

LIBRO DE LA AUDIO ENGINEERING SOCIETY SECCIÓN **PERÚ**

AVANCES del audio en Latinoamérica



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

INSTITUTO SUPERIOR
**Orson
Welles**



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ



**LIBRO DE LA AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ**

Avances del Audio en Latinoamérica

ISBN 978-612-48499-0-9

© Instituto Superior Tecnológico Orson Welles
© Sección AES Perú

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

Editor por:

Instituto de Educación Superior Tecnológico
Privado Orson Welles S.A.
Av. Salaverry 3641, San Isidro. Lima, Perú
Tel: +511 264 1773
www.orsonwelles.edu.pe

Audio Engineering Society Sección Perú
Av. Salaverry 3641, San Isidro. Lima, Perú
www.aesperu.org

Editor de contenido

Carlos Andrés Caballero Parra

Autores

Diego Benalcázar Vega • Marco Antonio Juan de Dios Cuartas • Indio Gauvron • María Andrea Farina • José Julián Cadavid Sierra • Fredy Alberto Alzate Arias • Jorge Hernan Hoyos • Marcelo Navia Alarcón • Laura Camila Medina Castellanos • Luis Alberto Gomez Tavera • Luis Fernando Hermida Cadena • Carlos Andrés Caballero Parra • Daniel Marín Jaramillo • Ricardo Escallón Gaviria • Andrés Cabrera Pérez • Meining Marcela Cheung Ruiz

AES Latin American Region

Vicepresidente: César Lamschheim

Comité de Lectura

Orlando Maquen Guevara
Alexis Campos
Carlos Andrés Caballero Parra

Comité AES Perú

Chair: Orlando Maquen
Vice Chair: Jorge Azama
Secretary: Armando Puente de la Vega
Treasurer: Manuel Ames Anapan
Committee: Ángel Alfredo Arana Tamayo, Jorge Zambrano Gallino, Paul San Bartolomé, Luis Torres Velarde.

1° edición digital, diciembre 2020, disponible en <https://www.orsonwelles.edu.pe/aes.html>

Comité Científico

- PhD. Mauricio Ardila, AES Fellow.
- MSc. Juan Diego Correa Blair, Universidad de San Buenaventura, Medellín.
- MSc. Luis Pérez Valero, Universidad de las Artes, Guayaquil.
- PhD. José Ricardo Zapata, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.
- Ing. Alejandro Bidondo, Universidad Nacional Tres de Febrero, Buenos Aires.
- MSc. Héctor García Mayén, Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique LMA, Marsella.
- MSc. Óscar Alejandro Cardoso Guzmán, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín.
- PhD. Ons Barnat, Université du Québec à Montréal.
- PhD. Ana María Jaramillo, AFMG, Minneapolis.
- MSc. Marcela Zorro, Universidad de los Andes, Bogotá.
- MSc. Jorge Mario Valencia, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín.
- Ing. Julio Benavides, Instituto Superior Tecnológico Orson Welles, Lima.
- PhD. Juan Francisco Sans, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín.

Diseño Gráfico

Instituto Superior Orson Welles

Las opiniones expresadas en el presente texto no representan la posición oficial del Instituto Superior Orson Welles ni tampoco de la AES Perú, por lo tanto, son responsabilidad de los autores quienes son igualmente responsables de las citaciones realizadas y de la originalidad de su obra.

En consecuencia, el Instituto Superior Orson Welles y la AES Perú no serían responsables ante terceros por el contenido técnico o ideológico expresado en el texto, ni asumen responsabilidad alguna por las infracciones a las normas de propiedad intelectual.

CONTENIDO

PRÓLOGO - Jorge Azama

INTRODUCCIÓN - Carlos Andrés Caballero Parra
Pág. 1

CAPÍTULO I - Sonido Ancestral: metodología de archivo de objetos sonoros ancestrales
Diego Benalcázar Vega
Pág. 5

CAPÍTULO II - Nuevas herramientas para el aprendizaje y la evaluación de la mezcla estéreo en entornos DAW: de la "virtualización" de la consola analógica al concepto de "visual mixer"
Marco Antonio Juan de Dios Cuartas
Pág. 11

CAPÍTULO III - Evaluación del alineamiento en tiempo absoluto a partir del parámetro acústico Claridad
Indio Gauvron y María Andrea Farina
Pág. 19

CAPÍTULO IV - Análisis de frecuencia y del patrón de directividad de la guitarra acústica en ambientes reales
Fredy Alzate A., José J. Cadavid y Jorge H. Hoyos
Pág. 26

CAPÍTULO V - Evaluación de alineamiento no discreto en un diseño de caja acústica tipo reflector de bajos
Marcelo Navía Alarcón
Pág. 35

CAPÍTULO VI - Evaluación de la calidad sonora de la bandola andina colombiana
Luis Gómez, Laura Medina y Luis Hermida
Pág. 40

CAPÍTULO VII - La historia de la producción discográfica como elemento de aprendizaje para la educación en audio
Daniel Marín Jaramillo y Carlos Andrés Caballero Parra
Pág. 58

CAPÍTULO VIII - NYIA [Oro] Exploraciones Narrativas para la AlloSphere y otros medios inmersivos de gran formato
Andrés Cabrera Pérez y Ricardo Escallón Gaviria
Pág. 64

CAPÍTULO IX - La escucha comparativa en la enseñanza de técnicas de grabación
Meining Marcela Cheung Ruiz
Pág. 70

CONFERENCIA LATINOAMERICANA
Resumen - Momentos destacados del evento
Pág. 76

PRÓLOGO

Los días 16, 17 y 18 de septiembre de 2019, la ciudad de Lima, Perú, fue la sede de la Conferencia Latinoamericana de la Audio Engineering Society - AES LAC 2019. Dicho evento, el más importante del año en nuestra región, tuvo lugar en el Centro de Convenciones del Hotel María Angola, en el distrito de Miraflores, uno de los más modernos y turísticos de la ciudad. Durante estos 3 días, tuvimos la suerte de contar con un gran número de ponencias de renombrados profesionales de países como Uruguay, México, Chile, Colombia, Estados Unidos, Finlandia, Argentina, Ecuador, España, Brasil, Venezuela y Perú. Todo esto no hubiera sido posible sin la valiosa colaboración de muchas empresas amigas, y sin cuyo apoyo hubiera sido imposible llevar a cabo este magno evento. Por ello, no quiero dejar pasar la oportunidad para agradecer públicamente a todas ellas: Instituto Superior Orson Welles, AVID, MAG Audio Perú, Estudio Fade Out, Telemúsica, Steinberg, Universidad Tecnológica Privada Cosmos (UNITEPC), Genelec, Sonar, Iconoacoustic, Meyer Sound, Studio G Brooklyn, Instituto TAMABA, Off Beat Open Hats LLC Studio, Universidad de las Américas (UDLA), Eastern Acoustic Works (EAW), Focusrite, Novation, Shure, d&b Audiotechnik, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Distribuidora Perfection, Warm Audio, DBLux-Illumina, Red Power, Native Instruments, Reaper, Sonimus, Audio-Technica, YouLean, EarCandy, Celemony, A.O.M., Tokyo Dawn Labs, Matthew Lane y D16 Group Audio Software.

Además, dentro del marco de la Conferencia se llevaron a cabo las etapas finales de la Competencia de Grabación Estudiantil, con participantes de muchas instituciones educativas de nuestra región, incluyendo Universidades, Institutos y Escuelas Técnicas. En este punto, quiero expresar mi enorme agradecimiento a los colegas Juan Jiménez (AES Ecuador) y Ezequiel Morfi (AES Argentina), por su gran y muy valioso apoyo como Organizadores y Coordinadores de dicha Competencia. Asimismo, dentro de la AES LAC 2019 se realizó la Convocatoria para Posters y Papers, encabezada por Carlos Caballero (AES Colombia), a quién también aprovecho para agradecer por su esforzada y paciente labor al frente de esta convocatoria. En esta publicación, verán los trabajos seleccionados por el Comité de Lectura y evaluados por el Comité Científico para este fin, felicitando y agradeciendo a todos los estudiantes y profesionales que presentaron sus trabajos durante la Conferencia.

Finalmente, quiero agradecer de manera personal a quienes trabajaron junto conmigo desde un inicio para hacer realidad esta Conferencia: a César Lamschtein (Uruguay), Vicepresidente de AES para la Región Latinoamericana, por su confianza en nosotros

y su incansable apoyo y asesoría. Otro agradecimiento muy especial al Ing. Armando Puente de la Vega, Vice-Chair de la Conferencia y Secretario de AES Perú, sin cuya ayuda hubiera sido imposible realizar este evento. Asimismo, al Presidente de la Sección AES Perú, Orlando Maquén, y a los directivos del Instituto Superior Orson Welles, Sres. Luis Torres y Jorge Zambrano, por su respaldo y apoyo incondicional desde el primer momento. Al personal del Instituto Superior Orson Welles, por su impecable trabajo administrativo, logístico y técnico antes, durante y después del evento, así como a los estudiantes voluntarios que nos apoyaron en todo momento. A nuestros colegas hermanos de las Secciones AES de Latinoamérica, por haber colaborado con nosotros de forma solidaria y desinteresada, demostrando una vez más que el espíritu de la AES se sostiene sólidamente en sus miembros, sobre todo en nuestra región. A todos los ponentes, expositores y colaboradores, por darle un marco imponente e importante al evento con su presencia. Y finalmente, a todos los asistentes a la Conferencia, estudiantes y profesionales peruanos y de muchos países de la región, cuya presencia hizo que este evento sea un éxito rotundo, lo que demuestra que cada vez nuestra profesión está más afianzada en toda Latinoamérica. Esperamos que todos hayan pasado unos días agradables en Lima, y los invitamos a seguir participando de todos los eventos de AES Latinoamérica que se organizan en los diversos países de nuestra región.

Nos vemos en Río de Janeiro, Brasil, ¡¡¡para la AES LAC 2020!!! Un fuerte abrazo para tod@s!

Atentamente,



Jorge Azama
Chairman AES LAC 2019
Vice-Chairman AES PERÚ

INTRODUCCIÓN

- Carlos Andrés Caballero Parra -

La producción de este libro ha sido posible gracias al trabajo realizado por profesionales, investigadores, académicos, estudiantes y apasionados de las múltiples ramas que agrupa la Audio Engineering Society a nivel mundial y para nuestro caso, esta Conferencia Latinoamericana realizada en la preciosa ciudad de Lima, Perú, así que la labor de edición y compilación fue un gran placer académico y en todo caso un gran reto profesional.

Hace un poco más de tres años, y derivado de la Conferencia AES LAC realizada en la ciudad de Bogotá en el año 2016, tuvimos la oportunidad de realizar la primera edición de este libro de memorias, el cual fue el resultado de la presentación de ponencias sobre trabajos de investigación en múltiples ramas del audio; en esa oportunidad, se presentaron 12 ponencias de diferentes países latinoamericanos, de las cuales, finalmente fueron publicados ocho trabajos académicos. En esta ocasión, para la conferencia de Lima, fueron 14 las ponencias presentadas en la convocatoria inicial. De todos los trabajos presentados, finalmente se publicaron nueve trabajos de diferentes áreas del audio, entre los cuales, encontramos temas relacionados con la arqueoacústica, acústica arquitectónica, electroacústica, grabación y producción, procesamiento de señales, refuerzo sonoro, diseño de sistemas de sonido, acústica de instrumentos musicales, artes electrónicas, audio inmersivo y educación en audio. A diferencia de otras conferencias internacionales de la AES, que centran su temática alrededor de un tema específico, las últimas conferencias latinoamericanas se han realizado con una temática abierta, de tal forma que se pueda abarcar una mayor cantidad de especificidades e intereses por parte del público que asiste a estos eventos en nuestra región latinoamericana, región que por cierto, cuenta en la actualidad con alrededor de unos 900 miembros activos entre estudiantes y profesionales, y, que a pesar del gran número de participantes en su mayoría de habla hispana, sigue siendo una región que prefiere publicar sus textos académicos y científicos en prestigiosas revistas y editoriales del mundo anglosajón, en gran parte, debido su impacto a nivel internacional. Es por esta razón, que una de las motivaciones para realizar este tipo de publicaciones derivadas de eventos AES en idioma español, es precisamente incentivar la escritura en nuestra lengua, la cual por cierto tiene poca literatura específica y disciplinar en comparación con la anglosajona, como sucede en la mayoría de las disciplinas en realidad. Finalmente, esta publicación de memorias derivada de la Conferencia Latinoamericana es una oportunidad de divulgar los trabajos que vienen haciendo estudiantes, académicos, investigadores y profesionales de las ramas del audio en nuestra región, con una ventaja adicional, y es que será de acceso libre para todos los interesados.

Entrando en materia con los trabajos publicados en este libro, es importante aclarar que

no todos los trabajos hacen parte de proyectos o investigaciones ya realizadas o en curso, por lo tanto, no configuran necesariamente la creación o generación de nuevo conocimiento. La mayoría de ellos son estudios de caso, ya sea de trabajos de grado o tesis y experiencias académicas o profesionales, sin embargo, esto no le quita importancia y por el contrario, se presenta como una oportunidad de divulgación de los trabajos realizados por profesionales y académicos de la región, sumado al rigor académico que el comité científico, convocado para la edición de este libro, les exigieron a los autores para la publicación final de estas memorias.

El primer trabajo se puede enmarcar dentro de lo que se conoce como la arqueomusicología y la arqueoacústica, ramas muy específicas que vinculan el trabajo arqueológico con la investigación de instrumentos musicales precolombinos y en este caso, su posibilidad de análisis sonoro. En nuestros países y regiones son muchas las culturas precolombinas que han existido, de tal forma que las posibilidades de investigación de estos instrumentos puede ser un gran foco de análisis para futuras investigaciones. El trabajo realizado por el profesor Diego Benalcázar Vega de la Escuela de Artes Sonoras de la Universidad de las Artes en la ciudad de Guayaquil, da cuenta del proceso de grabación de los diferentes instrumentos precolombinos en dos colecciones y museos independientes, uno ubicado en la ciudad de Guayaquil y el otro en Quito. Parte de la problemática presentada por el profesor Benalcázar, consistió en la captura de las muestras sonoras en cada uno de los lugares mencionados, esto debido a que las piezas o artefactos arqueológicos, al tener un valor patrimonial incalculable para el país ecuatorial, resultaba imposible su traslado a un estudio de grabación, en donde su captura habría podido resultar ideal. A pesar de este reto logístico, el trabajo presentado por el profesor propone una metodología que nos aproxima a la obtención de las muestras sonoras en una locación diferente y de manera apropiada para su análisis y posterior uso académico y artístico. Esta metodología particular, toma nota de otros procesos convencionales de captura y ubicación de micrófonos, como los propuestos por el ingeniero y productor norteamericano Bobby Owsinski, en su ya reconocido texto "The Recording Engineer's Handbook" (2009), además de otras consideraciones en temas de interpretación de instrumentos musicales precolombinos y su aplicación para muestras sonoras, de tal forma que propone una metodología acorde y precisa para obtener los datos necesarios, los cuales, son posteriormente analizados para su correcta catalogación y categorización en el proceso de organización archivística. En el campo de los instrumentos musicales precolombinos, existen investigaciones que profundizan especialmente en lo artístico, en lo arqueológico y en lo patrimonial, sin embargo, esta propuesta pretende sentar las bases para las buenas prácticas de captura sonora de esta

clase de instrumentos. Por otra parte, se vienen haciendo trabajos e investigaciones alrededor de temas relacionados con los instrumentos musicales, su construcción, los materiales, como se interpretaban, la música que hacían y hasta la creación de paisajes sonoros, como se pudo comprobar en el Segundo Encuentro de Arqueomusicología de las Américas realizado en septiembre de 2019 en la ciudad de Bogotá, además de otros eventos que se vienen desarrollando por todo el continente americano. Otros trabajos han abordado el paradigma sobre cómo sonarían estos instrumentos en realidad, pues al no tener registros sonoros fonográficos por obvias razones históricas, se hace necesario recurrir a la imaginación para determinar un tipo de sonoridad particular, como bien lo expresa Diego en su trabajo. También se vienen desarrollando investigaciones a partir de modelos matemáticos que analizan las frecuencias emitidas por estos instrumentos; otros estudios parten del análisis de su iconografía e incluso, se sabe de proyectos de síntesis que permiten la manipulación sonora de los instrumentos grabados para la creación de nuevas piezas musicales, sin embargo, y teniendo en cuenta que muchos de los trabajos que actualmente se desarrollan alrededor de este tema se basan en el sonido y en la música que se hace con estos instrumentos, pocas son las investigaciones o trabajos académicos que profundicen en buenas prácticas de captura para el posterior análisis del fenómeno sonoro, como lo hace este trabajo. Un aspecto interesante para destacar tiene que ver con los países y las instituciones que vienen marcando el estado del arte de estos estudios en nuestra región, fundamentalmente porque muchos de los primeros trabajos, descendientes de la etnomusicología y la arqueología tradicional, fueron desarrollados por países de primer mundo en sus universidades de prestigio. De allí la importancia para esta disciplina que las universidades latinoamericanas inviertan tiempo y recursos en este empeño, en el que marcan el liderazgo países como México, Guatemala, Colombia, Perú, Chile, Argentina y Ecuador, incluyendo la participación del profesor Benalcázar y su proyecto desde la Universidad de las Artes de Guayaquil.

En el trabajo presentado por el profesor PhD. Marco Antonio Juan de Dios Cuartas, del Departamento de Musicología de la Universidad Complutense de Madrid, podemos apreciar una posible ventana hacia un futuro cercano en el ámbito de la educación en audio. En la actualidad, cuando escribo esta introducción, la humanidad se encuentra confinada en una cuarentena nunca vista en el mundo contemporáneo, la cual ha tenido muchas repercusiones en todos los ámbitos de nuestras vidas y por supuesto, también en la educación. Miles de profesores se han visto volcados en un 100% a la educación virtual, remota o asincrónica, y, de manera premonitoria, el profesor Marco Antonio nos cuenta precisamente las posibilidades actuales en torno a la práctica educativa de la producción musical mediada por las tecnologías de la comunicación y

la información (TIC) y como, en su caso, han tenido ciertos resultados particulares susceptibles de análisis formal. En su trabajo, el profesor plantea el concepto de mezcla propuesto a partir de varias teorías, como las ya conocidas de Gibson, Izhaki, Moylan y Tischmeyer, convertidas en textos guía y lectura obligada en todo programa académico relacionado con la producción musical. También menciona la educación contemporánea enmarcada en el estudiante nativo digital, y el paradigma sobre aquellos jóvenes que nunca conocieron una consola analógica, un procesador de tubos o una grabadora de cinta, y, sin embargo, estos mismos estudiantes y futuros productores, se han apropiado de los simuladores o plugins de esos equipos analógicos de épocas anteriores, pues para ellos, estos hacen parte de un sonido diferente y que marcaron un referente histórico, pero que pertenecen a otro momento totalmente diferente en la historia de la producción discográfica. Ahora bien, estos proyectos, como bien lo menciona el profesor, se encuentran aun en estudio o en desarrollo y hacen parte de lo que serán a futuro los procesos de mezcla, los cuales aún en estos momentos, se centran en la figura del productor estrella o productor maestro. Esa figura mítica a la que queremos seguirle los pasos y sus trucos para lograr esas mezclas "perfectas", siendo uno de los casos mediáticos mas interesantes, los realizados por las grandes plataformas de formación comercial como "Mix with the master" y "Puremix", las cuales usan a reconocidas figuras y famosos productores internacionales para que expliquen y compartan sus técnicas de mezcla, y en general de producción musical, demostrando de esta y otras maneras, la necesidad de ese tutor y guía en este proceso creativo. Finalmente, el profesor plantea un estudio de caso, realizado desde su labor como profesor de producción musical en una importante escuela de audio de Madrid, por medio de una plataforma que permite el acompañamiento a sus estudiantes, el proceso de aprendizaje y el progreso en sus competencias y habilidades para alcanzar una mezcla que, al menos, cumpla con los estándares básicos dictados por las teorías planteadas para este propósito. Como conclusión agregaría, a las que además propone el profesor, que estas herramientas tendrán tarde o temprano que ser parte integral en nuestros procesos académicos, de tal forma que se incorporen de la manera mas racional posible a los programas profesionales académicos relacionados con el audio y la producción musical.

El trabajo realizado por Indio Gauvron del Instituto de Sonido ECOS en Buenos Aires y la PhD. María Andrea Farina, de la Facultad de Artes – IPEAL perteneciente a la Universidad Nacional de La Plata, nos muestra los parámetros técnicos que, para la escucha adecuada en un sistema de sonido profesional, son necesarios si se desea obtener una escucha idónea y clara, en este caso para un estudio de grabación. Los profesores plantean su trabajo con base en una explicación clara de los fenómenos

acústicos relacionados con el tiempo de arribo de la señal en un sistema de tres vías, en donde altos, medios y bajos pueden llegar a tener implicaciones sonoras importantes de no ser alineados de manera correcta, apoyados además, en estudios de referencia de los parámetros de Claridad y Definición en un sistema sonoro, realizados por reconocidos autores de la ingeniería de audio como Reichardt, Lehmann, Barron y Arau. Por otra parte, con el uso apropiado de ecuaciones de referencia como fundamento científico, se realiza esta interesante evaluación de un alineamiento en tiempo absoluto, evaluación que, por demás, esta todavía abierta a aportes académicos especializados y su apertura a sistemas de sonido en directo, como bien los señalan los autores en su trabajo. Esta es una gran demostración del alcance de la ingeniería en nuestra región latinoamericana, trabajo que se une al de otras universidades e instituciones de investigación con programas de ingeniería de sonido y audio en países como Argentina, Chile, Ecuador, Colombia, México y Brasil.

El estudio de caso presentado por los ingenieros electrónicos Fredy Alzate y José Julián Cadavid en compañía del maestro guitarrista Jorge Hoyos, profesores del Departamento de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, da cuenta del análisis realizado a la interpretación de la guitarra en un ambiente común y no controlado, como podría ser una cámara anecoica o un estudio de grabación. Las dificultades propias del procedimiento, junto al trabajo con los equipos tecnológicos a disposición, enmarcan un trabajo laborioso que permite la aproximación al instrumento, a partir de interpretaciones en condiciones complejas para su captura "ideal". La presentación de trabajos previos, estos si realizados en ambientes de total control acústico, no necesariamente son los más usados en la práctica por quienes hacen música y refuerzo sonoro en recintos de cualquier tipo y tamaño, de allí el valor documental del estudio de caso presentado por los profesores, quienes además vienen realizando estos trabajos desde hace ya varios años, como fue el caso del tiple colombiano, trabajo por cierto presentado en la Conferencia AES Colombia de 2016 y publicado en el volumen anterior de este libro.

Por otra parte, el trabajo presentado por el ingeniero boliviano Marcelo Navía Alarcón de la empresa Borealis Audio, se presenta como una evaluación sonora a un diseño propio de caja acústica. El ingeniero Navía viene trabajando de manera constante con el diseño de este tipo de artefactos, labor que combina de manera importante con su trabajo como ingeniero de producción y masterización, sin lugar a duda, una combinación que resulta muy eficiente a la hora de los resultados prácticos de diseños aplicados, como es el caso en el ámbito de la electroacústica y audioelectrónica de ingenieros como el norteamericano Bob Katz con sus aplicaciones

y el colombiano Camilo Silva con el diseño de sus equipos de alta gama, por poner un par de ejemplos entre muchos. Esta combinación recuerda además las épocas de los inicios del audio en los grandes estudios y compañías discográficas, las cuales tenían sus propios departamentos de diseño y electrónica, que permitían una apropiación idónea por parte de productores e ingenieros de grabación a la hora de grabar a sus artistas. Vemos así que estas propuestas vienen en aumento en nuestro continente y cada vez son mas los casos de emprendimientos de este tipo. Finalmente, el autor presenta sus conclusiones y mediciones que advierten, en todo caso, la necesidad de seguir explorando nuevas aproximaciones prácticas al diseño de estos dispositivos.

