio entre la propuesta conservadora de los grabadores de

Sonolux y el estilo innovador de Mario Rincón en Discos Fuentes; lo del señor Gabriel Alzate era un tejido elaborado a punta de disciplina y constancia, pues desde el primer álbum hasta el último que grabó, primero con Los Hispanos y luego con Los Graduados, conserva una continuidad y un hilo estético que permiten identificar, como en ningún otro, la huella sonora particular de este importante personaje de la industria discográfica colombiana —algo que continuaría con la agrupación El Combo de las Estrellas, al menos en la primera parte de la agrupación en la década de los setenta—.

C. LOS FUSILAJES Y LA HUELLA SONORA

El término “fusilaje” es usado por la industria discográfica para denominar las grabaciones realizadas de un tema o fonograma ya existente y que sean tan parecidas que se confundan con la original, entendiéndose por original aquella que fue lanzada primero o antes que cualquier otra versión en el tiempo; también se le puede denominar “cover” o versión, como lo menciona López-Cano:

En términos generales y desde la perspectiva de la relación estructural que se establece entre la versión de referencia y la versión actualizada, existen tres tipos fundamentales de versiones (Butler 2010, 47): 1) la versión que pretende ser lo más parecida a la base o versión de referencia; 2) la que lo transforma en mayor o menor medida, habitualmente para adaptarlo al estilo del o la cantante o banda que hace la versión y 3) la que manipula tan profundamente la estructura básica de la referencia que la nueva versión pugna por convertirse en un tema independiente o paralelo (2018, p. 2018).

De estas definiciones de “versión” es la primera la que más se ajusta al término “fusilaje”, usado por la industria discográfica en la ciudad de Medellín, sin embargo, el propósito no es hacer una copia fiel al tema original, que de acuerdo a López-Cano también se le puede denominar *réplica*, *imitación*, *copia*, *reduplicación*, *ejecución* o *cover* —citando este, a su vez, a autores como Lacasse, Mosser o Griffiths—.

Este uso de los “fusilajes” tenía un propósito netamente comercial y se basaba principalmente en la realización de una obra que ya estuviera grabada y que hubiera sido un éxito comercial, de tal forma que no fuera la única versión en el mercado de los vinilos y de los compilados musicales de fin de año, así que el consumidor podía confundirse y adquirir el éxito musical de fin de año pero en una versión que no era necesariamente la original o la que escucharon en la radio. Todos los sellos discográficos en la ciudad realizaron esta práctica, sin embargo, quienes perfeccionaron el estilo fueron los productores y directores artísticos de Discos Fuentes, que incluso imponían éxitos fusilados en nuestro país, antes

de que llegara el original, como fue el caso de la agrupación Afrosound y su éxito *La danza de los Mirlos*, que llegó a ser más reconocido en Colombia que el tema original de Gilberto Reátegui grabado por la agrupación Los Mirlos en 1972. En este caso, tuvo mucha influencia en la industria discográfica el papel del promotor artístico, comercial o discográfico, quien era una especie de cónsul de la disquera tanto en emisoras locales o nacionales como en la industria internacional, para la búsqueda de sellos discográficos con quienes hacer alianzas o simplemente en la búsqueda de música ya grabada que pudiera ser versionada por la industria local, como fue el caso particular de Javier García en la compañía Discos Fuentes y los éxitos musicales de Afrosound, Rodolfo Aicardi y otros artistas de la compañía entre las décadas del 70 y el 80.

Otro interesante fenómeno que estuvo influenciado estéticamente por la realización constante de *fusilajes* fue el de los álbumes compilados de fin de año, que reunían los éxitos más sonados en la radio durante todo el año para ser lanzados en un larga duración para la época de las festividades navideñas. El primero de ellos fue *14 Cañonazos Bailables* de la compañía Discos Fuentes, lanzado en 1961; posterior a este fue Codiscos con *Discos del Año*, lanzado en 1969; luego, en 1975, aparecería *Lo Mejor del Año* de Discos Victoria; Sonolux lo hizo apenas en 1980.

Fueron múltiples los *fusilajes* que se encuentran en cada una de estas producciones, una vez se encuentran más de un compilado de fin de año en el mercado. En el año 1969, cuando salen al mismo tiempo el de Discos Fuentes y el de Codiscos, traen en común un tema que además tenía una condición particular, pues era interpretado por Los Hispanos en Discos Fuentes y por Los Graduados en Codiscos, teniendo en cuenta que ese mismo año surgió una importante discrepancia artística y comercial que incluso trascendió a los medios masivos de comunicación por medio de cartas que iban y venían en la prensa local. Las dos agrupaciones pusieron en el compilado de fin de año en sus respectivos sellos disqueros, el tema *Así empezaron papá y mamá*, del compositor Ángel Luis García; las dos versiones tienen arreglos muy similares, incluso la misma tonalidad, sin embargo, la versión de Discos Fuentes es más rápida que la de Codiscos, pero donde sí se diferencian sustancialmente es en la propuesta estético sonora. La versión que mezcló Gabriel Alzate en Codiscos aparece más balanceada en términos de la imagen estéreo, así como también en el balance tonal y dinámico de los instrumentos, mientras que la versión que mezcló Mario Rincón en Discos Fuentes aparece con una imagen estéreo bastante precaria, pues al centro de la misma solamente

estaba el bajo, el cantante y los coros, que si bien pasa desapercibido en las secciones de estrofas y coros, no es así en las partes instrumentales, que suenan con un bajo predominante al centro y los demás instrumentos regados en la imagen estéreo de manera extrema.

Otro interesante ejemplo sucede cuando en el año 1975 se une el sello Discos Victoria a la propuesta de compilados de fin de año. Entre los diferentes *fusilajes* que hubo ese año reunidos en los tres compilados, llama la atención el tema del compositor y guitarrista peruano Enrique Delgado, llamado *Caminito Serrano*, cuyo fonograma original fue publicado en Colombia por el sello Discos Victoria en el compilado *Lo mejor del Año*. Mientras los otros dos sellos publicaron versiones con algunas similitudes, es especial la versión de Afrosound en Discos Fuentes, que conservó la morfología y tonalidad del tema pero cambió sustancialmente la estética sonora, pues tenían el aparato sonoro no solo del estudio de grabación como espacio, su tecnología, sino del equipo de creación, conformado por los mismos músicos de sesión que grababan salsa, baladas y otros géneros; además del montaje de la mezcla realizado por Mario Rincón, quien para ese momento contaba en los estudios con la consola Electrodyne, de la cual menciona: "Ese año grabamos El Preso de Fruko y fue después del viaje a Nueva York (...) El mejor sonido que ha tenido Fuentes, era de 12 entradas... el mejor sonido que yo saqué en Discos Fuentes fue con esa consola..." (Comunicación personal, Medellín, 22 de febrero de 2018).

La otra versión grabada en Codiscos fue realizada por una agrupación de catálogo denominada La Patrulla, esta versión es muy diferente en términos musicales y sonoros, pues no solo cambia la morfología del tema sino también la tonalidad.

Esta práctica de los *fusilajes* se realiza aún en la actualidad, aunque con menos frecuencia que en esa época, pues la inmediatez de las redes y de las plataformas digitales permite, de una forma u otra, identificar, al menos en el tiempo, qué temas suceden primero que otros.

III. CONCLUSIONES

El análisis de las obras publicadas por las tres principales casas discográficas de la ciudad de Medellín para la época de estudio, correspondientes a los conjuntos juveniles del género tropical colombiano, permiten identificar una serie de elementos recurrentes relacionados con el entramado del negocio de la música popular, sin embargo, esto visibiliza prácticas que dan cuenta del

devenir artístico en cada uno de ellas, lo que al final se ve reflejado en la concepción del público u oyente final, haciendo parte del imaginario sonoro de la cultura inmaterial de la música colombiana.

Las principales agrupaciones o conjuntos musicales de este género se caracterizaron principalmente por su intención de performance, más allá de las posibilidades que la misma agrupación tuviera en su desempeño discográfico; si bien la mayoría, a excepción de Afrosound y quizás El Combo de las Estrellas, tenían un pensamiento enfocado en la venta de sus agrupaciones en presentaciones públicas, el álbum se convertía en una carta de presentación necesaria tanto para las emisoras como para la comercialización de discos, lo que constituye a las grabaciones en un elemento inherente a cada una de ellas. Fueron realmente pocas las veces que las grabaciones se distanciaban de las versiones que interpretaban en sus presentaciones, siendo quizás el caso de Los Teen Agers en 1961 y la música de Afrosound las excepciones, pues sus propuestas giraron principalmente alrededor del concepto discográfico, sin importar las necesidades que la agrupación fuera a tener en vivo para emular aquello hecho en estudio (algo muy similar a los últimos álbumes grabados por Los Beatles).

Varios nombres de productores y grabadores se repiten a lo largo de este análisis, pero vale la pena mencionar el caso del productor y arreglista barranquillero Enrique Aguilar, quien aparece en la mayoría de las producciones de estos grupos, ya sea como arreglista, productor o director artístico. Se puede afirmar que este fenómeno artístico trascendió las necesidades comerciales de las cuatro disqueras para las cuales tuvo la oportunidad de hacer arreglos, pues si bien aparece de manera definitiva en la década de los años 70 en el sello Zeida, sus participaciones como arreglista en los demás sellos fueron muy reconocidas, convirtiéndose en uno de los nombres a resaltar cuando se trate del género tropical colombiano, al igual que los de Lucho Bermúdez, León Cardona, Luis Uribe Bueno, Edmundo Arias y Juancho Vargas.

El factor estético-sonoro permite marcar los puntos de encuentro musical entre las diferentes agrupaciones, los cuales son evidentes a nivel musical toda vez que las agrupaciones tuvieron configuraciones instrumentales similares, algunas veces compartían arreglistas y hasta compositores; pero fue precisamente en la intervención del arte de la grabación en manos de los grabadores de cada sello discográfico donde se dotó de personalidad la producción y se permitieron trazar los surcos que dejaron las huellas sonoras de cada uno de ellos. Esto permite identificar cada sello con sus particularidades, pues no es lo mismo escuchar a

Los Teen Agers de Zeida que a los de Discos Fuentes, las diferencias estéticas se integran al sonido propio de cada sello, a sus equipos tecnológicos – al mejor estilo de Simondón–, y a quienes eran los protagonistas, incluso en el caso de Enrique Aguilar que producía la misma agrupación en diferentes disqueras, pero con resultados disímiles. Pero el caso emblemático resultó en la exitosa agrupación Los Hispanos, que cambia su estética sonora en la medida que trasiegan por todas las grandes disqueras de la ciudad de Medellín.

Finalmente, la industria discográfica nos entrega otro interesante término para denominar a los ya conocidos *covers* o *versiones*, se trata de los *fusilajes*, que para entenderlos mejor sería necesario vivir en una época en la que la única forma de obtener y escuchar música fuera por medio de la compra de cualquier soporte físico –vinilo y casete–, y, por supuesto, en la que fuera necesario esperar a que la versión que se adquirió fuese precisamente aquella que la radio promocionó durante el último año. Esta práctica aún se hace, pues a pesar de los alcances y la democratización en la distribución musical a nivel mundial, el negocio de la música sigue produciendo ganancias ya no solo en la comercialización, sino también en la representación de artistas, negocio en el que vienen incursionando las disqueras de la ciudad de Medellín de manera tímida pero segura.

IV. AGRADECIMIENTOS

A Tony Peñarredonda, por su apoyo para consultar el material y archivo de Discos Fuentes, así como también a Ángel Villanueva.

A Juan Escobar, por facilitar la revisión del archivo de Codiscos.

A Mario Rincón, Javier García (QDP) y Hernán Darío Usquiano, por sus entrevistas.

V. REFERENCIAS

- Burgess, R. J. (2013). *The Art of Music Production. The Theory and Practice*. Oxford University Press.
- López-Cano, R. (2018). *Música dispersa. Apropiación, influencias, robos y remix en la era de la escucha digital*. Musikeon Books.
- Parra Valencia, J. D. (2014). *Arqueología del chucuchucu: La revolución sonora tropical urbana antioqueña. Medellín, años 60 y 70*. Fondo Editorial ITM.
- _____. (2020). Formas técnicas de la sensibilidad y la imaginación adaptativa. En L. M. Gil Congote (Ed.), *Individuación, tecnología y formación. Simondón en debate* (pp. 121-132). Aula de Humanidades SAS.
- Peláez, O., & Jaramillo, F. (1996). *Colombia musical. Una historia, una empresa*. Discos Fuentes.
- Rodríguez, P. (2007). *Gilbert Simondon. El modo de existencia de los objetos técnicos* [Reseña]. *Redes*, 13(26), 277-289. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/540>
- Schmidt Horning, S. (2013). *Chasing Sound. Technology, Culture & the Art of Studio Recording from Edison to the LP*. Johns Hopkins University Press.
- Wade, P. (2002). *Música, raza y nación: música tropical en Colombia*. Chicago University Press.
- Zagorsky-Thomas, S. (2014). *The Musicology of Record Production*. Cambridge University Press.



CAPÍTULO II.

RELACIONES INTERMODALES ENTRE LA TECNOLOGÍA Y EL ARTE.

LA INVESTIGACIÓN
CREACIÓN Y SUS
POSIBILIDADES
DE INTERVENCIÓN
INTERDISCIPLINAR

Interdisciplinariedad y producción musical en “Picto-Sonido: colores sonoros interactivos” de Juan Pablo Manquián¹

Luis Pérez-Valero

Escuela de Artes Sonoras, Universidad de las Artes

Guayaquil, Ecuador

luis.perez@uartes.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo expone los recursos técnicos y estéticos de “Picto-Sonido: colores sonoros interactivos”, del artista chileno Juan Pablo Manquián. Se explica la interrelación entre tecnologías digitales del audio y de las artes visuales, de cómo ambas disciplinas confluyen en la elaboración de una obra interdisciplinar cuyo centro de atención fue la exploración de los colores a partir del audio. Se exponen los aspectos técnicos de la instalación, así como la exploración estética y tecnológica del artista. Entre los principales resultados destacan la importancia del audio en instalaciones y el creciente interés por parte de estudiantes de producción musical en la realización de trabajos artísticos de este tipo.

Palabras clave: audio y artes visuales, interdisciplinariedad artística, instalación sonora.

ABSTRACT

This paper explores the technical and aesthetic resources of the work “Picto-Sound: interactive sound colors”, by the Chilean artist Juan Pablo Manquián. To this end, the interrelation between digital audio technologies and the visual arts that converge in the elaboration of an interdisciplinary work, whose central axis was the exploration of colors from audio, is explained. Technical aspects of the installation are explained, as well as the aesthetic and technological exploration of the artist. Among the main results, the importance of audio in installations and the growing interest on the part of music production students in carrying out artistic works of this type stand out.

Keywords: audio and visual arts, artistic interdisciplinarity, sound installations.

I. INTRODUCCIÓN

“Picto-Sonido: colores sonoros interactivos” es una instalación de Juan Pablo Manquián, artista chileno residenciado en Guayaquil. Creada como trabajo de titulación en la Licenciatura en Producción Musical y Sonora de la Universidad de las Artes (UArtes), la obra es el reflejo de una generación de productores musicales que han concentrado sus esfuerzos en áreas emergentes fuera del estudio de grabación, desinteresados en la circulación industrial tradicional de sus propuestas artísticas (Cheung Ruiz y Pérez-Valero, 2020). Al respecto, la obra de Manquián parte del rol del quehacer del productor musical bajo el devenir tecnológico de los últimos años. Se establece un diálogo entre la tecnología del audio y las artes que permite diseccionar las nuevas rutas que la producción musical está tomando dentro de la academia.

Instalaciones interdisciplinares son posibles porque la malla curricular de la carrera de Producción Musical de la Universidad de las Artes está organizada para que, a lo largo de toda la vida académica, los estudiantes realicen un cruce transversal con otras disciplinas artísticas, entre las cuales, el cine y las artes visuales poseen un componente significativo. De esta manera, la interrelación entre artes y tecnología se aprecia a lo largo de los últimos trabajos realizados por estudiantes de estas carreras (González, 2021; Suriaga, 2021).

El trabajo de Manquián consistió en la elaboración de un proyecto que parte del sonido hacia el color a través del audio. Para ello, el artista tomó como punto de partida la interactividad con el público. En este sentido, la obra no es una propuesta artística con tecnología; por el contrario, el público se configuraba como parte del objeto artístico y

¹ Este capítulo forma parte del proyecto “(Inter)subjetividades y (de)construcción sonora. Estudios sobre síntesis, acústica y la musicología de la grabación y la performance” (Código: VPIA-2023-15-PI), adscrito al Grupo de Investigación S/Z de la Universidad de las Artes, Guayaquil.

formaba parte del juego de construir la obra. La interacción de los espectadores se logró a partir del uso de controladores de reconocimiento facial, como Face OSC; de esta manera, los gestos faciales activan sonidos y efectos sencillos que estaban previamente programados, como *reverb*, *chorus* o *delay*.

Algunos antecedentes pertinentes a nivel tecnológico, auditivo y artístico, se hayan en la propuesta de la cantante holográfica Hatsune Miku, que ha conformado una interesante línea de investigación a partir de la simbiosis entre virtualidad y producción musical (Kenmochi, 2010; Yan Lam, 2016; Zaborowski, 2016; Leavitt et al., 2008). Miku ha generado interés por la intersección entre tecnología, música y arte; como ícono de la música generada por computadora, ha sido objeto de estudios y experimentos. Lo que destaca es música interpretada por un personaje virtual, esto abre posibilidades para la creación artística. A partir de aquí, Manquián explora la interacción entre lo virtual y lo musical.

Otro referente ha sido el Eyeborg del artista Neil Harbisson, quien con una cámara instalada a la manera de un ojo biónico capta los colores y los transforma en ondas de sonido (Lizana García, 2011; Vitaliev, 2009). A través de la cámara, Harbisson, enriquece su experiencia sensorial. Esta interconexión entre el mundo visual y auditivo está presente en "Picto-Sonido" como exploración visual y sónica.

Son varios los objetivos alcanzados en la instalación, pero destacan: la exploración e interrelación entre tecnologías digitales del audio y de las artes visuales; la investigación cinestésica entre colores y sonidos; la sistematización y documentación de aspectos técnicos de la instalación, cuya finalidad ha sido facilitar a otros artistas los procedimientos para crear proyectos similares. Un objetivo pertinente es la exploración estética y tecnológica. Manquián propone decisiones estéticas y tecnológicas que el artista tomó al crear la obra, pero que se construyen a través de la experiencia del espectador.

En ambos casos, tanto Hatsune Miku como el Eyeborg de Neil Harbisson muestran cómo la tecnología amplía las posibilidades creativas en la música y el arte. Los referentes teóricos están vinculados a la interacción entre visual, auditiva, a la creación artística a través de la producción musical. Tecnología y la virtualidad son herramientas para la expresión artística y abren nuevas dimensiones sensoriales en la música y el arte.

II. PARTE TÉCNICA

A. SOFTWARE Y HARDWARE

Para la realización de la obra, Manquián utilizó los siguientes software y hardware (Tabla 1), los cuales denotan la conjunción de la tecnología del audio y del video para la realización de un proyecto inter/transdisciplinar.

TABLA I
SOFTWARE Y HARDWARE DEL PROYECTO

Software	Uso dentro del proyecto
Photoshop	Recopila información del RGB de la imagen.
Pipette	Contraprueba de Photoshop.
Academo.org	Página web que entrega el valor de RGB de la longitud de onda.
Excel	Manejo de datos para el traspaso a Desmos.
Desmos	Elaboración de gráficos y ecuaciones para funciones aritméticas.
Face OSC	
	Se obtiene el reconocimiento facial para la obtención del sonido.
Max/MSP	Patches programados para procesar las señales emitidas por Face OSC y otras fuentes, como cámara web, sensor de movimiento y dispositivos DMX de generación de luz.
Ableton Live	Generador de sonido MIDI.
Pro Tools y FI Studio	Usados para editar y crear sonidos que conforman parte de la instalación.
Hardware	Uso dentro del proyecto
Consola	Función tradicional para combinar y controlar las diferentes fuentes sonoras.
Dos (2) videocámaras	Una cámara capta el ambiente en vivo y convierte la información en datos que usa Max/MSP. La segunda cámara capta el rostro del usuario.
Una (1) laptop	Dispositivo que conecta a todos los equipos.
Dos (2) parlantes	Usados a la manera de una sala de mezcla.
DMX	Interfaz para generar control de las luces y los colores.
Arduino	Configurado a partir de 20 cm de distancia y programado con detecciones de estímulo en tiempo corto.

Como se aprecia en la Tabla 1, la propuesta artística conjugaba elementos de la tecnología del audio, así como equipos y softwares para la creación visual y pictórica. Además, existe un significativo componente de matemática en la realización de cálculos para la transducción que se propuso. Por ejemplo, si la frecuencia de un sonido se expresa:

$$f=v/\lambda$$

Entonces, al obtener el λ del sonido se calculó el sonido en Hz que tendrá el color, considerando v como la velocidad del sonido en el aire. A partir de aquí, la obtención de la nota de la imagen, se crean sonidos que se manipulan desde los softwares de síntesis sonora y de control de efectos, programados en Max/MSP. La ecuación permitió obtener la frecuencia de un sonido a partir de los parámetros de longitud de onda y de velocidad de onda.

De esta manera, hay una relación jerárquica horizontal en torno a la exploración sonora y visual. Al respecto, el componente interactivo propone el diálogo entre las distintas disciplinas y la participación del público; este último forma parte integral de la propuesta.

B. LA INSTALACIÓN

El artista, a partir de una rigurosa investigación desde lo transversal (Manquián, 2022), ha seguido una línea de creación e investigación sonoro-lumínica procurando romper con la cuarta pared, es decir, ha vinculado la obra y el público a través de una experiencia irrepetible. El resultado propone un rumbo desde las herramientas de la producción musical en la transducción de colores y sonidos.

A nivel sonoro, la instalación contaba con dos recursos: sonidos sintetizados a partir de Ableton Live y samples, estos últimos editados y modificados con Pro Tools y FL Studio. La participación del público se daba en un espacio que permitía el reconocimiento del movimiento corporal y del rostro para la producción de sonidos y su respectiva transformación en imágenes. Para el estreno de la obra, el artista usó un espacio de 25 m³ en donde distribuyó los equipos de audio, video y computación.

La disposición de los equipos en la instalación artística fue configurada por Manquián desde la referencia de la sala de mezclas: configuración de triángulo equilátero entre los parlantes del sistema P.A. y el usuario (Figura 1). En este punto, la relación entre la carrera de Producción Musical y la propuesta artística reafirma la trayectoria académica seguida por el artista. La instalación se acerca más a la recreación de un estudio de grabación, que al

espacio tradicional de un museo. El campo visual se complejizó a través del control de la luz por el DMX, desde el cual se amplía la gama de representación gráfica, color, luz y texturas en la combinación con el resultado sonoro.

El lugar en el que reposaban los equipos era una sala oscura para implementar y controlar las fuentes lumínicas y configurar el resultado del diseño de luz con la programación. El espacio acústico estuvo aislado, pero Manquián consideró presentarlo en espacios abiertos, aunque sin definir las características y condiciones de dicha posibilidad.

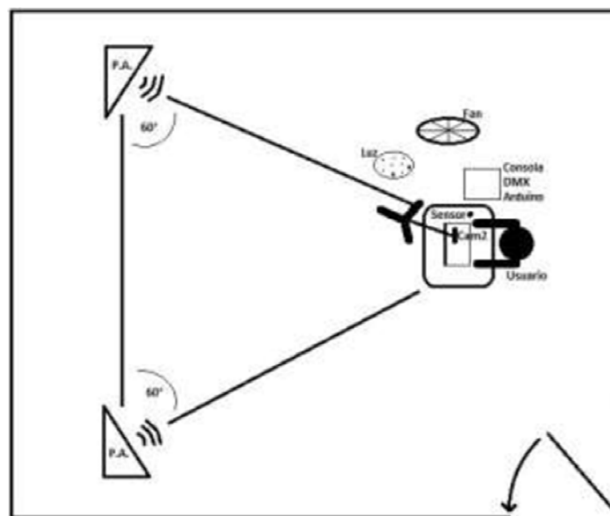


Figura 1. Disposición espacial de la exposición.