El trabajo de los ingenieros Laura Medina, Luis Hermida y Luis Gómez de la Universidad de San Buenaventura en la ciudad de Bogotá, nos presenta una evaluación de calidad sonora de uno de los instrumentos musicales más representativos de la música colombiana, como lo es, la bandola andina colombiana. A partir de un recuento pormenorizado de la historia del instrumento, pasando por sus componentes y aplicaciones, los ingenieros plantean dos escenarios de trabajo para realizar el análisis de respuesta al impulso, a partir de características como la directividad sonora del instrumento y el tiempo de reverberación del recinto de captura, con base en las cuales, se toman medidas y se realizan las diferentes pruebas, que finalmente entregan unos resultados característicos de este instrumento. El trabajo de los ingenieros se une a otros que se vienen realizando a lo largo de nuestra región, los cuales pretenden, además de un análisis técnico, una clara demostración de los valores patrimoniales y culturales de cada país, en este caso el análisis y evaluación sonora de este instrumento tan propio de la cultura andina colombiana.

El capítulo que presentamos el profesor Daniel Marín Jaramillo y yo, ambos profesores de carrera en el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, fue realizado con base al trabajo propuesto para el curso Historia del Audio y la Grabación, del programa profesional en Artes de la Grabación y Producción Musical de la misma institución. Desde hace unos cuatro años, principalmente cuando inicié mis estudios doctorales, decidimos con el profesor Marín, darle un enfoque diferenciador a este curso particular de historia, curso que por cierto y de acuerdo con las indagaciones que se hicieron, es muy poco ofertado de manera específica en nuestra región. En la propuesta, se realizó un enfoque a partir de la práctica y la escucha como elementos diferenciadores, de esta manera, los estudiantes estuvieron muy interesados en cada una de las épocas musicales y discográficas, especialmente las derivadas del concepto de "álbum" como elemento estético sonoro en la industria musical. Vale la pena decir que el trabajo se había postulado en otras instancias de la asociación y que por diferentes

comentarios, entre ellos, alguno que llamó la atención en torno a que tan importante es o no, el concepto de la historia en nuestras carreras de producción y audio. Para nosotros esta disciplina es inherente a cualquier clase de estudio y más aún en nuestro campo, en donde, analizando cada época podemos tener y formar nuestro propio concepto y conocimiento de aquellas producciones discográficas que marcaron el rumbo de la producción musical hasta nuestros tiempos. El soporte metodológico explora algunas formas prácticas de abordar los términos históricos y los hitos sonoros en cada uno de ellos de manera particular y en todo caso, con una alta participación del estudiante. Por otra parte, los referentes temáticos en autores tales como Burgess, Zak y Bennett, proporcionaron las bases para desarrollar, lo que al final y de acuerdo con las percepciones de los que han tomado el curso, ha sido una propuesta que valdría la pena seguir explorando y desarrollando como parte transversal y complementaria en cualquier programa de producción de audio.

Las artes electrónicas y digitales conforman un importante campo de trabajo para la investigación-creación, y siendo el audio parte de este componente creativo, se han empezado a ver desde hace ya algunos años, trabajos relacionados con esta rama de las artes, y la AES no es ajena a este fenómeno. El audio inmersivo y en especial lo que se puede desarrollar a nivel artístico con sus aplicaciones, no es sólo un elemento desarrollado por ingenieros en laboratorios de investigación con implicaciones productivas para las grandes empresas de audio a nivel mundial, también es importante la aplicación, que, por parte de artistas, profesionales e investigadores, se viene dando a estos desarrollos en los últimos años a partir de las artes digitales. Ya es común ver en las convenciones de la AES, desarrollos y propuestas que cobijan estos fenómenos y áreas del conocimiento desde una mirada artística. La obra desarrollada por el profesor Andrés Cabrera Pérez del Center for Research in Electronic Art Technology (CREATE) de la Universidad de California en Santa Bárbara y el profesor Ricardo Escallón Gaviria de la Facultad de Artes de la Universidad Javeriana de Bogotá, relacionada con audio inmersivo, interactividad, síntesis y patrimonio, nos muestra las posibilidades que en materia de exploración artística, resultan de combinar los conocimientos en ingeniería de audio, sistemas, historia, arqueología y producción musical, las cuales no necesariamente hacen parte de la generación de nuevo conocimiento como puede ser observado de manera desprevenida, pero si de profundización en las metodologías y herramientas tecnológicas que permiten la creación artística con base en el conocimiento y puesta en marcha, de la unión de las diferentes ciencias aplicadas en el proceso de creación. La obra, que sólo es posible apreciar en el instrumento AlloSphere, ubicado en la Universidad de California en Santa Bárbara, pretende también trasladarse a otros formatos que permitan su apreciación, mientras que los desarrollos tecnológicos

realizados para su puesta en marcha se convierten en materia de estudio para futuras intervenciones artísticas en este u otros instrumentos interactivos.

Finalmente, el trabajo presentado por la profesora de la Universidad de las Artes, Meining Marcela Cheung Ruíz en Guayaquil, se enmarca en lo que conocemos como la Educación en Audio y específicamente, en el aprendizaje de las técnicas de grabación. Ella realizó un trabajo a partir de la experiencia con sus estudiantes de grabación y en el cual se propone una interesante metodología de aprendizaje desde el punto de vista constructivista, que explora el desarrollo y evolución de los alumnos a partir de unas instrucciones precisas por parte de la docente y que se basa en la comparación auditiva de los resultados de un ejercicio de grabación en clase. Como se verá en los resultados, es ante todo una interesante forma de aproximación a la enseñanza en este tipo de cursos, que, si echamos una mirada a nuestra región latinoamericana, podemos observar como han crecido en cantidad los programas académicos relacionados con la producción musical, tanto en el plano formal como en estudios de tipo informal. Escuelas, academias, universidades, instituciones e incluso, emprendimientos personales de grandes ingenieros y productores latinoamericanos que se han volcado a la educación como parte de su complemento profesional, hacen parte de la ya nutrida oferta académica Latinoamericana en programas que involucran el audio. Los programas académicos oficiales de ingeniería y producción vienen en aumento en nuestra región, casos como el de la Universidad de las Artes en Guayaquil, y la Universidad Icesi en la ciudad de Cali, son ejemplos entre muchos otros programas que se han venido creando en torno a la disciplina del audio, tanto en sus ramas de la ingeniería como de la producción, con un carácter diferenciador claro entre el concepto de ingeniería como parte de las ciencias aplicadas y el desarrollo tecnológico y la producción musical desde el enfoque de las artes y las humanidades, compenetradas, complementadas y diferenciadas en el ámbito profesional a partir de la definición de sus roles y el desarrollo de las industrias creativas y las tecnológicas.

A continuación, tendrán los lectores e interesados en estos temas, un libro con una importante gama de trabajos de diferente índole, que representan parte de los avances del audio en nuestra región, la cual nos congrega a todos alrededor de la asociación de ingenieros de audio, AES.

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO I

SONIDO ANCESTRAL: METODOLOGÍA DE ARCHIVO DE OBJETOS SONOROS ANCESTRALES

Diego Benalcázar Vega

- Diego Benalcázar Vega* -

*Escuela de Artes Sonoras, Universidad de las Artes
Guayaquil, Ecuador*

diego.benalcazar@uartes.edu.ec

Resumen— Este artículo expone la metodología empleada para la creación de un archivo de objetos sonoros ancestrales: procesos de grabación del sonido, formas de ejecución para su captación; análisis de las señales para la obtención de espectrogramas, respuesta de frecuencia, nota fundamental y los armónicos de cada artefacto muestreado. El resultado consiste en un repositorio digital de audio de alta calidad acompañado de datos cuantificables para su futura utilización en creación artística y para la investigación arqueomusical, musicológica y sonológica.

Palabras clave— *archivo sonoro, objetos sonoros ancestrales, arqueoaústica.*

Abstract— This article exposes the methodology applied for the creation of an ancestral sound object archive; sound recording process, performing methods. As well as, signal analysis for extraction of spectrograms, frequency spectrum graphs, fundamental frequencies and harmonics of each sampled piece. Resulting in a digital repository of high-quality audio accompanied by quantifiable data for further developments in artist creation and research in the fields of music archeology, musicology and sonology.

Keywords— *sound archive, ancestral sound objects, archaeoacoustics.*

I. INTRODUCCIÓN

La investigación arqueológica en el Ecuador tomó un rumbo importante en los comienzos de los años 50, excavaciones que dieron comienzo al boom arqueológico del litoral de parte de Emilio Estrada Ycaza y los americanos Clifford Evans y Betty Meggers; dieron bases a fuertes investigaciones sobre las culturas del Litoral ecuatoriano, específicamente las basadas en la península de Santa Elena. Siendo la cultura Valdivia una de las más representativas (3500–1800 a.C.). Esta, siendo candidata para poseer la alfarería más antigua de América, por ende, unos de los objetos sonoros de cerámica más antiguos de América. Las excavaciones y trabajo investigativo ayudaron a formar la historia prehispánica del Ecuador con datos mucho más válidos y objetivos. Dividiéndolos en los periodos precerámicos, formativos o agro-alfareros, desarrollo regional, e integración (Steward, 1948).

En el periodo formativo y desarrollo regional en la que encontramos las piezas más antiguas. Estas piezas han sido objeto de investigaciones arqueomusicológicas, como los trabajos de Hernán Crespo y sus textos sobre las botellas silbato en el año 1966 desde la Universidad Central del Ecuador; John Leroy-Nyberg con sus exámenes de ocarinas en

culturas prehispánicas del Ecuador en 1974; y Jaime Idrovo Uriguen con su texto “Instrumentos musicales prehispánicos del Ecuador” que fue un texto que estudió la exposición “Música Milenaria” en 1987. Solo por nombrar algunos estudios etnomusicológicos o arqueomusicológicos del siglo pasado.

Alrededor de Latinoamérica hay una nueva ola de investigaciones sobre los objetos sonoros. Como ejemplo podemos tomar los textos del chileno José Pérez de Arce quien estudia a las piezas sonoras de todo Latinoamérica. Él analiza cualidades sonoras y teoriza sobre el uso de los objetos en las diferentes culturas. Otro ejemplo, con una aproximación musical es “Sonidos de América”, es un proyecto de investigación musical cuyo objetivo principal es el estudio y la difusión de los instrumentos (objetos) musicales de las culturas ancestrales americanas liderado por Esteban Valdivia. En algunas de estas investigaciones, los músicos se aventuran a interpretar los objetos sonoros para crear nuevas composiciones rescatando esas sonoridades.

Recientemente, en el Museo Pumapungo de la ciudad de Cuenca se ha realizado un nuevo estudio de ciertas piezas sonoras de su reserva. “Artefactos Sonoros” es un catálogo y un estudio con una aproximación contemporánea del tema. Carlos Hernández, investigador principal, también ha realizado un pequeño archivo de sus grabaciones de campo. Su texto se centra en un contexto arqueomusicológico, antropológico y en representaciones visuales del sonido de los objetos.

Muchas de estas investigaciones se basan en la especulación y subjetividad del intérprete o investigador con las que cada vez nos podríamos estar alejando de la realidad musical precolonial.

La creación de un archivo sonoro es una iniciativa que nace de la ausencia de un repositorio digital de audio, de libre acceso y como un aporte a la democratización del patrimonio sonoro. Este escrito presenta la metodología utilizada en dos casos de estudios específicos. Uno de ellos, una sesión de grabación en el Museo de Antropología y Arte Contemporáneo, en la ciudad de Guayaquil, parte de un proyecto de investigación de la Universidad de las Artes, dirigido por Juan Carlos Franco. El segundo, una sesión en el Museo Casa del Alabado en la ciudad de Quito, realizada para la exhibición “Sonidos y

* Diego Benalcázar labora como docente titular en la Universidad de las Artes, Malecón y Aguirre. Guayaquil-Ecuador.
(e-mail: diego.benalcazar@uartes.edu.ec).

Danzantes". Durante las dos sesiones, paralelamente se realizó el muestreo de diferentes objetos sonoros ancestrales, para la creación de un repositorio que contenga la ejecución de los artefactos en su estado natural, es decir, lo menos musical posible, sin aportar interpretaciones melódicas del ejecutante. Dichas grabaciones implican la obtención de datos cuantificables de cada muestra tomada para futuras investigaciones.

III. METODOLOGÍA

La grabación de estos objetos en condiciones óptimas requiere un estudio de grabación o a una cámara anecoica. Pero, el desplazar las piezas arqueológicas requiere de una logística muy grande y costosa por lo que, las instituciones custodias de los bienes, prefieren evitarlo. Por esta razón, dentro de la reserva o del museo debería existir un espacio medianamente óptimo para la grabación. El recinto elegido debe tener poca reverberación y ruido de fondo limitado. Muchas veces los museos y reservas arqueológicas tienen espacios o bodegas, ya sean subterráneas o bien excluidas de la parte pública del museo. Gobos o paneles de absorción acústica, ubicandolos de manera estratégica, pueden ser efectivos para optimizar el espacio de grabación.

IV. GRABACIÓN

Para el proyecto en desarrollo y los dos casos de estudio, se decidió utilizar una grabadora de campo con dos señales diferentes e independientes, al igual que dos micrófonos de condensador con figura polar omnidireccional. Esta figura evita la coloración que genera una figura polar¹ cardiode o hipercardiode al momento del movimiento del intérprete. Al ser estos objetos, en su mayoría, posibles aerófonos, el intérprete va a variar su ubicación y la del objeto relativa a los micrófonos. Al tener micrófonos omnidireccionales, se evita o disminuye la coloración fuera de eje que puede dar por el uso de otro patrón polar. (Owsinski, 2005) En los dos casos hemos utilizado un Neumann KM183 y un AKG c414. Un micrófono de diafragma pequeño y otro de diafragma grande. Los dos con una respuesta de frecuencias clara, nítida y característica de cada micrófono. Grabados en una Zoom F8, una grabadora multipista. Las grabaciones se hicieron en 96Khz de frecuencia de muestreo y 24 bits en formato PCM Wav.

Los dos micrófonos son grabados al mismo tiempo, en pistas separadas y colocados a unos 30-40 centímetros del intérprete. (fig 1 y 2). Se coloca los micrófonos lo más cerca posible entre si, tomando en cuenta la cantidad de reflexiones que se quiere evitar y el desarrollo del sonido en el espacio. Aunque los

micrófonos estén en patrón polar omnidireccional, su diafragma frontal es apuntado hacia el objeto o hacia la boca del interprete, dependiendo de la sonoridad del objeto. Esta posición direccionada se debe al cambio en la respuesta de frecuencias en según la posición de la fuente sonora, como ejemplo tenemos la respuesta de acuerdo con la figura polar en el micrófono Neumann KM183 (fig.3). En cada recinto se tendrá una posición diferente de los micrófonos, inclusive y posiblemente esta posición inicial se tuviese que acomodar para cada objeto a grabarse, dependiendo de su tamaño y su proyección sonora.



Fig. 1 Grabación en MAAC



Fig. 2 Grabación Museo Casa del Alabado

¹El patrón polar de un micrófono es la capacidad de captación sonora de un micrófono desde distintas direcciones.

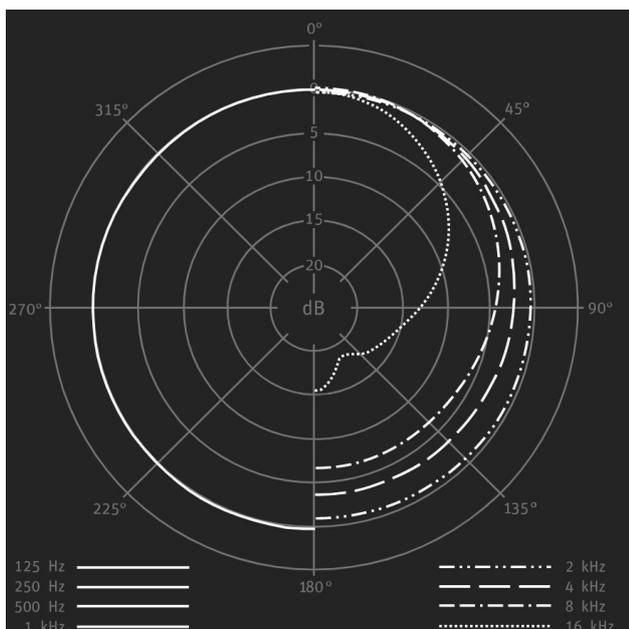


Fig. 3 Diagrama de respuesta de frecuencia según figura polar del micrófono Neumann KM183²

V. EJECUCIÓN

La grabación de las piezas se la realizó de manera de muestreo, fusionando técnicas de muestreo de instrumentos occidentales y diferentes métodos de interpretación de aerófonos. El muestreo conlleva en captar cada iteración posible de digitación o postura de la pieza. Así también, como diferentes articulaciones y/o vibratos, de ser posible. Se debe grabar una ejecución de por lo menos 3 segundos, para tener suficiente audio poder analizarlo a futuro.

Al finalizar el muestreo, el músico ejecutante realizará una interpretación libre del artefacto, abriendo un espacio para el análisis de las posibilidades físicas y modulaciones tímbricas del artefacto.

El registro es realizado en una sola toma de la grabadora, nombrando los archivos con el número del artefacto o pieza referente a la reserva a la cual pertenece. Es importante también grabar un slate³ con la información de la pieza al principio de la grabación, para una mayor claridad entre los archivos.

El método de ejecución utilizado es una mezcla de dos técnicas. La primera, una práctica común en la ejecución para el muestreo de instrumentos temperados occidentales, ejecutando las diferentes alturas en distintas dinámicas, entre piano y fortísimo. La segunda, las técnicas de interpretación para aerófonos precolombinos. Técnica que usa varios tipos de articulaciones y efectos en su ejecución.

A continuación, una lista del proceso de grabación tomando como ejemplo un aerófono:

TABLA I
TAMAÑO DE LAS LETRAS EN EL TEXTO

Iteración / Digitación	Ejecución	Dinámicas *
1	Natural	p F f
	Octava / 1er armónico*	p F f
	Vibrato dental *	p F f
	Vibrato gutural*	p F f
	Vibrato estomacal*	p F f
2	[Repetir]...	
	Interpretación libre	

VI. EDICIÓN

Un editor digital de audio permite recortar los fragmentos de audio a utilizarse para el análisis. El primer paso es elegir cuál de las dos señales de micrófono se va a utilizar. Al tener las dos opciones, se puede escuchar qué señal suena mejor para cada objeto. La edición implica extraer cada tipo de ejecución efectuada y la interpretación libre del ejecutante; creando nuevos archivos de audio y organizándolos de manera adecuada. La utilización de fundidos y una nomenclatura apropiada es clave para un archivo organizado. A su vez, durante el proceso de edición se puede hacer un poco de limpieza en las grabaciones. Al tener grabaciones realizadas en espacios no idóneos, se nos puede colar ruido de fondo del registro, como el sonido del aire acondicionado o en mismo ruido del cuarto. Se utilizaron varias herramientas digitales como el Spectral De-noise, De-click y De-Hum de Izotope RX que nos permitieron retirar ruido innecesario previo al análisis. Este programa realiza Cabe recalcar que siempre se debe guardar una copia fiel del archivo de audio original sin ningún tipo de proceso.

VII. EXTRACCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS

Esta metodología de archivo pretende utilizar las muestras para generar datos cuantitativos y representaciones visuales de las grabaciones. Este proceso de análisis es aplicado a cada uno de los archivos extraídos previamente, exceptuando las interpretaciones musicales del intérprete. Primeramente, se procede a la extracción de dos representaciones gráficas del archivo.

Un espectrograma muestra intensidad del sonido a través del tiempo y del rango de frecuencias audibles. Podemos observar un ejemplo de un espectrograma de una muestra. (fig 4) Este primer proceso se lo realizó en el software de reparación y análisis de audio Izotope RX Advance.

²Tomada de <https://en-de.neumann.com/km-183-series-180#technical-data>

³Descripción verbal de qué y cómo se va a grabar.

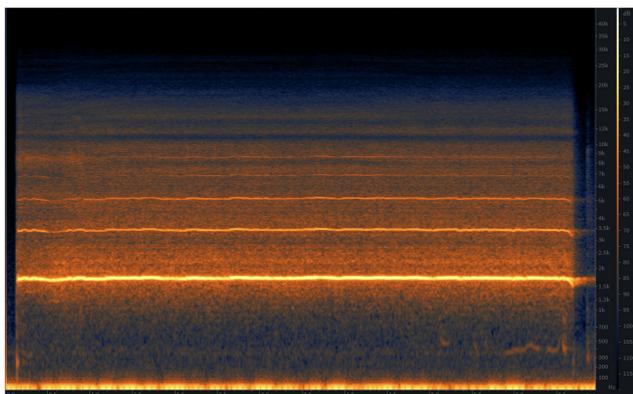


Fig. 4 Espectrograma de muestra

La segunda representación visual de cada muestra es un cuadro de la respuesta de frecuencias, este gráfico representa intensidad sobre frecuencia de cada muestra específica o un promedio de la selección de tiempo.

Con esta representación el software utilizado permite reconocer la frecuencia y nota fundamental, y analizar la intensidad de sus armónicos que tiene cada muestra. (fig 5)

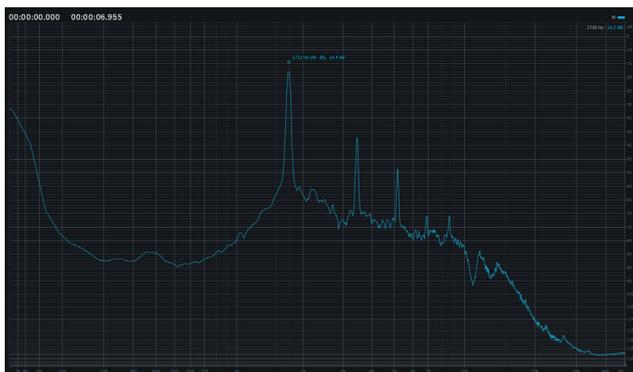


Fig. 5 Espectro de frecuencias

La mayoría de estos objetos, al ser aerófonos no reproducen una frecuencia pura constante; por eso, en la mayoría de los objetos, se analizó una pequeña selección de tiempo donde se pueda escuchar claramente una ejecución constante.

Los siguientes procesos de análisis del audio se los realizaron en Sonic Visualizer⁴ con ayuda de plug-ins VAMPs⁵. Con estos podemos sacar tablas de datos de diferentes propiedades sonoras de cada muestra. Con ayuda del software se pudo extraer datos en hojas de cálculo, como ponderaciones de la nota fundamental, los armónicos, espectrograma de armónicos, picos del espectro de frecuencias, entre otros.

VIII. ARCHIVO

Por el momento el archivo digital reposa en discos duros del investigador con respaldos en la nube. La organización de los archivos se lo realiza de forma jerárquica en el explorador del computador, en el siguiente formato:

- Archivo General (*carpeta*)
 - ↳ Nombre de la reserva (*carpeta*)
 - ↳ Código del bien (*carpeta*)
 - Grabación Original (*audio*)
 - Interpretación (*audio*)
 - ↳ Iteración/Digitación I (*carpeta*)
 - Muestra (*audio*)
 - Espectrograma (*imagen*)
 - Espectro de frecuencias (*imagen*)
 - Datasheet (*hoja de cálculo*)

Este archivo al ser pensado para una distribución digital a futuro, cada archivo es inyectado con metadata para una indexación más efectiva. Metadata que puede incluir el número de pieza, ubicación actual, organología, etc.

IX. CONCLUSIONES Y DESARROLLO ADICIONAL

La metodología que presentamos en este artículo está diseñada para el archivo de grabaciones de audio, juntamente con las representaciones visuales y datos cuantitativos de los mismos. Se puede replicar en cualquier grabación de objetos precoloniales, en especial si la grabación necesita ser in-situ. La metodología no responde a una grabación de carácter musical, más bien a una forma de resguardar el sonido puro de cada pieza.

Este proyecto constituye un aporte al conocimiento y una vez distribuido el archivo pretende formar parte de un conocimiento colectivo y con fuerte incidencia en el campo investigativo. El futuro del proyecto está en el desarrollo y uso de nuevas tecnologías para promover la democratización de este sonido ancestral. Ya en desarrollo se está concibiendo la creación de instrumentos virtuales (soft synths) que repliquen, de una manera digital, a los objetos sonoros. Utilizando las muestras obtenidas podremos crear representaciones fieles de los originales, los mismo que se podrán ejecutar con cualquier controlador MIDI.

La democratización de estos sonidos llega al momento de su distribución. Un espacio de libre y fácil acceso de las piezas digitalizadas, para el uso educativo y artístico. A su vez respaldado por el repositorio sonoro original. Esperando que el diseño y desarrollo del archivo y los instrumentos virtuales atraiga a estudiantes, educadores, investigadores y

⁴Software para la inspección y análisis de contenidos de archivos de audio. Desarrollada por Centre for Digital Music en Queen Mary, University of London.

⁵Sistema de plug-ins para la extracción descriptiva de información de archivos de audio.

compositores a profundizar sobre el aprendizaje y la enseñanza del sonido ancestral.

X. REFERENCIAS

- Crespo, H. (1966). *Nacimiento y evolución de la botella silbato*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Hernández, C. (2018). *Artefactos Sonoros, Catálogo de la reserva arqueológica "Pumapungo"*. Cuenca: GAD Municipal del Cantón Cuenca.
- Idrovo, U. J. (1987). *Instrumentos musicales prehispánicos del Ecuador: Estudio de la exposición "Música milenaria"*. Cuenca: Museo del Banco Central del Ecuador.
- Nyberg, J. L. (1974). *An examination of vessel flutes from Pre-Hispanic cultures of Ecuador*. PhD. Dissertation, University of Minnesota.
- Owsinski, B. (2005). *The Recording Engineer's Handbook*. Oakland: Thomson Course Technology.
- Pérez de Arce, J. (2004). *Análisis de las cualidades sonoras de las botellas silbadoras prehispánicas de los Andes*. Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino. N.9, pp 9-33. Santiago de Chile. ISSN 0716-1530
- Steward, J. H. (1948). *A Functional- Development and Classification of American High Cultures*. A Reappraisal of Peruvian Archaeology (Editado por Wendell C. Bennett, p. 103). Menasha, Wisconsin: Society for American Archaeology Memoir No. 4.
- Von Hornbostel, E., & Sachs, C. (1961). *Classification of Musical Instruments: Translated from the Original German by Anthony Baines and Klaus P. Wachsmann*. The Galpin Society Journal, 14, 3-29. doi:10.2307/842168.

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO II

NUEVAS HERRAMIENTAS PARA EL APRENDIZAJE Y LA EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ESTÉREO EN ENTORNOS DAW: DE LA “VIRTUALIZACIÓN” DE LA CONSOLA ANALÓGICA AL CONCEPTO DE “VISUAL MIXER”

Marco Antonio Juan de Dios Cuartas

- Marco Antonio Juan de Dios Cuartas* -

Universidad Complutense de Madrid
 Madrid, España
 mjuanded@ucm.es

Resumen— Los planteamientos metodológicos para el aprendizaje de la mezcla estéreo, en la gran mayoría de los currículos sobre producción musical, se plantean desde una extrapolación del *signal flow* analógico al entorno virtual representado en un software DAW. Pero algunos acercamientos didácticos a la mezcla, como el de David Gibson (1997), se han propuesto partiendo de un espacio tridimensional donde la anchura (eje horizontal) está determinada por los límites del campo estéreo, la altura (eje vertical) por los límites del rango frecuencial audible y la profundidad (eje oblicuo) por el rango dinámico. La visión de Gibson se ha estandarizado como recurso pedagógico en la enseñanza de técnicas de mezcla y aparece así reflejado en otros autores como Moylan (2002) o Tischmeyer (2008). El concepto de *visual mixer* como nuevo paradigma de mezcla *in the box*, ha sido adoptado por productos comerciales como Neutron de Izotope o en proyectos de investigación como el Music Mixing Surface de la Universidad de Aalborg en Dinamarca. Estas nuevas plataformas basadas en interfaces, donde el usuario prescinde del *fader* o del *paneo*, empleando un sistema de esferas que se ubican dentro de lo que Moore (2012) denomina el *soundbox*, plantea nuevos retos para la enseñanza del audio. La hegemonía de las pantallas y el desarrollo de plataformas de colaboración basadas en el concepto de *crowdsourcing* plantean de igual modo nuevas formas de creación, más abiertas, y donde el proceso de aprendizaje está mucho más influido por factores externos. La influencia de lo visual, en una generación de nativos digitales que no han conocido la consola de mezclas física, se convierte de este modo en un factor determinante de nuestro análisis. Para monitorizar la evolución de un grupo de estudiantes de audio en la asimilación de diferentes técnicas de mezcla hemos empleado la plataforma Pibox. El estudio llevado a cabo nos ha permitido realizar una estimación de la influencia de este tipo de plataformas en la asimilación de algunas técnicas convencionales de la mezcla estéreo. Los resultados obtenidos demuestran cómo los nativos digitales integran estos recursos de manera natural optimizando el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave— Educación de audio, Mezcla estéreo, Remote Music Collaboration Software (RMCS), Innovación educativa, LMS (Learning Management System).

Abstract— The methodological approaches for the learning of stereo mixing, in the vast majority of music production curricula, are raised from an extrapolation of the analog signal flow to the virtual environment represented in a DAW software. But some didactic approaches to mixing, such as that of David Gibson (1997), have been proposed starting from a three-dimensional space where the width (horizontal axis) is determined by the limits of the stereo field, the height (vertical axis) by the limits of the audible frequency range, and depth (oblique axis) by the dynamic range. Gibson's vision has been standardized as a pedagogical resource in the teaching of mixing techniques and is thus reflected in other authors such as Moylan (2002) or Tischmeyer (2008). The concept of visual mixer as a new in the box mixing paradigm has been adopted by commercial products such as Izotope's Neutron or in research projects such as Music Mixing Surface by the University of Aalborg in Denmark. These new platforms based on interfaces, where the user dispenses with the *fader* or *panning*, using a system of spheres that are located within what Moore (2012) calls the *soundbox*, pose new challenges for teaching audio. The hegemony of the screens and the development of collaboration platforms based on the concept of *crowdsourcing* also pose new, more open forms of creation, and where the student's

learning process is much more influenced by external factors. The influence of the visual, in a generation of digital natives who have not known the physical mixing console, thus becomes a determining factor in our analysis. To monitor the evolution of a group of audio students in their assimilation of different mixing techniques, we have used the Pibox platform. The study carried out has allowed us to make an estimate of the influence of these types of platforms on the assimilation of some conventional techniques of stereo mixing. The results obtained demonstrate how digital natives integrate these resources in a natural way, optimizing the teaching-learning process.

Keywords— Audio Education, Stereo Mixing, Remote Music Collaboration Software (RMCS), Educational innovation, LMS (Learning Management System).

I. INTRODUCCIÓN

Los planteamientos metodológicos para el aprendizaje de la mezcla estéreo, en una gran mayoría de los planes de estudios sobre producción musical, se plantean a partir de una extrapolación del *signal flow* analógico al entorno virtual del *software* DAW. De este modo, surge una temporalización lógica de contenidos que parte de la asimilación de los conceptos básicos del audio, como teoría del sonido, ecualización, compresión, efectos, *signal flow* de la consola, insertos, envíos auxiliares, subgrupos, etc.

Pero en los últimos años han surgido nuevas metodologías de aprendizaje asociadas a herramientas que alejan gráficamente la interfaz del dispositivo físico, ubicando los elementos sonoros asociados a pistas dentro de una virtualización del espacio acústico y planteando alternativas para la modificación de los diferentes parámetros. Esto nos lleva a una cuestión determinante, ¿cómo deberíamos adaptar los métodos de enseñanza de las técnicas de mezcla a estos nuevos formatos?

Roey Izhaki (2008) señala en su libro *Mixing Audio: Concepts, Practices and Tools* los principales métodos para la iniciación a la mezcla. En primer lugar, el autor señala la importancia de leer sobre técnicas de mezcla: la literatura sobre mezcla es una fuente relevante de información para el estudiante de audio. Los libros, artículos e incluso foros de internet pueden aportar al estudiante de audio teoría, conceptos, ideas o consejos valiosos en su proceso de aprendizaje. Pero Izhaki puntualiza: "leer sobre mezcla no hará que nadie se convierta en un gran ingeniero de mezcla, como leer sobre cocina no hará que nadie sea un gran cocinero" (2008, p.22)¹.

*M. A. Juan de Dios Cuartas labora en la Universidad Complutense de Madrid, Av. Séneca, 2, 28040, Madrid. (e-mail: mjuanded@ucm.es).

¹Las traducciones del texto original en inglés han sido realizadas por el autor de este artículo.

A propósito de la lectura, Izahki también señala la importancia de leer los manuales de los dispositivos que empleamos, algo que en ocasiones no se exige al estudiante de audio y que debemos considerar imprescindible para saber utilizarlos. La experiencia docente nos confirma, en la mayoría de los casos, que los estudiantes solo comienzan a demostrar que han asimilado los conceptos teóricos cuando consiguen leer las especificaciones de un dispositivo en su manual entendiendo todo su contenido.

Junto a la lectura de bibliografía especializada, Izahki defiende como un pilar fundamental del proceso de aprendizaje de la mezcla proponer actividades que conlleven una escucha activa. Leer y escuchar debería plantearse como una actividad simultánea dentro del proceso de aprendizaje. Es lo que el autor describe como “fomentar las habilidades críticas de evaluación para una mejor comprensión de los conceptos sonoros” (2008, p.23). La escucha analítica ayuda a estimular en el estudiante su capacidad de visión y evaluación durante el proceso de mezcla y, aunque no implica una práctica activa de la mezcla, sí que contribuye a asimilar estándares y parámetros comunes a aquellas mezclas que podemos considerar como ejemplo de perfección. Es precisamente este punto, el de la perfección en la mezcla, una de las cuestiones más difíciles de plantear a un estudiante y sobre todo de evaluar por parte del docente. No todos los parámetros evaluables de una mezcla son válidos para cualquier género musical, y estos deberían adaptarse de algún modo a las características de la producción que se presenta.

Otra de las propuestas de Izahki para el aprendizaje de la mezcla consiste en “ver y escuchar” a quién ya sabe mezclar. La idea de copiar al “maestro” está implícita en el proceso de aprendizaje de este, como en muchos otros oficios. Aprender a través de la imitación es un hecho incuestionablemente probado y cuenta en el sector del audio con una larga tradición, pero una de las muchas ventajas de academizar el aprendizaje de la producción musical es precisamente la oportunidad que ofrece al estudiante de asentar conceptos fiables, objetivos y al margen del sesgo que supone la apreciación personal de un solo profesional. Además, tal y como señala el autor, es imposible meterse en la mente del que está mezclando y “la visión sobre la mezcla y la experiencia no son transferibles” (2008, p.23). En este sentido, debemos señalar que existe una mitificación de las “técnicas secretas” de los grandes ingenieros. Frente a esta creencia de que los grandes ingenieros de mezcla crean mezclas increíbles como consecuencia de sus técnicas secretas, en la práctica, estas mezclas son el fruto de una amplia comprensión de las técnicas básicas y, sobre todo, de una larga experiencia profesional.

Finalmente, Izahki señala que mezclar se aprende además “mezclando”. Efectivamente, mezclar es la mejor manera de aprender a mezclar, pero el problema con el que nos encontramos en este sentido ya no es tanto el de proporcionar al estudiante los conceptos básicos sobre ecualización o compresión para que este los ponga en práctica mediante una mesa de mezclas, sino lo que supone la mezcla como un concepto mucho más amplio en el que se debe demostrar una gran capacidad de análisis.

Una de mayores dificultades que nos encontramos los docentes es precisamente la monitorización en el seguimiento del proceso de aprendizaje del estudiante en sus proyectos de mezcla. Los estudiantes de audio son en la actualidad, en su mayoría, nativos digitales que se enfrentan a unas herramientas de trabajo integradas en un DAW dentro de un entorno *in the box*, y que pertenecen a una generación que no ha vivido la transición del mundo analógico al digital, ¿tiene sentido entonces seguir explicando los procesos de producción de audio en base a esa tradición analógica?

II. EL APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ESTÉREO: UN RETO PARA LA ENSEÑANZA DEL AUDIO

A. El peso de la tradición en los programas educativos

El planteamiento tradicional pasa por acercar al estudiante en primer lugar a aquellos conceptos teóricos que ayudan a comprender cómo funciona una mezcla estéreo y cuáles son sus estándares. Una vez asimilados los posibles procesos que podemos encontrarnos en un *channel strip* o en los dispositivos periféricos de un estudio de grabación, comenzamos a utilizarlos en la práctica siguiendo el proceso heredado de la tradición analógica: cuándo, por qué y qué instrumentos debemos filtrar, cuándo el compresor debe ir antes o después del ecualizador, comprimir y/o automatizar para conseguir un control eficaz de la dinámica, cómo conseguir una curva de ecualización eficaz para solucionar un problema concreto de enmascaramiento entre dos instrumentos del proyecto, etc. El estudiante realiza un acercamiento pasivo a todos estos “estudios de caso”, que el docente de audio presenta habitualmente en sus clases teóricas, antes de abordar la práctica individual en la que se enfrentará a un proceso de mezcla que será evaluada a posteriori por el docente, siguiendo una serie de ítems de evaluación como el equilibrio frecuencial, el balance instrumental, el campo estéreo, los niveles *peak* y RMS de la mezcla o el control de la dinámica.

B. Entrenamiento auditivo y escucha activa

Volviendo a la importancia del análisis de las mezclas al que hacía alusión Izahki (2008), debemos considerar la educación auditiva como una competencia imprescindible que el estudiante debe adquirir. En este sentido, son muchos los programas de entrenamiento auditivo que nos podemos encontrar en el mercado actual. Desde el clásico Golden Ears de Dave Moulton² hasta otras propuestas más actuales como Aurícula³, Quiztones⁴, Train Your Ears⁵ o Sound Gym⁶, estos programas proporcionan al estudiante de audio una colección de ejercicios que acerca en algunos casos la práctica de la escucha activa al concepto de gamificación. El empleo de mecánicas de juego en entornos educativos para potenciar la motivación y desarrollar determinadas habilidades puede ser también útil en los métodos enseñanza de audio, siempre que no se aleje de su finalidad: la transferencia de esos conocimientos al entorno práctico del *software* DAW o del *hardware* a través de una consola física. En este sentido, en nuestra opinión, solamente deberíamos cuestionar que el vínculo del proceso de aprendizaje con una actividad lúdica, o *a priori* placentera, no debe desviar la atención sobre su importancia, y que el único camino para asimilar estos ejercicios vinculados al entrenamiento auditivo es la comprensión previa de los conceptos teóricos necesarios. Pero no ha sido aún demostrado un camino alternativo al aprendizaje previo de estos conceptos: el único método por lo tanto para aprender a mezclar, debería pasar por un conocimiento en profundidad de todos los posibles procesos a los cuales puede someterse la señal de audio.

C. Una generación marcada por la influencia de las pantallas

Pero la cuestión que se pretende demostrar va mucho más allá de estas apreciaciones lógicas sobre la enseñanza de la mezcla desde una institución académica, y cuestiona la eficacia de estos métodos tradicionales desde la perspectiva de los estudiantes actuales, jóvenes que en la mayoría de los casos nunca han tenido la experiencia de utilizar una consola física y que se acercan al mundo de la producción musical por primera vez desde un DAW. Dentro de este nuevo contexto, esta nueva generación de productores se acerca al uso del DAW sin los condicionantes que pueden tener aquellos profesionales que han vivido la transición de la era analógica a la digital. La extrapolación de determinadas prácticas como el uso de insertos, de envíos auxiliares o de una cadena de procesos lógicos que cuentan con el peso de la tradición en la historia del audio se enfrenta a los nuevos planteamientos de los jóvenes productores, que encuentran caminos alternativos para conseguir

unas experiencias sonoras que en algunos casos demuestran un destacable control creativo sobre el proyecto.

Pero si hay una cuestión destacable en el proceso de producción actual dentro del DAW es la importancia que adquiere la monitorización visual. Las nuevas generaciones asimilan el proceso de mezcla como una actividad asociada no solamente al sentido del oído sino también al de la vista, que a través de la pantalla del ordenador se convierte en un elemento fundamental del proceso. Aunque podríamos pensar que este proceso de "pantallización" de la producción musical, empleando el término de Huhtamo (2004), es un fenómeno inherente a la incursión de los ordenadores dentro del estudio de grabación, el análisis sonoro de la mezcla por parte de ingenieros y productores se ha abordado tradicionalmente desde el paralelismo entre descripciones tímbricas y elementos visuales tales como la profundidad, la presencia, el cuerpo, el brillo, etc. George Martin consideraba la figura del productor como "responsable de la forma del sonido [...]" (Burgess, 2002, pp. 81-82). Para Martin el productor "es el diseñador, pone en escena el espectáculo y lo presenta al mundo" (Ibíd.). Geoff Emerick utilizaba también la metáfora visual afirmando: "Yo siempre he descrito el trabajo como pintar un cuadro con el sonido; pienso en los micrófonos como lentes" (en Massey, 2000, p. 84). La idea de intentar establecer un paralelismo entre lenguaje visual y sonoro puede apreciarse en otros ingenieros y/o productores como Eddie Kramer: "Para mí un micrófono es como el color que un pintor selecciona de su paleta. Tú escoges los colores que quieres utilizar" (en Owsinski, 2005, p. 1). Este tipo de apreciaciones proponen la elección de uno u otro dispositivo, de un modelo u otro de micrófono, como una práctica artística donde el THD se convierte en un ingrediente más del proceso creativo.

El carácter visual ha adquirido una gran importancia en los acercamientos metodológicos para el aprendizaje de la mezcla. El libro *The Art of Mixing* de David Gibson (1997) analiza la mezcla estéreo dentro de un espacio tridimensional donde la anchura (eje horizontal) está determinada por los límites del campo estéreo, la altura (eje vertical) por los límites de la frecuencia audible y la profundidad (eje oblicuo) por el margen dinámico presente en la mezcla, y que va desde el umbral de la percepción hasta el máximo nivel presente en la grabación. Para otros autores como Moylan (2002), las propiedades espaciales de especial interés en una grabación musical son: la ubicación estéreo de la fuente sonora en el eje horizontal, la distancia de la fuente sonora al oyente, las características percibidas de la fuente sonora en su entorno físico y el ambiente percibido

²Ver: <http://www.moultonlabs.com/full/product01/>

³Ver: <https://www.auriculaonline.com/plugins.html>

⁴Ver: <https://theproaudiofiles.com/quiztones/>

⁵Ver: <https://www.trainyourears.com/>

⁶Ver: <https://www.soundgym.co/>

de la interpretación de la grabación. Moylan prefiere hablar de espacio bidimensional, argumentando que el eje vertical no es fácilmente reproducible en los sistemas de escucha convencionales y, por lo tanto, no se trata de un recurso para la expresión artística en entornos de reproducción en estéreo. Pero la visión tridimensional de Gibson, teniendo en cuenta el eje vertical, se ha estandarizado como recurso pedagógico en la enseñanza de técnicas de mezcla y así aparece reflejado en otros autores como Tischmeyer (2008). Al igual que Gibson, Tischmeyer disecciona la mezcla estéreo en tres dimensiones: la dimensión horizontal asociada al panorama, la dimensión vertical asociada a la distribución frecuencial y una tercera dimensión que asocia con la estratificación en capas mediante diferentes procesos que pueden afectar en mayor o menor medida al volumen. Otros autores como Bobby Owsinski (2005) llevan a cabo un planteamiento similar: "la mayoría de los grandes mezcladores piensan en tres dimensiones" (Owsinski, 2005, p.8). Pensar en altura, profundidad y anchura implica estar seguro de que todas las frecuencias están representadas, estar seguro de que hay profundidad en la mezcla, para darle finalmente una dimensión estéreo correcta.

También podemos encontrar un análisis funcional y analítico-deductivo de la mezcla estéreo desde la perspectiva de la teoría musical y la musicología. En este sentido, el musicólogo Alan Moore (2012) habla de capas funcionales ("*functional layers*") y de lo que denomina la caja acústica o *soundbox*, un espacio tridimensional similar al propuesto por David Gibson.

El punto al que pretendemos llegar mediante esta revisión bibliográfica es, en definitiva, cómo podemos establecer esta conexión visual con el proceso de aprendizaje de la mezcla estéreo por parte de los estudiantes de audio en la actualidad, o dicho de otro modo, cómo podemos aprovechar el carácter visual que adquiere el *software* DAW a través de la pantalla para optimizar el proceso de aprendizaje en el alumno que se inicia en la mezcla.

D. Nuevas herramientas para el aprendizaje de la mezcla estéreo

Existen algunos precedentes en el acercamiento de los procesos de mezcla a través de interfaces gráficas, como el proyecto Tangible Mix Surface de la Universidad de Aalborg⁷. Una interfaz gráfica controlada desde una tablet se conecta a un DAW, en este caso Ableton, asimilando el papel de "mediador" durante el proceso de mezcla. En la aplicación de la tablet aparecen un conjunto de esferas asociadas a los *tracks* del proyecto del DAW que se

pueden mover en diferentes ejes y variar su tamaño, además, si el usuario selecciona cualquiera de ellas se despliega un menú con diferentes parámetros que afectan a la ecualización o la compresión, entre otros procesos.

3d Audio Mixing⁸ es otro proyecto de la Universidad de Aalborg que consiste en la implementación de una aplicación de mezcla 3D. A través de un espacio tridimensional similar al planteado por David Gibson en su libro, esta aplicación nos ofrece la posibilidad de mover y reubicar los instrumentos en un espacio sonoro tridimensional empleando el gesto de las manos y a través de un sensor. Se trata en cualquier caso de una interfaz experimental, y *a priori* muy distanciada de las posibilidades prácticas de la mezcla en un entorno educativo o profesional.

Otra aplicación similar a las anteriores es 3d Visual Mixing⁹. Se trata de un trabajo académico del estudiante de ingeniería italiano Gianluca Agostini e inspirado también en el libro de David Gibson. La aplicación permite afrontar la mezcla dentro de un espacio tridimensional en el que asociamos nuevamente los *tracks* con objetos. La posición y las características geométricas de cada objeto aparece asociado a un parámetro sonoro concreto. De nuevo, a través de un sensor y mediante un *software* creado a partir de Max/MSP y Processing, el usuario convierte la gestualidad de la mano en acciones técnicas sobre la mezcla. Aunque el objetivo de este dispositivo, según su autor, es sustituir los instrumentos tradicionales de la producción musical del estudio de grabación e intentar crear un nuevo enfoque de mezcla, en nuestra opinión la aplicación está aún muy lejos de conseguir unos objetivos tan ambiciosos.

Pero el concepto de "mezcla visual" ha trascendido el marco académico de la investigación, apareciendo las primeras propuestas en las grandes marcas comerciales. El concepto de visual mixer como nuevo paradigma de mezcla *in the box*, ha sido adoptado por productos comerciales como Neutron de Izotope¹⁰. En un espacio, bidimensional en este caso, la interfaz visual incluida en el *software* Neutron proporciona un conjunto de nodos que facilitan las labores de mezcla, permitiendo su movimiento en diferentes ejes y ajustando el tamaño y presencia que pretendemos darle en el proyecto. El eslogan de este producto "The modern way to mix" supone en sí mismo toda una declaración de intenciones vinculando el asistente de mezcla *visual mixer* a ese perfil de usuario que Théberge (1997) denomina "singer-songwriter-producer-engineer-musician-sound designer", ese "todo en uno" que forma parte de la filosofía "Do it Yourself" que caracteriza al productor digital actual o *bedroom producer*. Dejando

⁷Ver: <http://media.aau.dk/~stg/tangibleMixSurface/>

⁸Ver: <http://media.aau.dk/~stg/3dAudioMixing.html>

⁹Ver: <http://www.marcobertola.com/portfolio/3d-visual-mixing/>

¹⁰Ver: <https://www.izotope.com/en/products/neutron.html>

al margen el debate ético que genera la estrategia comercial de este tipo de asistentes de mezcla, orientados a fomentar la figura del “prosumidor”, y destinados por lo tanto a la creación de contenidos gratuitos que alimentan las plataformas de *streaming*, la representación visual de la mezcla supone una oportunidad para el aprendizaje que no ha sido aún suficientemente explorada desde el ámbito académico. Siguiendo este acercamiento visual a la mezcla estéreo, el planteamiento de ejercicios de análisis empleando gráficas de panorama facilitan al alumno la comprensión de la espacialidad en la mezcla y las posibles ubicaciones que pueden adoptar los instrumentos dentro del campo estéreo. Los análisis de mezclas de diferentes períodos históricos a través de la esquematización de la gráfica del panorama aportan una mejor comprensión al alumno de la utilización de los planos sonoros y del paneo. Al margen de su valor didáctico, algunos ingenieros plantean el uso de las gráficas del panorama como guías que sirven de intercomunicación entre músicos, ingenieros y productores, y que aportan un importante valor a la visión de la mezcla permitiendo plantear una estrategia previa.