III. RESULTADOS

C. EL CONCEPTO

El punto crucial de la muestra artística fue la conjunción e interacción de la tecnología del audio, las artes visuales y la participación del público. El usuario descubre y utiliza los implementos de forma intuitiva. Así, el artista había prescindido de un texto curatorial, limitando la información explicativa a un discurso visual de diseño simple y minimalista, como se aprecia en la Figura 2. Paradójicamente, ante la simplicidad del díptico, la sala de exposición se llenaba de color durante la interacción del usuario.



Figura 2. Díptico explicativo de la instalación.

Al ingresar a la sala, el usuario toma asiento y descubre, de manera gradual, que sus movimientos generan imágenes en la laptop mientras se producen sonidos que salen de los parlantes. El artista había incorporado paisajes sonoros de Guayaquil que buscan representar la configuración sónica de la ciudad de día o de noche. Para ello, realizó grabaciones en el centro de la ciudad, en específico en la calle Víctor Manuel Rendón, entre calles Pedro Carbo y General Córdova. El punto de grabación no fue fortuito, en dichas calles coinciden la Iglesia de la Merced y la Fiscalía General del Guayas, punto de encuentro de reglamentación de la vida civil y espiritual. Surge, entonces, una poética de lo urbano a partir del ruido de motor de los autobuses y el incesante pito de los vehículos que se mezclan con el sonido de pájaros y conversaciones fortuitas de la ciudad. A medida que el usuario interactúa, aparece una modificación sustancial de todos estos elementos (Figura 3).

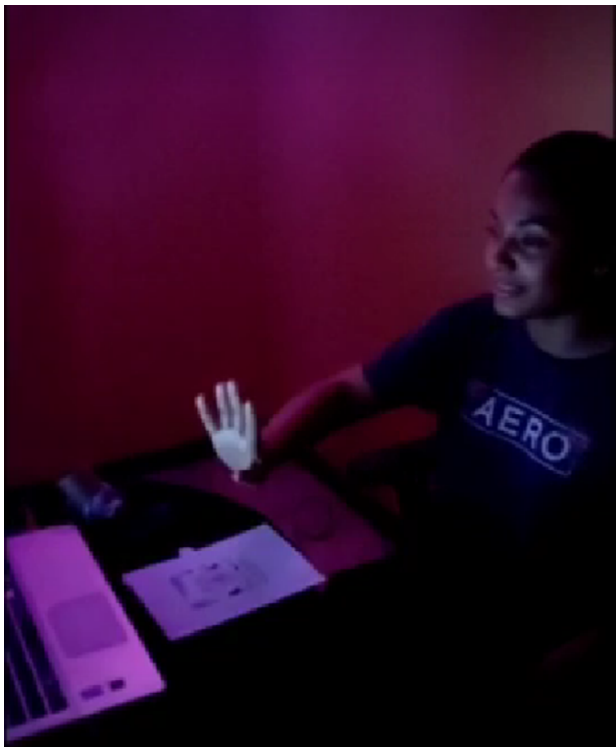


Figura 3. Usuario interactuando en "Picto-Sonido".

D. PROGRAMACIÓN

El punto de partida de la programación inició con Max/MSP, software versátil que permitió el manejo de información digital y analógica para el procesamiento de las señales de audio. A partir de la programación de *triggers* y que, posteriormente, pasaban hacia Ableton Live, Manquían conseguía que se obtuvieran colores y sonidos configurados a las luces dentro del proyecto. De esta forma, el artista obtuvo resultados aleatorios con cada

usuario, lo que permite categorizar la instalación desde el concepto de obra abierta (Eco, 1992).

Por otra parte, el arduino y los sensores de movimiento permitían cargar las instrucciones a través de códigos en el entorno de programación. La comunicación con la computadora se realizó a través de un puerto serial para expandir las posibilidades de entrada y salida del ordenador. De esta manera, e interrelacionado con Max/MSP, se controlaban desde el arduino los sensores de movimiento que eran activados con las manos para generar efectos visuales y alternar eventos sonoros.

Un elemento esencial fue el uso del DMX (Digital Multiplex) que permitía controlar las luces a través de diferentes softwares; en este caso, el programa Max/MSP generaba control del color, duración e intensidad, captados por el movimiento de las manos a través de una de las cámaras. El artista programó y organizó los hardware para que el movimiento de las manos no afectara, simultáneamente, el reconocimiento facial.

La producción de color digital partió del color negro e incorporó otros; de esta manera, agregaba distintos niveles de brillo, método conocido como mezcla aditiva de color. En otras palabras, la suma de todos los colores digitales daba como resultado el color blanco, mezcla aditiva a partir de la adición de luz. En este sentido, las fuentes luminiscentes de colores (RGB) de las pantallas no son reales, sino un estándar de colores digitales.

E. DIAGRAMA DE FLUJO

Cuando el usuario estaba frente al sistema de producción sonora, comprobaba el funcionamiento del sistema a través de movimientos de las manos y del rostro. Frente a sí tiene las indicaciones mínimas para que inicie la experiencia sonora. Las cámaras le permiten verse a sí mismo a través de la pantalla de la laptop y corroborar el funcionamiento del sistema (Figura 4).

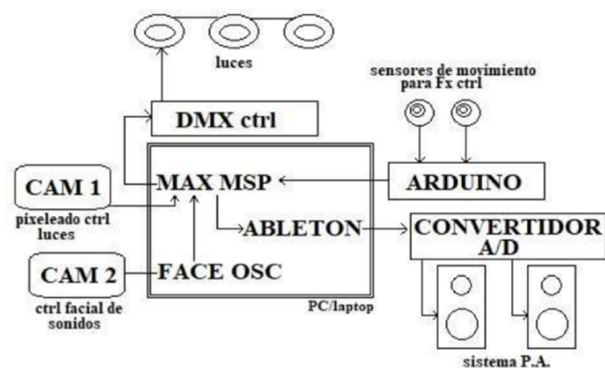


Figura 4. Diagrama de flujo

De esta manera, se producía el experimento más importante del proyecto: la transducción de color a sonido. Previamente, el artista había grabado suficiente material audiovisual para que funcionase como un *pad* de fondo al espacio creado por los usuarios. Los primeros sonidos eran transducciones directas de los colores mostrados en los videos que funcionaban como base. A partir del movimiento, los sonidos y los colores cambiaban desde la programación realizada.

El usuario generaba un control de las luces a través de los movimientos de sus manos frente a la cámara y, al mismo tiempo, creaba valores que se traducían en controles de parámetros dentro de Ableton Live a partir de la interfaz DMX. Los valores generados a lo largo de este proceso eran reconocidos por tachos de luces, como por instrumentos MIDI presentes en Ableton Live. Un aspecto relevante del resultado fue que el color de piel, cabello y ropa del usuario influía también en la modificación de los distintos parámetros.

F. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

El principal resultado creativo proviene de dos actores. Por un lado, el artista que había programado y diseñado los distintos elementos; por el otro, el usuario que interactuaba con los equipos y obtenía resultados al azar, únicos e irrepetibles. La elección de los sintetizadores contenidos en Ableton Live, el control sobre los parámetros de los controladores, la inclusión de sonidos grabados y editados, así como sonidos digitales generados por sintetizadores de onda contenidos en Ableton Live, generaban una inagotable cantidad de posibilidades en los resultados sonoros. A esto se sumaban las variaciones dentro de la atmósfera de la sala con la reconstrucción virtual de los espacios de Guayaquil, pero a la vez los transformaba en material visual que redimensionaba la propuesta.

El reconocimiento facial (Face OSC) y la programación con Max/MSP permitían producir los sonidos mediante los sintetizadores de Ableton Live, que estaban controlados por parámetros de otros sintetizadores. Los sonidos interactivos estaban conformados por *samples* cargados directamente a Max/MSP y que recreaban ambientes sonoros. El más mínimo movimiento del rostro, ojos, cejas, boca o mandíbula activaba los *triggers*, permitiendo que los *samples* fueran descubiertos gradualmente por el participante. El componente sonoro recreaba el espacio urbano desde una perspectiva digital y a la vez plástica. La posibilidad de combinar estos elementos confluía en una obra cuya génesis fue la conjunción de los estudios de audio con otras disciplinas artísticas.

“Picto-Sonido: colores sonoros interactivos” es un proyecto interdisciplinario, lo que implica la colaboración e integración de conocimientos de diferentes disciplinas para crear una obra. En este caso, el proyecto involucró la relación entre tecnologías digitales del audio y las artes visuales —específicamente hubo una exploración entre los colores y sonidos—, Manquían combina elementos de estas dos disciplinas.

IV. CONCLUSIONES

Al principio de la era de la grabación y durante más de setenta años, el productor musical se formaba dentro del estudio de grabación, y la práctica y el oficio continuo lo convertían en un profesional cualificado. Posteriormente, la carrera ha demandado estudios técnicos y especializados que han contribuido en la incursión de los estudios de audio dentro de la academia. Además, el cambio tecnológico ha sido abrumador, la nueva generación de productores musicales tiene a su alcance equipos de grabación, mezcla y edición de audio que treinta años atrás eran muy costosos y solo accesibles para especialistas del sonido. La incorporación en las universidades con materias transdisciplinarias y la accesibilidad a la tecnología mínima para la producción de audio han permitido que se distinga un nuevo perfil: el profesional de la producción musical que incursiona en otras propuestas sonoras, como las instalaciones artísticas y conceptuales en donde el sonido es un elemento más dentro de la obra.

Un proyecto como “Picto-Sonido: colores sonoros interactivos” involucra el conocimiento y las experticias de la producción musical, como el manejo de software y hardware para su realización. Pero el resultado de la propuesta artística, a nivel sonoro, estuvo determinado por la disposición del espacio a la manera de una sala de mezcla; es decir, para el artista y productor musical, esta configuración no solo se organizó desde el pragmatismo para la muestra, sino también desde la experiencia sonora comprobada a través de años dentro del estudio de grabación tradicional. Sin lugar a duda, la propuesta artística parte de diversas disciplinas como el cine, las artes visuales, el paisaje sonoro y la producción musical; pero es a través de la conjunción con la tecnología que se obtuvo el resultado estético con las distintas disciplinas.

Por último, “Picto-Sonido: colores sonoros interactivos” establece un diálogo entre lo analógico y lo digital, entre el usuario-cuerpo y la máquina-arte. El artista propone una deconstrucción del individuo y de la ciudad de Guayaquil a través de una estética que resulta de la unión de elementos híbridos entre los componentes que dan vida al proyecto. Es una obra escénica, plástica y conceptual que se planteó

desde la producción musical, permitiendo usar el modelo de un sistema interactivo que reconfigura el espacio temporal. Esto es el inicio de un ejercicio de reflexión profundo y complejo del oficio y la profesión de la producción musical.

V. AGRADECIMIENTOS

Todo artículo de investigación, ensayo o *paper*, es el resultado de agentes directos e indirectos que colaboran para su realización. En este sentido, el autor desea agradecer especialmente al artista Juan Pablo Manquián, quien autorizó la publicación de los materiales gráficos que acompañan a este texto, así como la información suministrada a lo largo de la elaboración de este trabajo.

Al Centro de Experimentación Sonora de la Universidad de las Artes, por permitir el acceso a materiales de consulta sobre creación artística interdisciplinar.

VI. REFERENCIAS

- Cheung Ruiz, M. y Pérez-Valero, L. (2020). *Producción musical. Pedagogía e investigación en artes*. UArtes.
- Eco, U. (1992). *Obra abierta*. Planeta.
- González, V. (2021). *El humedal suena. Timelapse auditivo y fotográfico en formato Ambisonic* [Tesis de Licenciatura en Producción Musical y Sonora, Universidad de las Artes].
- Lizana García, M. (2011). *Eyeborg 2.0* [Trabajo final de carrera, Universitat Politècnica de Catalunya].
- Manquián, J. P. (2022). *Picto-Sonido: Colores sonoros interactivos. Instalación Performática* [Trabajo de Licenciatura en Producción Musical y Sonora, Universidad de las Artes].
- Kenmochi, H. (2010). Vocaloid and Hatsune Miku Phenomenon in Japan. *InterSinging-First Interdisciplinary Workshop on Singing Voice*, October (1), 1-4.
- Leavitt, A., Knight, T. y Yoshiba, A. (2008). Producing Hatsune Miku: Concerts, Commercialization, and the Politics of Peer Production. En P. W. Galbraith y J.G. Karlin (Eds.), *Media Convergence in Japan* (pp. 200-231). Kinema Club.
- Suriaga, J. (2021). *Actos de rebelión. EP colaborativo de música electrónica* [Tesis de Licenciatura en Producción Musical y Sonora, Universidad de las Artes].
- Vitaliev, D. (2009). The Eyeborg Man. *Engineering & Technology*, 4(8), 26-28.
- Yan Lam, K. (2016). The Hatsune Miku Phenomenon: More Than a Virtual J-Pop Diva. *The Journal of Popular Culture*, 49 (5), 1107-1124.
- Zaborowski, R. (2016). Hatsune Miku and Japanese Virtual Idols. En S. Whiteley y S. Rambarran (Eds.), *The Oxford Handbook of Music and Virtuality* (pp. 241-258). Oxford University Press.

Desarrollo de Sonoroteca de la ciudad de Medellín

Sebastián Lopera Gómez

Facultad de Artes y Humanidades, Institución Universitaria ITM

Medellín, Colombia

sebastianlopera@itm.edu.co

RESUMEN

La Sonoroteca es un trabajo que busca generar una reflexión sobre el sentido de la escucha y pretende recuperar la capacidad de asombro ante estos fenómenos y, en general, ante la composición del entorno sonoro que nos rodea. Nuestro mundo está compuesto por muchos tipos sonidos, entre ellos, el ruido de ambiente, que pareciera incrementarse con el tiempo. Es por esto que en este trabajo se presenta una metodología para la captura de paisajes sonoros de lugares considerados *bienes de interés cultural* de la ciudad de Medellín y sus corregimientos. De igual forma, se analiza el material sonoro con el fin de identificar los tipos de fuentes presentes, como animales o humanos, tecnológicos o naturales, constantes, repetitivos o únicos. Se pretende con esto que la Sonoroteca continúe abasteciéndose y actualizándose con el fin de evidenciar la modificación de estos sonidos a través del tiempo.

Palabras clave: antropofonía, biofonía, geofonía, paisajes sonoros, sonoroteca.

ABSTRACT

The Sonoroteca is a project aimed at generating a reflection on the sense of listening, intending to also recover the capacity for wonder in the face of these phenomena, and in general, the composition of the sound environment that surrounds us. Our world is composed of many types of sounds, including ambient noise, which seems to increase over time. Therefore, this project presents a methodology for capturing soundscapes of places considered cultural heritage sites in the city of Medellín and its districts. Similarly, the sound material is analyzed in order to identify the types of sources present such as animals or humans, technological or natural, constant, repetitive, or unique. The aim is then for the Sonoroteca to continue to be replenished and updated in order to demonstrate how these sounds change over time.

Keywords: anthropophony, biophony, geophony, sonoroteca, soundscapes.

I. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos vivimos sumergidos en un espacio lleno de sonidos y desarrollamos desde la gestación la habilidad de percibir distintos estímulos auditivos que se quedan en nuestra memoria; recuerdos a los que recurrimos de manera consciente o inconsciente y que permiten evocar experiencias, momentos, en los cuales, de manera inherente, están involucrados los demás sentidos – cargados de recuerdos y emociones –, y cuya posible influencia en nuestra personalidad puede darse, precisamente, a partir de la experiencia subjetiva que tengamos con ellos.

Estudiar el sonido, más allá de un fenómeno físico, permite obtener información sobre la actividad humana y animal en diversos espacios; al igual que experimentar, habitar y apreciar los lugares teniendo conciencia de la naturaleza sonora. No es posible evadir la creciente preocupación por el entorno sonoro, el exceso de fuentes acústicas o los niveles de presión que pueden afectar nuestro organismo, y de paso por la tranquilidad necesaria en los momentos de descanso. Con todo, esta reflexión debe hacerse considerando a cada sujeto en particular, la importancia y pertinencia de los eventos sonoros que permean su cotidianidad, sin dejar a un lado el hecho de que lo que hace propio y único a cada ser humano es la apreciación subjetiva que tiene de las diferentes situaciones que experimenta.

Los eventos sonoros son efímeros, son del aquí y del ahora, solo pueden lograrse una vez debido a la cantidad de variables involucradas y hacen parte de ese momento específico; son elementos que se relacionan con un espacio sonoro, que interactúan con otras formas de ese mismo espacio, donde las dinámicas y comportamientos entre sí configuran y transforman todo el lugar. Imaginemos un restaurante a una hora determinada: el lugar tiene una cantidad finita de visitantes que pueden hablar el mismo idioma, pero existen diferencias tímbricas entre sus voces y la entonación de las palabras; de igual forma, cada uno realiza actividades distintas, esto es, come, habla, ríe, habla por teléfono o intenta

escuchar una nota de voz u otra actividad que ocurre allí. Solo analizando la variable de las personas que visitan un lugar es posible asegurar que el espacio sonoro siempre será diferente e irreplicable: “Un paisaje sonoro comprende la totalidad de todos los sonidos en un lugar, haciendo énfasis en la relación entre la percepción, comprensión e interacción del individuo o sociedad con el entorno sonoro” (Payne et al., 2007).

Es por esto que se plantea el desarrollo de un dispositivo de memoria sonora que contenga diferentes paisajes sonoros de la ciudad de Medellín, en un formato que pueda ser utilizado por distintas disciplinas de acuerdo con sus necesidades, estableciendo un método de grabación apropiado para que el material pueda ser utilizado en diferentes sistemas de almacenamiento, procesamiento, reproducción y transmisión. El análisis de estos paisajes permitirá su categorización con miras a una posterior consulta, de acuerdo con las diferentes características que los componen; todo esto, organizado en un sitio web que permita acceder de manera fácil al material para que pueda ser usado.

LA PERCEPCIÓN

Para algunos, el hecho de percibir un sonido es considerado como algo simple y sencillo, que se da por sentado o para cuya realización el ser humano no debe realizar ningún trabajo o esfuerzo. La percepción nos permite obtener información de las distintas características o propiedades del ambiente vitales para nuestra supervivencia (Goldstein & Brockmole, 2017).

Según Goldstein & Brockmole (2017), la acción de percibir se hace indispensable para sentir todo lo que nos rodea, creando un mapa mental de lo que hay alrededor de cada individuo que le permite actuar dentro del ambiente en el que se encuentra inmersos es decir, que el comportamiento de cada individuo es una posible reacción frente a lo que sucede en el ambiente en el que se encuentra, por lo que los individuos que habitan un lugar se convierten en seres transformadores y activos del mismo.

Aunque estos estímulos sonoros pueden ser estudiados desde la física, la percepción no puede ser estudiada solo desde este campo, pues involucra estímulos sobre los diferentes órganos que nos hacen sensibles al ambiente. Es decir, que las mediciones obtenidas a través de un dispositivo de medición y la percepción indican dos cosas distintas (Goldstein & Brockmole, 2017). Los mismos autores plantean que si un árbol cae en un lugar donde no hay ningún humano, en efecto ocurre un fenómeno físico, pues al caer el árbol se genera un cambio de presión en el aire, pero no hay percepción, pues no

hay ningún ser humano que dé cuenta del fenómeno sonoro.

El desarrollo de los paisajes sonoros no busca confrontar lo que revelan otras prácticas artísticas: solo pretende hacer “visible” (audible) lo que se considera una parte de la naturaleza del ser humano, que la mayoría del tiempo es ignorada, pues, aunque no siempre es posible identificar muchos de los elementos que los componen, si no estuvieran se percibiría su ausencia. En muchas ocasiones pasamos por alto o, simplemente, ignoramos lo que nos rodea, pues estamos sumergidos en una monotonía que nos hace ajenos a cada detalle que ocurre a nuestro alrededor.

El estudio de los paisajes sonoros ha generado nuevas reflexiones en distintas disciplinas como la acústica, la psicoacústica, la otología, la ecología, la comunicación y el lenguaje, que, aunque parecen independientes, tienen algún tipo de conexión debido a que desde cada una de estas se podrían hacer análisis del paisaje, explorando la relación entre el hombre y su entorno y, a su vez, cómo ella varía según el cambio del paisaje.

A partir de las disciplinas que estudian el medio ambiente y, para nuestro caso, la percepción en los paisajes sonoros, es factible obtener información directamente asociada a los seres que los habitan, gracias a lo cual se podrían, incluso, tomar decisiones, por ejemplo, de ordenamiento territorial, de acuerdo a los niveles de ruido —si bien no todos los lugares con altos niveles de presión sonora son molestos para el ser humano—. Por ejemplo, una cascada, que puede generar altos niveles de presión sonora, en la mayoría de los casos no genera molestias en los individuos que la escuchan, aunque, reiteramos, depende de las experiencias vividas por cada individuo —donde estuvo o no involucrada alguna cascada o el sonido de ella—.

Así, este proyecto es motivado por el deseo de resaltar la importancia de lo que escuchamos en nuestro entorno, usando un dispositivo de almacenamiento que permita registrar los eventos sonoros que ocurren en diferentes lugares de la ciudad, que es solo una pequeña parte de nuestro espacio y que, por su interacción y propiedades, tiene la capacidad de invitar a la curiosidad e investigación sobre el sonido de nuestro entorno, además de permitir el inicio de la conformación de un archivo de paisajes sonoros de Medellín.

II. COMPONENTE TÉCNICO

Al hablar de sonido, muchas personas solo piensan en el fenómeno físico per se; sin embargo, este puede ser estudiado desde diferentes disciplinas: “si se estudia la perturbación del aire en un recinto, se hace desde la física; pero si se estudia cómo es percibido por el ser humano, se hace desde la psicoacústica” (Alton Everest y Pohlmann, 2015, p. 22). Por su parte, Aldrich (2004) afirma que el sonido posee unas características cuantificables, como frecuencia, fase, amplitud y timbre, que permiten extraer información de este o de una señal de audio producto de un registro sonoro.

Las características anteriores son difíciles de cuantificar por un ser humano debido a que carece de dichas capacidades en su organismo; no obstante, su interacción le permite extraer información de lo que sucede a su alrededor. Sin notarlo, las personas han desarrollado la capacidad de hacer un análisis tímbrico de una onda sonora y tratar de imitarla, por ejemplo con una vocal; y más complejo aún, el de una onda sonora que realiza cambios constantes y que tiene sentido, interpretando el significado de una cantidad de palabras que han sido ordenadas y que transmiten un mensaje, o incluso realizan un análisis de amplitud y de fase al identificar si un sonido suena más fuerte o suave que otro y desde qué dirección proviene.

En este sentido, reconocemos que existe la posibilidad de realizar un gran número de estudios alrededor de estos fenómenos y nuestra interacción con ellos; como lo dice Farina (2004), como seres humanos y habitantes del planeta Tierra vivimos en un mundo lleno de sonidos producto de la interacción entre nosotros y otros organismos, aunque dicha interacción y su rol dentro del campo de la acústica aún está por investigar a profundidad.

EL PAISAJE SONORO

A fin de estudiar los eventos sonoros y obtener información de ellos, se ha venido hablando de *paisaje sonoro*, que no es más que una composición hecha con todos los sonidos que rodean al ser humano en algún lugar del espacio, y que, para este caso, debemos incluir el comportamiento e interacción del sujeto con estos. Los cambios en el entorno y los avances tecnológicos han hecho que el paisaje sonoro actual se modifique, continúe en constante evolución y, comparado con los del pasado, posea una mayor intensidad (Schafer, 1993).

El paisaje sonoro ha sido investigado desde distintos enfoques que, aunque parezcan independientes, están relacionados entre sí, pues cada uno busca entender la relación entre el hombre

y el ambiente, y cómo esta se ve influenciada por la variación del paisaje sonoro en el que está inmerso.

El paisaje sonoro es la energía resultante de la interacción entre tres paisajes distintos: la *geofonía*, la *antropofonía* y la *biofonía*. La primera está compuesta por los sonidos generados por fenómenos naturales no biológicos, como sismos, tormentas o relámpagos; la segunda se refiere a los sonidos generados por las actividades humanas, incluyendo los dispositivos técnicos que usan las personas; y la tercera, alude a la vocalización de las distintas especies animales (Farina, 2014).