Efectivamente, acercamientos visuales a la mezcla, como el espacio tridimensional de David Gibson (1997) o el *soundbox* de Alan Moore (2012), podrían plantearse de igual modo como una guía a partir de la cual el estudiante pudiera trasladar ese esquema a la consola convencional. Las esferas, con una codificación de colores, tamaños asociados a los diferentes planos sonoros y una ubicación en los diferentes ejes, se plantean de este modo como una traducción de las acciones que se llevan a cabo dentro de la consola, como el movimiento del *fader* arriba y abajo o el movimiento del paneo a izquierda y derecha.

La pregunta que nos planteamos en último término es si tiene o no sentido seguir empleando una metodología de la mezcla, basada en un *mixer* que imita a la consola analógica, en una generación de estudiantes que no han vivido ese pasado analógico. La hegemonía de las pantallas y la incursión de comunidades virtuales de colaboración artística basadas en el concepto de *crowdsourcing* (Howe, 2006)¹¹ y en el uso de Remote Music Collaboration Software (RMCS), como Ohm Studio¹², Soundtrap¹³ o Bandlab¹⁴, plantean de igual modo nuevas formas de creación, más abiertas, donde el proceso de aprendizaje está mucho más influido por factores externos.

Grandes empresas del sector del audio

como Avid o Steinberg han apostado también por el desarrollo de un *software* DAW que permita no solamente abordar el proceso de grabación y mezcla *off line* sino también dentro de la nube, permitiendo interactuar con otros usuarios que compartan esa misma red. El Remote Music Collaboration Software (RMCS) permite en definitiva grabar, editar y mezclar directamente en la nube interactuando con otras personas ubicadas en diferentes lugares.

En este nuevo contexto aparece también el concepto de mentoring o asesorías de profesionales contratadas para supervisar un proyecto y sugerir cambios de mejora, que cuenta con algunas experiencias empresariales de éxito como la de la startup Melboss Music¹⁵.

E. Seguimiento del aprendizaje de las técnicas de mezcla estéreo

La supervisión de los proyectos de mezcla es uno de los grandes obstáculos a los que se enfrenta la educación de audio actual. El objetivo debería centrarse en aprovechar las posibilidades que ofrece la tecnología para monitorizar la evolución del estudiante que se está iniciando en los procesos de mezcla, sugiriendo cambios y evaluando de manera continua su progresión. Esta monitorización ayudaría sin lugar a dudas a evaluar con una mayor eficacia la curva de aprendizaje sin centrarse de forma exclusiva en los ítems de calificación de la mezcla que el estudiante entrega finalmente como ejercicio. Las aplicaciones de gestión de proyectos como Trello¹⁶, basadas en el método Kanban, permiten supervisar las diferentes fases del proceso de producción, desde la pre-producción hasta el *mastering*. Estas herramientas son especialmente eficaces para evaluar la capacidad de trabajo en equipo de los estudiantes, supervisando en un mismo espacio la organización durante el proceso de pre-producción, la coordinación de los ensayos, las demos e incluso tener ordenadas diferentes versiones de una mezcla dentro de una misma tarjeta en la que se pueden insertar comentarios, pero no permite añadir *feedback* sobre el archivo de audio. Otras aplicaciones como Pibox¹⁷ posibilitan un *feedback* estructurado sobre la propia pista, proporcionando diferentes niveles de privacidad. Aunque Pibox permite al educador supervisar las mezclas a partir de marcadores que se sitúan sobre la forma de onda, insertando comentarios a lo largo de un *timeline*, no permite interactuar sobre el proyecto DAW original y mucho menos integrar una gráfica visual que el estudiante haya empleado previamente para planificar la mezcla.

¹¹Para una descripción más detallada del concepto de *crowdsourcing*, consultar Juan de Dios Cuartas, Marco Antonio (2018): Paradigmas de la producción musical en la era post-digital: Los retos de la industria del audio ante la “generación *crowdsourcing*”. Disponible en <https://egregius.es/catalogo/los-nuevos-metodos-de-produccion-y-difusion-musical-de-la-era-post-digital/>.

¹²<https://www.ohmstudio.com/>

¹³<https://www.soundtrap.com/>

¹⁴<https://www.bandlab.com/>

¹⁵<https://www.melboss.com/>

¹⁶<https://trello.com/>

¹⁷<https://pibox.com/>

Para plantear un análisis empírico de la implementación de estas herramientas en el aprendizaje, seguimiento y evaluación de una mezcla estéreo, se realizaron pruebas con una muestra de 5 estudiantes de audio (pertenecientes a un curso de 12) empleando la plataforma Pibox, en la que contamos con una licencia gratuita que nos permitía trabajar con WAV en alta resolución, autorizada *expofeso* por los desarrolladores para poder llevar a cabo este estudio. La selección de la muestra se realizó en función de su edad (todos estudiantes de entre 18 y 23 años y, por tanto, nativos digitales), de su evolución académica (estudiantes de segundo curso con un conocimiento previo de los conceptos básicos relacionados con la grabación y la producción musical) y de su inexperiencia en el trabajo con dispositivos físicos de mezcla. Se ha aplicado de este modo una metodología mixta, que se ha complementado con dinámicas posteriores de grupo en el aula donde los estudiantes intercambiaban sus experiencias tras el uso de esta plataforma.

Los estudiantes acogieron el uso de Pibox muy positivamente, ya que para ellos se trataba de una herramienta novedosa que planteaba unas dinámicas de trabajo diferentes a la escucha convencional de sus mezclas en el aula ante sus compañeros y el *feedback* público que le ofrecía el profesor.

La integración de la forma de onda de los archivos de audio como parte del historial del chat en la interfaz de Pibox facilita además al docente la supervisión del proceso de aprendizaje, poniendo a su alcance las diferentes versiones de la mezcla y en definitiva una visión adecuada de la progresión del proyecto del alumno. Cada forma de onda cuenta con un botón de *play* y un botón *open*, que permite abrir una nueva ventana en la que se pueden insertar marcadores para realizar un análisis “segundo a segundo” de la mezcla proponiendo mejoras.

III. RESULTADOS

Los estudiantes tomados como muestra en este estudio subieron a la plataforma Pibox una media de 4 pre-mezclas antes de la entrega de la mezcla definitiva, y cada una de estas versiones supuso una mejora significativa respecto a la anterior. Es importante resaltar que los 5 alumnos accedieron a este sistema de forma voluntaria y el grado de motivación en la realización de la práctica requerida fue óptimo. La temporalización prevista para el desarrollo de los contenidos del curso posibilitó la realización de dos revisiones presenciales de las mezclas en el aula, que no fueron aprovechadas por la totalidad de estudiantes por encontrarse alguno de ellos en una fase anterior del proyecto: finalizando el proceso de grabación o realizando labores de edición, cuantización, afinación, etc. La comparativa entre las

dos muestras de estudiantes nos indican algunos datos relevantes:

- Un 16,6% de los estudiantes (2 de los 12 alumnos totales) del curso entregaron finalmente el proyecto sin la revisión previa del profesor obteniendo en todos los casos peores resultados que los de sus compañeros. Todos ellos pertenecían al grupo que optó solamente por la supervisión de las mezclas en el aula.
- El 80% de los estudiantes (4 de los 5 estudiantes) que accedieron voluntariamente a la supervisión del proceso de mezcla mediante la plataforma en la nube lograron una mejora significativa de sus proyectos respecto a las primeras versiones y porcentualmente las mejores calificaciones de su curso.
- El uso de la plataforma en la nube permitió además al docente conocer de primera mano la evolución de los proyectos y prever y mejorar la calidad de los mismos antes de la fecha de entrega, disminuyendo el número de proyectos derivados a una revisión en segunda convocatoria.

A pesar de que no se trata de una muestra lo suficientemente amplia como para poder plantear una tendencia generalizada, la experiencia de trabajar con una plataforma *online* de evaluación de mezclas nos ha servido para reflexionar sobre el hecho indiscutible de que las metodologías de enseñanza en el audio profesional deben adaptarse necesariamente al mundo digital actual.

IV. CONCLUSIONES

La utilización de una u otra plataforma de evaluación de una mezcla estéreo en la nube no debería suponer en sí mismo ninguna garantía de éxito. Uno de los aspectos principales a valorar en la sociedad actual es en qué medida estas plataformas digitales fomentan el *engagement* del alumno generando una motivación difícil de conseguir con otros métodos tradicionales. En una sociedad en la que la música se consume audiovisualmente no debería sorprendernos que el componente visual de las herramientas de producción sea cada vez más decisivo, y que los principales desarrolladores de *software* tengan cada vez más presente la relevancia que adquiere la propuesta estética. El empleo de proyectos compartidos en plataformas en la nube, que permiten trabajar sobre un mismo RMCS, presentan *a priori* mayores posibilidades de interacción con el estudiante ya que permiten analizar y supervisar “pista a pista” la cadena de procesos que se está empleando. Pero el seguimiento por el docente cuando se trata de grupos numerosos de estudiantes se hace en la mayoría de los casos inviable. Se trata en cualquier caso de acercamientos metodológicos más cercanos a la enseñanza *online*

o semi-presencial o a la idea de *mentoring* como etapa de especialización posterior a la enseñanza básica de formación en audio. El reto al que se enfrenta la enseñanza del audio presencial en la actualidad es el de encontrar el equilibrio entre el laboratorio de prácticas tradicional con la figura de un supervisor, donde el alumno debe seguir los pasos de una guía que le indica cómo realizar el ejercicio, y la amplia oferta formativa que nos ofrecen los desarrolladores de software a través de sus plataformas. Considero además que uno de los principales aspectos que se debe trabajar con los estudiantes de audio es precisamente el desarrollo de un espíritu crítico que les permita cuestionar y no dar por válido sistemáticamente cualquier reclamo comercial de lo que podríamos llamar tutoriales de *tips and tricks*, numerosos vídeos que acercan a los jóvenes ingenieros y/o productores los aparentes secretos de los profesionales más reconocidos. La realización de una mezcla representa un acto directamente relacionado con un proceso que el docente debe supervisar y en el que por lo general no hay fórmulas mágicas.

Todos los intentos de implementar en un *software* la teoría tridimensional de la mezcla, propuesta por Gibson y el resto de autores mencionados, parecen reducirse al campo académico de la investigación y, salvo el caso de Izotope, no parecen haber trascendido al mercado comercial, aunque también es cierto que Neutron se plantea como un complemento del mezclador tradicional a modo de asistente. La implementación dentro de la plataforma de medidores que nos ofrezcan un historial de la dinámica de la grabación, la correlación de fase o la apertura del campo estéreo serían un complemento de gran ayuda para el evaluador. Otro elemento a tener en cuenta está relacionado con la conexión entre la evaluación de la mezcla en estas plataformas y el sistema de rúbricas que se emplea regularmente para la corrección de un proyecto de producción musical. Aspectos como el balance, el equilibrio de frecuencias, la colocación de los diferentes elementos de la mezcla en el campo estéreo o el uso efectivo de determinadas técnicas creativas en el proyecto son ítems habituales en el proceso de evaluación de una mezcla por parte del docente y podrían integrarse a modo de plantillas en plataformas como Pibox. La integración de estas herramientas en Moodle¹⁸, Canvas¹⁹ o Blackboard²⁰ constituirían el paso definitivo hacia un acercamiento metodológico eficaz para la optimización del proceso de aprendizaje del estudiante actual de audio. Uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los docentes a la hora de implementar contenidos, entregas de prácticas y criterios de evaluación dentro de estas plataformas LMS (Learning Management

System) es precisamente el hecho de que están diseñadas de forma genérica para cualquier disciplina académica y sin tener en cuenta las características únicas que requiere la enseñanza del audio. A esto debemos añadir los constantes retos a los que nos enfrentamos desde la práctica docente, como la aplicación de métodos de *machine learning* e inteligencia artificial en el terreno del audio, algo que nos obliga a afrontar el futuro de la enseñanza del audio desde la adaptación y las oportunidades que estos cambios representan, más allá de su percepción como amenaza o de la visión nostálgica del pasado analógico.

V. REFERENCIAS

- Burgess, R. J. (2002). *The Art of Music Production*. New York: Oxford University Press.
- Gibson, D. (1997). *The art of mixing*. Boston, MA: Thomson Course Technology.
- Howe, J. (2006). *The Rise of Crowdsourcing*. En: Wired Magazine. Nº 14.6. Recuperado el 27 de octubre de 2019, de <http://archive.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html>
- Huhtamo, E. (2004). *Elements of Screenology: Toward an Archaeology of the Screen*. ICONICS: International Studies of the Modern Image, 7, 31–82.
- Izhaki, R. (2008). *Mixing Audio: Concepts, Practices and Tools*. Oxford: Focal Press.
- Massey, H. (2000). *Behind the Glass – Top Record Producers Tell How They Craft the Hits*. San Francisco: Backbeat Books.
- Moore, A. F. (2012). *Song Means: Analysing and Interpreting Recorded Popular Music*. Hampshire: Ashgate.
- Moylan, W. (2002). *Understanding and crafting the mix*. Amsterdam: Elsevier/Focal Press.
- Owsinski, B. (2005). *The mixing engineer's handbook*. Boston: Thomson Course Technology.
- Théberge, P. (1997). *Any Sound You Can Imagine: Making Music/Consuming Technology*. Middletown: Wesleyan University Press.
- Tischmeyer, F. (2008). *Internal Mixing*. [Kükels]: Tischmeyer Publ.

¹⁸<https://moodle.org/?lang=es>

¹⁹<http://www.instructure.com/canvas/es>

²⁰<http://www.blackboard.com/es-es>

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DEL ALINEAMIENTO EN TIEMPO ABSOLUTO A PARTIR DEL PARÁMETRO ACÚSTICO CLARIDAD

Indio Gauvron - María Andrea Farina

- Indio Gauvron* - María Andrea Farina -**

*Instituto de Sonido ECOS, Instituto Terciario Tamaba, Buenos Aires, Argentina
in_dio_ar@yahoo.com.ar

**Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Artes - IPEAL, La Plata, Argentina
mfarina@empleados.fba.unlp.edu.ar

Resumen— En el presente trabajo se comparan los resultados obtenidos al evaluar el alineamiento tradicional, usado en los sistemas de vivo, y el alineamiento en tiempo absoluto. El alineamiento, más allá de solapar vías en fase del/ los subwoofers/s en un estudio y en sistemas de vivo, incide en los valores de los parámetros acústicos Claridad de palabra (C50) y Claridad musical (C80). A partir de los valores medidos utilizando estos parámetros, se propone emplear distintos límites de integración con el objeto de cuantificar la eficiencia de un tipo de alineamiento con respecto al otro.

Palabras clave— alineamiento, Claridad, subwoofer.

Abstract— This work compares the results obtained from traditional alignment, used in the Live Sound environment, to the absolute time alignment. Apart from overlapping frequencies with subwoofer/s in Studio or Live Sound Systems, alignment impacts the Clarity Indexes for speech (C50) and music (C80). Based on measurements taken while evaluating alignment with these parameters, it is proposed to use different integration limits to quantify the efficiency of one type of alignment with respect to the other.

Keywords— alignment, Clarity Index, subwoofer.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de sonido alineados en tiempo absoluto presentan mejoras en la definición y claridad de los sonidos, especialmente en la zona de las frecuencias medias y altas del espectro.

Para verificar esta hipótesis se consideraron sistemas con distintos tipos de alineamiento con el objeto de establecer los rasgos de cada uno de ellos. El parámetro acústico utilizado para la evaluación es la Claridad (Reichardt, et al., 1975).

II. ALINEAMIENTO

En la práctica profesional se utilizan dos tipos de alineamiento:

- Sistemas demorados: con el objetivo de cubrir grandes distancias con respecto a la fuente en el escenario, se utiliza un sistema amplificado cada cierto tramo. Como la distancia entre el oyente y cada uno de estos sistemas es diferente, el más próximo al espectador debe retrasarse de modo que el tiempo de arribo del sonido desde los distintos sistemas coincida.
- Sistemas de múltiples vías (relación tiempo-fase): los parlantes de bajas frecuencias tienen, por razones físicas, una respuesta demorada en el tiempo. Un tweeter, con respecto al reproductor de medios, se haya adelantado en tiempo n longitudes de onda. El reproductor

de medios, con respecto al woofer, se haya adelantado en tiempo n longitudes de onda. Como físicamente no existe la posibilidad de adelantarse en el tiempo, el woofer resulta el reproductor más atrasado de todo el sistema, le sigue el reproductor de medios y, por último, el tweeter. Por este comportamiento, en un sistema multiamplificado existe la necesidad de alinear dichos componentes en fase (Figura 1).

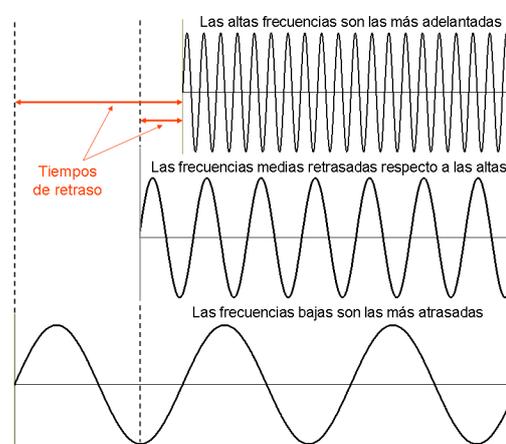


Fig. 1 Relación tiempo fase entre vías de un sistema

En septiembre de 1964, Raymon Dones, patenta el subwoofer. Este dispositivo fue creado para reproducir las frecuencias de las bandas más bajas del espectro y, extender el rango de los sistemas con mayor rendimiento. Para alcanzar este objetivo se han utilizado hasta la actualidad diversas aproximaciones, por ejemplo, suspensión acústica, línea de transmisión, radiador pasivo, bass reflex, líneas de retardo, filtros acústicos de orden n y reflector Carlson.

El comportamiento físico de estos diseños presenta un retraso en tiempo. Como el subwoofer trabaja junto a otros sistemas de rango completo es necesario compensar esa diferencia. Existe una metodología clásica que se basa en solapar las fases de la respuesta de ambos sistemas en la frecuencia de cruce. Para ello se fija el tiempo de retraso del sistema de rango completo y, con esta referencia, se retrasa en tiempo el subwoofer hasta conseguir que las fases coincidan (McCarthy, 2007). La metodología está tan instaurada que hasta los crossovers analógicos poseen, para su banda de bajas frecuencias, un filtro pasa todo que agrega un retraso adicional para alinear en fase (LF delay).

En este trabajo se propone el alineamiento en tiempo absoluto; el procedimiento es inverso al método clásico consiste en retrasar el resto de los componentes tomando como referencia el retardo original del subwoofer (el componente más atrasado del sistema).

III. PARÁMETROS ACÚSTICOS FÍSICOS

Para estudiar la acústica de un espacio se utilizan modelos que explican su comportamiento. Una alternativa es realizar mediciones con instrumental específico. Otro método consiste en realizar una simulación digital del recinto. Desde el punto de vista perceptual, un espacio puede estudiarse desde lo que las personas oyen, en ese caso, se realizan encuestas y/o entrevistas que permiten calificar la respuesta de los oyentes.

A partir de mediciones, simulaciones o diagnósticos perceptuales se definen parámetros acústicos con el objeto de caracterizar el lugar.

Los parámetros físicos pueden clasificarse en cuatro grupos: temporales, niveles de energía globales, espaciales y razones de energía o cocientes energéticos. En la tabla I se sintetizan algunos de ellos.

TABLA I

PARÁMETROS ACÚSTICOS FÍSICOS PARA EL ESTUDIO DE LAS SALAS

Parámetros físicos		
Temporales	Comportamiento de las señales acústicas en el tiempo	•Tiempo de Reverberación (T_{30}) •Reverberación Temprana (EDT)
Niveles de energía globales	Cantidad de energía total de un evento	•Nivel de Presión Sonora (Lp) •Nivel Sonoro Normalizado (G)
Espaciales	Distribución de la energía acústica en el espacio	•Fracción de Energía Lateral (LF) •Coeficiente de Correlación Cruzada Interaural (IACC)
Razones de energía o cocientes energéticos	Energía de dos porciones de una señal acústica	•Claridad (C_{80} , C_{50}) •Definición (D_{50}) •Centro del Tiempo (T_G)

Razones de energía

Las razones de energía son un grupo de parámetros que comparan la energía de dos porciones de una señal acústica. Por ejemplo, la Claridad (C_{80} , C_{50}) y la Definición (D). A continuación, se definen cada uno de ellos. La Claridad relaciona la cantidad de energía inmediata, que llega al oyente durante los primeros 80 ms, con la energía sonora tardía que se produce después de transcurridos los 80 ms (Reichardt, et al., 1975). Se la define matemáticamente de acuerdo con la ecuación (1) cuyo valor se expresa en dB.

$$C_{80} = 10 \cdot \lg \left[\frac{\int_0^{0.08} h^2(t) dt}{\int_{0.08}^{\infty} h^2(t) dt} \right] \quad (1)$$

Donde $h(t)$ es el valor de la presión sonora instantánea en un punto receptor producido por un

sonido impulsivo emitido desde una fuente sonora. La integración se inicia con la llegada de la energía sonora directa en el punto receptor. Este parámetro tiene aplicación para señales musicales o de gran auto correlación (> 30 ms) (Basso).

Por su parte, la Claridad a 50 ms es una relación energética que compara la energía recibida durante los primeros 50 milisegundos con la recibida en el resto del proceso de decaimiento del campo sonoro. La expresión es similar a la citada anteriormente para C_{80} , modificándose solo los límites de integración.

Se aplica a la voz hablada o para señales de baja auto correlación (< 30 ms) (Ibíd.).

$$C_{50} = 10 \cdot \lg \left[\frac{\int_0^{0.05} h^2(t) dt}{\int_{0.05}^{\infty} h^2(t) dt} \right] \quad (2)$$

A diferencia de la Claridad, la Definición relaciona la energía temprana con la energía total de la señal. Si bien resultan parámetros altamente correlacionados (linealmente dependientes) no pueden ser usados indistintamente para comparar salas. Se obtiene de la siguiente relación:

$$D_{50} = \frac{\int_0^{0.05} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt} \quad (3)$$

Si la Claridad tiene por valor 0 dB significa que la cantidad de energía en el principio y en el final de la señal (antes y después de los 50 ms u 80 ms) es la misma, es decir, la energía temprana coincide con la energía tardía o reverberante.

Un valor de Claridad alto significa que la energía sonora temprana es superior a la tardía. Esto implica que dentro de los primeros 50 ms u 80 ms se producen un mayor número de reflexiones que provienen de superficies cercanas a la fuente o al oyente.

Algunos autores han establecido valores óptimos de acuerdo con el uso musical de un espacio. Para el caso de las salas de concierto, Barron establece que el valor óptimo de C_{80} para frecuencias medias se encuentre entre $-2 \text{ dB} < C_{80} < 2 \text{ dB}$ (Basso, 2006). Reichardt, quien definió el parámetro, sostiene que su valor no debe ser nunca inferior a 0 dB (Reichardt, et al., 1975). Por su parte, Lehmann sugiere que no debe ser inferior a los 3 dB (Lehmann, 1986). Arau lo fija, extendiendo el límite superior de Barron, entre $-2 \text{ dB} < C_{80} < 4 \text{ dB}$. Para salas de ópera, Arau establece como valores óptimos entre $2 \text{ dB} < C_{80} < 6 \text{ dB}$ y para salas de teatro y conferencias $C_{80} > 6 \text{ dB}$ (Arau, 1999).

Para este trabajo se utilizará la Claridad como parámetro que permita evaluar la definición de los sonidos en los distintos tipos de alineamiento.

IV. METODOLOGÍA

A. Medición en estudio

Para obtener los datos iniciales se procedió a capturar respuestas al impulso en un estudio con sistema de monitores de rango completo y subwoofer. Se midió con las vías del monitoreo sin alineamiento, alineadas en fase y alineadas en tiempo absoluto.

B. Elementos utilizados

Micrófono de medición: THE TT-3M, interfaz de audio: M-Audio Fast Track Pro, grabadores digitales autónomos: Zoom H4, procesador de sistema: DBX DriveRack 360, software de medición acústica: Sat Live 1.6, medidor de distancia láser: Bosch, cables, pie de micrófono y soportes (figuras 2 y 3).

C. Configuración general de la medición

El flujo de señal abarcaba un amplio rango de posibilidades con propósitos de resguardo y de posterior post procesamiento diferenciado (figura 2).

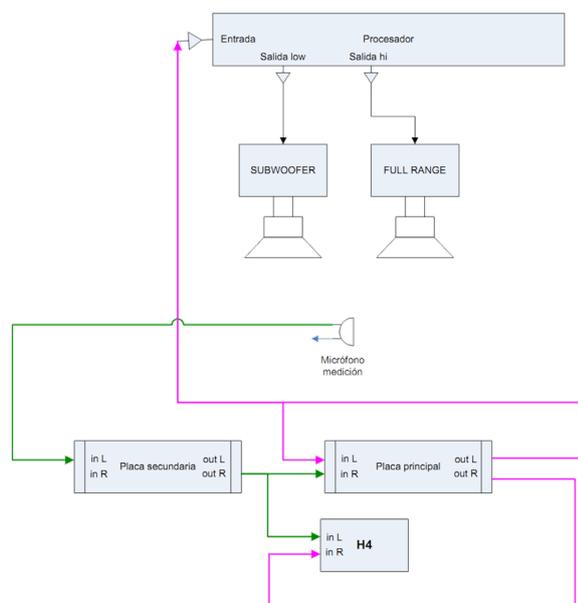


Fig. 2 Esquema del flujo de señales para las capturas de las respuestas al impulso



Fig. 3. Equipamiento usado en el flujo de señales para las capturas de las respuestas al impulso

D. Procedimientos aplicados

Las respuestas al impulso se realizaron mediante el método de transferencia, utilizando una secuencia MLS filtrada con ruido rosa. El filtro se eliminó posteriormente para que la señal no contuviera la respuesta en frecuencia del filtro rosa. Esta señal es adecuada para mediciones acústicas, específicamente para las mensuras de parlantes o su interacción con la sala.

E. Respuestas al impulso obtenidas

Los resultados para el sistema sin ningún tipo de alineamiento, en la posición y distribución de uso habitual, arrojaron los valores iniciales. Se observan los 24.263 ms que el subwoofer tiene por defecto (figura 4) y los 6.032 ms del monitor (figura 5). Para las mediciones se utilizó un único subwoofer y el monitor derecho en sus ubicaciones habituales en el estudio. No se usaron los otros cuatro monitores (LF, C, LS y RS) ya que todos ellos se encuentran a la misma distancia del punto de escucha principal (sweet spot), donde se colocó el micrófono de medición.

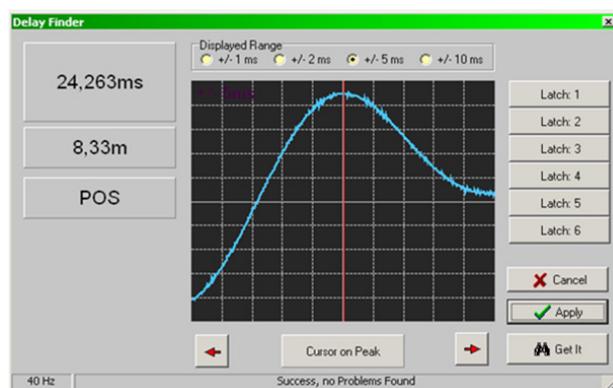


Fig. 4. Respuesta al impulso del subwoofer en su sitio de uso habitual y la configuración con el micrófono de medición en la posición de escucha (sweet spot)

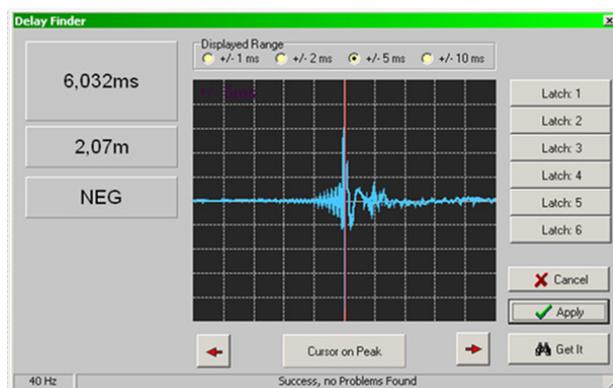


Fig. 5. Respuesta al impulso del monitor derecho en su sitio de uso habitual y la configuración con el micrófono de medición en la posición de escucha (sweet spot)

Con el sistema sin alinear se procedió a capturar la respuesta al impulso del monitor derecho y del subwoofer en simultáneo para su posterior procesamiento y análisis.

Una vez concluida esta primera captura se utilizó el procesador para retrasar el subwoofer y alinear en fase con el monitor. El solapamiento de fase se efectuó en la frecuencia de cruce de vías: 120 Hz. Se tomó como referencia el retraso del monitor y se atrasó el subwoofer hasta hacer coincidir las fases de ambos en 120 Hz (alineamiento clásico o tradicional).

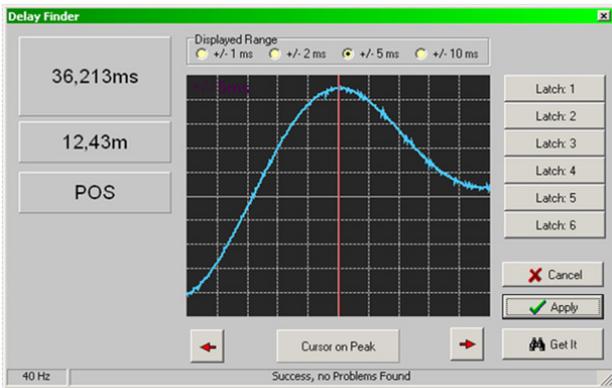


Fig. 6. Respuesta al impulso del subwoofer en su sitio de uso habitual y la configuración con el micrófono de medición en la posición de escucha (sweet spot) con el retraso correspondiente a la coincidencia de fase (alineamiento clásico)

Se aprecia que el subwoofer ahora se encuentra a 36.213 ms respecto de los 24.24 ms originales, lo cual permite que el solapamiento de fase sea efectivo con el monitor derecho en los 120 Hz (figura 6). Con el sistema alineado solamente en fase se procedió a capturar la respuesta al impulso del monitor derecho y el subwoofer en simultáneo.

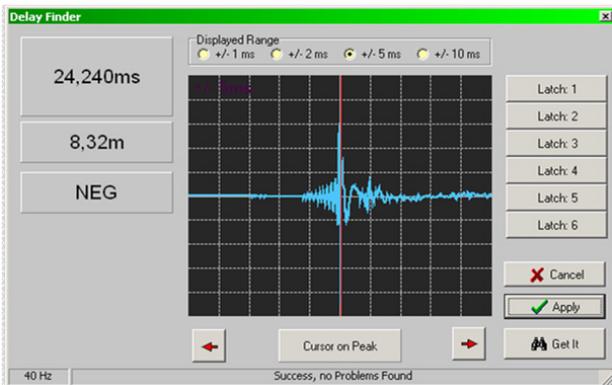


Fig. 7. Respuesta al impulso del monitor en su sitio de uso habitual y la configuración con el micrófono de medición en la posición de escucha (sweet spot) con el mismo retraso que el subwoofer (alineamiento en tiempo)

Por último, con el procesador, se dejó sin retraso el subwoofer, volviendo a sus 24.24 ms originales y se demoró el monitor hasta ese valor para que el sistema que forman ambos componentes quedará alineado en tiempo absoluto y fase.

Con el sistema alineado en tiempo absoluto y fase se procedió, como en los casos anteriores, a capturar la respuesta al impulso del monitor derecho y del subwoofer juntos (Figura 7).

V. ANÁLISIS

Herramientas

Un trabajo de Zacharov propone, para controles de estudios de grabación de música, medir y evaluar el parámetro Claridad a 40 ms (C40) (Zacharov, 1998). Los programas tradicionales (Aurora, Dirac, Arta) evalúan las claridades propuestas en la norma ISO 3382, por lo tanto, para evaluar la Claridad con otros límites de integración Cn (Claridad a "n" milisegundos) se generó un software ad hoc.

Desarrollo del software

Para el análisis de las respuestas al impulso obtenidas se desarrolló software específico en el entorno de programación VBA (Visual Basic para Aplicaciones). El mismo permite la carga de las respuestas al impulso con una interfaz similar a cualquier otro programa de Windows. Admite análisis de: Claridad C80 y C50; además, y por la necesidad surgida, Claridad Cn (usuario).

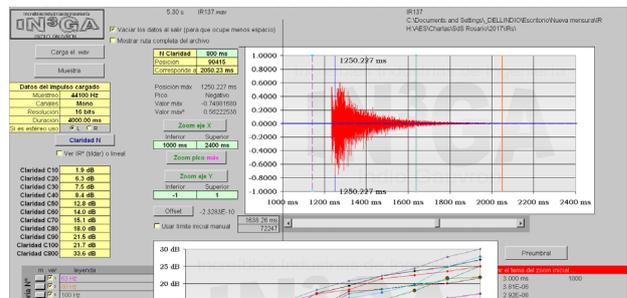


Fig. 8. Interfaz del software implementado para el análisis y verificación de los procedimientos de alineamiento presentados.

VI. CLARIDAD

Al contrastar los valores de C tradicionales con el C40 propuesto por Zacharov (Ibis), y por la limitación que presenta la Claridad en los casos de reflexiones potentes en el entorno del límite de integración (Basso, 2007), se calculó el parámetro con distintos intervalos de integración. Dadas las aplicaciones específicas de este trabajo se evaluó la Claridad a 10 ms acumulando progresivamente con este valor el límite de integración, hasta 100 ms. La curva que representa dichos parámetros se define como Evolución de la claridad (figura 9).

A. Análisis

De acuerdo con los trabajos de Hirsch (1959) y Green (1973) relativos al análisis temporal de señales basado en procesos cruzados entre canales (que evalúan la sensibilidad de los sujetos al patrón temporal), el umbral de detección del retardo entre señales queda definido en 2 ms, independientemente de la frecuencia central de los sonidos. Las diferencias en el patrón temporal son percibidas como cambios en la calidad del sonido (Basso, 2006). Lo anterior verifica la sensibilidad del oído a los sistemas

carentes de alineamiento en tiempo y el consecuente cambio en las características del sonido resultante.

El análisis de las respuestas al impulso obtenidas con los distintos tipos de alineamiento realizadas en el estudio arrojó los valores de Evolución de la claridad que se muestran en la figura 9. Se contrastó el sistema sin alinear, alineado en fase (alineamiento clásico) y alineado en tiempo y fase (absoluto). Como se puede observar, el valor de la Claridad aumenta a medida que el intervalo de integración adquiere un valor más grande y la Evolución de la claridad sigue una curva de orden más alto con el sistema alineado en tiempo y fase. Los intervalos de integración más representativos para la Claridad en controles de estudio de grabación de música están entre 10 ms y 40 ms (C10 y C40 respectivamente). En dicho rango es donde se pueden apreciar las mayores diferencias respecto de los diferentes alineamientos medidos.

El sistema sin alinear presenta valores de Evolución de la claridad superiores al mismo sistema alineado sólo en fase: si al subwoofer se lo atrasa con el propósito de hacer coincidir las fases, el sistema pierde Claridad. alineado sólo en fase: si al subwoofer se lo atrasa con el propósito de hacer coincidir las fases, el sistema pierde Claridad.

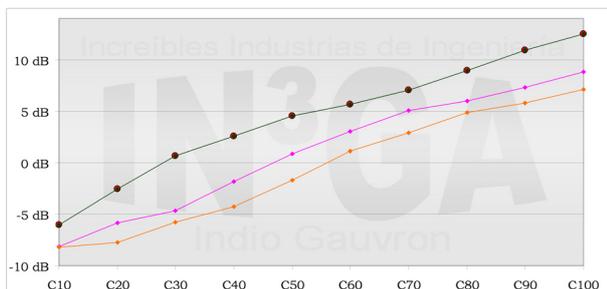


Fig. 9. Valores del parámetro Evolución de la claridad para un sistema con y sin alineamiento. Magenta: sistema sin alinear. Naranja: alineado en fase. Verde: alineado en tiempo y fase

B. Corolario

Para visualizar los alcances del tipo de alineamiento propuesto en este trabajo, en las figuras 10 y 11 se observa cómo se modifica la respuesta de un bombo tomado con un micrófono Shure Beta 52 en un diagrama TEF de la señal. En la experiencia se utilizó un crossover en 120 Hz con un filtro Linkwitz-Riley de 4° orden.

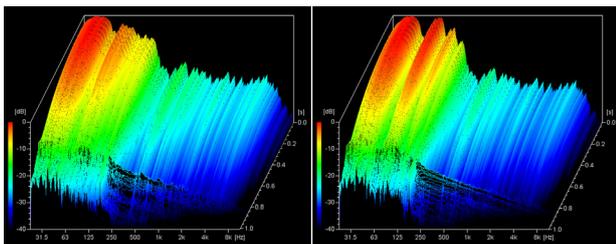


Fig. 10. Diagrama TEF correspondiente al bombo registrado con un micrófono Beta 52 (izquierda). Subwoofer retrasado sin alinear (derecha)

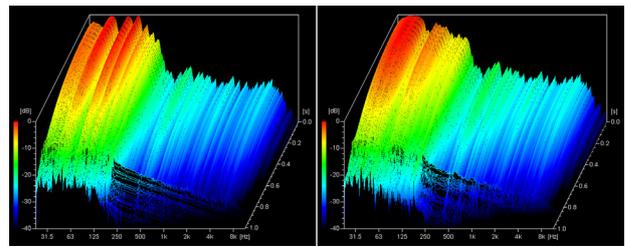


Fig. 11. Diagrama TEF correspondiente al Subwoofer retrasado; alineado sólo en fase (izquierda). Alineado en tiempo y fase (derecha)

En las figuras se muestran los cambios en la señal producidos a partir de los distintos tipos de alineamiento. Se observa que el alineamiento absoluto (en tiempo y fase) es el único que conserva las características de la señal original.

VII. CONCLUSIONES

Como se predijo en la hipótesis, el parámetro acústico físico Claridad sirvió como herramienta para cuantificar y evaluar el alineamiento de un sistema de monitores con subwoofer en un control de estudio de grabación de música. En estos espacios los valores de C80 son muy altos, del orden de los 30 dB. Sin embargo, en un promedio de los casos estudiados, los valores son superiores a 10 dB - valor sugerido para el parámetro aplicable a controles de estudios de grabación-. El valor de C80 en los estudios está por encima de cualquier otro encontrado como estándar para otros tipos de usos musicales del espacio (Reichardt, 1975; Barron, 1986; Beranek, 1996). En el control de un estudio de grabación el técnico u oyente necesita una escucha neutral para tomar decisiones objetivas en función de lo que oye por lo tanto el valor de la Claridad debiera ser necesariamente alto.

En el caso específico de los controles de estudio para grabación de música, la Claridad a estudiar debería tener límites de integración bajos (entre 10 ms y 40 ms) motivo por el cual se extendió el análisis del parámetro por debajo de C40 y se consideró una variedad de límites de integración desde 10 ms hasta 100 ms.

Por último, para el caso de un instrumento musical, las variaciones en tiempo, energía y frecuencia generadas por el sistema sin alinear, alineado en fase y alineado en tiempo y fase son de importancia.

A. Trabajos a futuro

A futuro se pretende continuar y profundizar el desarrollo de esta investigación. En principio, se plantean tres objetivos.

- Extender el parámetro Claridad en el espectro y expresar la Evolución de la claridad en función de las distintas bandas de frecuencias por octava y tercios de octava.
- Evaluar los distintos tipos de alineamiento en

sistemas grandes de vivo.

- Considerar la incidencia de los distintos tipos de alineamiento en fragmentos musicales.

AGRADECIMIENTOS

- Iván Marcovik (Estudio GlazGlas)
- Adrián Rallap (Instituto de Sonido ECOS)
- Nicolás Zlotnik (NZ Sonido)
- Marcelo Cosnard (Biblioteca Laura Manzo-Universidad Nacional de Quilmes)

REFERENCIAS

- Arau, H. (1999). *ABC de la acústica arquitectónica*. Barcelona: CEAC.
- Barron, B. (1993). *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. London: E & FN Spon.
- Basso, G. (2006). *Percepción auditiva*. Argentina: UNQ Editorial.
- ----- *Salas para música y prosa*. Mimeo.
- Beranek, B. (1996). *Concert and Opera Halls: How they Sound*. New York: Acoustical Society of America.
- Green, D. (1973). *Temporal acuity as a function of frequency*. The Journal of the Acoustical Society of America. Vol 54, Nro 2.
- Hirsh, I. (1959). *Auditory perception of temporal order*. The Journal of the Acoustical Society of America. Vol 31, Nro 6.
- Lehmann, W. (1986). Technical communication. *Acustica* 45.
- McCarthy, B. (2007). *Sound Systems: Design and Optimization*. Focal Press.
- Reichardt, W; Abdel, A; Onsy, y Schmidt, W. (1975). *Definition und Messgrundlage eines objektiven Masses zur Ermittlung der Grenze zwischen brauchbarer und unbrauchbarer Durchsichtigkeit beim Musikdarbietung*. *Acustica*, Vol 32, p.126– 137.
- Zacharov, N. (1998). *An Overview of Multichannel Level Alignment*. AES 15th International Conference. Copenhagen, Denmark.

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE FRECUENCIA Y DEL PATRÓN DE DIRECTIVIDAD DE LA GUITARRA ACÚSTICA EN AMBIENTES REALES

Fredy Alzate A. - José J. Cadavid - Jorge H. Hoyos

- Fredy Alzate Arias* - José Julián Cadavid** - Jorge Hernán Hoyos*** -

Facultad de Artes y Humanidades, Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM, Medellín, Colombia

fredyalzate@itm.edu.co

josecadavid@itm.edu.co

jorgehoyos6131@itm.edu.co

Resumen— El presente artículo muestra los resultados de un estudio de caso realizado en el Instituto Tecnológico Metropolitano en la ciudad de Medellín Colombia, en el que se analizó el comportamiento del patrón de radiación y las variaciones espectrales de una guitarra con su instrumentista, al ser ejecutada en un auditorio sin tratamiento acústico. Esto con el fin de identificar estrategias que puedan mejorar el refuerzo sonoro de este tipo de instrumentos, además de aportar como ejercicio académico en estudiantes que hacen parte del Semillero de Acústica de dicha Institución. Para esto, hizo una serie de pruebas usando un arreglo de 16 micrófonos alrededor (media esfera) y a lo largo de una guitarra con su instrumentista, respondiendo a metodologías de captura multicanal (Otondo & Rindel, 2005). El arreglo esférico permitió conocer el patrón de medición de la guitarra al ser interpretada por el instrumentista. Dicha medición se realizó usando una serie de escalas musicales, con el fin de estudiar para cada frecuencia la directividad de la guitarra en campo lejano. De igual forma, se realizó un arreglo lineal a lo largo del cuerpo de la guitarra tanto de frente como de espalda, que permitió conocer el patrón de radiación en campo cercano. En ésta última medición se contó nuevamente con una serie de escalas musicales a diferentes intensidades con el fin de realizar un análisis estadístico que muestra la directividad de una guitarra, afectada por su ejecución en condiciones reales, específicamente en el auditorio de la Facultad de Artes

Palabras clave— *campo cercano, campo lejano, espectro, guitarra acústica, patrón de radiación.*

Abstract— This article shows the results of a case study carried out at the Metropolitan Technological Institute in the city of Medellín Colombia, in which the behavior of the radiation pattern and the spectral variations of a guitar with its instrumentalist were analyzed, when executed in an auditorium without acoustic treatment. This in order to identify strategies that can improve the sound reinforcement of this type of instruments, in addition to contributing as an academic exercise to students who are part of the Acoustic Seedbed of said Institution. For this, he made a series of tests using an array of 16 microphones around (half sphere) and along a guitar with his instrumentalist, responding to multichannel capture methodologies [1]. The spherical arrangement allowed to know the measurement pattern of the guitar when interpreted by the instrumentalist. This measurement was made using a series of musical scales, in order to study the directivity of the guitar in the distant field for each frequency. Similarly, a linear arrangement was made along the body of the guitar both front and back, which allowed to know the pattern of near-field radiation. In this last measurement, there was again a series of musical scales at different intensities in order to perform a statistical analysis that shows the directivity of a guitar, affected by its performance in real conditions, specifically in the auditorium of the Faculty of Arts and Humanities of the Metropolitan Technological Institute - ITM.

Keywords— *near field, far field, spectrum, acoustic guitar, radiation pattern.*

I. INTRODUCCIÓN

La guitarra acústica, es uno de los instrumentos más utilizados en la música folclórica no solo colombiana, sino en el resto del mundo (Karjalainem, et. al., 1999). Por tal motivo, se cuenta con un sinnúmero de grabaciones realizadas a través de la historia utilizando este instrumento musical. El sonido de la guitarra en dichas grabaciones pudo haber sido optimizado teniendo el conocimiento no sólo el comportamiento modal, sino también el patrón de radiación del instrumento. Por otro lado, se tiene que no todas las grabaciones realizadas a este instrumento fueron realizadas en espacios acústicamente controlados como lo son estudios de grabación o auditorios con acondicionamiento. Algunos de los estudios sobre la respuesta en frecuencia y patrón de radiación de algunos instrumentos musicales, se han realizado implementando soportes especiales en donde este se ancla firmemente mientras se realizan las mediciones (ibíd). Sin embargo, cada una de estas fuentes sonoras, en todos los casos, son interpretados por instrumentistas, que, al entrar en contacto con las diferentes partes del cuerpo del instrumento, no solo cambian las respuestas en frecuencia, sino también los diferentes patrones de radiación.

De igual manera, aunque la norma internacional ISO3382-1 establece que, para la realización de mediciones acústicas, se requiere del uso de fuentes omnidireccionales; característica que no corresponde a los instrumentos musicales acústicos (Cook & Trueman, 1998; Vos, et al., 2003; Derveaux, et al., 2003), además que en dichas pruebas se busca que el recinto no afecte la respuesta en frecuencia y el patrón de radiación del instrumento.

Por otra parte, los modos de resonancia de un instrumento musical de cuerda pulsada, como lo es una guitarra (modos transversales verticales y horizontales, modos longitudinales y los modos de torsión), dependen no solo de la fuerza empleada en la excitación de las cuerdas, sino también de factores como lo son los materiales empleados en su construcción y por último la forma de sujeción del instrumento (Karjalainem, et. al., 1999).

*Fredy Alzate A. labora en la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín - Colombia, Ingeniero Electrónico UdeA, Magíster en Gestión Tecnológica UPB (e-mail: fredyalzate@itm.edu.co).

**José Julián Cadavid S. labora en la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín - Colombia, Ingeniero Electricista UPB, Magíster en Artes Digitales ITM (email: josecadavid@itm.edu.co).

***Jorge H. Hoyos R. labora en la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano – IYM, Medellín – Colombia, Licenciado en educación musical UNAC, Maestro en Guitarra Instituto Superior de Artes de Cuba, Magíster en Composición EAFIT (e-mail: jorgehoyos6131@itm.edu.co).

Con el fin de analizar cuál es la afectación que sufre el patrón de radiación y la respuesta en frecuencia de una guitarra acústica al ser ejecutada en un recinto acústicamente no tratado, como lo es el caso del auditorio de la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, se llevó a cabo el presente análisis de caso.