Los paisajes sonoros buscan registrar los distintos eventos asociados al sonido que suceden en el entorno del ser humano, de los cuales pueden obtenerse datos que caractericen a cada uno e identifiquen su grado de correlación con las distintas actividades que ocurren en dicho entorno. La idea de extraer información a través del análisis de los eventos sonoros presentaba dificultad en el pasado, pues los equipos de almacenamiento eran costosos y, por tanto, de difícil acceso; hoy día, sin embargo, se cuenta con dispositivos portátiles de almacenamiento y captura que posibilitan la grabación de eventos sonoros en lugares distintos al estudio de grabación, así como el uso de diversas técnicas de grabación multicanal.

El análisis de los paisajes sonoros se ha ido consolidando a través del tiempo; prueba de ello es la norma ISO 12913-1: 2014 (Brooks y Schulte-Fortkamp, 2016), que describe los distintos parámetros que pueden ser medidos y reportados, y permite diseñar, planear y manejar el desarrollo del paisaje sonoro de un lugar. Su medición responde a la interacción de distintas disciplinas, pues una de sus partes se constituye a partir de una medición objetiva dominada por las mediciones de los niveles de presión sonora con ponderación A, aunque, al mismo tiempo, tiene en cuenta diferentes parámetros psicoacústicos y las condiciones subjetivas medidas a través de evaluaciones que suelen involucrar a las personas residentes del lugar, denominadas “expertos locales” (Brooks y Schulte-Fortkamp, 2016). Según la norma mencionada, la combinación de estos análisis interdisciplinarios permite describir el paisaje sonoro de un lugar y cada una de sus características. Adicional a ello, en el Anexo C de la norma ISO/TS 12913-2:2018, donde se especifican los requerimientos para la captura, medición y presentación de datos, se presenta “una taxonomía del entorno acústico para estudios de paisajes sonoros” (Dunbavin, 2018), que se asimila a la presentada en el libro *Hacia una educación sonora* (Schafer, 2006), además de la norma ISO/TS 12913-3:2019 que describe los requerimientos y soportes para el análisis de los datos obtenidos siguiendo

los métodos descritos en la norma ISO/TS 12913-2:2018.

Este análisis no es la primera herramienta que permite obtener información sobre el entorno sonoro del ser humano, ya que el *mapa de ruido*—entiéndase como la metodología de evaluación de exposición al ruido ambiente en una zona determinada—, uno de los más usados a la fecha, visualiza y cuantifica los niveles de contaminación causados por el ruido, que varían según la ubicación geográfica, la fuente sonora y el receptor, además de posibles obstáculos adicionales (Murphy y King, 2014). Esta herramienta permite identificar cuáles son los lugares que poseen altos niveles de presión sonora, tomar acciones que logren disminuir los niveles de contaminación y evitar posibles enfermedades de salud pública asociadas a la exposición al ruido. Los lugares donde estos niveles son bajos reciben la denominación de poseer un buen confort acústico. Estos mapas han sido avalados por distintos entes gubernamentales e implementados en diversas ciudades del mundo.

METODOLOGÍA PARA LA CAPTURA, EL PROCESAMIENTO Y EL ANÁLISIS DE LOS PAISAJES SONOROS

Al revisar los distintos catálogos que involucran la grabación de paisajes sonoros, estos pueden categorizarse así: plataformas colaborativas, donde se hace “cartografía sonora dedicada a compartir, explorar y archivar el paisaje sonoro con un foco en Latinoamérica” (Audiomapa.org, s.f.); y plataformas cerradas, donde el material ha sido previamente revisado por expertos y puede ser utilizado en cualquier tipo de aplicación de paisajes sonoros.

Tanto en *Jungle-ized* y *Nature Sound Map*, como en el mapa sonoro de Valdivia y Santiago de Chile, se aprecia que cuando la plataforma de recepción de los archivos sonoros es abierta a cualquier participante, algunos de los archivos de audio han sido degradados, bien sea por el dispositivo de grabación o por el formato de compresión, un problema que limita su aplicación.

Teniendo en cuenta lo anterior, y en aras de obtener un material que pueda ser manipulado y usado en distintas aplicaciones, se plantea determinar algunas características técnicas que deben ser respetadas para la captura apropiada del material sonoro, que en ningún momento deben llegar a afectar las características propias del paisaje sonoro.

GRABACIÓN

Considerando que se ha establecido que el material sonoro registrado sea útil para distintos objetivos, la técnica de grabación debe responder a esta necesidad. Luego de una exploración entre varias de ellas (mono, estéreo o multicanal), se seleccionó la técnica Ambisonics (Zotter y Frank, 2019), que permite que la captura del campo sonoro pueda ser recreada sin importar el número de altavoces usado para la periferia—la “reproducción de sonido en ambas direcciones verticales y horizontales alrededor del oyente” (Gerzon, 1973, p. 1)—, distinto a otras técnicas que dependen del número de altavoces para recrear el campo sonoro.

El micrófono de grabación debe ser un arreglo tetraédrico de cuatro cápsulas cardioides, como se muestra en la Figura 1.

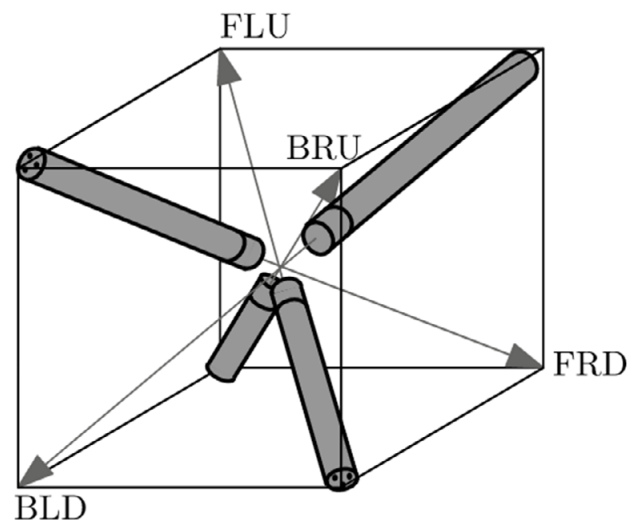


Figura 1. Micrófono. Arreglo tetraédrico de cuatro cápsulas cardioides.

Nota. Zotter y Frank, 2019.

La grabación debe realizarse en un dispositivo capaz de capturar cuatro señales de entrada de manera independiente y en simultáneo. La señal que sale de un micrófono con arreglo tetraédrico de cápsulas se conoce como un Ambisonics tipo A, que corresponde a cuatro señales independientes asignadas a cada una de las cápsulas, por lo que debe ser codificada posteriormente para poder utilizarse y recrear el campo sonoro. Estas señales independientes deben operarse y codificarse en un formato Ambisonics tipo B, como se muestra en la Figura 2, para obtener cuatro señales que corresponden a los siguientes patrones:

- W: patrón polar omnidireccional
- X: patrón polar figura de 8 en el eje cartesiano X

- Y: patrón polar figura de 8 en el eje cartesiano Y
- Z: patrón polar figura de 8 en el eje cartesiano Z

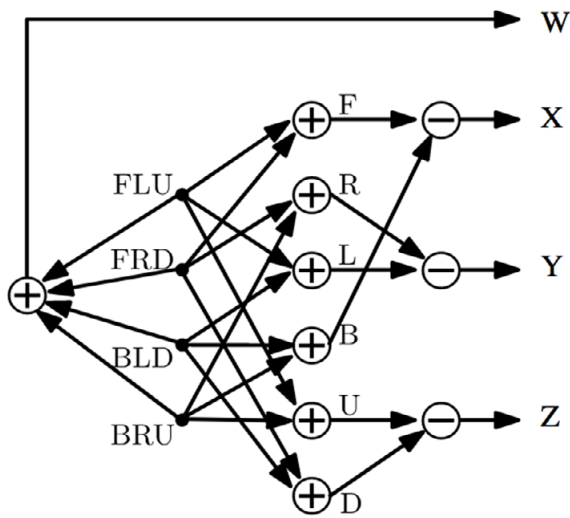


Figura 2. Micrófono. Codificación de las señales.
Nota. Path Partner Tech, 2017.

La Figura 3 muestra la posición de cada una de las señales codificadas en el plano cartesiano. Las señales WXYZ son las que usan los formatos Ambisonics FuMa y AmbiX; sin embargo, estos dos formatos no usan el mismo orden para las señales. El primero usa el orden WXYZ, mientras que el segundo usa el orden WYZX. El formato AmbiX es usado por plataformas como YouTube y Facebook para videos con audio espacial; por esta razón, se sugiere usarlo al momento de organizar los canales.

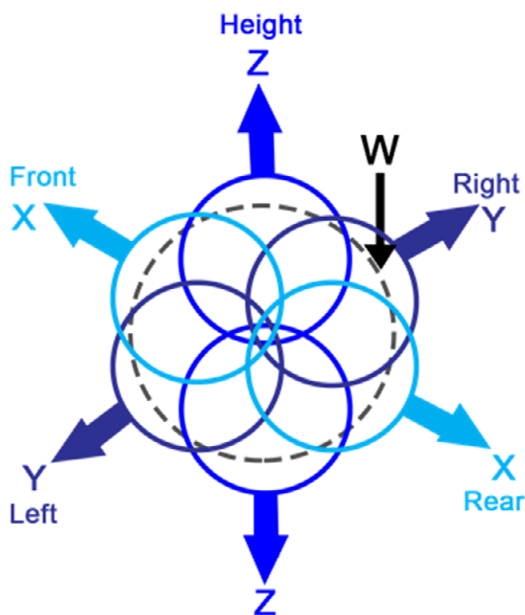


Figura 3. Orientación de las señales Ambisonics tipo B.
Nota. Path Partner Tech (2017).

Algunas grabadoras actuales incorporan arreglos de cápsulas tetraédricas y codificación de las señales en formato AmbiX. Por ejemplo, la grabadora Zoom H3VR, que se muestra en la Figura 4, permite grabar en los formatos FuMa, AmbiX y Ambisonics A; además, puede usarse un software propio para intercambiar a formato B.

Según el paisaje sonoro que se vaya a grabar, debe considerarse el nivel máximo de presión sonora que puede soportar el micrófono para evitar problemas de saturación de la señal; sin embargo, se hace difícil predecir qué sucederá durante la captura del material, pues puede presentarse un evento atípico en el lugar de captura que genere altos niveles de presión sonora. Por esta razón, se sugiere contar con un micrófono que soporte más de 95 dB SPL, para evitar la generación de errores en la captura del material y la posible modificación del paisaje sonoro resultante. El micrófono debe ubicarse a una altura del suelo entre 1,55 y 1,7 m, que es la estatura promedio para mujeres y hombres en Colombia nacidos en 1996 (NCD.RisC, 2019).



Figura 4. Grabadora Zoom H3VR.
Nota. Zoom Corporation (s.f.).

Entendiendo que los paisajes sonoros pueden ser usados para estudios en distintas disciplinas (Farina, 2014), es importante garantizar que el material de audio brinde la mayor cantidad de información posible, por lo que es necesario tener un sistema de grabación con un ancho de banda amplio y un rango dinámico suficiente para los posibles cambios de presión sonora en un lugar. Dado lo anterior, la frecuencia de muestreo determinará el ancho de banda del sistema de grabación, según el teorema de Nyquist (Aldrich, 2004), donde la frecuencia máxima que se puede muestrear de manera correcta corresponde a la mitad de la frecuencia de muestreo. Es decir, que, si se quiere grabar una frecuencia máxima de 20 kHz, la frecuencia de muestreo del sistema de grabación digital debe ser igual a 40 kHz.

Así, se sugiere usar una frecuencia de muestreo de 48 kHz o incluso superiores, a fin de poder almacenar señales con un ancho de banda mayor al rango audible del ser humano que puedan ser útiles según el tema de estudio.

En referencia al tiempo de grabación, se aconseja grabar durante más de 10 minutos para contar con información suficiente en caso de que se presente algún problema en la captura del paisaje sonoro, por ejemplo, la ubicación del micrófono, las personas con interés sobre la actividad que se está desarrollando o los posibles movimientos bruscos, como golpes de viento sobre las cápsulas, que pueden ser eliminados del paisaje sonoro si se tiene suficiente material grabado.

INFORMACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

A fin de construir un mapa donde se ubiquen los distintos paisajes sonoros, es importante obtener información temporal y espacial que sirva como insumo para el mapa y que, al mismo tiempo, brinde información para el estudio de la evolución e intervención de los paisajes sonoros. Hay muchos elementos que intervienen en ello y que pueden modificar su contenido, pues “el escucha es a su vez creador y modificador constante del paisaje sonoro a partir de su pertenencia e interacción con un espacio” (De Gortari Ludlow y Núñez, 2019); por tanto, se sugiere anotar la ubicación geoespacial, la fecha y la hora de la grabación, los sonidos tónicos y las señales sonoras del lugar.

PROCESAMIENTO DEL MATERIAL

Para el procesamiento del material del paisaje sonoro es importante tener en cuenta la plataforma de distribución o publicación del material. Plataformas como YouTube, que permite almacenar videos con audio espacial, piden que los canales de

los archivos de audio estén ordenados en el formato *AmbiX*, de la forma WYXZ. En caso tal que no se haya podido grabar en este formato, debe convertirse usando alguna herramienta de procesamiento como Ambisonic Tool Kit. Ahora bien, si se tiene una señal Ambisonic tipo A, esta debe codificarse de formato A y pasarse a B, para luego decodificarse de formato B a *AmbiX*.

Luego de tener el archivo del paisaje sonoro en formato *AmbiX*, este puede procesarse para obtener versiones mono, estéreo o multicanal para sistemas de audio envolventes e inmersivos, como el audio binaural, usando procesadores de audio tipo *plug-in* como Ambisonic Tool Kit, IEM Plug-in Suite o Soundfield, y una estación de trabajo de audio digital. Si se desea hacer algún ajuste o procesamiento extra sobre el archivo de audio que involucre cambios de ganancia, ecualización o compresión, debe tenerse en cuenta aplicar el mismo proceso y de la misma forma a todos los canales, pues una variación de estos puede generar una distorsión del audio espacial, que se refleja en cambios de la ubicación de las fuentes en el campo sonoro. El paquete de IEM Plug-in Suite incluye distintos procesadores multicanal que pueden usarse para procesar audio multicanal como MultiEq, Omnicompressor o ToolBox. Si se aplica algún proceso sobre el material de audio, se debe exportar de manera adecuada conservando el orden de los canales según el formato de origen. Además, debe evitarse cualquier saturación del sistema de audio digital que pueda generar distorsión e información no propia del paisaje sonoro.

SELECCIÓN DE LUGARES

Para la selección de los lugares se propone el uso de la metodología utilizada en el mapa sonoro de Valdivia y Santiago (como se citó en Brooks y Schulte-Fortkamp, 2016), donde se aplicaron encuestas a los llamados expertos locales sobre los ambientes sonoros más característicos de las ciudades y las áreas verdes más visitadas. Al plantear una prueba piloto de la encuesta para conocer las necesidades de la Sonoteca, se evidenció que este tipo de indagación debe contar con una capacitación previa, pues algunos de los encuestados manifestaron desconocer el tema y sus posibles alcances; sin embargo, se aprecia un interés por tener acceso a un archivo sonoro de la ciudad. Asimismo, algunos respondieron de manera afirmativa a que este archivo pueda ser usado en conformidad con su formación profesional y plantearon algunas posibles aplicaciones del material; otros, incluso, propusieron una cantidad de paisajes sonoros que en cualquier ciudad se pueden volver infinitos.

Se sugiere que la selección de los lugares obedezca a un objetivo claro y previamente identificado de estudio, de tal forma que permita definir de manera clara los espacios, horarios y época para la recolección de muestras, esto permitirá obtener información relevante según el propósito del estudio. Cabe aclarar que la selección de lugares para la captura de los paisajes sonoros nunca tendrá un fin, debido a que "cualquier evaluación de paisaje sonoro se refiere a un momento singular en el tiempo" (Suárez y Cárdenas, 2015, p. 15).

ANÁLISIS DE LOS PAISAJES SONOROS

A la fecha, el análisis de los paisajes sonoros puede hacerse siguiendo la norma ISO 12913: 2014, que plantea el estudio de información cuantitativa y cualitativa. Sin embargo, se propone seguir algunos de los ejercicios de escucha propuestos por Schafer en su libro *Hacia una educación sonora: 100 ejercicios de audición y producción sonora*, donde afirma lo siguiente: "Los paisajes sonoros del mundo son increíblemente variables y difieren de la hora del día y la estación, el lugar, la cultura" (2006, p. 12). Así, el análisis de los paisajes sonoros se convierte en un procedimiento de un instante determinado, que puede cambiar en cuestión de segundos por eventos sonoros que pueden ser generados por el ser humano, la naturaleza, los dispositivos tecnológicos o la interacción entre ellos. En este mismo texto, Schafer expone que la forma de diseñar un paisaje sonoro es estando en él, haciendo a las personas más sensibles a los sonidos que las rodean y, desde adentro, preguntarse "¿cuáles son los sonidos que quisiéramos conservar?, ¿cómo habría que proceder para que las características esenciales de nuestro entorno puedan ser preservadas y embellecidas?" (2006, p. 15). De este modo, Schafer plantea una serie de ejercicios que buscan sensibilizar el oído y la capacidad de escucha a los elementos presentes en el espacio sonoro; a partir de ellos se propone un análisis de los paisajes sonoros donde se logren identificar los elementos presentes en un paisaje específico. El autor también aclara que dichos ejercicios no están pensados para desarrollarse de manera sistemática ni tampoco para ser desarrollados de manera formal.

Al revisar el anexo C de la norma ISO/TS 12913-2:2018, se presenta una forma para la clasificación de los elementos que componen el paisaje sonoro, similar a la propuesta por los ejercicios de Schafer (2006), donde el entorno acústico urbano se subdivide en los sonidos generados por las actividades humanas y los de la naturaleza o animales domesticados. Los sonidos que tienen como fuente las actividades humanas se clasifican en:

- Transporte motorizado: transporte no motorizado, tráfico rodado, tráfico ferroviario, tráfico marino y tráfico aéreo.
- Movimiento humano: transporte no motorizado y pasos.
- Electromecánica - estacionaria o móvil: Construcción, ventilación, agricultura, domésticos, recreación, instalaciones eléctricas e industria
- Voces e instrumentos: voces amplificadas y no amplificadas, música amplificada y no amplificada. Dentro de las voces están risas, cantos y voz hablada.
- Sociales y comunes: timbres, campanas de reloj, fuegos artificiales y alarmas.

Aunque estas clasificaciones son apropiadas y presentan algunas similitudes con otras, se puede volver extensa y confusa para los objetivos del trabajo, sin embargo, no se desconoce la importancia de estas clasificaciones para el estudio de los paisajes sonoros. En el mapa sonoro de Valdivia también se plantea una clasificación similar de los sonidos presentes, donde "un paisaje sonoro se puede describir por sus sonidos frecuentes (sonido tónico), aquellos que atraen la atención (señales sonoras) y espaciales o únicos (marca sonora)" (Suárez y Cárdenas, 2015, p. 15).

Tomando como base los ejercicios 1 y 2 del texto mencionado (Schafer, 2006), se plantea un análisis que permita caracterizar los diferentes elementos presentes en el paisaje sonoro. Adicionalmente, se debe tratar de reconocer si el sonido es constante durante todo el paisaje sonoro, si se repite a lo largo del archivo o si solo se genera una única vez. Toda esta información puede organizarse en una tabla que permita visualizar el tipo de sonido y su protagonismo al momento del registro de audio para, de esta manera, identificar qué tipo de elementos predominan en cada paisaje sonoro y encontrar similitudes entre los distintos paisajes.

III. RESULTADOS

Luego de aplicar la metodología para la captura, el procesamiento y el análisis de los paisajes sonoros, se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

A. LUGARES SELECCIONADOS

Al inicio del proyecto se planteó una encuesta piloto que permitiera seleccionar los lugares en los que se haría la captura de los *paisajes sonoros*, tal como se hizo en trabajos similares de otras ciudades. Esta demostró que era necesario contar con un espacio pedagógico para los encuestados

que les facilitara entender el término paisaje sonoro y sus componentes. De esta forma, se optó por los lugares con un criterio diferente usando el listado de bienes declarados bien de interés cultural del ámbito nacional —publicado por el Ministerio de Cultura de Colombia (s. f.), donde, según la Ley 1185 de 2008, estos cumplen una serie de requisitos para ser declarados como tales—. Adicionalmente, se agregó información sobre la actividad que se desarrolla en el lugar, así como sus coordenadas.

Por otra parte, el patrimonio cultural en su más amplio sentido es a la vez un producto y un proceso que suministra a las sociedades un caudal de recursos que se heredan del pasado, se crean en el presente y se transmiten a las generaciones futuras para su beneficio (UNESCO, s.f.). Esto no solo considera el patrimonio material sino también el natural e inmaterial. Los paisajes sonoros, entonces, hacen parte de este patrimonio inmaterial que puede mantenerse en el tiempo, reflejando la identidad sonora de un lugar en un instante de tiempo determinado.

En algunos de los lugares no fue posible hacer la captura de los paisajes sonoros, debido a que no se obtuvo respuesta a la solicitud de permiso para llevarla a cabo, o a la falta de seguridad en algunos otros, que ponía en riesgo los equipos. Como dato curioso, la “Estación Villa”, que se ubicaba según el listado en el barrio San Benito de la ciudad de Medellín, no se logró encontrar. En caso de contar con un archivo sonoro de este espacio, grabado en el momento donde se desarrollaba su actividad principal, que fue el transporte, hoy se podría contrastar con las actividades que se realizan en la actualidad y concluir cuáles han sido las consecuencias de decisiones pasadas sobre las actividades a desarrollar en el lugar, y, a futuro, poder tomar decisiones acerca de posibles intervenciones en dicho espacio. Este caso demuestra la importancia de crear un archivo de paisajes sonoros de distintos lugares de la ciudad, pues estos últimos están propensos a sufrir importantes cambios. Así las cosas, se decidió hacer varias tomas de audio en algunos sitios donde se apreció un cambio significativo en el paisaje sonoro.

B. ANÁLISIS DE GRABACIONES

Como fue mencionado, el análisis de los paisajes sonoros se basó en los ejercicios de escucha propuestos por Schafer (2006) e identificando los elementos en tres categorías:

- *Sonidos de la naturaleza:* pájaros, insectos, viento, truenos, movimiento de la vegetación y, en general, cualquier sonido generado por un ser vivo.

- *Sonidos humanos:* conversaciones, gritos, movimientos del cuerpo o de algunos elementos como llaves, bolsas, entre otros.
- *Sonidos tecnológicos:* máquinas o dispositivos tecnológicos tales como carros, pitos, celulares, aviones o trenes.

Adicional a las categorías anteriores, se tuvo en cuenta si el sonido era constante, repetitivo o único (que aparece una única vez en el paisaje sonoro); esta información se usó para describir cada uno de los paisajes sonoros registrados.

C. PUBLICACIÓN DEL MATERIAL

Para la publicación del material grabado se decidió montar un sitio web que alojara el material de audio y la información sobre cada uno de los paisajes sonoros. La página fue hecha usando lenguaje HTML y una hoja de estilo CSS que permitiera manejar una estructura visual similar entre las diferentes secciones del sitio. Según los objetivos del trabajo, el sitio web se denomina Sonoroteca, refiriéndose a una especie de caja donde se almacenan o guardan paisajes sonoros de Medellín, a la que la gente puede acceder de manera libre y hacer uso de este material, siempre y cuando se respeten los derechos de propiedad intelectual y se dé crédito al sitio web del cual fueron descargados. Al ingresar a la página <https://sonorotecamedellin.online/> se presenta una pequeña reflexión sobre la importancia de los paisajes sonoros y cómo a través de ellos se busca generar una mayor conciencia de todo lo que escuchamos y que a veces ignoramos, y una serie de imágenes de cada uno de los puntos que se registraron. Al presionar en cualquiera de ellas se abre un video en formato de 360° en el cual se podrán escuchar los eventos sonoros que fueron grabados. De igual forma, en el sitio se puede encontrar información sobre cada uno de los paisajes sonoros registrados, además de la posibilidad de descarga y un análisis de cada uno teniendo en cuenta la metodología aquí mencionada.