Para el desarrollo de la primera parte del presente estudio, se realizó una medición punto a punto del cuerpo de una guitarra, con el fin de encontrar de manera teórica, los diferentes modos de resonancia de su caja acústica. Con dichos valores fue posible encontrar mediante una regresión numérica, una función matemática que describiera la forma de la guitarra. Gracias a la ecuación resultante, fue posible encontrar posteriormente los modos de resonancia axiales, tangenciales y oblicuos teóricos del instrumento, en los cuales se presentó una intensidad sonora emitida superior, lo que llevó a la verificación de las frecuencias modales en un instrumento de este tipo (Torres, 2010).

Posteriormente, para la segunda parte del presente artículo, se realizaron una serie de mediciones multicanal con una disposición semiesférica alrededor de un ejecutante con su guitarra acústica. Dicha metodología ya había sido utilizada por los autores, en un trabajo previo relacionado con el patrón de radiación sonora del tiple colombiano (instrumento folclórico) (Arias & Cadavid, 2016).

De igual forma, para la tercera y última parte de la investigación, se realizó un arreglo lineal multicanal de micrófonos a lo largo del cuerpo de la guitarra acústica, con el fin de analizar los patrones de radiación en campo cercano, de una serie de frecuencias predefinidas ejecutadas por el instrumentista.

La metodología empleada, al igual que la disposición y referencias de los micrófonos utilizados son especificados más adelante, al igual que los equipos y software para la captura y análisis de las mediciones.

Cabe anotar que los resultados presentados en este documento hacen parte de una serie de acercamientos de mediciones acústicas que se han realizado en el Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, acerca de instrumentos relacionados con el folclor colombiano (Arias & Cadavid, 2016; Caballero & Moreno, 2015).

II. CARACTERÍSTICAS DE LA DIRECTIVIDAD

La directividad, es una de las propiedades acústicas básicas de un instrumento musical. Para el caso de la guitarra acústica, el patrón de radiación se

da de acuerdo a las características constructivas del instrumento, al igual que los materiales empleados, lo que de igual forma da como resultado, la resonancia característica no solo de los elementos constitutivos del instrumento, sino de la resonancia de la guitarra. Todo lo anterior, da una idea del campo acústico de acuerdo a su respuesta en frecuencia, que fue lo que se capturó con una serie de micrófonos a los que se ha hecho referencia.

Para explicar de forma clara este concepto, es importante considerar una fuente ideal que irradia su energía acústica en el espacio de manera uniforme en todas las direcciones. Este tipo de fuentes se denominan fuentes omnidireccionales limitando sus dimensiones reales, lo que hace referencia a la longitud de onda respectivamente. Es decir, cuanto mayor es la dimensión de la fuente y más corta es la longitud de onda del sonido emitido se tiene propiedades más direccionales de radiación y viceversa.

Las características direccionales se representan en forma de diagramas polares. Para un tono dado, la dependencia de frecuencia muestra el ángulo donde se decrementa o incrementa la presión sonora, en relación con la medida del eje acústico del instrumento. La forma de onda característica es independiente de la distancia del cual se toman los datos, pero en este caso se aplica solo a campo lejano. En el campo cercano características direccionales presentan una dependencia fuerte de la distancia y tienen un tratamiento más difícil.

En el momento que se busca medir las características direccionales de una fuente, se debe utilizar una cámara anecoica, junto con un arreglo semiesférico de micrófonos teniendo como punto central el instrumento con su instrumentista. Esto permite de manera simultánea medir la presión sonora no solo en un plano horizontal, sino también en el plano vertical. Sin embargo, el no contar con una cámara anecoica, las mediciones se verán afectadas por las reflexiones del cuarto en el que se esté realizando la medición, lo que afecta también la medida de la directividad del instrumento.

En términos de percepción subjetiva, ocurren desviaciones de la radiación para los fenómenos omnidireccional tales como: cambios en la intensidad, en el timbre y por supuesto de los respectivos armónicos. En la práctica, esto significa que la dirección de radiación de un instrumento musical cambia para la percepción del oyente o en la captación del transductor de medición, que en este caso es un micrófono, lo que da como resultado tonos complejos y variaciones espectrales de los mismos.

En el proceso de medición, es necesario determinar la dirección principal de emisión, esto

se logra encontrando la máxima presión sonora a una distancia determinada alrededor de la fuente sonora, en este caso la guitarra acústica. Las demás direcciones pueden tener reducciones desde 3 dB a 10 dB por debajo del valor máximo relativo para diferentes frecuencias o toda la banda de frecuencias.

Para el propósito del presente estudio, fueron ubicados 16 micrófonos alrededor de la fuente, con el fin de tomar la mayor cantidad de datos posible y así determinar mediante el análisis de los datos obtenidos, la dirección principal de emisión.

A. Definición de directividad

La dependencia direccional de la radiación y su percepción sonora, pueden cuantificarse por su directividad. En la literatura es posible encontrar varias definiciones para los patrones de directividad, siendo generalmente funciones dependientes de la frecuencia.

Mechel Rossing (2010) establece varias definiciones para expresar patrones de directividad. Todas estas medidas tienen como característica común, que las mediciones deben ser realizadas en el campo lejano de la fuente. El factor de directividad se refiere a un espectro de frecuencia complejo, definido como:

$$D_o(\theta, \phi) = \frac{p(r, \theta, \phi)}{p(r, \theta_o, \phi_o)} \quad (1)$$

Esta relación muestra la equivalencia del procesamiento de patrones de directividad con los métodos de la acústica de Fourier.

$$D_m(\theta, \phi) = \frac{|P(r, \theta, \phi)|^2}{\langle |p(r, \theta', \phi')|^2 \rangle_{(\theta', \phi')}} \quad (2)$$

Donde el denominador de la ecuación (2) es el promedio de la intensidad en todas las direcciones. Lo anterior no cambia la energía de sonido radiada total de la fuente, pero expresa el incremento o reducción de la radiación sonora para todas las direcciones.

Expresando la ecuación (2) en términos logarítmicos, se tiene que la directividad se puede dar como:

$$10 \log_{10} \left(\frac{D_m(\theta, \phi)}{\langle |p(r, \theta', \phi')|^2 \rangle_{(\theta', \phi')}} \right) \text{dB} \quad (3)$$

La ecuación (3) está relacionada con la codificación espectral de las señales espaciales, y teniendo en cuenta el filtrado que depende del efecto pinna, la cabeza y el torso, lo anterior se describe mediante las funciones de transferencia relacionadas con la cabeza (HRTF; Wightman y Kistler, 1989a) o por la dirección de las componentes

denominadas funciones de transferencia direccional (DTFs; Middlebrooks, 1999). Una señal monofónica filtrada por HRTF o DTF para una posición espacial particular da como resultado una señal binaural, que cuando se escucha a través de auriculares, crea la impresión de una fuente de sonido virtual.

III. CARACTERÍSTICAS DE LA RESONANCIA

Para una cuerda ideal con una densidad lineal de masa definida y una tensión específica, es posible encontrar sus modos de resonancia mediante la siguiente ecuación:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (4)$$

En la ecuación (4), f_n representa el modo de resonancia n , donde n puede tomar valores enteros mayores que cero. Por otra parte, L representa la longitud, T la tensión y μ la densidad lineal de masa de la cuerda.

Sin embargo, la ecuación (4) no permite calcular los modos de resonancia de una guitarra en lo que responde a un sistema de múltiples elementos constructivos.

La emisión sonora de una fuente que presenta excitaciones armónicas en su estructura física, sobre todo en partes planas, están directamente relacionadas con la densidad y las dimensiones físicas de sus materiales constructivos (Arias & Cadavid, 2016).

Tanto en la superficie exterior como en el volumen interno del instrumento se presentan regiones de máxima oscilación de partículas, conocidos como antinodos y puntos de mínima oscilación de partículas, conocidos también con el nombre de nodos.

El autor Caldersmith (2010) analizó diferentes respuestas de frecuencias de guitarras acústicas, teniendo en cuenta su construcción interna, mediante la excitación de barridos de frecuencia del cuerpo de la guitarra. Bader (2013) realizó múltiples mediciones a diversas guitarras, encontrar que la potencia radiada de la guitarra clásica se dividía entre la tapa superior y la tapa inferior dependiendo las diferentes frecuencias de resonancia gracias al uso de acelerómetros sobre los cuerpos de la guitarra

En un estudio realizado por Matti Karjalainen y Vesa Mälimäki de Helsinki University of Technology y por Heikki Räisänen de EMF Acoustics (1999), fueron analizados no sólo los modos de resonancia transversales y longitudinales de una guitarra, sino también los modos correspondientes a la torsión. Dichos modos son llamados "modos libres de vibración. Adicionalmente, los modos de resonancia

del instrumento se ven afectados por modulaciones causadas por la tensión de las cuerdas.

Por todo lo anterior, se afirma que una guitarra no solo cuenta con modos longitudinales, transversales y rotacionales o libres, sino que, estos varían de acuerdo a la modulación causada por la variación en las tensiones de las cuerdas, lo que da como resultado una serie de frecuencias armónicas e inarmónicas con el cuerpo de la guitarra, ocasionando incrementos de amplitud en aquellas frecuencias armónicas y atenuaciones en las frecuencias inarmónicas, lo que de igual forma afecta el patrón de radiación del instrumento musical, dando como resultado que al tener diferentes intensidades emitidas en diferentes partes sobre el cuerpo de la guitarra, se presentarán diferentes puntos de máxima intensidad que dependen de la frecuencia y lugar específico sobre la cuerda para su excitación.

Esto quiere decir, que dependiendo el lugar donde la cuerda sea pulsada, es posible cambiar las componentes espectrales del sonido emitido por la guitarra. Una manera de conocer la amplitud de cada uno de los armónicos dependiendo el lugar de excitación sobre la cuerda, Penttinen (Otondo & Rindel, 2002) muestra la siguiente ecuación:

$$C_n = \frac{2h}{(n\pi)^2 L_d(l-L_d)} \text{sen}\left(\frac{n\pi L_d}{L}\right) \quad (5)$$

En la ecuación (5), h es la distancia sobre la cuerda donde se produce la excitación o la ejecución por parte del instrumentista, L_d es la distancia del puente de la guitarra, L es la longitud de la cuerda y n el armónico del cual se quiere conocer la amplitud.

IV. PROCESO DE MEDICIÓN

En cuanto la medición de directividad de instrumentos musicales, se puede encontrar múltiples autores que han estudiado el tema. Sin embargo, Jürgen Meyer, es el autor que ha aportado mayor información acerca de las características de directividad de instrumentos acústicos. Para el caso del presente proyecto, se buscó realizar la medición de directividad de la guitarra acústica, pero en un cuarto acústico real, como lo es el auditorio de la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM en la ciudad de Medellín, Colombia. Este tipo de mediciones buscan identificar la relación que tienen los parámetros acústicos de un cuarto, tales como: tiempo de reverberación y modos de resonancia, con el patrón de directividad del instrumento, lo que lleva a variaciones notables que Meyer ya ha tratado (Torres, 2010) sin embargo, no se tratan en el presente documento, ya que no se realizaron mediciones de directividad en cámara anecoica o en estudio de grabación, para fines comparativos.

El campo acústico, especialmente en presencia de reflexiones (como lo es un cuarto acústico, en este caso un auditorio), influye significativamente en la repetitividad de los resultados y su exactitud, ya que en el momento de realizar mediciones acústicas de instrumentos musicales están interviniendo múltiples reflexiones, a comparación de las medidas realizadas en una cámara anecoica, en donde solo interviene el sonido directo de la fuente.

Al medir parámetros sonoros de instrumentos musicales en espacios que cuentan con múltiples reflexiones, es importante hacer lo posible por disminuir la influencia que dichas reflexiones puedan tener en la medición. Esto se puede controlar usando una cantidad determinada de micrófonos, al igual que su ubicación en el espacio y de igual forma, teniendo en cuenta las herramientas, métodos de medición y el procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

Para realizar las mediciones, fueron tenidas en cuenta posibles direcciones de emisión útiles tanto en campo cercano como lejano para no interferir con la ubicación de elementos como soportes de micrófonos u otros que causaran capturas erróneas durante el proceso de medición, de igual forma, se tuvo especial cuidado con la delimitación de estos dos campos (cercano y lejano) para evitar ubicaciones de micrófonos de medición en la proximidad de las características mínimas locales significativas que pudieran afectar negativamente a los resultados. El efecto de la directividad de radiación se puede disminuir promediando el tono de un instrumento musical en el espacio y la señal de medición de micrófonos, lo que crea dificultades considerables en el procesamiento y análisis de datos posterior.

A. Ubicación de micrófonos

Los micrófonos fueron dispuestos en un arreglo semiesférico alrededor del guitarrista tal como se muestra en la figura 1 y figura 2. La posición de cada uno de los micrófonos busca apuntar hacia el cuerpo de la guitarra y garantizando una distancia mínima de 80cm al piso o paredes del recinto.



Fig. 1 Arreglo semiesférico de micrófonos para medición de directividad de la guitarra acústica



Fig. 2 Ubicación de los micrófonos en vista frontal

En la figura 3, se muestra la ubicación de los micrófonos.

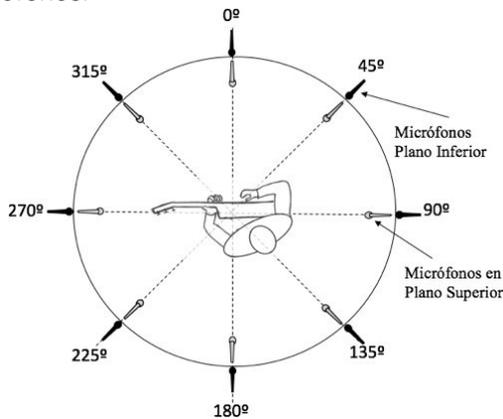


Fig. 3 Ubicación de micrófonos para proceso de mediciones, vista superior

En la figura 4, se hace referencia a dos planos:

- Micrófonos Plano Inferior: estos micrófonos se ubicaron a una altura de 60cm sobre el suelo, una distancia radial de 60cm y se les dio una inclinación sobre la horizontal de 0°.
- Micrófonos Plano Superior: estos micrófonos se ubicaron a una distancia radial de 60cm, tuvieron una elevación de 45° sobre el plano inferior y una inclinación individual de cada micrófono de -45°, para garantizar que cada uno tuviera su lóbulo principal de captación orientado hacia la fuente.

El arreglo semiesférico se realizó teniendo en cuenta las dimensiones del ejecutante junto con la guitarra.

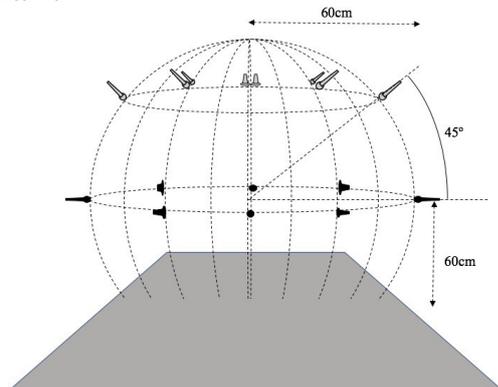


Fig. 4 Disposición de micrófonos para medición, vista frontal

Las ubicaciones de los micrófonos fueron

tomadas con un metro plegable, el cual es un poco más confiable que un metro extensible. Adicionalmente, con un distanciómetro láser se corroboraron todas las distancias para disminuir errores de medición.

A continuación, se muestra la numeración y ubicación de cada uno de los micrófonos utilizados para realizar las mediciones:

TABLA I
LISTADO DE MICRÓFONOS CON SUS RESPECTIVAS UBICACIONES

Mic	Plano	Ángulo	Elevación	Inclinación	Altura (m)
1	Inferior	0°	0°	0°	0,6
2	Inferior	45°	0°	0°	0,6
3	Inferior	90°	0°	0°	0,6
4	Inferior	135°	0°	0°	0,6
5	Inferior	180°	0°	0°	0,6
6	Inferior	225°	0°	0°	0,6
7	Inferior	270°	0°	0°	0,6
8	Inferior	315°	0°	0°	0,6
9	Superior	0°	45°	-45°	102,42
10	Superior	45°	45°	-45°	102,42
11	Superior	90°	45°	-45°	102,42
12	Superior	135°	45°	-45°	102,42
13	Superior	180°	45°	-45°	102,42
14	Superior	225°	45°	-45°	102,42
15	Superior	270°	45°	-45°	102,42
16	Superior	315°	45°	-45°	102,42

B. Equipos utilizados

Los equipos empleados, se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA II
LISTADO DE EQUIPOS DE AUDIO EMPLEADOS

Referencia	Cantidad	Descripción
Shure SM58	8	Micrófonos
Shure SM57	8	Micrófonos
Safire Pro 40 Focusrite	1	Tarjeta de sonido
OctoPre Focusrite	1	Expansión Tarjeta de Sonido

En la figura 5, se muestra el esquema de conexiones que se usó para realizar la captura de las señales:

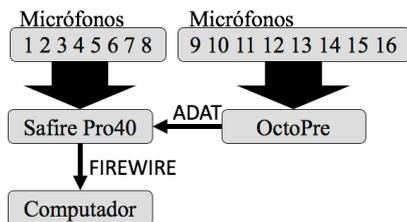


Fig. 5 Esquema de conexión de equipos

La selección de los equipos a utilizar, fue básicamente por ser recursos instalados con los que se cuenta en la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano, además de haber realizado un análisis previo de las características dadas por el fabricante en cuanto a las especificaciones de los equipos.

Para la selección de los micrófonos, que fueron las referencias SM57 y SM58 de la compañía SHURE, se tuvo en cuenta que son dos de las referencias más utilizadas para la realización de refuerzo sonoro en conciertos en la ciudad de Medellín.

Sin embargo, se tiene proyectado a futuro, realizar los procedimientos descritos en el presente documento con otras marcas y referencias de equipos para comparar sus resultados.

C. Proceso de medición

Inicialmente se realizó un acercamiento para conocer la respuesta en frecuencia de la guitarra. Para esto, se realizó una medición mediante ruido rosa al instrumento, haciendo uso de un parlante, un micrófono de medición y el programa RoomEQ, con lo cual se obtuvieron las siguientes gráficas para el instrumento con y sin instrumentista.

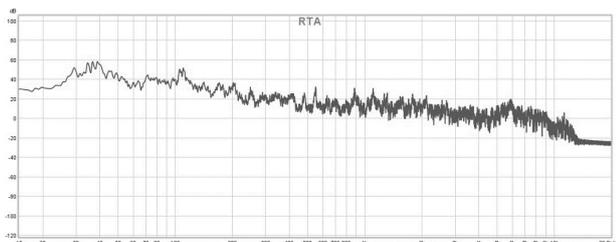


Fig. 6 Respuesta en frecuencia para la guitarra sin instrumentista

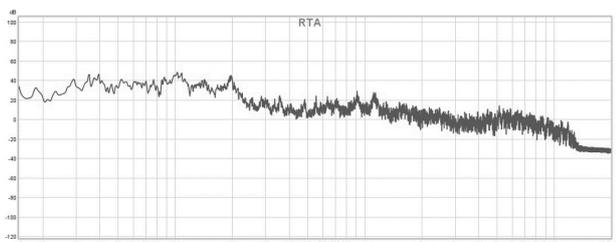


Fig. 7 Respuesta en frecuencia para la guitarra con instrumentista

La figura 6 y la figura 7 demuestran que, al estudiar las resonancias de un instrumento musical, al igual que su patrón de radiación, se hace necesario tener en cuenta el instrumentista, pues es una condición real para su interpretación.

La interacción del instrumentista con el instrumento, gracias a su contacto y a los materiales que adiciona la persona al instrumento, se cambia la respuesta en frecuencia del instrumento, esto debido no solo a la absorción que presenta una persona con sus prendas de vestir, sino también al amortiguamiento que se ocasiona sobre el instrumento al sujetarlo o apoyarlo sobre el cuerpo.

La configuración empleada para realizar la conversión analógica – digital (A/D) fue la siguiente:

TABLA III
CONFIGURACIÓN DE CONVERSIÓN
ANÁLOGA- DIGITAL (A/D)

BitDepth	Frecuencia de muestreo
24 bits	96kHz

La configuración especificada en la tabla III, fue seleccionada para garantizar la menor pérdida de información posible durante el proceso de captura y conversión analógica a digital (Caballero & Moreno, 2015).

Las frecuencias excitadas en la guitarra para el desarrollo del proceso de medición, correspondió a una escala cromática que involucrara el rango completo de la guitarra acústica.

V. RESULTADOS

Es importante analizar inicialmente, la afectación que sufre la perturbación sonora emitida por la guitarra al alejarse radialmente de la fuente, por el instrumentista.

A continuación, se muestran dos gráficas que involucran el espectro de la señal de los micrófonos 1 y 5 respectivamente. El micrófono 1 se encontraba a 0° en el plano inferior, mientras que el micrófono 5 se encontraba en el mismo plano, pero en un ángulo de 180°.

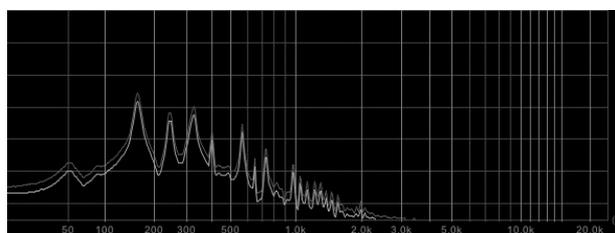


Fig. 8 Espectro para la nota E, correspondiente a la fundamental 164.82Hz en el micrófono 1

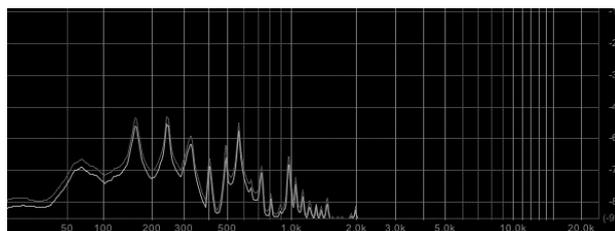


Fig. 9 Espectro para la nota E, correspondiente a la fundamental 164.82Hz en el micrófono 5

La variación en la amplitud de la frecuencia fundamental en la figura 8 y figura 9, corresponde a la siguiente tabla:

TABLA IV
ATENUACIÓN DEL INSTRUMENTISTA

Mic	164Hz	328Hz	492Hz	656Hz	820Hz	984Hz	1148Hz
1	-48,37dB	-56,15dB	-60,04dB	68,21dB z	71,32dB z	56,15dB z	79,11dB B
5	-56,7dB	-55,8dB	-62,4dB	65,86dB B	68,3dB	53,47dB B	76,34dB B
Aten	8,33dB	-0,35dB	2,36dB	-2,35dB	3,02dB	2,68dB	2,77dB

Se obtuvo la atenuación en cada una de las frecuencias de los 7 primeros armónicos de las señales captadas por los micrófonos 1 y 5, lo que se debe a cómo el instrumentista atenúa con su cuerpo el sonido en la dirección de propagación donde este se encuentra, afectando el patrón de radiación de la guitarra. Es por esto que como ya se había descrito en el presente documento, se requiere tener en cuenta el instrumentista en la realización de las mediciones, pues el uso de bases de guitarra y la excitación por dispositivos mecánicos de las cuerdas, no absorben las ondas sonoras, a diferencia de cómo lo hace el instrumentista, lo que sí corresponde a un escenario real.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los planos para cada micrófono en. Inicialmente, se analizaron las señales provenientes de los micrófonos que hicieron parte del plano inferior, es decir, los que se encontraban a nivel del agujero de la caja de resonancia de la guitarra, lo que arrojó los siguientes valores en dB según la frecuencia y el ángulo de captación:

TABLA V
ANÁLISIS DE DIRECTIVIDAD SEGÚN MICRÓFONOS UBICADOS EN EL PLANO INFERIOR

Micrófono	Ángulo	100Hz	200Hz	400Hz	500Hz	1kHz	2kHz
1	0°	-82.22dB	-84.94dB	-75.6dB	-87.67dB	-87.28dB	-88.05dB
2	45°	-83.39dB	-83.05dB	-84.16dB	-81.44dB	-87.67dB	-89.22dB
3	90°	-89.61dB	-85.33dB	-84.55dB	-81.05dB	-83dB	-89.32dB
4	135°	-80.66dB	-70.94dB	-70.55dB	-64.71	-78.33dB	-84.94dB
5	180°	-80.46dB	-76.97dB	-77.16dB	-75.02	-81.03dB	-87.27dB
6	225°	-80.27dB	-83dB	-83.77dB	-85.33	-83.77dB	-89.61dB
7	270°	-87.67dB	-84.55dB	-80.66dB	-75.99	-83.39dB	-86.89dB
8	315°	-82.22dB	-71.32dB	-75.6dB	-72.1	-78.72dB	-83.75dB

Realizando un diagrama polar para los datos obtenidos, se encontró lo siguiente:



Fig. 10 Directividad de la guitarra para plano inferior

En la figura 10 se puede apreciar que para la frecuencia de 100Hz, la guitarra presenta una directividad similar a la figura en 8, teniendo mayor intensidad en la parte posterior, esto debido a que en baja frecuencia el cuerpo del instrumentista no absorbe las frecuencias bajas, mientras que, para frecuencias más altas, la directividad responde a la forma y dirección del instrumento.

Es notable como se cuenta con una resonancia en los 500Hz, pues la directividad de la guitarra en esta frecuencia responde con mayor intensidad en la caja de resonancia en la parte inferior del cuerpo del instrumento.

Para la frecuencia de 200Hz, no se presenta una resonancia fuerte, y se nota en el patrón que dio como resultado en dicha frecuencia. Según la gráfica, la emisión en un rango de frecuencias cercano centrado en 200Hz, se requiere un acercamiento considerable de los micrófonos.

Algo muy parecido se percibió para la frecuencia de 2kHz, donde su intensidad es muy baja y se percibe muy cercana al cuerpo del instrumento, sobre todo en puntos con mayor proximidad al mástil en su parte superior o en el punto de ejecución del instrumentista.

En cuanto el análisis de los datos para las señales capturadas con los micrófonos que hicieron parte del plano superior, se obtuvo los siguientes valores en dB, según la frecuencia y el ángulo de ubicación de cada micrófono:

TABLA VI
ANÁLISIS DE DIRECTIVIDAD SEGÚN MICRÓFONOS UBICADOS EN EL PLANO SUPERIOR

Micrófono	Ángulo	100Hz	200Hz	400Hz	500Hz	1kHz	2kHz
10	45°	-86.89dB	-77.16dB	-81.44dB	-75.99dB	-85.72dB	-89.22dB
11	90°	-88.44dB	-85.73dB	-82.22dB	-80.27dB	-82.61dB	-86.89dB
12	135°	-79.88dB	-79.11dB	-74.83dB	-72.88dB	-87.28dB	-87.27dB
13	180°	-88.83dB	-80.27dB	-76.38dB	-79.88dB	-83.77dB	-88.83dB
14	225°	-89.22dB	-85.33dB	-83.39dB	-83dB	-83.77dB	-89.22dB
15	270°	-86.76dB	-79.49dB	-82.22dB	-80.66dB	-88.83dB	-89.22dB
16	315°	-89.22dB	-85.33dB	-82.61dB	-83.77dB	-86.89dB	-88.83dB

Realizando un diagrama polar de los resultados obtenidos expresados en la tabla VI, se llegó a lo siguiente:

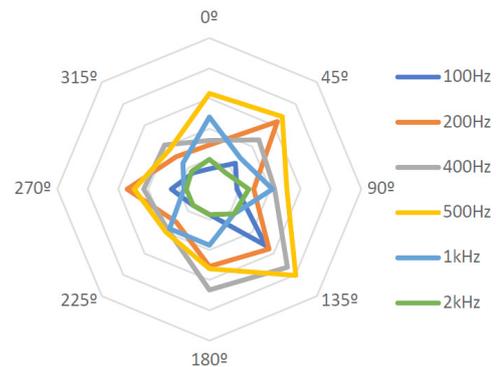


Fig. 11 Directividad de la guitarra para plano superior

Para el caso de las señales capturadas en el plano superior, nuevamente es notable una predominancia de la frecuencia de 500Hz, lo que permite comprobar, que las resonancias causadas por las dimensiones de los materiales constructivos del instrumento, afectan de manera notable su directividad. Por otro lado, para la frecuencia de 100Hz, se tuvo una intensidad resultante baja en el plano superior, lo que indica que la captura de dichas frecuencias debe hacerse en el plano inferior de la guitarra, por otro lado, para la frecuencia de 200Hz, se tuvo una distribución de radiación muy uniforme, comparada con el plano inferior de micrófonos.

Para los 400Hz se encontró un comportamiento particular, en el que la mayor intensidad medida estuvo ubicada hacia la parte inferior de la caja de resonancia del instrumento.

En este plano superior, la frecuencia de 1kHz, se comporta de manera más directiva hacia el frente, en el centro del instrumento, con algunas pérdidas de intensidad hacia el mástil y la caja de resonancia del instrumento.

En cuanto la frecuencia de 2kHz, se puede apreciar que se cuenta con muy baja intensidad en este punto, y por tanto, para capturar dicha frecuencia o frecuencias cercanas, se hace necesario un acercamiento de los receptores. Esto posiblemente sea por el efecto absorbente que introduce el cuerpo del instrumentista para las altas frecuencias.

VI. CONCLUSIONES

Cuando se miden instrumentos en condiciones reales, se presentan demasiadas dificultades en cuanto a la precisión de las medidas, la posición de los micrófonos juega un papel importante ya que deben ser menos separados en grados para tener una muestra precisa y ajustada tanto en azimut como en elevación. Otro aspecto importante es la pulsación de las cuerdas por parte del ejecutante, la fuerza, la intensidad, la claridad de las notas y cantidad de muestras por cada nota.

Las medidas se hicieron como ejercicio experiencial y de aprendizaje como un inicio o precedente al arduo trabajo de hacer mediciones en condiciones reales, es un punto de partida para recoger datos e ir relacionando las múltiples variables que intervienen en el proceso, experimento que se debe observar como un sistema complejo ya que las medidas dependen de la acústica del recinto, la acústica y calidad del instrumento, posición exacta de los micrófonos, repetición o toma de múltiples muestras para un correcto tratamiento estadístico de los datos. La idea en futuras investigaciones es trabajar con sistemas de predicción y algoritmos basados en redes neuronales precisos que ayuden a dar un panorama o escenario más ajustado a la directividad de la guitarra y otros instrumentos de cuerda en condiciones complejas que de hecho es donde los músicos van a estar transmitiendo sus obras. Las investigaciones de como grabar la guitarra en condiciones ideales; cámaras anecoicas y estudios de grabación abundan en el ambiente académico, pero es un gran reto medir y caracterizar instrumentos en condiciones extremadamente difíciles.

VII. REFERENCIAS

- Alzate, F. & Cadavid, J. (2017). *Metodología para la medición de directividad de tiple colombiano*. Libro de la AES Colombia. Avances del Audio en Latinoamérica, pp 11-17, Bogotá: Instituto Ene Audio, Audio Engineering Society sección Colombia. <http://aes-colombia.org/wp-content/uploads/Avances-del-audio-en-Latinoamerica.pdf>
- Bader, R. (2013). *Nonlinearities and Synchronization in Musical Acoustics and Music Psychology*. Dordrecht: Springer.
- Behler, G. K., Pollow, M. and Vorländer, M. (2012). *Measurements of musical instruments with surrounding spherical arrays*, in ResearchGate.
- Caballero, C & Moreno, J. (2015). *Parámetros técnicos de captura en instrumentos musicales percutidos del folclor colombiano para su uso en bancos virtuales de sonidos*. AES-Convention Paper 9444. 2015. <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=18000>
- Caldersmith, G. & Rossing, T. D. (1984). *Determination of modal coupling in vibrating rectangular plates*. Applied Acoustics, vol. 17, no. 1, pp. 33–44.
- Comesaña, D. F., Takeuchi, T., Cervera, S. M. and Holland, K. R. (2012). *Measuring musical instruments directivity patterns with scanning techniques*, in ResearchGate, vol. 3.
- Cook, P.R. & Trueman, D. (1998). *A database of measured musical instrument body radiation impulse responses, and computer applications for exploring and utilizing the measured filter functions*. In Proc. Int. Symposium on Musical Acoustics. Woodbury, NY, USA, pp 303–308
- Derveaux, G., Chaigne, A., Joly, P., and Bécache, E. (2003). *Time-domain simulation of a guitar: model and method*. The Journal of the Acoustical Society of America, 114, 3368–83.
- Héctor, G. (2008). *Estudio de la unión entre la tapa y el diapason en la radiación acústica de la guitarra clásica*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Karjalainen, M; Penttinen, H. & Välimäki, V. (1999). *More Acoustic Sounding Timbre from Guitar Pickups*. Proc. 2nd COST G-6 Workshop on Digital Audio Effects. Trondheim, Norway, pp. 41-44.
- Lai, J. C. S. and Burgess, M. A. (1990). *Radiation efficiency of acoustic guitars*. The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 88, no. 3, pp. 1222–1227.
- Meyer, J. and Hansen, U. (1978). *Acoustics and the performance of music*, 5th ed. Frankfurt/Main: Verlag Das Musikinstrument.
- Middlebrooks, J.C. (1999). *Virtual localization improved by scaling nonindividualized external-ear transfer functions in frequency*. The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 106, no. 3, pp. 1493–1510.
- Otondo, F. & Rindel, J. H. (2002). *Directivity of musical instruments in a real performance situation*. ResearchGate.
- ----- (2005). *A New Method for the Radiation Representation of Musical Instruments in Auralizations*. Acta Acustica United with Acustica. Vol. 91, pp. 902-906.
- Pollow, M. (2015). *Directivity Patterns for Room Acoustical Measurements and Simulations*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Rossing, T. (2010). *The science of string instruments*. New York: Springer.
- Torres, J.A. (2010). *El puente, modos de vibración y radiación sonora en frecuencias medias de la guitarra clásica*. Tesis de Doctorado. México: CCADET UNAM.
- Vos, H.J; Warusfel, O; Misdariis, N; & de Vries, D. (2003). *Analysis and reproduction of the frequency spectrum and directivity of a violin*. Journal of Acoustic Society. Netherlands., 167:1–11.
- Wightman, F. L., and Kistler, D. J. (1989a). *Headphone simulation of free-field listening I: Stimulus synthesis*. J. Acoust. Soc. Am. 85, 858-867.

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN DE LINEAMIENTO NO DISCRETO EN UN DISEÑO DE CAJA ACÚSTICA TIPO REFLECTOR DE BAJOS

Marcelo Navía Alarcón

- Marcelo Navía Alarcón* -

La Paz, Bolivia

navia.marcelo@gmail.com

Resumen— El diseño tradicional de un sistema reflector de bajos usa alineamiento discreto en función del valor Q_{ts} del altavoz. Discreto implica que para cada valor de Q_{ts} corresponde un alineamiento específico para cada familia (Chebyshev, The fourth-order boom box, The super third-order), de hecho, si se quisiera realizar un alineamiento tipo Butterworth de cuarto orden, sólo se podría ejecutar si el valor del factor de pérdida total Q_{ts} es de 0,4.

En la práctica, aparte de estar limitados por un alineamiento discreto, los resultados del diseño suelen ser irrealizables; cajas muy grandes, cajas muy pequeñas, dimensiones del ducto que no caben en el recinto, son algunos de los problemas recurrentes.

Usando un software desarrollado por el autor, se realizó el diseño de un sistema reflector de bajos saliendo del alineamiento discreto. La premisa es dimensionar el recinto y el ducto para buscar una óptima relación entre volúmenes y respuesta de frecuencia.

Finalmente, se procedió con la construcción del sistema y la evaluación del comportamiento del sistema comparando con el diseño teórico.

Palabras clave— Altavoces, cajas acústicas, reflector de bajos.

Abstract— The traditional design of a bass reflex system uses discrete alignment based on the Q_{ts} value of the speaker. Discrete implies that for each value of Q_{ts} corresponds a specific alignment for each family (Chebyshev, The fourth-order boom box, in fact, if one wanted to design a fourth order Butterworth type alignment, it could only be executed if the value of the total loss factor Q_{ts} is 0,4.

In practice, apart from being limited by a discrete alignment, the results of the design are usually unrealizable; very large boxes, very small boxes, duct dimensions that do not fit in the enclosure, are some of the recurring problems.

Using software developed by the author, the design of a bass reflex system was designed leaving the discrete alignment. The premise is to size the enclosure and the duct to find an optimal relationship between volumes and frequency response.

Finally, we proceeded with the construction of the system and the evaluation of the performance of the system comparing with the theoretical design.

Keywords— Loudspeaker, speaker, bass reflex.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos cuarenta años, el diseño de cajas acústicas, en particular del tipo reflector de bajos, fue comprendido y estudiado a partir de los trabajos realizados, principalmente, por Thiele y Small. Para alinear el sistema reflector de bajos, Thiele propuso tres sistemas: Chebyshev, Butterworth y Quasi-third-order. Para el cálculo de estos alineamientos, Small desarrolló unos cuadros de alineamiento que fueron presentados en una serie de cuatro papers en 1980 (Small, 1980b; 1980c, 1980d, 1980e), además de

presentar la teoría básica para el análisis de estos sistemas.

Dickason, en su afamado libro: *Loudspeaker Design Cookbook* (2005), presenta tablas de alineamiento que son de fácil interpretación y aplicación a la hora de diseñar las cajas acústicas.

El software *TS Aura*, programado por Navía (2008), permite diseñar cajas acústicas a partir de los datos Thiele-Small del altavoz en función de los diseños discretos clásicos, pero también aborda el diseño desde una perspectiva no discreta que se evalúa en el presente trabajo.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

El presente apartado está dividido en cinco secciones: los aspectos teóricos, diseño clásico con un ejemplo, el procedimiento de evaluación con alineamiento no discreto, la construcción y la medición.

A. Aspectos teóricos

Para el sistema reflector de bajos, la función de transferencia tiene la forma de un filtro de cuarto orden pasa altos y está expresada en (1).

$$G_B(s) = \frac{s^4 T_o^4}{s^4 T_o^4 + a_1 s^3 T_o^3 + a_2 s^2 T_o^2 + a_3 s T_o + 1} \quad (1)$$

Dónde las constantes: T_o, a_1, a_2, a_3 incluyen los valores de frecuencia angular de resonancia ω_S , la frecuencia angular de resonancia del ducto ω_B , el factor de pérdida por fugas de la caja QL , el factor de pérdida total Q_{ts} y la relación de elasticidad del sistema α .

Existen dos tipos grandes de alineamiento: de respuesta plana y de respuesta no plana. La respuesta plana requiere de valores pequeños de Q_{ts} (menor a 0,4). La alineación de respuesta no plana utiliza valores de Q_{ts} mayores (entre 0,4 y 0,6 aproximadamente), y se caracterizan por tener una menor transiente. En la tabla I se aprecia un resumen de las alineaciones clásicas.

* Borealis Audio, diseñador y fabricante de procesadores de audio profesional, Av. The Strongest 107, timbre 2, zona Achumani, La Paz, Bolivia. (e-mail: info@borealis-audio.com).

TABLA I
ALINEACIONES CLÁSICAS

Alineamiento	Familia	Sigla	Características
Plano	Super Fourth-Order Boom Box	SBB4	Caja grande, buena transiente, de baja afinación.
Plano	Fourth-Order Sub Chebychev	SC4	Similar al SBB4 pero de diferente afinación.
Plano	Quasi Third-Order	QB3	Alineamiento muy usado, baja frecuencia de corte, caja pequeña.
No Plano	Chebychev	C4	De Ripple pequeño (menor a 1 dB).
No Plano	Fourth-Order Boom Box	BB4	De característica similares a la alineación de alto QTC en sistema caja cerrada.
No Plano	Super Third-Order Quasi Butterworth	SQB3	Similar al QB3 pero para valores altos de Q_{TS}

Tres son las familias de alineamientos a considerar en el presente trabajo, siendo éstas, las más comunes y de mayor factibilidad de alineamiento, donde cada familia tiene su alineación en respuesta plana y respuesta no plana.

Existen alineamientos discretos (Fourth-Order Butterworth, Bessel, Inter-Order), pero son muy difíciles de implementar debido a que su requerimiento es que el altavoz tenga un Q_{TS} específico.

Las dimensiones de la abertura o ducto, deben tener ciertas condiciones para que se cumpla con la sintonía deseada, y para evitar que se produzca ruido de viento por una velocidad volumétrica excesiva en la abertura. Las ecuaciones (2), (3), y (4), representan la superficie del ducto, el diámetro y el largo respectivamente.

$$S_V \geq 0,8 f_B V_D \quad (2)$$

$$d_V \geq \sqrt{f_B V_D} \quad (3)$$

$$L_V = \frac{c^2 a_V^2}{4\pi f_B^2 V_B} - 1,46 a_V \quad (4)$$

Donde:

a_V : Radio del ducto [m].

f_B : Frecuencia de resonancia acústica del sistema caja – ducto [Hz].

V_B : Volumen interno neto del encierro [m³].

V_D : Volumen interno neto del encierro [m³].

B. Diseño clásico

Para la evaluación se usó un componente de la marca *Scanspeak*, en la Tabla II se aprecian los parámetros y características del altavoz.

TABLA II
PARÁMETROS COMPONENTE 15M/4624G-00 DISCOVERY

Parámetro	Valor
F_s	100 Hz
Q_{ts}	0.43
Q_{ms}	5.62
Q_{es}	0.47
V_{as}	3.7 L
Diámetro	5.5"

De la tabla de alineamiento con valor QL igual a 15 (cajas pequeñas) propuesta por *Dickason*, se obtienen los siguientes alineamientos:

TABLA III
ALINEAMIENTO CLÁSICO PARA EL COMPONENTE SCANSPEAK

Alineamiento	H	Alfa	f3/fs	Vb [L]
BB4	1	1.2757	1.0059	2.9
SQB3	0.9272	0.8464	0.8488	4.3
SC4	0.9167	0.8787	0.8539	4.2

Como se puede apreciar en la Tabla III, el volumen obtenido para implementar un diseño clásico es coherente desde una perspectiva constructiva. Posteriormente se analizó y calculó las dimensiones de ducto, las cuales se expresan en la Tabla IV.

TABLA IV
DIMENSIONADO DE DUCTO

Alineamiento	Fb [Hz]	Av [cm]	Lv [cm]
BB4	100	3.9	46.1
SQB3	92.7	3.8	32.1
SC4	91.6	3.8	33.5

En la Tabla IV nótese que el radio del ducto es de fácil implementación, sin embargo, el largo del ducto es un valor muy alto en comparación al volumen requerido. Si bien una alternativa es doblar el ducto internamente, consideraciones prácticas del colocado, materiales disponibles, espacio mínimo al final del ducto (3" por recomendación), estética de la caja y otros detalles llevan a replantear el diseño.

C. Alineamiento no discreto

Para realizar el alineamiento no discreto se parte por elegir el volumen de la caja, el diámetro del ducto y la longitud del ducto. De esta forma es posible concentrarse, en una primera instancia, en la parte constructiva del sistema. De (4) se despeja f_B , y al tener el control de las otras variables también se procede a calcular H, Alfa y f3/fs.

El software *TS Aura* desarrollado por Navía con apoyo de Barrera en el año 2008 es el que se usará en esta etapa, ya que permite determinar la respuesta del sistema variando las dimensiones de caja y ducto. En la tabla V se aprecia las dimensiones propuestas, y en la Figura 1 se muestra la respuesta teórica obtenida con dichos valores.

TABLA V
PROPUESTA DE ALINEAMIENTO NO DISCRETO

Vb [L]	Av [cm]	Lv [cm]	f _B [Hz]	H	Alfa
6	2.54	10.16	85,2	0.85	0.61

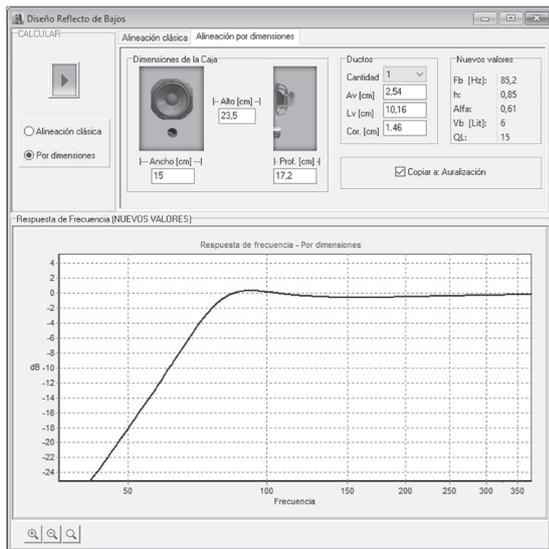


Fig. 1 Respuesta de frecuencia teórica. Alineamiento no discreto en TS Aura

Al tener un volumen de 6 litros y un tubo más pequeño de 2" de diámetro por 4" de longitud, fue considerablemente más sencillo dimensionar la caja, ubicar el componente y finalmente acomodar el ducto. En el procedimiento de dimensionado, se buscó obtener la respuesta más plana posible.

D. Construcción de caja acústica

El material usado para la construcción de la caja fue MDF, material sólido, de 1.8 cm de espesor, se rellenó parcialmente con material absorbente. El ensamblado se realizó con pegamento cola de madera y silicona al interior de los bordes para evitar fugas en el desplazamiento del aire. El ducto usado fue de material PVC sólido, sin bordes redondeados, por lo que la corrección de extremos usada fue la estándar de 1.46.

E. Procedimiento de medición

La medición de sistemas de altavoces conlleva muchas variables a ser consideradas, ni siquiera las cámaras anecoicas ofrecen una fiabilidad en mediciones de baja frecuencia ya que las dimensiones y grado de absorción requeridas no suelen ser viables constructivamente. Si bien la medición propuesta por Benson (1996) al aire libre es una solución interesante, factores de ruido de fondo, viento y otros fenómenos externos son una gran limitante.

Small propone un proceso de medición muy útil y simplificado, colocando el micrófono de medición dentro de la caja, pero realizando un procesamiento de la señal (Small, 1980a). Por otra parte, Keele (1980), sugiere una alternativa muy útil para la medición de cajas acústicas en condiciones de espacios más generales y asequibles; una medición en el campo cercano del altavoz sin usar una cámara anecoica, procedimiento que se empleó en el presente trabajo.

Las condiciones en las que se realizó la medición fueron:

- Medición en el campo cercano: 6 cm de distancia entre el sistema y el micrófono. Considerándose que el campo lejano empieza en dos veces el radio del altavoz (14 cm en el caso que se estudió).
- Colocación del micrófono apuntando a la salida del ducto.
- Espacio de medición amplio para minimizar la influencia de modos normales. La Sala donde se midió fue de 15x10x4 metros.
- Notar que el procedimiento es efectivo para frecuencias menores a 1.6fB.

III. RESULTADOS

El resultado principal de la medición se aprecia en la figura 2.

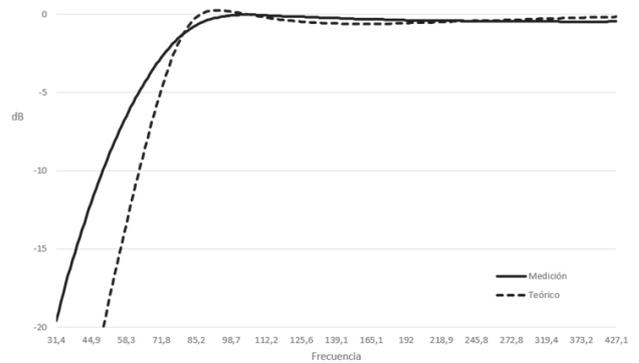


Fig. 2 Respuesta de frecuencia teórica y medida del sistema final

En la línea continua se aprecia el resultado de la medición, mientras que en la línea punteada se expresa la respuesta teórica buscada. Los elementos importantes por considerar se plantean en la tabla VI.