IV. CONCLUSIONES

Al escuchar y analizar los distintos paisajes sonoros grabados, es evidente que cada uno posee características propias asociadas a su ubicación, tipo de actividad que se desarrolla en el lugar, cercanía con el parque automotor de la ciudad o proximidad a medios de transporte masivos como buses o el Metro; al mismo tiempo, es posible apreciar cómo cada paisaje sonoro es propio de ese momento y de las distintas actividades que allí se ejecutan en el instante de la captura, y aunque puede tener momentos similares, es un entorno único e irreplicable —un ejemplo de esto es el corredor

peatonal entre los edificios Vásquez y Carré, donde se realizaban obras de construcción—. Aunque cada paisaje sonoro posee un alto grado de unicidad, es posible apreciar cómo pueden tener cierto grado de similitud entre sí, debido a los elementos sonoros que se vuelven globales. Muestra de esto es que algunos de los registrados en el Parque Arví, del corregimiento de Santa Elena, son permeados por el ruido de aviones que pasan por la zona, un elemento presente en otros paisajes sonoros y que les añade cierto grado de similitud.

La Sonoroteca se convierte en un trabajo que busca generar mayor conciencia frente a la capacidad de asombro ante los fenómenos sonoros y la composición del entorno que los rodea. El mundo es "ruidoso" y nos hemos acostumbrado a este de manera constante. Las calles son más bullosas, al igual que los hogares y los lugares de trabajo, nos hemos obligado a enmascarar con más ruido el que ya nos rodea, ignorando los problemas de salud que pueden generarse por la exposición a altos niveles de presión sonora.

Es necesario que los problemas generados por el ruido sean solucionados no solo desde lo regulatorio, sino que además se presenten propuestas innovadoras que permitan la disminución de los niveles de contaminación sonora presentes en los distintos lugares de la ciudad; ahora bien, creemos que esto puede ser modificado por los propios habitantes del paisaje sonoro, tomando conciencia de las consecuencias que estos niveles de contaminación sonora pueden crearle a la salud humana. Es así como ellos se convierten en habitantes activos que pueden modificar su propio paisaje sonoro con pequeñas acciones, solo si se hacen conscientes de lo que en él se escucha y del aporte que ellos pueden hacer.

En ocasiones, se aprecian movimientos ciudadanos que cuestionan la invasión de los seres humanos en la naturaleza; sin embargo, estos lugares demuestran que la naturaleza se niega a abandonar el espacio que alguna vez fue completamente suyo: el canto de las aves se vuelve un elemento común en los espacios abiertos, y solo se ausentan en los espacios cerrados donde el humano ha impuesto límites. Las muestras sonoras registradas evidencian cómo la naturaleza está presente, y debemos tomar acciones simples pero concretas para evitar que las distintas actividades cotidianas opaquen su presencia e importancia. Solo basta hacer una pausa o un alto en el camino para escuchar todo lo que sucede a nuestro alrededor y descubrir una cantidad de elementos que pasamos por alto y pueden ser parte del reconocimiento de nuestro entorno, para así conocerlo y conocernos más, dando una caracterización definida al lugar

que habitualmente frecuentamos o uno nuevo que estemos descubriendo.

El registro que hace parte de la Sonoroteca se vuelve, entonces, un insumo para investigaciones de diferentes disciplinas que abren las puertas a nuevas formas de abordar sus problemas de investigación. Los paisajes sonoros contienen, además, información sobre los seres vivos presentes en un lugar, las actividades humanas que allí se realizan, los dispositivos tecnológicos que en él se encuentran y la interacción entre todos ellos, brindando elementos de análisis a las futuras generaciones sobre los estilos de vida del pasado, que puedan aportar al conocimiento de factores que potenciaron la vida humana en ese momento, pero que también puedan tener ideas del origen y evolución de sus antecesores.

La Sonoroteca debe continuar abasteciéndose y actualizándose de paisajes sonoros. Solo de esta manera podremos evidenciar cómo se modifican a través del tiempo, qué elementos componen el paisaje sonoro de una ciudad y, por qué no, proponer posibles soluciones a los problemas urbanos desde una perspectiva diferente. Para garantizar que el crecimiento de la Sonoroteca sea viable, debe pensarse en una plataforma que involucre tecnologías más avanzadas de programación que permitan su constante crecimiento y fácil actualización, implementando lenguaje PHP y uso de bases de datos.

El material de la Sonoroteca debe convertirse en una herramienta de educación sonora, para que desde pequeños aprendamos a escuchar, distinguir y apreciar lo que sucede en nuestro entorno, y a partir de allí proponer cambios dentro de un lugar; puede ser útil en la pedagogía actual, que involucra tecnología, y que de manera interactiva se pueda reconocer la identidad de puntos representativos de la ciudad y del mundo, basados en el maravilloso sentido de la audición.

V. AGRADECIMIENTOS

A las personas y entidades que permitieron capturar el paisaje sonoro que se desarrolla en cada uno de los lugares seleccionados. A mi asesor, Carlos Caballero, por su atención, paciencia y ayuda, fundamentales en el avance de este proyecto, y por motivarme a volver a encontrarme con la música. A mis padres, que han estado en todas las etapas de mi vida brindándome su amor y apoyo. Finalmente, a Luisa F. Ceballos, que me ha apoyado en los momentos decisivos creyendo ciegamente en mí y en mis ideas.

VI. REFERENCIAS

- Aldrich, N. (2004). *Digital Audio Explained. For the Audio Engineer*. Sweetwater Sound.
- Alton Everest, F. & Pohlmann, K. C. (2015). *Master Handbook of Acoustics* (6.ª ed.). McGraw-Hill/TAB Electronics.
- Audiomapa.org. (s.f.). <https://www.audiomapa.org/>
- Brooks, B. & Schulte-Fortkamp, B. (2016). The Soundscape Standard. *Inter.Noise*, 2043-2047. <https://pdfs.semanticscholar.org/9d10/4a263cbb0b725f71316bdb8e72c6c59a65a6.pdf>
- Colombia, Ministerio de Cultura (s.f.). *Lista de bienes declarados bien de interés cultural del ámbito nacional* [en línea]. https://mincultura.gov.co/prensa/noticias/Documents/Patrimonio/BIENES%20DE%20INTER%20C3%89S%20CULTURAL%20DEL%20C3%81MBITO%20NACIONAL_septiembre%202020.pdf
- De Gortari Ludlow, J. y Núñez, J. M. (2019). Paisaje sonoro. *Nexos*. <https://www.nexos.com.mx/?p=44953>
- Dunbavin, P. (2018). ISO/TS 12913-2:2018 – Soundscape – Part 2: Data Collection and Reporting Requirements – what’s it All About? *Acoustics Bulletin* July/August, 55-57. <https://www.academia.edu/66334546/Soundscape>
- Farina, A. (2014). *Soundscape Ecology. Principles, Patterns, Methods and Applications*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7374-5>
- Gerzon, M. A. (1973). Periphony: With-height Sound Reproduction. *AES Journal Forum*, 21(1), 2-10.
- Goldstein, E. B., & Brockmole, J. R. (2017). *Sensation and perception*. Cengage Learning.
- Murphy, E. & King, E. A. (2014). *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health and Policy*. Elsevier.
- NCD. RisC. (2019). *Height. Evolution of Height over Time* [en línea]. <http://www.ncdrisc.org/height-mean-map.html>
- Path Partner Tech. (2017). *Introduction to Ambisonic - 360 degree audio*. <https://www.pathpartnertech.com/introduction-ambisonics-360-degree-audio/>
- Payne, S. R., Davies, W. J. & Adams, M. D. (2007). *Research into the Practical and Policy Applications of Soundscape Concepts and Techniques in Urban Areas (NANR 200)*. University of Salford.
- Schafer, R. M. (1993). *The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World*. Destiny Books.
- Schafer, R. M. (2006). *Hacia una educación sonora: 100 ejercicios de audición y producción sonora*. Radio Educación, CONACULTA.
- Suárez, E. y Cárdenas, J. (2015). *Mapa sonoro de Valdivia* [en línea]. Chile: Ministerio del Medio Ambiente y Universidad Austral de Chile. https://www.acusticauach.cl/mapa/files/mapa_sonoro_valdivia.pdf
- UNESCO. (s.f.). Patrimonio mundial. UNESCO. <https://www.unesco.org/es/world-heritage>
- Zoom Corporation (s.f.). *The Zoom H3-VR* [en línea]. <https://zoomcorp.com/en/ca/handheld-recorders/handheld-recorders/h3-vr-360-audio-recorder/>
- Zotter, F. & Frank, M. (2019). *Ambisonics: A Practical 3D Audio Theory for Recording, Studio Production, Sound Reinforcement, and Virtual Reality*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-17207-7>



CAPÍTULO III.

HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA LA CREACIÓN MUSICAL.

IDA Y VUELTA DEL ARTE
Y LA TECNOLOGÍA DE
AUDIO

Diseño de *plugins* de audio con software libre

Jorge Mario Valencia Upegui, Juan Diego Correa Blair
 Facultad de Artes y Humanidades, Institución Universitaria ITM
 Medellín, Colombia
jorgevalencia@itm.edu.co; juancorrea2931@correo.itm.edu.co

RESUMEN

La industria de la producción musical ofrece un sinnúmero de alternativas de software a la hora de realizar todo tipo de procesamiento de audio. Estas unidades auxiliares de software, llamadas *plugins*, son las encargadas de realizar dicha tarea en la producción moderna basada en medios digitales. Para un proyecto de investigación con recurso instalado del ITM se desarrolló una suite de *plugins* de audio básicos para, de igual manera, ser utilizados en la enseñanza de la producción musical y el procesamiento del audio. Para esto, se hizo una investigación previa de los diferentes medios de desarrollo de software para herramientas de manipulación de señales sonoras. El proyecto culminó con siete *plugins* que realizan diferentes tareas de procesamiento de señales para la producción musical. Con esto se pretende acercar este conocimiento a las aulas de los programas de producción musical de la Universidad.

Palabras clave: audio processing, audio plugins, music production, software development.

ABSTRACT

In the music production and recording industry, it can be found a myriad of software choices when it comes to audio processing. These auxiliary software units are called Plugins and they are in charge of these task in the modern production based on digital workflows. A whole audio plugin suite was developed in ITM University as part of a research project, they can also be used in the teaching of audio processing and music production. An initial research was held to figure the best option to develop the suite amongst the several development platforms currently available for audio processing software programming. The project ended up with seven plugins to do different kinds of tasks in the audio processing area for music production. With these results, it is intended to bring this knowledge closer to the university's lectures.

Keywords: audio processing, audio plugins, music production, software development.

I. INTRODUCCIÓN

Tanto en el sector productivo como en el académico se han invertido grandes dosis de tiempo y dinero dedicados al desarrollo de herramientas, mecanismos y dispositivos para el procesamiento digital de señales. Este campo de la investigación ha despertado interés no solo en ámbito netamente científico, sino también en el artístico, ya que ha traído nuevas y más eficientes formas de apoyar el proceso creativo.

En el campo del audio y la música, el procesamiento digital de señales le ha dado color y forma a la gran mayoría de las creaciones de las últimas décadas, ya que esta tecnología ha permitido acercar al público masivo potentes herramientas para el modelamiento del sonido, ya sea en términos de características espectrales, dinámicas, espaciales, entre otras (Ekeroot, 2003).

Cada desarrollador de algoritmos de DSP – Digital Signal Processing ha buscado en la historia reciente satisfacer las necesidades propias o de un sector determinado de usuarios. El audio y su tratamiento es un tema vastamente investigado alrededor del mundo, gracias a su aplicación directa sobre temas de telecomunicaciones, ciencias biomédicas, seguridad informática o entretenimiento. En la música particularmente, la mayoría de los desarrollos tienen fines comerciales, ya que la tecnología moderna y las capacidades de procesamiento de los computadores personales han hecho del procesamiento del audio y la música, un tema masivo y de fácil acceso para un gran número de personas. Con relación al arte, se ha llegado a considerar incluso el procesamiento de señales como una actividad creativa para el beneficio del performance y la propia creación de la música (Brandstegg, 2015). Las más grandes empresas de desarrollo de software para el audio han desarrollado ambientes de trabajo para la música llamados DAW –Digital Audio Workstation– o Estaciones de Audio Digital. Dichos fabricantes también se han preocupado por desarrollar su propia familia de *plugins* como pequeñas extensiones al DAW para llevar a cabo determinadas tareas de procesamiento de audio.

Desde los años 1990 y la década del 2000 se han establecido algo más de diez estándares de *plugins*, casi que cada uno por cada gran desarrollador; entre ellos se encuentran empresas como Steinberg, Avid (Digidesign), Microsoft y Apple. Una gran ventaja de la creación de estas familias de *plugins* es que han brindado una especie de estandarización al desarrollo de dichas herramientas y han abierto sus códigos para permitir la programación de estos módulos de procesamiento a diferentes centros de investigación, a empresas desarrolladoras de software y a particulares a lo largo y ancho del mundo. Algunas familias de *plugins* que se han consolidado dentro del mundo de la producción musical son VST (Virtual Studio Technology, de Steinberg), AU (Audio Units, de Apple), RTAS (Real Time Audio Suite, de Digidesign), AAX (Avid Audio Extension, de la empresa Avid) y DX (DirectX, de Cakewalk en asocio con Microsoft), algunos de los cuales ofrecen la posibilidad de ser usados en diferentes DAWs y sistemas operativos (Osorio-Goenaga, 2005).

Con la posibilidad abierta de elaborar este tipo de herramientas con usuarios potenciales alrededor del mundo, se han consolidado a través de los años grandes casas de desarrollo de *plugins* de audio, como son Waves Audio, Oxford Sonnox, Plugin Alliance, Sound Toys, McDSP, FabFilter, entre otras.

Sin embargo, en la academia pueden eventualmente presentarse necesidades diferentes, no solo para la aplicación directa de dichas herramientas, sino también para su trabajo en el aula. Es así como algunas universidades, a través de sus centros de investigación en música y tecnología, han desarrollado cierta variedad de *plugins* de audio para aplicaciones muy específicas de sus campos de investigación.

Universidades como Stanford University CCRMA (USA), Western Michigan University (USA), Queen Mary University of London (UK), University of Huddersfield (UK), NYU (USA), University of York (UK), entre otras, cuentan con programas donde se incluye el desarrollo de software para la música. Estas instituciones no solamente vienen trabajando en el tema de desarrollo directo de *plugins* sino también, desde tiempo atrás, en *frameworks* para facilitar la programación a diferentes investigadores alrededor del mundo, para apoyar así los procesos creativos y performáticos de la música (Robledo Arnuncio et al., 2002). El porqué de la inclusión de este tema dentro de los programas mejor posicionados en el mundo para el desarrollo de la tecnología de la música obedece, en gran parte, a la necesidad de abrir una nueva puerta para la creación y la innovación de herramientas para la música. De igual manera, el desarrollo de esta competencia entre los

estudiantes y egresados brinda un interesante factor diferencial en el mercado laboral.

El interés común en temas de desarrollo ha impulsado también la creación de *frameworks* o entornos de trabajo específicos para el desarrollo de *plugins* de audio. Esto consiste en bloques de código y de aplicaciones elaboradas para realizar trabajos en un área o funcionalidad definidas. Dichos *frameworks* facilitan enormemente el trabajo de programación en los diferentes lenguajes de código disponibles para la creación de herramientas de procesamiento de audio, mecanismos que varían entre los lenguajes de programación de línea de código, gráficos y numéricos (Davis & Fraser Clark, 2015). Entre ellos se encuentran el SDK de Steinberg, una serie de códigos preestablecidos con la arquitectura de los *plugins* VST usables en gran cantidad de plataformas (Hummel, 2016); iPlug 2, que facilita también la creación de aplicaciones para la web (Larkin et al., 2018); en este mismo aspecto y con un enfoque más en las apps móviles y web aparece Csound, también basado en el lenguaje C y con una buena cantidad de tareas preestablecidas para la creación musical (Lazzarini, 2005); JUCE, una colección de tareas especializadas para el desarrollo de *plugins* y aplicaciones de audio para programadores experimentados (Robinson & Bullock, 2012); UGen++, que más que un *framework* es una librería enfocada en el procesamiento del audio de aplicaciones móviles y videojuegos (Robinson, 2011); Faust, una plataforma de programación capaz de traducir esquemas gráficos de sistemas de procesamiento en su equivalente de código de C++, siendo esta una plataforma de programación gráfica compilada (Fober et al., 2011); Maximilian, una librería diseñada en el MIT para ser fácil de usar y poder acercar la programación a los artistas (Grierson, 2010), entre otros.

Algunas problemáticas que se abordaron durante el desarrollo del proyecto de investigación son:

- A través del uso de los *frameworks* existentes y gratuitos, ¿es posible desarrollar al interior de la Universidad una suite de *plugins* capaz de ser el insumo suficiente y necesario para la postproducción de un producto musical?
- ¿Pueden estas herramientas soportar la labor de enseñanza del procesamiento del audio y la producción musical al interior de la Universidad?
- ¿Puede este conocimiento aportar valor en el plan de estudios de las carreras de producción musical de la Universidad?

II. DESARROLLO DE LA LIBRERÍA DE PLUGINS

FASES DE DESARROLLO

Para el desarrollo del software o librería de *plugins* se inicia con el levantamiento de información a partir de la cual se analizarán las diferentes plataformas y *frameworks* disponibles en el mercado para la programación de herramientas de audio, con el fin de tomar la decisión más apropiada y conveniente según las necesidades del proyecto en términos de programación. Ambientes de desarrollo como Pure Data, Max/MSP, CSound, JUCE, WDL – OL, Faust, iPlug, Steinberg SDK, entre otros, fueron evaluados, bien sea de primera mano a través de su uso directo, o a través de lectura de artículos donde ya previamente se han comparado los desempeños de algunos de estos sistemas.

Algunos de los factores más importantes a comparar entre las diferentes plataformas fueron:

- Posibilidad de trabajo *cross-platform*, de modo que se pudiese desarrollar tanto en Windows como en MacOS y que los productos resultantes también puedan usarse en ambas plataformas
- Código Open Source, ya que, de esta manera, el acceso libre al código de base brinda la posibilidad de no solo comprender mejor el manejo de las señales, sino también mayor flexibilidad al momento de programar las tareas de procesamiento.
- Que se programe en un lenguaje común y de gran trayectoria buscando no solo que la curva de aprendizaje sea menor, sino que se pueda encontrar una mayor comunidad de programadores dispuestos a solucionar inquietudes y problemas.
- Que el *framework* contenga unidades de procesamiento ya establecidas, con el fin de no tener que crear nuevamente códigos para tareas que ya se han hecho un gran número de veces.
- Que los *plugins* resultantes abarquen la mayor cantidad de familias de plugins (AU, VST, AAX, DX, etc.).
- Posibilidad de fácil integración con un generador de GUI (Graphical User Interface), de modo que nos pudiésemos enfocar en la programación de la herramienta de audio y ahorrar esfuerzos en desarrollos gráficos.

Luego de evaluar los diferentes *frameworks* y herramientas de programación para el audio, basados en los factores anteriormente mencionados, se escogió la plataforma JUCE, basada en lenguaje

C++ para el desarrollo de la librería de *plugins*, ya que satisfacía a cabalidad todas las condiciones descritas.

Una vez elegida la plataforma y el ambiente de programación, debió seguirse una metodología de desarrollo de software específica. Es pertinente en este tipo de proyectos utilizar metodologías ágiles para la creación del software, dado que permiten optimizar los tiempos de desarrollo del producto mediante una serie de iteraciones o repeticiones con las cuales va lográndose una mejora incremental del producto, lo que va en favor de maximizar su calidad. Lo anterior puede alcanzarse a través de pruebas constantes que involucran desarrollador y cliente, quienes a su vez pueden proponer y realizar cambios en cualquier momento del desarrollo.

Las metodologías ágiles en el desarrollo de software permiten obtener productos de calidad luego de unas cuantas iteraciones, aumentando, a su vez, el valor del producto, lo que redundará en la disminución del riesgo de falla. Cada iteración realizada en el ciclo de vida del software involucra las etapas de planeación, levantamiento de requisitos e historias de usuario, diseño del algoritmo, programación o codificación, validación o pruebas, y la documentación.

Se abordaron cinco fases durante el desarrollo de la librería de *plugins*, las primeras tres, más ligadas al desarrollo, se muestran en la Figura 1.

Fase 1: Levantamiento de información

- Recolección de información previa.
- Análisis de plataformas de programación de audio.
- Documentación de procesos de audio.

Fase 2: Desarrollo de *plugins*

- Levantamiento de requisitos.
- Historias de usuario.
- Generación algoritmos de procesamiento.
- Codificación y programación.
- Integración con el sistema DAW.
- Validación y pruebas.

Fase 3: Diseño de la interfaz gráfica de usuario

- Análisis y selección de parámetros modificadores de la señal de audio.
- Diseño del concepto gráfico.
- Diseño de navegación y flujo.
- Diseño de la interacción.
- Implementación y desarrollo de la interfaz.

Figura 1. Primeras tres fases del diseño de la interfaz de usuario.

Fase 4: Aplicación a las artes - Producción Musical

- Preproducción musical.
- Grabación.
- Edición.
- Mezcla y masterización.

Fase 5: Documentación

- Redacción de manual técnico.
- Redacción de manuela de usuario.
- Registro de software.
- Registro de fonograma.
- Escritura de artículo.

Figura 2. Últimas dos etapas del proyecto.

En las dos etapas posteriores se llevaron a cabo labores de prueba y documentación final, como lo muestra la Figura 2.

En la Figura 3 se muestran un ejemplo del desarrollo de uno de los diagramas de flujo que se establecieron en la segunda fase en la etapa de *Generación de algoritmos de procesamiento*.

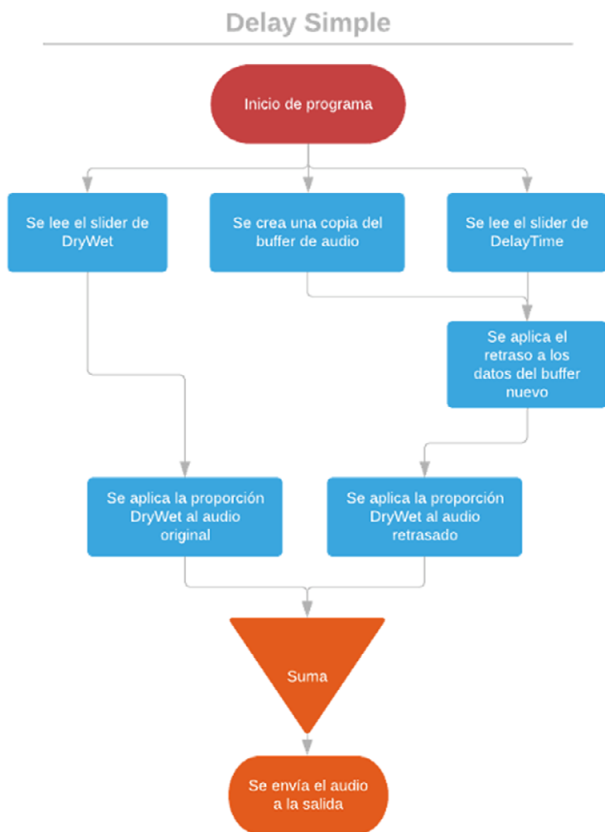


Figura 3. Etapa de diseño: diagrama de flujo de uno de los primeros *plugins*.

El proceso de diseño de la interfaz gráfica de usuario sigue el flujo establecido por la User Experience Professionals Association (<http://uxpa.org/>), organización que dicta estándares que permiten optimizar factores de diseño que mejoran la experiencia y la usabilidad. Las etapas en la creación de la interfaz son: análisis —en donde se recolectará información con los usuarios y expertos de “cómo” debe verse en pantalla y qué parámetros se elegirán para modificar las muestras de la señal de audio conforme al procesamiento a realizar—; diseño —involucra el concepto gráfico, la navegación, flujo e interacción con el usuario—; implementación y desarrollo —en la que se hace uso de herramientas de diseño gráfico donde se crean los *skins*, fondos, mensajes, botones, perillas, interruptores, medidores, textos y, en general, todo elemento visual—. Dichas interfaces gráficas se desarrollaron en Adobe Illustrator para el diseño visual y de texturas; y se utilizó una aplicación gratuita de origen chino, llamada *knobman*, para el diseño de perillas, botones y controles en general que requerían de un diseño especial de *sprites* o series de imágenes. Finalmente, se integran todos estos elementos al *framework* y al ambiente de programación para llegar al producto final. A continuación, en la Figura 4 vemos un ejemplo del desarrollo y cambios surgidos en el proceso del diseño de interfaz de usuario (GUI).



Figura 4. Fases del diseño de la interfaz de usuario

Una vez realizada la programación de la librería de *plugins* y el desarrollo de la interfaz gráfica para el usuario, se generan las diferentes extensiones como VST o AU mediante el proceso de compilación, lo que permite continuar con la fase de integración y validación de su uso mediante la incorporación e instalación dentro un sistema DAW o estación de audio digital, tal como lo pueden ser Cockos Reaper, Apple Logic o Steinberg Cubase, entre otros. Con estas dos familias se cubren la gran mayoría de DAWs en el mercado. Desafortunadamente, queda excluida la familia AAX, que es la que usa ProTools, uno de los DAWs más populares del mundo, la razón es que, si bien JUCE tiene la capacidad de exportar *plugins* de dicha extensión, AVID, la casa matriz que desarrolla ProTools, cobra membresía para los desarrolladores que quieran programar *plugins* para ellos. Como estos costos no se contemplan en el desarrollo de este proyecto y el propósito es el uso de software libre, la extensión AAX quedó descartada.

Los siete *plugins* desarrollados hasta ahora podrían separarse en tres principales categorías:

- *Plugins* de procesamiento en la dinámica: tienen en común que todo el procesamiento se realiza directamente sobre la amplitud de cada una de las muestras del audio almacenado.

Dentro de estos podemos encontrar:

- *Cañaña Trim*: es un nivelador de audio que tiene como función modificar el nivel de salida de una señal, confiriendo control sobre el “volumen” del canal de audio donde se encuentre insertado. Los parámetros son los de *gain* o ganancia salida, y dos interruptores, *phase* (fase) —que invierte la fase de la señal— y *swap* —que intercambia los canales derecho e izquierdo del estéreo de la pista—.
- *Brickwall Limiter*: es un limitador de audio que tiene como función modificar la dinámica de una señal de modo que se evite que la amplitud pase de cierto nivel configurable. Los parámetros son los de *threshold* o umbral, *gain* o ganancia, y el mix o la mezcla entre señal directa y procesada.
- *Nuclear Fission Distortion*: es un *saturador* de audio que tiene como función modificar el rango dinámico, confiriendo una saturación y calidez al sonido. Los parámetros son los de *gain* o ganancia de la distorsión, *mix* o la mezcla entre señal directa y procesada, y *level* o nivel de la señal de salida.
- *Plugins* de procesamiento espacial. Tienen en común que usan un buffer rotativo para hacer copias de la señal, retrasarla en el tiempo y sumarla con la señal original para generar efectos de espacialidad. Entre ellos tenemos:
 - *Distant Cave Echo*: es un retardador simple (*delay*) de audio que tiene como función modificar el tiempo de una señal, confiriendo espacialidad al sonido. Los parámetros son los de *time* o tiempo de retardo, y *mix* o la mezcla entre señal directa y procesada.
 - *Twin Paradox Delay*: es un procesador similar al anterior, pues es un retardador de la señal (*delay*), pero que cuenta con realimentación, es decir, se puede contar con múltiples repeticiones que pueden crecer o decrecer en amplitud a través del tiempo. Los parámetros son los de *time* o tiempo de retardo, *feedback* o realimentación, y el *mix* o la mezcla entre señal directa y procesada.
- *Plugins* generados a partir del uso del motor DSP del *framework*. Esta tiende a ser la categoría que más se pretende ampliar en trabajos futuros, por ahora, aquí solo encontraremos:
 - *Double Slit Filter*: es un filtro de audio que tiene como función modificar el espectro de frecuencias de una señal. Está compuesto de una etapa de

selección de tres tipos de filtro: pasa bajos, pasa altos y pasabanda; y de una etapa de parámetros en donde se ajusta la frecuencia de corte y la resonancia del sistema. Los parámetros son frecuencia, factor de calidad (Q) y tipo de filtro.

- En proceso se encuentra el desarrollo de un EQ cuya funcionalidad ya está al 100 %, pero está pendiente el diseño de la Interfaz gráfica (GUI).

A medida que los *plugins* se fueron programando, entraron a una etapa de puesta a prueba en diferentes estaciones de audio digital, de modo que se pudiera hacer un diagnóstico general del funcionamiento de cada uno y se reportaran todo tipo de problemas y *bugs* para ser corregidos posteriormente. Una vez finalizada esta gran etapa de programación y pruebas de uso, se enviaron los *plugins* a algunos ingenieros de sonido para ser probados en campo y obtener de ellos su realimentación sobre el funcionamiento de cada software.

Se realizó posteriormente la documentación de cada uno de los *plugins* para proceder con su registro. Este se lleva a cabo a través de la Universidad frente a dirección nacional de derechos de autor.

LOS PLUGINS EN EL AULA

El desarrollo de esta librería ha permitido una integración entre la técnica del desarrollo de software y su aplicación en las industrias creativas, en particular en la producción musical. El acercamiento de este conocimiento al cuerpo docente cercano al procesamiento de señales de audio con fines creativos supone un primer paso para futuros desarrollos donde se puedan analizar necesidades específicas que se presenten en el aula, con el fin de ser desarrolladas bajo demanda de docentes y estudiantes.

Las aplicaciones desarrolladas durante el proyecto son principalmente para uso académico dentro de la enseñanza de la producción y post-producción musical, siendo este uno de sus principales objetivos. Los directos beneficiarios de los productos de este proyecto son los estudiantes de los programas de Artes de la Grabación y Producción Musical y los de la Tecnología en Informática Musical, del ITM, donde se aplican todos los conceptos que trabajan los *plugins* desarrollados. Sin embargo, debido a que la forma de distribución del software es muy sencilla, este podría ser utilizado por cualquier estudiante o profesional de áreas afines al procesamiento del audio y la música. Los

sectores que se impactan entonces pueden ir desde el académico hasta el de las industrias creativas y del entretenimiento.

En el ámbito académico, algunas de las líneas de estudio a las cuales la suite de *plugins* puede apoyar son:

- Cursos de fundamentos de audio.
- Cursos de estaciones DAW.
- Cursos de grabación y posproducción en estudio.
- Cursos de la línea de creación de música electroacústica.
- Cursos de la línea de diseño sonoro.

III. RESULTADOS

Luego de desarrollar seis *plugins* completamente funcionales para el procesamiento de señales de audio para la producción musical y compatibles con la gran mayoría de DAWs del mercado, vemos la necesidad de acercar este conocimiento de programación y desarrollo a la comunidad académica de las artes sonoras en la ciudad, ya que esto abre una gran puerta para la innovación y la producción científica.

El propósito de la suite de *plugins* que se ha comenzado a desarrollar con este proyecto es generar toda una librería de herramientas informáticas para el audio que puedan proveer a los estudiantes todo tipo de aplicaciones necesarias para la práctica de la producción musical, sin necesidad de recurrir a software licenciado, a su vez que contengan cada uno de los parámetros vistos en clase para una óptima práctica de lo aprendido en las aulas. Los seis *plugins* iniciales que se desarrollaron durante el proyecto dan cuenta de ese primer acercamiento donde se pueden realizar tareas básicas del procesamiento del audio en cada una de sus dimensiones, a saber, la dinámica, el espectro y el tiempo.

A continuación, entre las Figura 5 y 10, se mostrarán de manera gráfica las interfaces de usuario de los *plugins* y sus diagramas de bloques.



Figura 5B. *The Cañaña. Simple Gain Processor.*

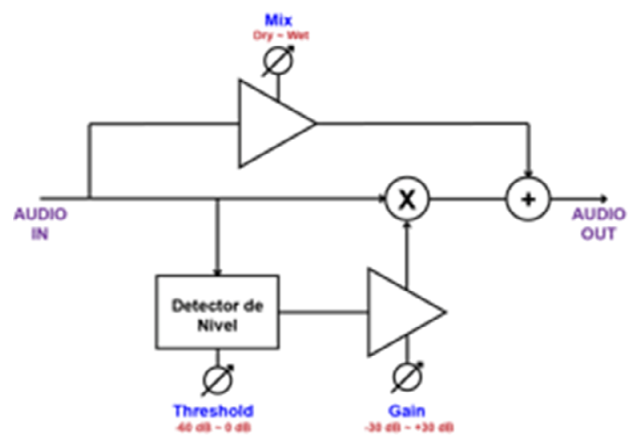


Figura 6. *Brickwall Limiter.*

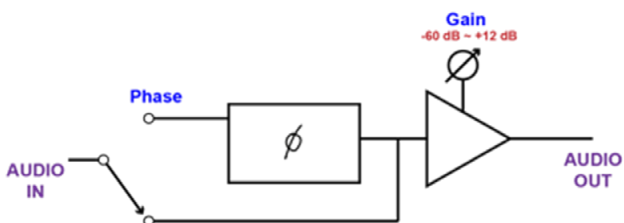


Figura 5A. *The Cañaña. Simple Gain Processor.*

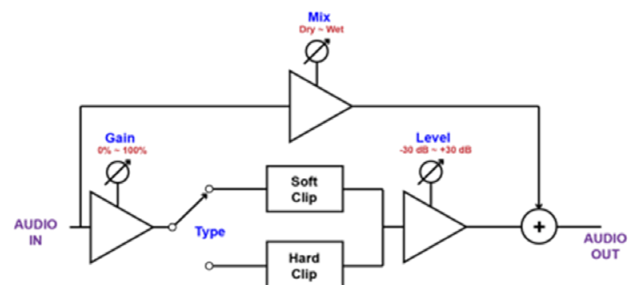


Figura 7A. *Nuclear Fission.*



Figura 7B. Nuclear Fission.

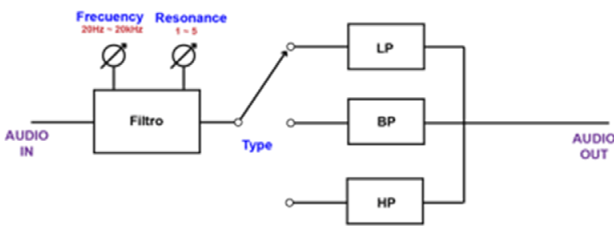


Figura 8. Double Slit.

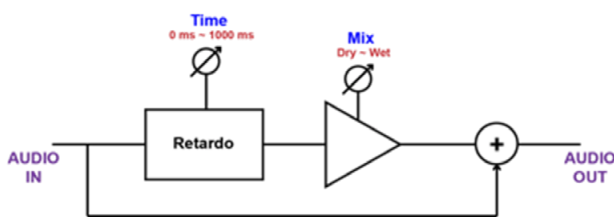


Figura 9. Distant Cave.

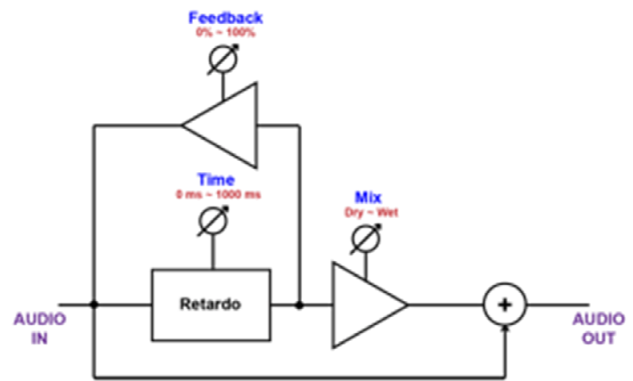


Figura 10. Twin Paradox.

IV. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar una librería de *plugins* para manipulación del audio en el campo de la producción musical a través de *plugins* VST y AU, lo que los hace compatibles con la gran mayoría de Estaciones Digitales de Audio disponibles en el mercado.

Se desarrollaron múltiples algoritmos para el tratamiento de las señales de audio, bien sea mediante el análisis y manipulación de cada una de las muestras del audio digital, así como la modificación de sus parámetros en el dominio de la frecuencia a través de las librerías de DSP disponibles en el *framework* que hemos trabajado.

Se programó de manera eficiente en el *framework* JUCE para el desarrollo de la suite de *plugins* debido a que dicha librería de código preexistente simplifica enormemente muchas labores de análisis de datos que serían muy extensas de programar desde cero. JUCE se constituye como una fantástica herramienta de programación que abre las puertas a numerosos desarrollos futuros.

Se diseñaron interfaces gráficas cercanas a las apariencias tradicionales de los equipos de hardware para facilitar así su uso y lograr familiarizar a los usuarios de una manera más rápida y eficaz con las herramientas desarrolladas. Adicionalmente,

esto impacta de manera muy positiva el aspecto estético de los *plugins*, que son visualmente muy atractivos y agradables.

Se validó el uso de los *plugins* en ambientes de trabajo real con productores e ingenieros de mezcla en labores técnicas y creativas para la creación de productos musicales académicos y comerciales. Sin embargo, los *plugins* fueron diseñados y desarrollados primordialmente para su uso académico y labores de aula. Esta aplicación está apenas por implementarse en los cursos venideros.

V. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Facultad de Artes y Humanidades del ITM (Medellín, Colombia) por el tiempo y el apoyo que le han brindado a los investigadores para llevar a cabo este proyecto. Gracias a la AES Colombia por abrir este espacio de divulgación y por su ardua labor en llevar el conocimiento de audio a tanta gente.

VI. REFERENCIAS

- Branstegg, Ø. (2015). *A Toolkit for Experimentation with Signal Interaction*. Proc. of the 18th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-15). DAFx.
- Davis, R., & Fraser Clark, D. (2015). *A Comparison of Available Options for Teaching Signal Processing to Music Technology and Production Students*. AES 26th UK Conference. Audio Engineering Society.
- Ekeroot, J. (2003). *Implementing a Parametric EQ plug-in in C++ Using the Multi-platform VST Specification*. Division of Sound Recording, School of Music in Pitea, Lulea University of Technology.
- Fober, D., Orlarey, Y., & Letz, S. (2011). *Faust Architecture and OSC Support*. 14th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-11). DAFx.
- Grierson, M. (2010). *Maximilian: A Cross Platform C++ Audio Synthesis Library for Artist Learning to Program*. Goldsmiths Department of Computing, University of London.
- Hummel, Z. (2016). *Audio Software (VST Plugin) Development with Practical Application*. Western Michigan University.
- Larkin, O., Harker, A., & Kleimola, J. (2018). *iPlug 2: Desktop Plug-in Framework Meets Web Audio Modules*. Web Audio Conference WAC-2018. Berlin, Alemania.
- Lazzarini, V. (2005). *Extensions to the Csound Language: from User-Defined to Plugin Opcodes and Beyond*. 3rd International Linux Audio Conference LAC2005. Karlsruhe, Alemania.
- Osorio-Goenaga, R. (2005). *Digital Filter Design and Implementation within the Steinberg Virtual Studio Technology (VST) Architecture*. AES, Convention Paper 6606, 119th Convention. Audio Engineering Society.
- Robinson, M. (2011). *UGen++ an audio library: Teaching game audio design and programming*. AES 41st International Conference. Audio Engineering Society.
- Robinson, R., & Bullock, J. (2012). *A Comparison of Audio Frameworks for Teaching, Research and Development*. AES 132nd Convention, Convention Paper 8622. Audio Engineering Society.
- Robledo Arnucio, E., Hinojosa, R., & de Boer, M. (2002). *A C++ development platform for real time audio processing and synthesis applications*. Proc. of the 5th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-02). DAFx.

Instrumento musical virtual de temperado dinámico

Óscar Alejandro Cardoso Guzmán

Facultad de Artes y Humanidades, Institución Universitaria ITM

Medellín, Colombia

oscardoso@itm.edu.co

RESUMEN

Este artículo académico presenta el concepto de temperado dinámico como una posible solución para mitigar el fenómeno de batimiento acústico en el temperamento igual. La investigación se basó en el análisis de temperados históricos para encontrar proporciones de frecuencias entre intervalos musicales que produzcan menores sensaciones de batimientos que los producidos por el temperamento igual. Para lograr esto, se diseñó un software que recibe datos MIDI provenientes de controladores musicales digitales, detecta patrones de interpretación y modifica la forma de temperado de las notas en tiempo real, permitiendo reproducirlas a través de un sintetizador de audio. Esta herramienta adapta dinámicamente su salida de acuerdo con la información de entrada para producir la mayor consonancia acústica con la menor sensación de batimiento posible. Este enfoque representa una nueva dirección en la búsqueda de un “temperamento musical ideal” y demuestra el potencial de los recursos de procesamiento existentes en la era digital para concebir soluciones innovadoras en el campo de la música.

Palabras clave: temperado dinámico, batimiento acústico, temperamento igual, afinación, música, procesamiento digital.

ABSTRACT

This academic article introduces the concept of Dynamic Temperament as a potential solution to mitigate the phenomenon of acoustic beating in Equal Temperament. The research was based on the analysis of historical temperaments to find frequency ratios between musical intervals that produce fewer sensations of beating than those generated by Equal Temperament. To achieve this, software was designed to receive MIDI data from digital musical controllers, detect interpretation patterns, and dynamically modify the tempering of notes in real-time, allowing them to be played through an audio synthesizer. This tool dynamically

adjusts its output according to the input information to produce the highest acoustic consonance with the least sensation of beating possible. This approach represents a new direction in the search for an “ideal musical temperament” and demonstrates the potential of processing resources available in the digital age to conceive innovative solutions in the field of music.

Keywords: dynamic temperament, acoustic beating, equal temperament, tuning, music, digital processing.

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de afinación o temperamento en la música se refiere a la distancia o proporción que existe entre las notas de una escala; diferentes temperamentos emplean diferentes frecuencias para definir la misma tonalidad. Los registros más antiguos de este concepto se remontan a la música de la antigua Grecia, donde fue explorado por la escuela pitagórica como una técnica para construir una escala cromática utilizando ratios de frecuencias entre sus intervalos. Durante la Edad Media, las disparidades en la afinación generaban inconsistencias en la interpretación de ciertos intervalos, lo que causaba problemas con los ensambles instrumentales y la transposición musical. La solución a este problema llegó en forma del temperamento igual, que distribuye las frecuencias de forma proporcional según la altura de cada intervalo, y que se convirtió en el sistema dominante en la música occidental desde el siglo XVIII. Variaciones en la afinación pueden producir diferentes frecuencias entre las tonalidades de la escala, lo que lleva a diferentes percepciones de consonancia o disonancia en intervalos, tríadas o acordes. Antes de la técnica de temperamento igual, se emplearon innumerables formas históricas de temperamento musical, dada la posibilidad de modificar el grado de consonancia en la reproducción polifónica, la elección del temperamento era una variable de suma importancia durante la composición e interpretación de una pieza.

La música cuenta con un amplio vocabulario conceptual utilizado para describir las sensaciones auditivas experimentadas por el ser humano. La armonía, que se enfoca en el estudio de los sonidos producidos de forma simultánea, incluye conceptos como consonancia y disonancia, que se relacionan con la sensación de agrado o desagrado que produce en el oído la combinación de dos o más tonos (Pérez & Fraile, 2006).

Tradicionalmente, se consideran consonantes intervalos como la tercera menor, tercera mayor, cuarta justa, quinta justa, sexta menor, sexta mayor y octava justa, mientras que los disonantes incluyen la segunda menor, segunda mayor, quinta disminuida y séptima menor (Pérez & Fraile, 2006). Sin embargo, la percepción subjetiva de consonancia o disonancia puede variar según el contexto espaciotemporal y el sujeto que realiza la prueba (Sel & Calvo-Merino, 2013).

En la percepción de la consonancia o disonancia también puede intervenir el batimiento acústico, un fenómeno que ocurre cuando dos señales, idealmente tonos puros, tienen frecuencias cercanas. Este proceso de modulación se produce por la suma de las señales, y se caracteriza por una variación periódica de la amplitud de la señal resultante, que disminuye su velocidad a medida que se reduce la diferencia entre las frecuencias de base, o aumenta su velocidad en caso contrario (Pérez & Fraile, 2006). Actualmente, la detección de batimientos es la técnica más utilizada para la afinación de instrumentos musicales (Carrión, 2010).

El concepto de intervalo en la música se refiere a la relación entre las frecuencias de dos tonos, siendo expresado como el cociente de dichas frecuencias, donde la frecuencia de mayor valor corresponde al numerador y la de menor valor al denominador. Por ejemplo, el intervalo entre las notas La_4 (440 Hz) y La_5 (880 Hz), se expresa como 2/1. Cuando varias notas se ejecutan simultáneamente, se conforma un acorde que puede ser valorado subjetivamente como consonante o disonante en función de la sensación auditiva que se experimente. Dicha sensación dependerá de la relación entre los intervalos del acorde y de su nivel de batimiento (Del Río, 2012).

La escala musical occidental se originó en la antigua Grecia. Específicamente Pitágoras y la escuela de los pitagóricos calcularon las relaciones entre los intervalos musicales a partir de la matemática y la geometría, para validarlos posteriormente en instrumentos de cuerda como el monocordio (Martin, 2008). Los experimentos de los pitagóricos consistían en tensar los extremos

de una cuerda sobre dos soportes y generar tensión adicional con una cuña que se disponía en puntos intermedios. Se lograba segmentar la cuerda de varias maneras, generando tonos más agudos que el original. Por ejemplo, los intervalos de cuarta, quinta y octava justas se lograron a partir de longitudes de cuerda equivalentes a $3/4$, $2/3$ y $1/2$, respectivamente (Arenzana & Arenzana, 1998).

Sin embargo, la escala pitagórica presenta una pequeña desafinación conocida como "coma pitagórica" (Beltrán, 2013), que genera inconvenientes durante la interpretación de instrumentos de rango tonal extendido. Para solucionar este problema, surge en el siglo XVI la escala temperada igual o equitemperada, la cual se basa en el cromatismo pitagórico, pero reparte el error de la coma a través de todos sus intervalos. Cada intervalo equitemperado posee la misma proporción de frecuencias (100 centésimas por semitono), valor numérico calculable a partir de la raíz duodécima de dos (Redondo, 2008). Aunque esta escala parece solucionar el problema de la afinación al dividir la octava en 12 semitonos iguales, produce un problema mayor pues todos los intervalos diferentes al de octava producen batimiento, fenómeno fácilmente perceptible en los intervalos de cuarta justa y quinta justa cuando se compara, por ejemplo, con la escala pitagórica (Duffin, 2008).

En la música microtonal, el concepto de tonalidad dinámica es un reciente avance (Plamondon et al., 2009) que permite experimentar cambios en la afinación y timbre de un instrumento. Se utiliza un teclado isomórfico, en el cual toda secuencia o combinación de intervalos musicales tiene la misma forma de digitación gracias a la disposición de las teclas, y un software que procesa los datos y sintetiza los sonidos. Con este método, es posible tocar melodías y transponerlas sin necesidad de cambiar los patrones de digitación. La tonalidad dinámica combina técnicas de afinación y reconstrucción tímbrica que pueden ajustarse a través del tiempo para producir efectos como curvas de afinación polifónica, afinación progresiva y la modulación del temperamento (Plamondon et al., 2009).