TABLA VI COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y MEDIDOS

PARÁMETRO	TEÓRICO	MEDIDO
Frecuencia con máxima amplitud	94 Hz	104 Hz
Diferencia entre máximas amplitudes	0.28 dB	
f_3	75 Hz	71 Hz
Mínima amplitud (zona efectiva)	156 Hz	355 Hz
Diferencia entre mínimas amplitudes	0.14 dB	

IV. CONCLUSIONES

Analizando las mediciones realizadas, se puede concluir que se concretó un diseño no discreto tradicional con éxito, obteniendo una correlación muy buena entre la respuesta teórica proyectada y la medición final. Siendo posible dimensionar el recinto y el ducto como primer paso en el diseño para obtener una óptima relación entre dichos volúmenes y la respuesta de frecuencia final.

Respecto a las mediciones obtenidas, la diferencia en amplitudes no sobrepasa los 0.28 dB, siendo ésta prácticamente irrelevante a la sensación subjetiva del oyente.

La principal diferencia que se notó es en la pendiente de caída del filtro, diferencia que eventualmente puede no ser significativa.

Se procedió a realizar una escucha subjetiva de distintos programas musicales y se comprobó que el accionar del ducto cumple a cabalidad su función.

Para finalizar, es importante destacar que existe una alternativa al diseño discreto tradicional, que puede ser útil considerando fundamental la parte constructiva y que nos permita concretar diseños reales.

Sin embargo, es recomendable realizar mayores estudios al respecto, con otros altavoces y con mejores condiciones de medición, que permita consolidar los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Part 4: Appendices. Loudspeakers Vol. 1 Anthology of articles on loudspeakers from the Journal of the Audio Engineering Society (pp. 339-343). E.E.U.U.

V. REFERENCIAS

- Benson, J. E. (1996). *Theory and design of loudspeaker enclosures*. E.E.U.U.: Prompt Publications.
- Dickason, V. (2005). *The loudspeaker design cookbook*. E.E.U.U.: Audio Amateur Press.
- Keele, D.B. (1980). *Low-Frequency Loudspeaker Assessment by Nearfield Sound-Pressure Measurement*. Loudspeakers Vol. 1 Anthology of articles on loudspeakers from the Journal of the Audio Engineering Society. pp. 344-352. E.E.U.U.
- Navía, M., Rolón, S. (2008). *Modelación de la función de transferencia del sistema altavoz-caja utilizando operadores espectrales de distinto orden*. Trabajo presentado en el VI Congreso Iberoamericano de Acústica FIA-2008, Buenos Aires.
- Navía, M. (2008) *Creación de un software para el análisis y auralización del comportamiento de altavoces en el proceso de diseño de cajas acústicas (Tesis de licenciatura)*. Universidad Tecnológica de Chile Inacap.
- Small, R. (1980a). *Simplified Loudspeaker Measurements at Low Frequencies*. Loudspeakers Vol. 1 Anthology of articles on loudspeakers from the Journal of the Audio Engineering Society (pp. 252-257). E.E.U.U.
- ----- (1980b). *Vented-Box loudspeaker system Part 1: Small signal analysis*. Loudspeakers Vol. 1 Anthology of articles on loudspeakers from the Journal of the Audio Engineering Society (pp. 316-325). E.E.U.U.
- ----- (1980c). *Vented-Box loudspeaker system Part 2: Large signal analysis*. Loudspeakers Vol. 1 Anthology of articles on loudspeakers from the Journal of the Audio Engineering Society (pp. 326-332). E.E.U.U.
- ----- (1980d). *Vented-Box loudspeaker system Part 3: Synthesis*. Loudspeakers Vol. 1 Anthology of articles on loudspeakers from the Journal of the Audio Engineering Society (pp. 333-338). E.E.U.U.
- ----- (1980e). *Vented-Box loudspeaker system*

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO VI

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD
SONORA DE LA BANDOLA ANDINA
COLOMBIANA**

Luis Gómez - Laura Medina - Luis Hermida

- Luis Gómez - Laura Medina - Luis Hermida -

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura, Bogotá, Colombia
lagomezt@academia.usbbog.edu.co
lmedina@academia.usbbog.edu.co
lhermida@usbbog.edu.co

Resumen— La Bandola Andina Colombiana es un instrumento musical de cuerda pulsada que es tocada con plectro, la cual ha tenido diversas transformaciones que responden a razones prácticas y acústicas, facilitando la interpretación del instrumento y favoreciendo su volumen ampliando la caja armónica (Bernal & Cortés, 2002). Si bien se han realizado estudios acerca de su historia, construcción y funcionamiento no se ha establecido algún tipo de relación entre su morfología y la sonoridad de este. Este proyecto consiste en determinar la Calidad Sonora de la Bandola Andina Colombiana mediante la posible correlación entre aspectos objetivos y subjetivos propios del instrumento. Debido a algunas limitaciones que se presentaron durante el proceso se debe considerar como un Estudio de Caso y un primer paso para la medición de instrumentos musicales de la misma índole. A partir de mediciones de respuesta al impulso y de entrevistas a intérpretes para determinar aspectos musicales, se realizaron pruebas subjetivas a público especializado en audio que pudieron arrojar resultados significativos de índole subjetivo y objetivo de la calidad sonora de este instrumento.

Palabras clave— *Bandola Andina, Calidad Sonora, Respuesta al Impulso, Acústica Musical.*

Abstract— The Colombian Andean Bandola is a plucked string musical instrument that is played with a plectrum, which has had various transformations that respond to practical and acoustic reasons, facilitating the interpretation of the instrument and favoring its volume, expanding the harmonic box (Bernal & Cortés, 2002). Although studies on its history, construction and operation have been carried out, no relationship has been established between its morphology and its sound. This project consists of determining the Sound Quality of the Colombian Andean Bandola through the possible correlation between objective and subjective aspects of the instrument. Due to some limitations that arose during the process, it should be considered as a Case Study and a first step for the measurement of musical instruments of the same nature. Based on impulse response measurements and interviews with performers to determine musical aspects, subjective tests were carried out on audiences specialized in audio that could yield significant results of a subjective and objective nature of the sound quality of this instrument.

Keywords— *Andean Bandola, Sound Quality, Impulse Response, Musical Acoustics.*

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los procesos actuales de construcción de instrumentos musicales se centran en procesos empíricos, donde los luthiers diseñan y desarrollan sus instrumentos musicales a partir del conocimiento y experiencia adquirida con el tiempo. Si bien existe una descripción subjetiva del sonido generado por los instrumentos, lo cual sirve como objetivo de diseño para el luthier, no existe una caracterización objetiva del funcionamiento de estos. Por lo anterior, salvo el conocimiento de los constructores producto de su experiencia, es poca la información que permita relacionar

aspectos subjetivos con características objetivas. Esta problemática se incrementa en Colombia, pues instrumentos que aún están en pleno desarrollo, como la Bandola Andina Colombiana, dependen totalmente de la pericia y experiencia de los luthiers en los procesos constructivos y de diseño del instrumento. Este proyecto busca determinar la posible existencia de correlación de aspectos objetivos y subjetivos a fin de analizar la calidad sonora de la Bandola Andina Colombiana, insumo que a futuro puede ser útil en la construcción de instrumentos musicales.

La metodología implementada para determinar la calidad sonora de la Bandola consistió en determinar los aspectos objetivos del instrumento mediante la obtención de respuestas al impulso del sistema y patrones de directividad, y en la adaptación de parámetros usados en el análisis de salas (tiempos de reverberación y aspectos asociados como lo son calidez y brillo) para describir la forma en la que el sonido se prolongaba luego de cesar la inyección de energía. Para las pruebas subjetivas en primera instancia se realizaron una serie de entrevistas a diferentes bandolistas y luthiers de tal forma que nos contaran sus experiencias y conocimientos sobre del instrumento y sus opiniones acerca de la sonoridad, para de esa forma obtener adjetivos calificativos que describan mejor el sonido de la Bandola Andina Colombiana. Una vez obtenidos se procedió a realizar pruebas subjetivas donde se le pidió a un jurado calificar qué tan de acuerdo estaban al comparar dichos adjetivos con una pieza musical interpretada con el instrumento (pieza musical de treinta segundos grabada para la prueba).

Finalmente, se presentaron los resultados obtenidos en dichas pruebas y se realizó un proceso de análisis para establecer la posible relación entre aspectos objetivos y subjetivos para determinar la calidad sonora del instrumento. Los resultados iniciales indican que posiblemente existe una relación entre varios aspectos que permiten describir la sonoridad de la Bandola Andina Colombiana.

II. MARCO TEÓRICO

A. Bandola Andina Colombiana

La Bandola Andina Colombiana es un instrumento de cuerda pulsada de constante desarrollo originario de la familia de la guitarra. la sonoridad de la Bandola Andina Colombiana. Pertenece a la familia de los cordófonos, es decir

instrumentos que se tocan con las uñas, un plectro o bien las yemas de los dedos. Su nombre proviene de la pandura (Siglo X), de la bandura panskaja y la bandurka (Siglo XV), atraviesa el laúd europeo y una de sus familias para tomar esta denominación: las mandoras. Estos últimos instrumentos de cuatro a seis cuerdas y cuerpo delgado tenían varias afinaciones (una mezcla de cuartas y quintas justas) y longitudes de la escala que oscilaban entre 37 y 42 cm.

También se construyó la bandurria, llamada bandola o laúd español, conocida como una guitarra tipo bandola de cuerpo redondeado y mástil corto. Consta de 6 órdenes dobles metálicos, afinados por cuartas justas, que salen de un tiracuerdas y pasan por un puente en todo similar al de la guitarra (Bernal, n.d). La bandurria es conocida como antecesora inmediata de la bandola colombiana y ha sido asimilada a la mandolina, pero sus características de construcción, así como el hecho de ser un instrumento típico español demuestran su linaje instrumental.

Durante el Siglo XIX, en Colombia aparecen dos instrumentos con idénticas funciones, afinación, escala y encordado; pero con diferencias en su forma y en algunas características desarrolladas en el país. Son conocidas como bandolas o bandurrias, diseñadas con cuatro órdenes dobles y están afinadas entre sí con un intervalo de cuarta justa. Hacia 1860 Diego Fallon le agrega un quinto orden y en 1898 Pedro Morales Pino le adiciona el sexto, dejándola con su encordado definitivo. Morales Pino aportó innovaciones en la construcción de la bandola, en la integración del tiple, la bandola y la guitarra en estudiantinas, cuartetos y tríos, además de la escritura en notación musical de estos aires andinos (Bernal, n.d).

A comienzos del Siglo XX se deja de hacer el modelo de bandola con forma de guitarra y desde 1920 hasta los años 60 se establece la bandola como instrumento de 16 cuerdas con los cuatro primeros órdenes triples y los dos últimos dobles, con una caja grande y mástil largo. Debido a su tamaño estas bandolas no afinaban a la altura real que correspondían y eran instrumentos que sonaban un tono por debajo de lo establecido (bandolas en Si Bemol) (Bernal, n.d). Pero aún así, este tipo de bandolas aún continúan construyéndose por temas de tradición y porque aún son muy utilizadas en algunas regiones de Colombia.

En 1961 el maestro Diego Estrada Montoya reduce la longitud del diapasón y el mástil haciendo posible la afinación a la altura real (bandolas en Do). Su calidad de interprete le permitió construir y marcar camino enfocado hacia un alto nivel musical, al mismo tiempo realizó investigaciones e innovaciones en la técnica de ejecución de la bandola

andina, convirtiéndose en forjador de bandolistas y artistas a través de la docencia (Triviño, 2017); es gracias a eso que ha sido el único bandolista colombiano en obtener su jubilación como profesor en bandola.

Bandolistas como Fernando "El Chino" León, Fabián Forero, Manuel Bernal, afirman que el aumento de un tono ascendente generó mayor sonoridad, aumentó el brillo y brindó mayor comodidad en la ejecución. Esta técnica permitió que la digitación de notas en este instrumento fuese más sencilla y relajada, lo que facilitó el abordaje de géneros musicales "foráneos" como el Bolero, sin dejar de lado el repertorio de la zona andina, el cual día a día se fue enriqueciendo con sus aportes performáticos (Triviño, 2017).

En 1974, aparece el bandolista Luis Fernando León R., y la bandola se ve enriquecida en tres aspectos: construcción, técnica e interpretación. En el aspecto de la construcción los principales aportes fueron: un diapasón más ancho y el retorno a la bandola de órdenes dobles (12 cuerdas), favoreciendo notablemente la comodidad del intérprete. En el aspecto técnico se da un gran salto cualitativo: la mano derecha comienza a sujetar el plectro de una manera más natural y relajada dejando los dedos medio, anular y meñique para operar sobre las cuerdas, el punto de apoyo de esta mano varía hacia la base del pulgar cambiando el ángulo de incidencia de la pluma sobre las cuerdas dando lugar a múltiples posibilidades de ataque y efectos tímbricos; la técnica de la mano izquierda se basa en la de la guitarra para la posición y en la del violín para la ejecución. Y en el aspecto interpretativo los aportes son numerosos, ya que cambian el papel tradicional de llevar exclusivamente la línea melódica para trabajar contrapuntísticamente, en bloques armónicos o de efectos y como acompañante de otros instrumentos (Balcazar, 2017).

El maestro Pedro Morales Pino fue el gestor de utilizar 3 cuerdas en los primeros cuatro órdenes de la bandola, además de aumentarle al sexto orden a dicho instrumento con el objetivo de darle mayor presencia sonora dentro de los tríos, cuartetos y estudiantinas, y también trabajó la homologación de los ataques dentro de un grupo grande de bandolas, proceso que generó una unificación sonora y mejoró el fraseo y la expresividad en una agrupación.

Pasando a la actualidad la Bandola Andina Colombiana cuenta con grandes intérpretes, investigadores y docentes como lo son Fabián Forero, Manuel Bernal, Diego Saboya, Oriana Medina, Germán Albeiro Posada, Juan David Bedoya, Juan Sebastián Vera, entre otros, que han desarrollado importantes proyectos como la creación de la familia de las bandolas y el diseño e interpretación de obras para bandola solista.

Gracias a estos aportes que realizaron se logra establecer un nuevo camino para el instrumento, en donde se exploran posibilidades como las técnicas extendidas y la manipulación del sonido de forma electrónica, influenciados por otros instrumentos y otras tendencias estilísticas. La bandola se convierte en un instrumento de exploración técnica, interpretativa y estilística, que puede posicionarse dentro de un contexto más amplio al de cualquier instrumento de plectro en Colombia.

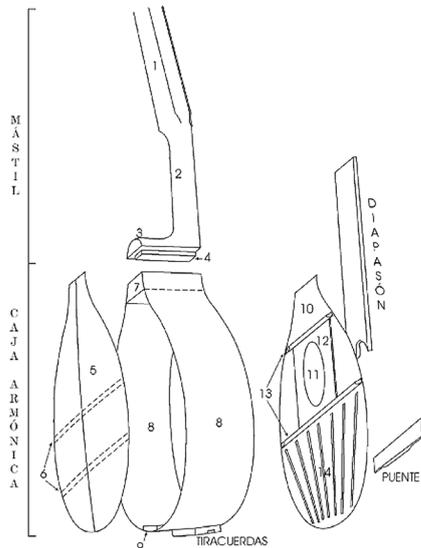


Fig. 1 Morfología y partes de la bandola¹

Mástil: Conformado por la cabeza, el mango, la quilla o tacón y el zoque.

1. Cabeza: Conocida también como paleta o clavijero; es la parte superior del instrumento, donde se fijan las clavijas para tensar las cuerdas y llevarlas a su altura de afinación.

2. Mango: Es la pieza que une la cabeza con la caja armónica, cuenta con fibras que deben ser longitudinales por la tensión que debe soportar; en varios casos es reforzado por una o más listas de madera o fibras de carbono. Para instrumentos con caja armónica abovedada se acopla directamente al bloque superior de la caja armónica.

3. Quilla: Es conocido también como tacón y es característico de los instrumentos con caja armónica de aros y tapas. Puede asumir diversas formas dependiendo de las características de inserción de los aros en el bloque superior y de la ensambladura entre el mango y la caja armónica (Bernal, 2003).

4. Zoque: Es una prolongación tallada en la madera del mango y la quilla que, junto a su contraparte labrada en el bloque superior forman un ensamble entre el mástil y la caja armónica. Este ensamble, al igual que la madera escogida, es muy importante porque determinan la resistencia general

a la tensión de las cuerdas y qué tanta vibración es absorbida por el mástil. Caja armónica: Está formada por la tapa posterior, el bloque superior, los aros, la tapa armónica y el bloque inferior principalmente, y otros elementos que sirven de unión como son los cercos o refuerzos del aro y el refuerzo de unión entre las partes de la tapa posterior.

5. Tapa posterior: Formada por dos mitades de la misma madera con la fibra longitudinal, reforzada internamente por una cinta de madera con la fibra transversal.

6. Barras de refuerzo: Dependiendo del tamaño de la caja y del diseño de la tapa posterior varía la cantidad de barras de madera blanda (Máximo 5), y su fibra debe ser longitudinal a la barra; su función es estructural.

7. Bloque superior o taco: Pieza de madera de variadas formas según el tipo de caja, la manera como se acoplen los aros, las tapas, y qué tan separado esté de la boca. Su función estructural es muy importante porque se le adhieren de forma directa o indirecta casi todas las partes del instrumento y debe manejar diversas tensiones, comportamientos de las distintas maderas ante factores climáticos como la humedad, y grados de absorción/transmisión de la vibración sonora (Bernal, 2003).

8. Aros: Son dos listas de madera, que se unen por su cara interna superior al taco, por su cara interna inferior al bloque inferior y por su borde inferior entre ellos (Bernal, 2003).

9. Bloque inferior: Su función es estructural para unir los aros y reforzar la parte inferior del instrumento.

10. Tapa armónica: Formada por dos partes que se unen en su centro con una calibración final entre 1.5 y 3 milímetros de espesor. Se caracteriza por ser el primordial en la transmisión de la vibración sonora y en la puesta en movimiento del aire. Lo ideal es que se use madera estacional, blanda y bien curada, como el pino, el arce y el cedro de países nórdicos (Canadá, Estados Unidos, Suiza, Alemania) (Bernal, 2003). Los aspectos más importantes que se tienen en cuenta para esta clasificación son: La cantidad de hilos por pulgada:

- Mientras mayor sea y se mantenga más uniforme a lo ancho de la tapa, mejor será la vibración y tendrá un comportamiento estable.
- La uniformidad del color: No deben presentarse nudos, bolsas de goma ni anillos irregulares.
- La densidad de la madera: Depende de la especie, la edad y los adecuados procesos de corte, secado y transporte a los que se someta.

¹ Imagen obtenida de "Cuerdas más cuerdas menos. Una visión del desarrollo morfológico de la Bandola Andina Colombiana" (Bernal, 2003).

11. Boca: Es el agujero practicado en la tapa armónica donde se proyecta el mayor porcentaje de sonidos audibles. Existe una relación matemática entre la superficie del área del agujero y el volumen interno de la cámara, que da lugar a una frecuencia de resonancia, la cual refuerza o no determinados sonidos o sus armónicos, para determinar la sonoridad general del instrumento (Bernal, 2003). Esta afinación de la caja depende también de la calibración de los componentes de la caja (tapas y aros), de las maderas empleadas y de la correcta interrelación de los componentes.

12. Refuerzo de la boca: Es un refuerzo que se añade internamente mediante secciones de madera que previenen la deformación del instrumento por la falta de continuidad en las fibras de la tapa.

13. Barras armónicas: Son dos barras de madera pegadas por dentro de la tapa, una por encima y otra por debajo de la boca que la recorren transversalmente. La fibra debe ser longitudinal a la barra y la madera blanda. Además de una función estructural de estabilización de la tapa para impedir su deformación por la tensión de las cuerdas, son importantes en la transmisión de la vibración hacia los aros y otras regiones de la tapa (Bernal, 2003).

14. Abanico: Está formado por un número impar de delgadas barras de madera blanda pegadas internamente en la tapa armónica, que se disponen en el espacio entre la barra armónica inferior y los bordes de la tapa, por debajo del puente. Su importancia es tanto estructural al manejar y conducir la tensión de la tapa, como acústica ya que, en conjunto con el puente, las barras y la tapa armónicas producen el modo primario de vibración sonora y, además, su disposición previene los llamados "tonos fantasmas", que son nodos de vibración indeseables (Bernal, 2003). También refuerzan determinadas frecuencias o apoyan algún registro específico.

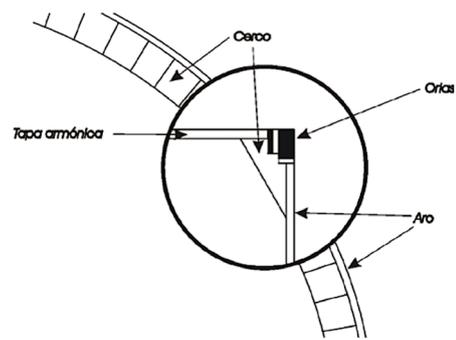
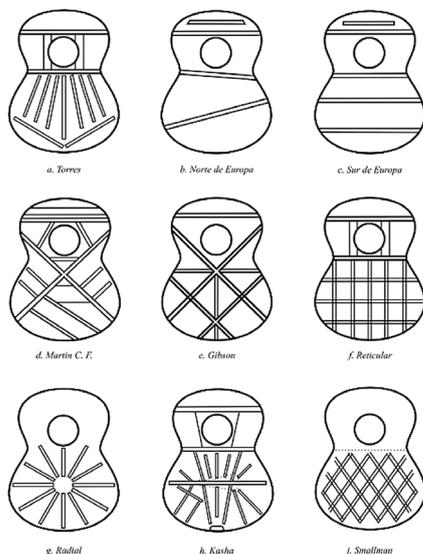


Fig. 2 Patrones más comunes del abanico y barras armónicas. Cerco y Orlas. Vista superior y sección ²

Nuez: Es una pieza de hueso, madera dura o diversos compuestos plásticos que se sitúa sobre el mango, entre el diapasón y las chapillas. Tiene una longitud igual al ancho del mango, en altura sobresale unos dos milímetros sobre la superficie del diapasón y su anchura varía entre tres y ocho milímetros. En su superficie superior se tallan los surcos para distribuir las cuerdas (Bernal, 2003).

Diapasón: Es una lista de madera dura que se pega a la superficie frontal del mango y se prolonga sobre el taco y la tapa armónica hasta el borde de la boca. Tiene una función estructural importante ya que funciona en conjunto con el mástil para resistir la tensión de las cuerdas. En su superficie frontal se colocan los trastes, que actualmente son metálicos y con diversas especificaciones de materiales, calibre, altura y anchura.

Puente: Es una pieza de madera dura que se coloca sobre la tapa armónica y se encarga de transmitir la vibración de las cuerdas a la tapa. Tiene a su vez tres partes: los brazos, el cordal y la silla o hueso inferior. Los brazos corresponden a las partes laterales delgadas, con forma generalmente rectangular. El cordal corresponde a la parte central e inferior del puente, más gruesa, en la que se abren los agujeros para fijar, guiar y distribuir las cuerdas. La silla corresponde al elemento en el que se apoyan las cuerdas, punto de arranque de la porción vibrante; generalmente elaborada en hueso u otro material duro, se inserta en un surco labrado en el puente; es una de las partes importantes para manejar la tensión general, la altura de las cuerdas y afinación del instrumento (Triviño, 2017).

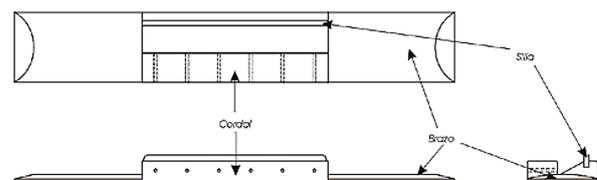


Fig. 3 Puente más común de guitarra y sus partes³

^{2,3} Ibid

Tiracuerdas: Es una pieza metálica o de madera que se fija al bloque inferior y sirve para fijar el extremo de las cuerdas que tiene la lazada. Los tiracuerdas metálicos pueden tener una extensión sobre la tapa desde donde salen las cuerdas o un sistema para fijarlas en la cara inferior de los aros y un doblez sobre el borde de la tapa para protegerla. Los tiracuerdas en madera sobresalen del borde por encima de la superficie de la tapa y en esta pestaña se perforan los agujeros para las cuerdas (Bernal, 2003).

B. Calidad sonora

Existen diversas formas de entender lo que es calidad sonora, sin embargo, algunos autores la definen de la siguiente manera: calidad