En el presente artículo se propone el uso del temperado dinámico como una posible solución para mitigar el fenómeno de batimiento acústico presente en el temperamento igual e invariante en el tiempo. Para ello, se han analizado algunos temperados históricos con la idea de encontrar proporciones de frecuencias entre intervalos musicales que produzcan menores batimientos que los generados por el temperamento igual. El objetivo es aplicar dichas proporciones en la afinación de un instrumento musical virtual con controlador

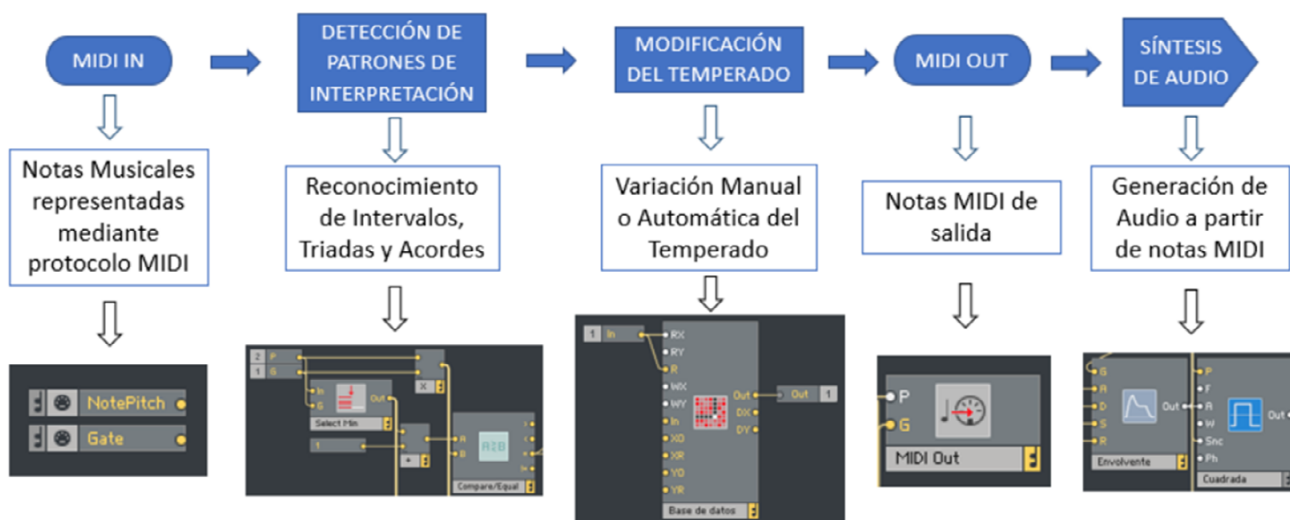


Figura 1. Diagrama de flujo de datos.

a manera de teclado, que reproduzca sonidos temperados dinámicamente buscando la mayor consonancia acústica, con el menor batimiento posible. Se propone aprovechar los recursos de procesamiento existentes en la era digital para concebir un sistema que adapte su temperado dinámicamente de acuerdo con la información de ejecución musical de entrada. Se ha diseñado un software que recibe datos MIDI provenientes de controladores musicales digitales, detecta patrones de interpretación, modifica la forma de temperado de las notas en tiempo real y permite reproducirlas a través de un sintetizador de audio.

II. PARTE TÉCNICA

Tomando como punto de partida el concepto de solución del sistema, se establecieron tres (3) funciones generales para el software y las subfunciones relacionadas:

1. Detección de patrones de interpretación musical: reconocimiento de intervalos y acordes interpretados a través de un controlador musical compatible con MIDI.

a. Detección de intervalos musicales: segunda menor y mayor, tercera menor y mayor; cuarta justa, quinta disminuida y justa; sexta menor y mayor, séptima menor y mayor; octava justa.

b. Detección de triadas musicales: mayor, menor, disminuida.

c. Detección de acordes musicales: Maj 7, dominante, menor, semi-disminuido 7, disminuido 7.

2. Modificación del temperado de las notas musicales: base de datos a partir de la cual es posible leer y escribir las proporciones entre los tonos de diferentes temperados musicales.

a. Temperado manual: menú de selección a través del cual es posible explorar diferentes tipos de temperado (p. ej. pitagórico, aristogénico, igual, etc.).

b. Temperado dinámico: el software modificará automáticamente el temperado dependiendo de los patrones de interpretación ejecutados por el usuario a través del controlador musical.

3. Síntesis de audio: conversión de la información MIDI en una señal de audio.

a. Sintetizador interno: cuatro formas de onda conmutables (sinusoidal, triangular, cuadrada y sierra) y controles de envolvente acústica (ataque, decaimiento, sostenimiento y relajación).

b. Salida de datos desde el software hacia cualquier sintetizador externo compatible con el protocolo MIDI.

A partir del reconocimiento de las funciones que debía cumplir el software, se diseñó un diagrama de flujo de datos (Figura 1) que contemplaba el proceso de ingreso de la información musical, el reconocimiento de los patrones de interpretación por parte del usuario, la modificación del temperado de las notas musicales y la salida de la información para ser procesada por un sintetizador de audio.

Para incorporar la función de modificación del temperado fue necesario desarrollar las siguientes actividades:

1. Documentación acerca de formas históricas de temperado, sus respectivas proporciones de frecuencias y usos: exploración documental a través de fuentes bibliográficas. A partir de la información recolectada, respecto al uso relativamente extendido de algunas formas de temperado musical a través

Tabla 1. Temperados musicales

			Temperados Musicales					
Intervalo	Semitonos	Nota	Equitemperado	Pitagórico	Aristogénico	Kepler	Anónimo	Mersen
1	0	Do	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2m	1	Do#	1,0595	1,0535	1,0625	1,0547	1,0535	1,0417
2M	2	Re	1,1225	1,1250	1,1250	1,1250	1,1237	1,1250
3m	3	Re#	1,1892	1,1852	1,1875	1,2000	1,1852	1,1719
3M	4	Mi	1,2599	1,2656	1,2500	1,2500	1,2500	1,2500
4J	5	Fa	1,3348	1,3333	1,3333	1,3333	1,3333	1,3333
5dis	6	Fa#	1,4142	1,4047	1,4000	1,4063	1,4047	1,3889
5J	7	Sol	1,4983	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000
6m	8	Sol#	1,5874	1,5802	1,5556	1,6000	1,5802	1,5625
6M	9	La	1,6818	1,6875	1,6667	1,6875	1,6856	1,6667
7m	10	La#	1,7818	1,7778	1,7500	1,8000	1,7778	1,7778
7M	11	Si	1,8877	1,8984	1,8750	1,8750	1,8750	1,8750
8J	12	Do	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000

de la historia, y del análisis de las proporciones de frecuencias entre sus intervalos, se seleccionaron seis (6) formas diferentes de temperado.

2. Evaluación de los fenómenos de batimiento y consonancia acústica producidos por diferentes intervalos y acordes musicales:

a. Aplicación de encuestas auditivas en grupos de interés: se identificaron las formas de temperado que, al ejecutar intervalos musicales, producen una menor sensación de batimiento acústico. De esta manera, se logró establecer cuáles temperados producen mayor sensación de consonancia acústica a partir de la ejecución de triadas y acordes musicales.

b. Visualización del fenómeno de batimiento mediante analizador de espectro de frecuencias: se identificaron los temperados que producen un menor batimiento al ejecutar intervalos musicales.

III. RESULTADOS

La Tabla 1 presenta la relación entre intervalos, semitonos, notas de referencia, proporción en frecuencia y denominación de los temperados musicales elegidos a partir de la actividad documental:

Con el objetivo de establecer cuáles intervalos y acordes musicales producían una menor sensación de batimiento acústico y/o una mayor consonancia acústica, se aplicaron encuestas auditivas en dos grupos de interés caracterizados de la siguiente manera:

A. Estudiantes: 90 jóvenes en edades entre los 16 y 25 años, estudiantes de programas en música, sonido y áreas afines.

B. Profesionales: 10 expertos en música, sonido y áreas afines, con conocimientos y habilidades para la afinación de instrumentos musicales.

Tabla 2. Temperados y sensación de batimiento

TEMPERADO	Intervalos										
	2m	2M	3m	3M	4J	5dis	5J	6m	6M	7m	7M
Equitemperado											
Pitagórico	X	X	X		X	X	X	X (Low)	X	X	
Aristogénico		X	X	(X)	X	(X) (Low)	X				(X)
Kepler	X	X	(X) (Hi)	(X)	X	X	X	(X) (Hi)	X		(X)
Anónimo	X		X	(X)	X	X	X			X	(X)
Mersen		X		(X)	X		X	X (Low)		X	(X)

Convenciones

X: Intervalos de menor batimiento acústico
 (X): Producen una modulación muy lenta
 (Hi): Tono alto en frecuencia
 (Low): Tono bajo en frecuencia
 Relleno: Intervalos con igual proporción de batimiento

Tabla 3. Temperados y consonancia acústica

ACORDE	Mayor	menor	dis.	Maj 7	Dom.	menor 7m	Semi-dis. 7	Dis.7
INTERVALOS	3M, 5J	3m, 5J	3m, 5dis	3M, 7M	3M, 7m	3m, 7m	3m, 5dis, 7m	3m, 5dis, 6M
TEMPERADOS DE MAYOR CONSONANCIA	Equi-temp.	Pitag.	Equi-temp.	Equi-temp.	Pitag.	Equi-temp.	Equi-temp.	Anónimo

La Tabla 2 presenta los temperados que produjeron una menor sensación de batimiento acústico sobre los grupos de interés a la hora de interpretar intervalos musicales.

La Tabla 3 presenta los temperados que, al ejecutar triadas y acordes musicales, generaron una mayor sensación de consonancia acústica en los grupos de interés.

Con los resultados de las encuestas auditivas se diseñó un algoritmo que, basado en el reconocimiento de patrones de interpretación en el instrumento musical, modifica de manera automática el temperado de las notas MIDI antes de llevarlas al sintetizador de audio (Figura 2). La anterior opción recibe el nombre de "temperado dinámico" en la interfaz de usuario.

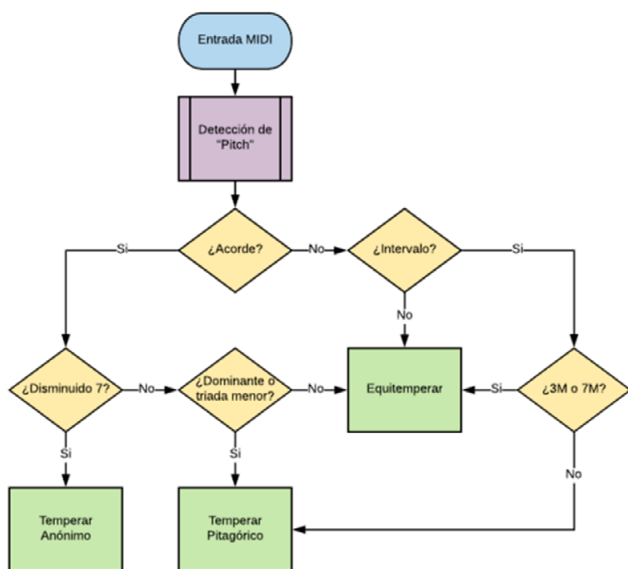


Figura 2. Algoritmo de temperado dinámico.

La Figura 3 presenta la interfaz de usuario, dividida en tres (3) áreas correspondientes a las funciones generales del software.

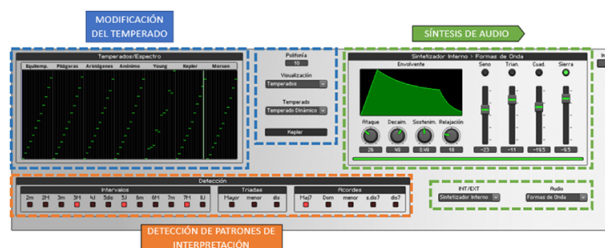


Figura 3. Interfaz de usuario.

IV. CONCLUSIONES

Con base en los temperados históricos analizados pudo establecerse que los intervalos correspondientes a cuarta (4j), quinta (5j) y octava (8j) mantienen iguales proporciones independientemente del temperado implementado, lo que, a su vez, produjo el menor batimiento acústico en las encuestas auditivas aplicadas en los sujetos de prueba.

El temperado igual (equitemperado) generó una alta sensación de consonancia acústica en las encuestas auditivas para las siguientes triadas y acordes: mayor, disminuido, maj7, menor con séptima menor y semidisminuido con séptima. Por su parte, el temperado pitagórico produjo mayor consonancia acústica en las triadas menor y dominante. Finalmente, el temperado documentado como "anónimo", demostró producir la mayor consonancia acústica en el acorde disminuido con séptima.

La generación de un algoritmo para temperar dinámicamente un instrumento musical, con el objetivo de disminuir el batimiento entre intervalos y asegurar la mayor consonancia acústica al momento de ejecutar triadas y acordes musicales es posible, siempre y cuando se cuente con información que permita caracterizar la manera como un grupo poblacional, en un contexto dado, responde a la reproducción de notas musicales simultáneas.

A partir de los ensayos realizados pudo evidenciarse que la sensación de batimiento y consonancia acústica pueden variar en función del timbre generado por el instrumento musical, la envolvente acústica producida y el nivel de entrenamiento auditivo que posean los sujetos de prueba.

V. REFERENCIAS

- Arenzana, V., & Arenzana, J. (1998). Aproximación matemática a la música. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 35, 17-31.
- Beltrán del Río, H. L. E. (2012). Física y psicoacústica de la teoría musical, la afinación y el temperamento tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Tesis UNAM.
- Beltrán Reyes, C. E. (2013). La música en los grandes matemáticos de occidente. *Música Cultura y Pensamiento*, 5(5), 111-117.
- Correa Pabón, G. (2010). Teoría de la proporción pitagórica. *Escritos*, 14(33), 600-617.
- Duffin, R. W. (2008). *How Equal Temperament Ruined Harmony (and Why You Should Care)*. WW Norton & Company.
- García Pérez, A. S., & García Fraile, D. (2006). El concepto de consonancia en la teoría musical. De la escuela pitagórica a la revolución científica. *Revista de Musicología*, 29(1), 321-323.
- Liern Carrión, V. (2010). Matemáticas para afinar instrumentos musicales. *SUMA*, 65, 99-104.
- Pastor Martín, A. (2008). Matemáticas en la música. *SUMA*, 59, 17-21.
- Plamondon, J., Milne, A., & Sethares, W. (2009). Dynamic Tonality: Extending the Framework of Tonality into the 21st Century. In *Proc. of the Annual Conference of the South-Central Chapter of the College Music Society*.
- Redondo, J. M. (2008). Una relación entre la matemática y la escala occidental cromática temperada [Conferencia presentada en el XIX Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones y VII Encuentro de Aritmética]. Uniandes.
- Sel, A., & Calvo-Merino, B. (2013). Neuro arquitectura de la emoción musical. *Revista de Neurología*, 56(5), 289-297.

PATT: Algoritmo de generación probabilística de Progresiones de Acordes basado en modelos de Tensión Tonal

Felipe Echavarría Villegas*, Juan Manuel Bravo Cortés*, Mateo Yepes*, Daniel Gómez** ***

*Facultad de Ingenierías, Universidad San Buenaventura, Medellín, Colombia

**Music Technology Group, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, España

***Facultad de Ingeniería, Universidad Icesi, Cali, Colombia

felipe.echavarría@tau.usbmed.edu.co; juan.bravo@tau.usbmed.edu.co;
mateo.yepes@usbmed.edu.co; daniel.gomez@upf.edu; dgomez@icesi.edu.co

RESUMEN

En el proceso de creación musical, generar progresiones armónicas puede resultar difícil para quienes inician en la composición, debido a la complejidad de los conceptos de teoría musical necesarios. Los compositores tienen la intención de expresar emociones a través de la música, y es común utilizar la tensión tonal como herramienta, que se puede entender como la anticipación de una resolución. Recientemente, se ha modelado el fenómeno cognitivo de la tensión tonal con relación a progresiones musicales, con resultados prometedores. El presente texto retoma los modelos cognitivos de tensión para usarlos en un contexto de composición musical, específicamente, para sintetizar progresiones de acordes basadas en curvas de tensión tonal (CTT). Para desarrollar y probar este sistema, se realiza un estudio estadístico de la armonía de un corpus de canciones de música electrónica-pop y se implementa un método probabilístico para la clasificación de acordes basado en este, de manera que se puedan generar progresiones de acordes que sigan una curva dada y respondan a las características armónicas del estilo. Se espera que este sistema pueda facilitar el proceso de expresión musical, ya que permite a un músico diseñar curvas de tensión tonal en función de la cantidad de acordes, la tensión y el tiempo, para obtener progresiones armónicas en formato MIDI.

Palabras clave: música, tensión tonal, progresiones de acordes, síntesis de música.

ABSTRACT

In the process of musical creation, generating harmonic progressions can be challenging for those just starting in composition due to the complexity of the necessary music theory concepts. Composers aim to express emotions through music, and it's common to use tonal tension as a tool; this can be understood as the anticipation of resolution. Recently, the cognitive phenomenon

of tonal tension has been modeled in relation to musical progressions, yielding promising results. This text revisits cognitive tension models for use in a musical composition context, specifically for synthesizing chord progressions based on Tonality Tension Curves (TTC). To develop and test this system, a statistical analysis of harmony in a corpus of electronic-pop music songs is conducted, and a probabilistic method for chord propagation based on this analysis is implemented. This enables the generation of chord progressions that follow a given curve and respond to the harmonic characteristics of the style. It is expected that this system can streamline the musical expression process, as it allows a musician to design tonal tension curves based on the number of chords, tension, and time, to obtain harmonic progressions in MIDI format.

Keywords: music, tonal tension, chord progression, music synthesis.

I. INTRODUCCIÓN

La producción musical es un proceso creativo que involucra aspectos técnicos y teóricos de la música, que se mezclan en conjunto con el universo artístico de los productores. Uno de los mayores retos en el proceso de producción es combinar ambas habilidades y utilizar la teoría como herramienta creativa para expresar ideas artísticas, producir emociones y generar conexión entre el público y la música (Wang, 2014). Esta transmisión de emociones a través del lenguaje musical requiere que el productor invierta una gran cantidad de tiempo y esfuerzo en el estudio y la práctica de la teoría musical para subordinar estos conceptos teóricos a su subjetividad (Mateos Moreno, 2011). Se ha observado que ante la necesidad de estudiar teoría musical y estar al día en el uso de herramientas tecnológicas para la producción (impulsada por la accesibilidad a herramientas digitales para los estudios caseros), hay una tendencia a priorizar los aspectos técnicos y utilizar recursos musicales sencillos para ahorrar tiempo y esfuerzo (Giles, 2009). En general puede decirse que los productores prefieren

orientarse hacia las dimensiones técnicas que hacia su desarrollo musical. Finalmente, esto tiene un impacto reductivo en la paleta de recursos disponibles y de las emociones que puede transmitir el productor.

El arte de transmitir y comunicar emociones a través de la música se fundamenta en la forma musical (Hunter et al., 2010), y se sugiere que dicha comunicación está relacionada con las dinámicas de confirmación y contradicción de las expectativas que se tienen del flujo musical. Es decir, cuando ocurren cambios repentinos en la sonoridad o, por el contrario, que los cambios sean reconocidos debido a patrones previamente interiorizados por el oyente (Céspedes & Eerola, 2018). Dichas variaciones suelen ser producidas usando diferentes recursos como el ritmo, la melodía, la armonía, el timbre de los instrumentos o cambios en la dinámica de la música, así como subvirtiendo su contexto social y cultural (Wang, 2014). En particular, se ha identificado el importante efecto que tienen en los oyentes los cambios armónicos, en términos de generar sensaciones de estabilidad e inestabilidad relacionadas con la consonancia y disonancia entre las notas que componen los acordes (Lerdahl & Krumhansl, 2007). Este efecto está asociado a las diversas sensaciones psicoacústicas que generan distintas combinaciones de frecuencias según sus distancias y relaciones de multiplicidad (Oxenham, 2013).

Una de las aproximaciones más comunes a modelar el efecto de la armonía es el concepto de tensión tonal, introducido por Lerdahl (1988), utilizado como base para el análisis estadístico de los acordes que componen una progresión (Navarro Cáceres et al., 2020). Este modelo también introduce el concepto de Espacio de Intervalo Tonal (TIS, por sus siglas en inglés), que describe las distancias de diversos acordes en un espacio construido alrededor de un centro tonal (De Haas et al., 2008; Faraldo et al., 2017). Teniendo este par de herramientas, puede suponerse que un conjunto de piezas musicales pertenecientes a un mismo estilo comparta un sistema tonal expresado a través de similitudes en sus características musicales armónicas. Específicamente, se sugiere que dentro de un estilo solo algunos sonidos y combinaciones de estos son observables y que, además, están sujetos a las relaciones de probabilidad que prevalecen dentro del sistema. Estos sonidos y combinaciones están en función del contexto de cada obra concreta, así como del sistema estilístico en general (Meyer & Kraehenbuehl, 1956). De esta manera, un estilo puede ser concebido como un sistema de relaciones de probabilidad y limitación sobre la combinación de elementos sonoros (Burguet, 2013).

Este proyecto busca desarrollar herramientas para apoyar a los productores de orientación técnica a explorar y expandir su paleta de comunicación musical, particularmente las progresiones armónicas. Además, se enfoca en el estudio sistemático de la armonía y su evolución temporal a través de las progresiones de acordes (cambio de las notas tocadas de manera simultánea a través del tiempo), haciendo uso del concepto de tensión tonal. Específicamente, se centra en el diseño de un sistema que funciona a través del concepto de curvas de tensión tonal limitadas por las restricciones propias de un estilo específico, que está definido por una colección de canciones pertenecientes al estilo pop/electrónica en inglés de la última década.

En la sección II de este trabajo se describen todos los aspectos técnicos que se tuvieron en consideración para el desarrollo del algoritmo; en la sección III se realiza una descripción detallada del procedimiento seguido para el desarrollo del algoritmo; en la IV se describen los experimentos realizados para evaluar la eficiencia de este y; por último, en las secciones V y VI se analizan los resultados obtenidos en la evaluación y se generan las conclusiones del trabajo respectivamente.

II. ANTECEDENTES TÉCNICOS

Las herramientas de asistencia en la composición y producción musical son tecnologías en constante desarrollo que buscan simular computacionalmente la creatividad humana, campo de estudio denominado como Producción Musical Inteligente (IMP, por sus siglas en inglés) (Brecht De Man et al., 2020). Actualmente, existen sistemas enfocados en diversos aspectos musicales como la generación de ritmos según estilos específicos (Gómez Marín, 2018), así como para componer melodías inspiradas en patrones preestablecidos, utilizando Machine y Deep Learning, como el Flow Composer (Briot et al., 2017; Pachet et al., 2016) y programas que generan patrones rítmicos, melodías y líneas de bajo con IA (Hexachords, 2023).

El concepto de tensión tonal también ha sido utilizado para generar progresiones de acordes que siguen curvas de tensión. Por ejemplo, Bernardes et al. (2016) utilizan la navegación en espacios de intervalo tonal para calcular distancias entre acordes y generar armonía musical, mientras que Navarro-Cáceres et al. (2020) utilizan algoritmos de programación genética para elegir los mejores candidatos de acordes según descriptores musicales que caracterizan la tensión. Por otro lado, Herremans & Chew (2019) generan piezas musicales polifónicas a través de algoritmos de detección que identifican patrones repetitivos en plantillas de canciones que se ajustan mejor a los perfiles de tensión.

Aunque la investigación de generación automática de armonía musical ha avanzado significativamente, se ha ignorado un tema importante relacionado con las limitaciones estilísticas, entendiendo el estilo como las características musicales comunes compartidas por los compositores de una época o tendencia específica (Dannenberg, 2010). Estas limitaciones hacen que las progresiones de acordes sigan cadencias musicales particulares al estilo y que, al ser identificadas por los oyentes, aportan de manera directa a la generación de emociones y sensaciones de relajación y tensión específicas (Huron, 2006). En otras palabras, no se ha profundizado mucho sobre la relación entre un estilo musical y las tensiones tonales observables en sus piezas características. Por esta razón, el algoritmo PATT (Progresiones de Acordes de Tensión Tonal), propuesto en este trabajo, busca generar progresiones de acordes bajo las restricciones de características propias de un estilo musical particular.

A. ESPACIOS DE INTERVALO TONAL (TIS) Y TENSIÓN TONAL

Un TIS es una herramienta que permite el análisis sistemático de acordes musicales a través de su representación en términos de intervalos tonales. Esta herramienta usa acordes con diferentes números de notas y en diferentes tonalidades o modos y sus propiedades topológicas (las posiciones de los acordes en el espacio) reflejan las propiedades musicales del sistema tonal. Se ha demostrado que los TIS son útiles para medir la similitud entre acordes y para calcular automáticamente información musical en diferentes tonalidades, acordes y escalas (Navarro Cáceres et al., 2020). De la misma manera, el concepto de tensión tonal es fundamental en la construcción de una pieza musical efectiva, ya que se refiere a la sensación de tensión y resolución que se produce al utilizar una progresión de acordes determinada. La tensión tonal se puede representar mediante una curva que muestra cómo varía el desplazamiento armónico de la progresión de acordes a lo largo del tiempo, lo que es fundamental para crear una progresión armónica efectiva que genere la sensación adecuada en la audiencia. Por otro lado, la tensión tonal instantánea se refiere a la medida de la tensión percibida en un momento específico dentro de una progresión de acordes tonales. Esta medida se puede calcular utilizando el modelo TIS (Tonal Interval Space), que considera varios indicadores tonales, como la disonancia, la distancia tonal y la conducción de voces. Con estos indicadores, el modelo TIS proporciona una medida cuantitativa de la tensión tonal instantánea en un momento dado, lo que es muy útil para entender cómo se percibe la música en diferentes momentos y para mejorar la composición y la interpretación musical.

B. DESCRIPTORES DE TENSIÓN TONAL

Estos descriptores provienen originalmente de la teoría del Espacio de Intervalo Tonal y las ecuaciones para el cálculo de estos se puede obtener del trabajo de María Navarro Cáceres et al. (2020) sobre el cálculo de curvas de tensión tonal.

- Distancia tonal entre acordes es una medida de la similitud perceptiva entre dos acordes consecutivos en una progresión tonal. Esta determina cuán estrechamente se relacionan dos acordes en términos de su función tonal y con la tonalidad de la progresión.
- *La distancia a la tonalidad* es una medida de la similitud perceptiva entre un acorde y la tonalidad de la progresión de acordes. Se obtiene un dato numérico que representa la desviación entre estas dos características.
- *La distancia a la función tonal* es una medida de la similitud perceptiva entre un acorde y su función tonal, sea tónica, subdominante o dominante, y cuánto se desvía de esta. Los acordes respectivos a la función tonal varían según la tonalidad de la progresión.
- La disonancia está estrechamente relacionada con el concepto psicoacústico de *roughness*, que mide la cantidad de batimiento dada por la cercanía entre las frecuencias de dos o más sonidos. A menudo se asocia con acordes o intervalos que crean una sensación de tensión o conflicto, y se perciben como menos estables o resueltos que los acordes o intervalos de consonantes (Guernsey, 1928).
- *La conducción de voces* es un concepto musical que hace referencia a la atracción melódica entre acordes consecutivos por voz. Es una medida horizontal que estima la tensión de cada nota en una voz según la nota anterior. El número de semitonos y la relación entre las notas pueden afectar la evaluación de las voces, por lo que la dirección de voz se mide como la distancia de ambas notas en semitonos y la similitud perceptiva entre las notas de los dos acordes consecutivos.

III. DESARROLLO DEL ALGORITMO

El algoritmo PATT diseñado en este trabajo busca utilizar información estadística del conjunto de datos obtenidos de las curvas de tensión tonal de un corpus musical, para que los usuarios puedan dibujar sus propias curvas y que el sistema devuelva progresiones de acordes pertenecientes al estilo con el que se entrena la máquina. Esta aplicación ha sido desarrollada en el lenguaje de programación Python y se compone de tres etapas principales: identificación de acordes, entrenamiento y generación. Con este algoritmo, el usuario puede ingresar una curva con

varios acordes, representados en forma de nodos en un espacio bidimensional, a través de pares de coordenadas de tiempo y tensión tonal. Una vez definida una curva y la ubicación de los acordes a lo largo de esta, el usuario precisa si la progresión será mayor o menor y el sistema se encarga de generar una propuesta de acordes en formato MIDI que mejor se adapte a los valores de tensión y que pertenezca al estilo analizado, es decir, preservando el perfil estadístico del estilo observado en el corpus de progresiones.

A. ETAPA I: CORPUS CANCIONES DEL ESTILO

Con el objetivo de caracterizar el estilo musical, se recopila una base de datos de archivos MIDI con canciones famosas de pop/electrónica en inglés de la última década. De cada canción se extrae un canal de armonía y se recorta a la duración de dos compases, de manera que de cada canción se puede obtener más de una progresión.

Se descargan 50 canciones de diversos artistas, entre ellos: Avicii, Ariana Grande, Calvin Harris, Coldplay, David Guetta, Dua Lipa, Duke Dumont, Ed Sheeran, Justin Bieber, Kygo, Imagine Dragons, Marshmello y Rufus du Sol, de bases de datos en línea de canciones en formato MIDI¹. Se seleccionan 180 progresiones de acordes que son emblemáticas del estilo pop/electrónica en inglés. Estas piezas han sido elegidas por su capacidad de definir claramente el estilo y su impacto cultural, la finalidad de esto es intentar tener la capacidad de crear progresiones de acordes que los usuarios puedan entender y considerar como apropiadas para el estilo.

B. ETAPA II: IDENTIFICACIÓN DE ACORDES

Para que el algoritmo pueda operar correctamente, es necesario contar con una base de datos que recopile información sobre la estructura armónica de los acordes que se ingresan. Para obtener esta información, se realiza un análisis armónico basado en la música tonal, siguiendo el método propuesto en Pardo & Birmingham (2001, 2002) y complementada posteriormente en Scholz & Ramalho (2008). Este sistema, primero, segmenta la obra por puntos de partición, que son los puntos donde hay inicio o fin de cualquier nota; luego, calcula puntajes de similitud de cada segmento con respecto a todas las combinaciones de *root notes* (fundamentales) y plantillas o *templates* (formas de acordes) para determinar los acordes identificados, es decir, un puntaje que indica la cercanía de las notas presentes en cada segmento con las formas

de acordes predeterminadas. Finalmente, se utiliza el sistema HarmAn, que aplica un *Grafo Acíclico Dirigido* (DAG) (Cormen et al., 2009) para seleccionar los puntos de inicio y fin de los acordes.

En PATT, este proceso comienza por la lectura de los archivos MIDI utilizando la librería de Python Mido². Con esto es posible decodificar los mensajes MIDI, permitiendo segmentar y disponerlos por su orden de aparición. Para efectos prácticos, el algoritmo toma como resolución temporal mínima la duración de una semicorchea.

Para el cálculo de los puntajes de similitud, se realizan todas las combinaciones posibles entre segmentos, fundamentales y plantillas, generando sus respectivos pesos, que son una suma acumulativa de la cantidad de veces que se repite cada nota en el segmento. Con esto se seleccionan las opciones con mayor puntaje, que representan las tónicas y formas de acordes que mejor describen las notas presentes en cada segmento. En este caso, se amplió la lista de plantillas propuestas por Pardo y se recopiló en un diccionario que relaciona la forma de acorde y su respectivo conjunto de categoría tonal (plantilla), presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Diccionario de acordes

Forma de acorde	Plantilla
M	[0, 4, 7, 0]
m	[0, 3, 7, 0]
°	[0, 3, 6, 0]
Aug	[0, 4, 8, 0]
Aug 7	[0, 4, 8, 10]
Aug Maj7	[0, 4, 8, 11]
M7	[0, 4, 7, 10]
m7	[0, 3, 7, 10]
Maj 7	[0, 4, 7, 11]
m Maj7	[0, 3, 7, 11]
m7b5	[0, 3, 6, 10]
°7	[0, 3, 6, 9]
sus4	[0, 5, 7, 0]

¹ <https://cymatics.fm/pages/free-download-vault>; <https://unison.audio/free-packs/>

² <https://mido.readthedocs.io/en/latest/index.html>

Utilizando estas plantillas, el cálculo de puntaje se realiza mediante tres indicadores:

- Evidencia positiva (E): cantidad de notas del segmento que coinciden con notas de la plantilla.
- Evidencia negativa (N): cantidad notas del segmento que no coinciden con notas de la plantilla.
- Desaciertos (M): cantidad de notas de la plantilla que no están presentes en el segmento.

Con estos tres valores se calcula el puntaje final como $\text{Score} = E - N - M$. Al calcular todas las combinaciones, se selecciona la opción con mayor puntaje, la cual indica la tónica y forma de acorde que mejor se adapta a cada segmento.

Por último, a través del uso del DAG se identifican los puntos de partición donde se ubican los cambios de acordes. Es importante destacar que un acorde no siempre se interpreta con todas sus notas sonando al mismo tiempo, ya que puede estar arpegiado, lo que implica que varios segmentos puedan ser incluidos en el mismo acorde. Una vez identificados los puntos de partición, se asigna la plantilla que determina la forma del acorde, posterior a esto, se exporta para cada archivo una lista de los acordes en texto, su nota fundamental, su vector cromático y su conjunto de categoría tonal (Ito, 2010).

Para medir la eficacia del algoritmo en su etapa inicial, se selecciona una muestra aleatoria del 18 % del total de canciones en el corpus. Estas canciones fueron analizadas manualmente por una persona con conocimientos teóricos musicales para comparar la identificación de acordes realizada por el algoritmo. Para cada canción se calcula un puntaje por acorde que mide la cantidad de notas del acorde identificadas por el algoritmo en relación con las notas reales, esto permite obtener un porcentaje de eficacia por acorde y un promedio por canción. En total, se obtuvo una eficacia del 79.77 % en la identificación de acordes, superior a lo trabajado por Pardo & Birmingham (2001) y por Scholz & Ramalho (2008), cuyos resultados no superan el 75 %. Cabe señalar que este porcentaje puede estar influenciado por como estén compuestos los archivos MIDI utilizados en el corpus, así como por la complejidad armónica presente en las canciones.

C. ETAPA III: ENTRENAMIENTO

En la segunda etapa se lleva a cabo un proceso de normalización en el cual cada progresión se transpone a do mayor o menor, según corresponda a su modo original; además, se asigna a cada

acorde su grado correspondiente. Por ejemplo, el acorde Em se clasifica como un tercer grado (iii). A continuación, se calculan las curvas de tensión tonal, como se muestra en (1), mediante el cálculo de la tensión tonal instantánea que se obtiene a través de una suma ponderada de los descriptores proporcionados por Navarro Cáceres et al. (2020).

$$M(T_i, P) = \omega_1(d_1 + d_2 + d_3) + \omega_2 c + \omega_3 m \quad (1)$$

Donde:

M es el valor de tensión tonal del acorde T_i en la progresión P.

$\omega_1 = 0.158$ es la ponderación de la suma de las tres distancias, d_1, d_2, d_3 .

$\omega_2 = 0.303$ es la ponderación de la disonancia c

$\omega_3 = 0.271$ es la ponderación del *voice leading* m .

En esta etapa, también se realiza la caracterización del estilo del corpus de canciones ingresado, la cual será utilizada en la etapa de generación. Para lograrlo, se emplean funciones de densidad de probabilidad que describen la frecuencia de aparición de los acordes presentes en todos los elementos de la base de datos. A partir de este análisis, se obtiene un histograma que muestra la probabilidad de aparición de cada acorde dentro del estilo musical que se está trabajando. Se presentan en la Figura 1 los histogramas de frecuencia de grado de acorde en las tonalidades de do mayor y do menor.

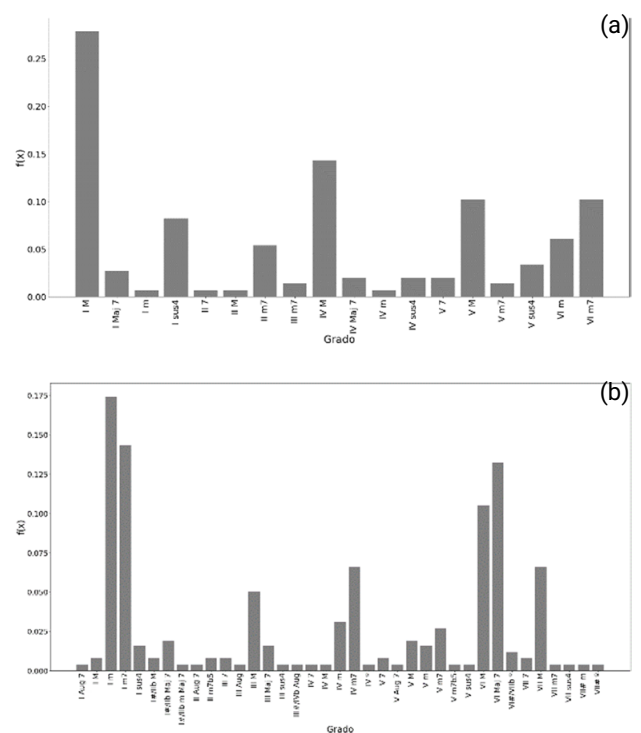


Figura 1. (a) Histograma de acordes de tonalidades mayores presentes en el corpus. (b) Histograma de acordes de tonalidades menores presentes en el corpus.

Este análisis de frecuencia de los grados y formas de acorde proporciona información visual de las restricciones y tendencias comunes en la utilización de acordes en esa tonalidad y estilo musical. Esta información es utilizada posteriormente en la etapa de generación.

D. ETAPA IV: GENERACIÓN

En la tercera etapa se realiza el proceso de generación de nuevas progresiones de acordes a partir de curvas perfiles de tensión tonal ingresadas por el usuario. En esta se busca que los acordes de la progresión propuesta generen valores de tensión lo más cercanos posibles a los puntos de la curva ingresada, manteniendo las restricciones que se obtienen en la caracterización del estilo del corpus de canciones, puntos que siguen las emociones generadas en el oyente por la tensión tonal.

La representación de una curva de perfil de tensión tonal se muestra como una línea en un plano cartesiano bidimensional, donde los ejes horizontal y vertical representan números reales positivos. El eje x representa el tiempo, y el eje y representa la tensión tonal. El primer acorde de la curva siempre comienza en el origen del plano cartesiano y se desarrolla conectando secuencialmente los acordes siguientes en un orden específico. Cada nuevo acorde se sitúa en un momento posterior en el tiempo (hacia la derecha en el eje x) y en algún nivel de tensión tonal (posición en y) con respecto al acorde anterior. En otras palabras, la tensión de cada acorde depende del acorde previo. Cada acorde de la curva de tensión se representa mediante un punto en la línea, creando visualmente una representación de puntos conectados por segmentos rectos, como se muestra en la Figura 2.

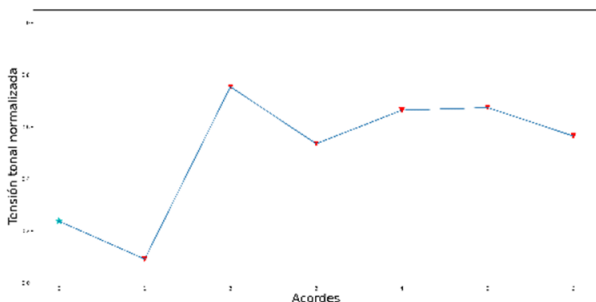


Figura 2. Ejemplo curva de tensión tonal.

Este algoritmo genera cada progresión acorde por acorde, calculando la tensión de un nuevo acorde basado en el anterior. Por esta razón, el algoritmo necesita un acorde inicializador como punto de referencia en la construcción de la curva de tensión. Este primer acorde se puede escoger de dos maneras: basado en una lista de candidatos

predefinidos, seleccionando el acorde con mayor probabilidad de aparición en el estilo del corpus o establecerlo por defecto como el primer grado de la escala seleccionada para la progresión.

Dado que la generación es consecutiva, cada acorde n dependerá del acorde previo $n - 1$. Por lo tanto, para el sistema, la generación de progresiones de acordes se convierte en un problema similar a un árbol de decisiones en el que la elección de un elemento de una secuencia influye en las decisiones de los siguientes elementos, como se muestra en la Figura 3.

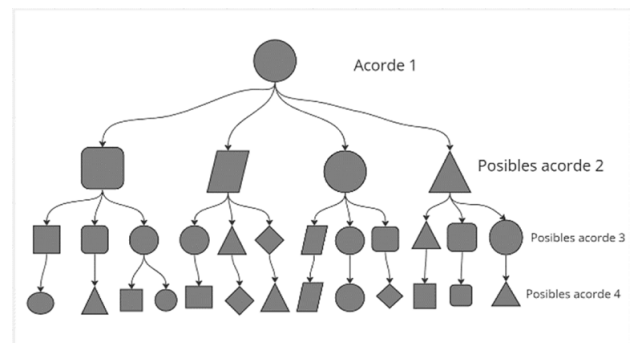


Figura 3. Árbol de decisión.

La cantidad de permutaciones posibles para todas las combinaciones de acordes que forman una progresión está dada por (2).

$$P = a^c \quad (2)$$

Donde: P es la cantidad de permutaciones, a es la cantidad de acordes de la progresión y c es el número de candidatos que se consideran para cada acorde.

Esto implica que la cantidad de permutaciones se comporta de manera exponencial, según la cantidad de candidatos. Por ejemplo, una progresión de $a = 4$ acordes con una lista de $c = 18$ candidatos (como lo son en el corpus para el modo mayor) tendría un total aproximado de $P = 4^{18} = 68 \cdot 10^9$ progresiones posibles que se deberían calcular. Esto representa un costo computacional muy elevado. Por eso, se implementa una restricción en la cantidad de candidatos para limitar la cantidad de permutaciones generadas. Estas permutaciones se almacenan en una matriz de combinaciones, donde cada fila representa una progresión única y las columnas representan cada acorde de la progresión, con valores que van desde 0 hasta el número de candidatos elegidos.

El proceso para determinar los candidatos a considerar en cada punto de la curva consta de los siguientes pasos:

1. Se toma un punto de partida en la curva y se realiza el cálculo de tensión tonal instantánea objetivo, utilizando todos los acordes disponibles en el corpus.

2. Luego, para este punto se seleccionan los c acordes candidatos que tienen la menor diferencia aritmética con respecto a su tensión tonal instantánea objetivo, y se almacenan como candidatos.

3. A continuación, cada uno de estos candidatos se utiliza como punto de partida para el siguiente punto, y este proceso se repite hasta completar la totalidad de los puntos dados por el usuario.

La selección de candidatos se guarda en forma codificada en una matriz. Cada acorde de la curva representa una fila en la matriz, y cada columna representa un candidato de acorde diferente enumerado del 0 al c . Por ejemplo, si la fila f de la matriz es $[0, 0, 0, 0]$, significa que se guarda el primer candidato de cada iteración para todos los acordes. Si la fila es $[1, 0, 0, 0]$, significa que se guarda el primer candidato de cada iteración, excepto en la primera columna, donde se selecciona el segundo candidato. Este patrón se repite para las filas restantes de la matriz.

Al finalizar, se obtiene un número de progresiones correspondientes al número de permutaciones, cada una con combinaciones de acordes diferentes, y donde cada progresión de acordes tiene una curva de perfil de tensión tonal asociada. Para escoger la progresión más cercana al objetivo, se plantean dos opciones:

- El primer método consiste en calcular la distancia Frechet (Alt & Godau, 1995) entre la curva objetivo y todas las curvas candidatas, lo que resulta en una serie de valores numéricos. La curva candidata con la menor distancia numérica es la seleccionada como la solución óptima.
- El segundo método está basado en probabilidad. En este enfoque, se asigna un peso a cada acorde en función de la altura de la barra en el histograma mostrado en la Figura 1. Posteriormente, se suman todos los valores y la progresión con el valor más alto se considera como la de mayor frecuencia en el estilo y, por lo tanto, es seleccionado

El último paso del algoritmo es exportar la progresión seleccionada en formato MIDI, de manera de que el usuario la pueda reproducir y utilizar en cualquier DAW o sintetizador.

IV. EVALUACIÓN

Teniendo los sistemas de entrenamiento y generación en un estado funcional, se realizan dos evaluaciones para medir la eficiencia de las generaciones. Se procede con una evaluación objetiva basada en distancias (presentada en esta sección) y una evaluación subjetiva a un grupo de personas presentada en la sección siguiente.

A. EXPERIMENTO I: PRUEBA OBJETIVA

1. MATERIALES

Con el fin de generar curvas de tensión para la evaluación, se crean tres grupos de curvas para alimentar el algoritmo de tensión tonal. En un grupo llamado "Artistas", se generan curvas a partir de una lista de progresiones del corpus. Es decir, se usan curvas que ya han sido observadas en los datos de entrenamiento. Es importante aclarar que las curvas solamente llevan información de tensión tonal; es decir, no implican solo acordes específicos sino relaciones de tensión entre ellos.

El segundo grupo se denomina "Formas" y en él se utilizan curvas inspiradas en geometrías sencillas: cuadradas, triangulares, en forma de U, parábola y diente de sierra, para analizar la respuesta del algoritmo ante escenarios poco comunes y valores de perfiles de tensión tonal extremos no observados en el entrenamiento. Por último, el tercer grupo se denomina "Arbitraria" y se compone de curvas con número de acordes y valores de tensión aleatorios sin un criterio específico.

Cada uno de estos grupos se diseña para evaluar la versatilidad del algoritmo ante varios tipos de curvas de entrada y comparar la percepción humana ante los resultados generados con estos métodos con respecto a las diferencias numéricas entre los tipos de curvas. En total, se generaron 10 curvas para cada grupo, para un total de 30 curvas de perfiles de tensión tonal.

2. PROCEDIMIENTO

Cada una de las curvas es interpretada como un vector con una cantidad de elementos igual al número de acordes y cuyos valores son las tensiones tonales, como se ha explicado anteriormente. Las distancias entre cada curva y las demás son medidas usando la distancia Frechet.

Para este análisis, se toma como grupo base (*inicial*) las curvas de "Artistas", debido a que son curvas obtenidas a partir de progresiones de acordes del corpus de canciones. El análisis estadístico consiste en tomar los valores de

promedio y desviación estándar de las distancias entre los diferentes grupos de curvas, asumiendo los datos como una distribución normal (Lerch & Yang, 2020) para generar una Estimación de la Densidad de Kernel (EDK) y posteriormente comparar los resultados entre los tres grupos mediante un análisis de divergencia Kullback–Leibler.

Se ha observado un fenómeno en la generación de progresiones musicales en el que la restricción impuesta por el estilo musical limita las opciones de acordes posibles. Como resultado, la curva de progresión ingresada por el usuario (denominada como curva inicial) no se replica exactamente durante la generación, sino que se produce una curva similar (denominada como curva generada). Este comportamiento se puede apreciar en la Figura 4.

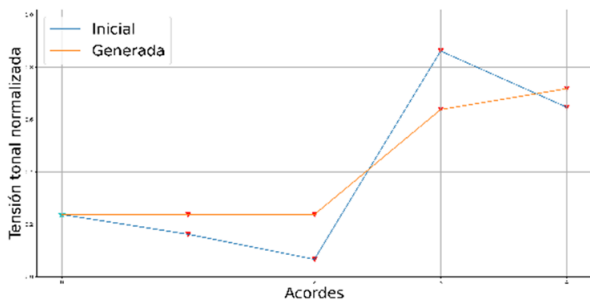


Figura 4. Diferencia entre la curva inicial y la curva generada.

Con el fin de estimar los EDK se diseñan dos escenarios. En el primero, se comparan los valores de los tres grupos de curvas iniciales entre sí; por ejemplo, se contrastan las curvas del grupo de “Artistas” con las del grupo de “Arbitrarias”. En el segundo, se sigue el mismo proceso, pero esta vez se utilizan los valores de las curvas generadas por el algoritmo para analizar los cambios en las diferencias de distancias resultantes del estilo en la base de datos.

3. RESULTADOS

Las Figuras 5 y 6 muestran las curvas de EDK para los grupos iniciales y los grupos generados, respectivamente. Estas curvas son fundamentales para obtener valores representativos del modelo y plantear hipótesis sobre la eficacia del algoritmo para generar progresiones en un estilo específico.

Posteriormente, se realiza un cálculo de la divergencia KL para determinar la similitud entre dos distribuciones estadísticas utilizando las curvas de progresiones de acordes generadas. En las Figuras 7 y 8 se presentan los resultados de la divergencia en relación con las curvas de “Formas” y “Arbitrario”, respectivamente. Estas figuras revelan que el grupo

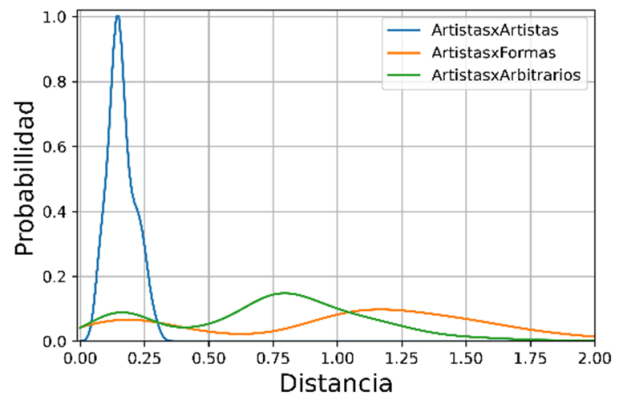


Figura 5. Estimación de la densidad de kernel inicial.

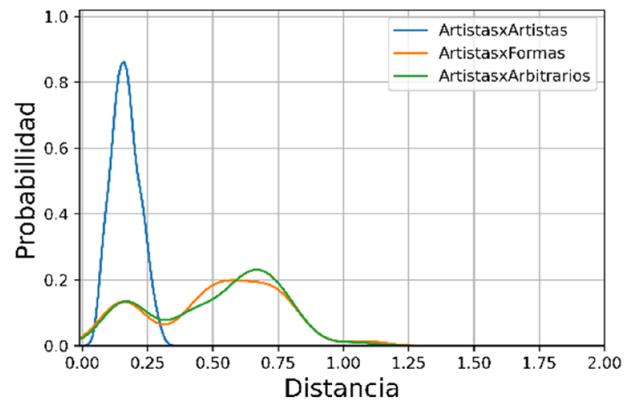


Figura 6. Estimación de densidad de kernel generada.

arbitrario muestra una mayor proximidad estadística al grupo de “Artistas” en términos de distribución de datos, en comparación con el grupo de formas. Esta diferencia puede tener un impacto significativo en la percepción de la tensión tonal.

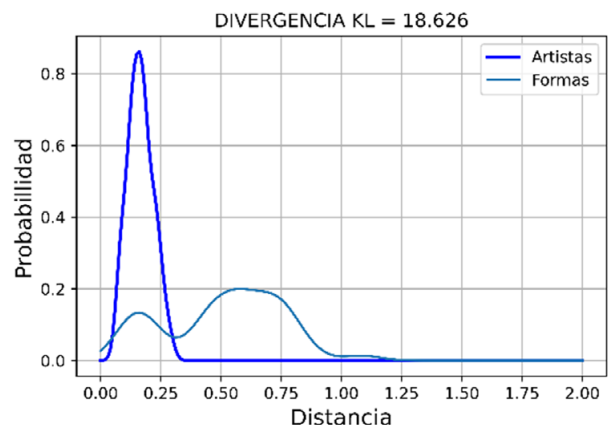


Figura 7. Divergencia KL Artistas-Formas.

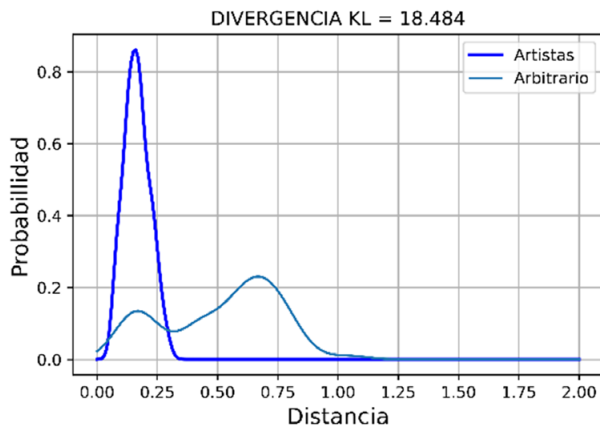


Figura 8. Divergencia KL Artistas-Arbitrario.

B. EXPERIMENTO 2: PRUEBA SUBJETIVA

El segundo experimento se realiza con el fin de medir el rendimiento y la precisión del algoritmo a través de una prueba subjetiva que evalúa el grado de similitud de los resultados generados con la percepción humana. El propósito es determinar la capacidad del algoritmo para generar progresiones armónicas coherentes y consistentes con la expectativa del oyente según los tres tipos de curvas usados en el experimento 1. Con este experimento, se busca validar las siguientes hipótesis:

- El algoritmo tiene la capacidad de generar curvas de tensión tonal coherentes con las expectativas del oyente.
- Al no tener un corpus con una amplia variedad de acordes, curvas con acordes con altos valores de tensión (por ejemplo, superiores a 0.7, como los generados en la categoría “Formas”) pueden generar acordes que se salgan del contexto tonal de la progresión. Estas curvas pueden generar alteraciones en la correcta percepción de tensión y resultados inferiores en las pruebas subjetivas.
- Las curvas del grupo “Artistas” son las que generan progresiones más coherentes con la expectativa musical del oyente, seguidas por el grupo “Arbitrario”.

1. MATERIALES

En este experimento se utilizan las mismas 30 curvas del experimento anterior. Para cada curva se genera una progresión de acordes en formato MIDI y posteriormente se convierte en audio usando un tempo de 120 BPM y un sonido de piano acústico del sintetizador Xpand2 en el software Reaper. Todas las progresiones están en la octava 4. Se obtienen así 30 parejas, cada una con una curva y un archivo de audio correspondientes.

2. MÉTODOS

Antes de comenzar el experimento se hace una introducción presentando curvas y acordes que se adaptan perfectamente y otros que no se adaptan de manera correcta. Esto se realiza con el fin de que los sujetos comprendan el contexto del experimento, se familiaricen con los conceptos y comprendan cómo se siente tanto una buena como una mala correspondencia entre una curva y una progresión.

En cada iteración de este experimento se presenta una imagen de una curva de tensión tonal y se reproduce el archivo de audio correspondiente con la progresión de acordes. Después de observar la curva y escuchar atentamente la progresión, los sujetos califican en una escala de Likert de 0 a 5 qué tanto se adapta la tensión escuchada a lo largo de la progresión de acordes a la que está plasmada en la gráfica (ver en la Tabla 2 los valores correspondientes a cada número de la escala). Cada sujeto realiza 10 iteraciones del experimento. Las parejas de progresión y curva presentadas en este experimento pertenecen a las mismas tres categorías usadas en el experimento 1 (“Artistas”, “Formas” y “Arbitrario”). Durante el experimento se presentan 3 ejemplos de cada categoría de manera aleatoria a los sujetos, de tal manera que el orden en el cual se muestran las parejas es diferente para cada uno. Se usan dos parejas repetidas durante el experimento a manera de control, para que sea posible descartar sujetos en caso de que las repuestas para las mismas parejas sean diferentes. En total, los sujetos son expuestos a 5 ejemplos. El experimento es presentado individualmente a cada participante utilizando el software de encuestas Jotform³ y con audífonos Beyerdynamic DT 990 Pro para la reproducción de los audios.

Tabla 2. Escala de Likert prueba subjetiva

0: No se adapta nada
1: No se adapta en la mayoría
2: Se adapta poco
3: Se adapta, pero puede estar mejor
4: Se adapta bien
5: Es exactamente la curva que representa el audio

³ <https://form.jotform.com/230786162754058>

3. PARTICIPANTES

En total, se tuvieron 42 sujetos con una media de edad de 24.3 años (desviación estándar de 3.8 años), de los cuales 6 expresaron pertenecer al género femenino y 38 al masculino. Después de analizar los resultados, se descartaron 4 sujetos, pues en las pruebas de control tenían calificaciones diferentes para las mismas. Por lo tanto, el análisis se realiza con los resultados de 38 sujetos.

4. RESULTADOS

Se utilizó el análisis de varianzas (ANOVA) (Frost, 2023) para comparar los resultados de las calificaciones de los sujetos a parejas de los diferentes grupos de curvas y determinar si existen diferencias entre ellos. La Tabla 3 presenta las estadísticas básicas de suma, media y desviación estándar para los resultados de los tres grupos. Los resultados del ANOVA se presentan en la Tabla 4 sugiriendo que alguno de los grupos es diferente a los demás con un valor de significancia $p < 0.05$. Al realizar las pruebas *post hoc* de Tukey (Abdi & Williams, 2010) (ver Tabla 5), se observa que las calificaciones para los grupos "Artistas" y "Formas" tienen una diferencia estadísticamente significativa ($p\text{-value} = 0.002$) mientras que los grupos *arbitrarias* y "Artistas" no tienen una diferencia significativa con el grupo "Formas". En un diagrama de caja se observa la distribución y tendencia central de los datos. La Figura 9 muestra de manera detallada los resultados obtenidos mediante este diagrama.

Tabla 3. Estadísticas puntajes por grupos

Grupos	Suma	Media	Varianza
Artistas	131.33	3.46	0.77
Formas	103.33	2.72	1.11
Arbitrarias	120	3.16	0.71

Tabla 4. Resultados de prueba ANOVA

Origen	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	F	P value	Valor crítico F
Entre grupos	10.44	2	6.068	0.0032	3.078

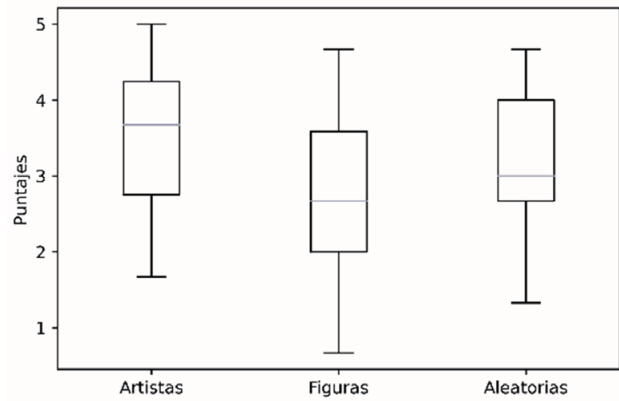


Figura 9. Promedios por grupo.

Tabla 5. Resultados de prueba post-hoc tukey

Categoría de curvas	Q	P Value	Lower CI	Upper CI
Formas, Arbitrarios	-1.072	0.103	-1.072	0.194
Artistas, Arbitrarios	-0.335	0.343	-0.335	0.931
Artista, Formas	0.737	0.002	0.104	1.370

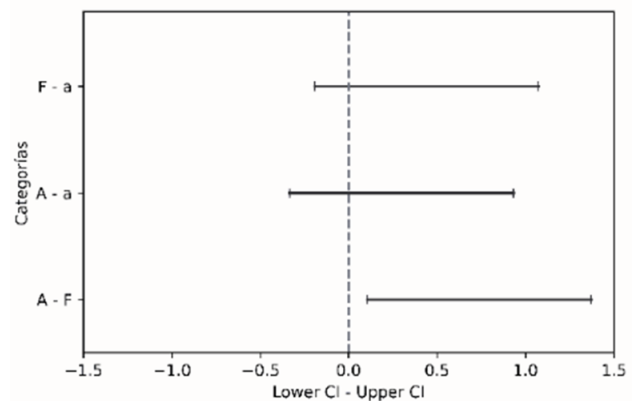


Figura 10. Intervalos de confianza 99 %.

V. ANÁLISIS

Los resultados en las Figuras 5 y 6 revelan una clara tendencia en la curva comparativa de "Artistas", que indica que el estilo posee un comportamiento definido y distintivo. Por otro lado, las combinaciones iniciales de *formas* y *arbitrarios* exhiben un comportamiento más amplio, sin una tendencia claramente definida. Sin embargo, una vez que se someten al algoritmo y se les asignan los acordes correspondientes, estas combinaciones comienzan a adquirir una forma más definida, e incluso llegan a acercarse a la tendencia del grupo de verdad.

La escala de Likert (Maldonado Luna, 2012) establece que los valores entre 0 y 2 indican una correspondencia baja, mientras que los valores mayores a 2 indican un grado de correspondencia desde levemente apreciable hasta muy evidente. Al observar los resultados de la Tabla 3, se puede afirmar que los tres grupos de curvas analizadas tuvieron una aceptación positiva por los encuestados y una correspondencia apreciable de las curvas con las progresiones generadas por el algoritmo, ya que la media de cada grupo supera el valor de 2.

Cabe destacar que el grupo "Artistas" obtuvo la media más alta, lo que indica que tiene una mayor precisión en la correspondencia. Esto se debe a que los valores de tensión de las curvas fueron los calculados de progresiones ya existentes, por lo cual los acordes generados tienden a ser más cercanos y similares a las progresiones del corpus utilizadas para estas curvas.

Por otro lado, el grupo "Formas" mostró una media más baja y una alta dispersión de datos, lo que sugiere una menor precisión en la correspondencia, en gran medida debido a los valores extremos de estas curvas, los cuales pueden generar acordes alejados del contexto tonal y que no son correspondientes a los movimientos naturales del estilo.

Sin embargo, resulta interesante destacar que el grupo "Arbitrario", a pesar de depender de un modelo estocástico para asignar los datos a lo largo de la curva, obtuvo un buen resultado (desviación = 0.841, media = 3.2). Este grupo presentó una dispersión de datos menor en comparación con el grupo "Formas" y su media estuvo cercana al grupo "Artistas" (media = 3.5). Estos resultados sugieren que el grupo "Arbitrario" puede ser una opción válida y efectiva para lograr una buena correspondencia entre los datos y la curva, especialmente en situaciones donde se requiere una asignación aleatoria de los datos, dando a entender que los tipos de curvas no deben seguir unos parámetros o un modelo específico para generar resultados óptimos, sino que el algoritmo es capaz de adaptar curvas con formas diversas a progresiones coherentes al estilo y con sonoridades musicales coherentes.

Es importante tener en cuenta que, debido a la limitación del corpus a un solo estilo, la variedad de acordes es limitada con respecto a otros estilos como el jazz, lo que impide ajustarse a curvas con determinadas formas o variaciones extremas. Esta limitación debe tenerse en cuenta al interpretar los resultados. Además, se debe destacar que la relación de generación entre la disponibilidad de acordes y la forma de las curvas es proporcional al tamaño de los datos. En este caso, el modelo se evalúa solamente

con tres grupos de curvas de entrada y un número limitado de canciones con el fin de entender su respuesta. A pesar de estas limitaciones, después de haber sido evaluado estadísticamente, se pudo observar un comportamiento aceptable y que se ajusta muy bien a lo esperado.

VI. CONCLUSIONES

El presente artículo propone un algoritmo para la generación automática de progresiones de acordes en formato MIDI basadas en curvas de perfiles de tensión tonal con un grado de correlación entre percepción y generación aceptable. Se debe tener en cuenta que la variedad de los acordes generados está limitada a la caracterización estadística de un estilo musical específico establecido por el corpus de canciones en formato MIDI ingresado, en este caso, canciones famosas de pop/electrónica en inglés de la última década en Estados Unidos y Reino Unido.

El algoritmo es fácilmente adaptable a cualquier corpus que se le ingrese, por lo cual se puede utilizar la caracterización de otro estilo para generar progresiones completamente diferentes con los mismos valores de tensión.

Por último, es posible profundizar en el estudio de las variaciones que surgen a partir de los parámetros de entrada del algoritmo. Por ejemplo, se puede evaluar la influencia de factores como la cantidad de candidatos, la elección del primer acorde y el método de selección de la progresión escogida (ya sea según la probabilidad del estilo o la menor distancia numérica). Asimismo, se podría mejorar la eficiencia del algoritmo de generación de acordes y selección de curvas. Estas mejoras podrían incluir la optimización de la selección de candidatos y la implementación de técnicas de aprendizaje automático para mejorar la calidad de las predicciones.

VII. REFERENCIAS

- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test. *Encyclopedia of Research Design*, 1–7. <http://www.utd.edu/~herve>
- Bernardes, G., Cocharro, D., Guedes, C., & Davies, M. E. P. (2016). Conchord: An Application for Generating Musical Harmony by Navigating in the Tonal Interval Space. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9617 LNCS(April), 243-260. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46282-0_15
- Brecht De Man, Stables Ryan, & D. Reiss Joshua. (2020). *Intelligent Music Production*. Taylor & Francis Group.
- Briot, J.-P., Hadjeres, G., & Pachet, F.-D. (2017). *Deep Learning Techniques for Music Generation – A Survey*. <http://arxiv.org/abs/1709.01620>
- Burcet, M. I. (2013). La teoría del espacio tonal y la teoría de las fuerzas musicales como herramientas para pensar la melodía. En *Escuchar y pensar la música. Bases teóricas y metodológicas* (pp. 271-299). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Céspedes-Guevara, J., & Eerola, T. (2018). Music Communicates Affects, not Basic Emotions. A Constructionist account of Attribution of Emotional Meanings to Music. *Frontiers in Psychology*, 9(FEB), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00215>
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). *Introduction to Algorithms*. Massachusetts Institute of Technology.
- Dannenber, R. B. (2010). Style in Music. In Shlomo Argamon, K. Burns, & S. Dubnov (Eds.), *Structure of Style: Algorithmic Approaches to Understanding Manner and Meaning* (1st ed., pp. 45-57). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-12337-5>
- De Haas, W. B., Veltkamp, R. C., & Wiering, F. (2008). Tonal Pitch Step Distance: A Similarity Measure for Chord Progressions. *ISMIR 2008 - 9th International Conference on Music Information Retrieval* (pp. 51–56).
- Faraldo, A., Herrera, P., & Jordà, S. (2017). The House Harmonic Filler: Interactive Exploration of Chord Sequences by Means of an Intuitive Representation. *Proceedings of the International Conference on Technologies for Music Notation and Representation – TENOR'17, June* (pp. 137–143).
- Frost, J. (2023). *Using Post Hoc Tests with ANOVA*. <https://statisticsbyjim.com/anova/post-hoc-tests-anova/>
- Giles, N. O. (2009). *Studios Left Out of the Mix*. <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-2009-oct-13-fi-smallbiz-studios13-story.html>
- Gómez Marín, D. (2018). Similarity and Style in Electronic Dance Music Drum Rhythms [Tesis Doctorals En Xarxa]. *TDX* <http://www.tdx.cat/handle/10803/543841>
- Guernsey, M. (1928). The Rôle of Consonance and Dissonance in Music. *The American Journal of Psychology*, 40, 173–204. <https://doi.org/10.2307/1414484>
- Herremans, D., & Chew, E. (2019). MorpheuS: Generating Structured Music with Constrained Patterns and Tension. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 10(4), 510–523. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2017.2737984>
- Hexachords. (2023). *Orb Producer 3*. <https://www.orbplugins.com/orb-producer-suite/>
- Hunter, P. G., Canada, S. D., & Schellenberg, E. G. (2010). Music and Emotion. In *Music Perception* (pp. 129-164). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6114-3>
- Huron, D. (2006). *Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation* (Issue January 2006). Massachusetts Institute of Technology. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6575.001.0001>
- Ito, J. P. (2010). *Lecture Notes on Pitch-Class Set Theory; Topic 1: Set Classes*. http://www.andrew.cmu.edu/user/johnito/music_theory/20thC/LectureNotes/20thCLectureNotes.html
- Lerch, L., & Yang, A. (2020). On the Evaluation of Generative Models in Music. *Neural Computing and Applications*, 32, 4773–4784. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-018-3849-7>
- Lerdahl, F. (1988). Tonal Pitch Space. *Music Perception*, 5(3), 315–349. <https://doi.org/10.2307/40285402>
- Lerdahl, F., & Krumhansl, C. L. (2007). Modeling Tonal Tension. *Music Perception*, 24(4), 329–366. <https://doi.org/10.1525/mp.2007.24.4.329>
- Maldonado Luna, S. M. (2012). Manual práctico para el diseño de la Escala Likert. *Xihmai*, 2(4), 6–8. <https://doi.org/10.37646/xihmai.v2i4.101>
- Mateos Moreno, D. (2011). Is It Possible to Teach Music Composition Today? A Search for the Challenges of Teaching Music Composition to Student Composers in a Tertiary Context. *Music Education Research*, 13(4), 407–429. <https://doi.org/10.1080/14613808.2011.632082>
- Meyer, L. B., & Kraehenbuehl, D. (1956). *Emotion and Meaning in Music*. The University of Chicago Press. <https://doi.org/10.2307/843099>
- Navarro Cáceres, M., Caetano, M., Bernardes, G., Sánchez-Barba, M., & Sánchez-Jara, J. M. (2020). A Computational Model of Tonal Tension Profile of Chord Progressions in the Tonal Interval Space. *Entropy*, 22(11), 1–30. <https://doi.org/10.3390/e22111291>
- Navarro-Cáceres, M., Sánchez-Jara, J. F. M., Quietinho Leithardt, V. R., & García-Ovejero, R. (2020). Assistive Model to Generate Chord Progressions Using Genetic Programming with

- Artificial Immune Properties. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(17). <https://doi.org/10.3390/app10176039>
- Oxenham, A. J. (2013). The Perception of Musical Tones. In *The Psychology of Music*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381460-9.00001-8>
- Pachet, F., Papadopoulos, A., & Roy, P. (2016). Assisted Lead Sheet Composition Using FlowComposer. *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 769–785). https://doi.org/10.1007/978-3-319-44953-1_48
- Pardo, B., & Birmingham, W. P. (2001). *The Chordal Analysis of Tonal Music*. Electrical Engineering and Computer Science Department the University of Michigan.
- Pardo, B., & Birmingham, W. P. (2002). Algorithms for chordal analysis. *Computer Music Journal*, 26(2), 27. <https://doi.org/10.1162/014892602760137167>
- Scholz, R., & Ramalho, G. (2008). Cochonut: Recognizing Complex Chords from MIDI Guitar Sequences. *ISMIR 2008 - 9th International Conference on Music Information Retrieval, December, 27–32*.
- Wang, A. (2014). The Expression of Emotion and Feeling in Music Composition. *Proceedings of the International Conference on Education, Language, Art and Intercultural Communication, 3(Icelandic)*, 639–641. <https://doi.org/10.2991/icelaic-14.2014.160>

CONFERENCIA LATINOAMERICANA AES LAC 2021

Septiembre 13-17

Medellín
Medellín
Medellín
Medellín
Colombia



AGRADECIMIENTOS

Tanto la Conferencia AES LAC 2021 como la posterior publicación de este libro fueron posibles gracias a los esfuerzos realizados por el Comité AES Colombia y las vicepresidencias latinoamericanas de la AES en el momento de la realización del evento hasta la fecha final de publicación, César Lamschtein, Jorge "El Chino" Azama y Ezequiel Morfi. También vale la pena mencionar a quienes, en su momento, en los HQ de la AES en Ciudad de Nueva York, autorizaron la publicación derivada de este evento, quien para ese entonces se trataba de Coleen Harper como líder de la asociación.

AES REGIÓN LATINOAMÉRICA

Vicepresidente | Ezequiel Morfi

COMITÉ AES COLOMBIA

Presidente | Jorge Mario Valencia Upegui

Vicepresidente | Carlos Andrés Bonilla Cardona

Tesorero | Fabio Nicholls

Secretario | Manuel Restrepo

Vocales | Ricardo Escallón, Carlos Andrés Caballero Parra, Daniel Vásquez, Hernando López, Luca Gardani, Diego Miranda, Marcela Zorro, Julio Monroy, Santiago Blanco, Valeria Suarez

COMITÉ CIENTÍFICO

PhD. Juan David Manco

PhD. Juan Diego Parra

PhD. Antonio Escamilla

PhD. Héctor García

PhD. Carlos Caballero

DM. Julián Brijaldo

Mg. Mauricio Moreno

Mg. Fredy Alzate

Mg. Meining Cheung

Mg. Carlos Bonilla

Mg. Daniel Marín

Mg. José Julián Cadavid

Mg. Jorge Valencia

Por otra parte, el evento, además, tuvo una serie de patrocinadores que bien vale la pena mencionar en este momento:

GENELEC



IK MULTIMEDIA

**Meyer
Sound**



Audioconcept

WSDG

Eventide

Sonarworks

SYNTAX

Y contó con el apoyo de:



INSTITUTO ENE AUDIO



Pontificia Universidad
JAVERIANA



Universidad
ICESI



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

Medellín
Medellín
Medellín
Medellín



Audio Engineer Society
Sección Colombia



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad



Editorial
ITM



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación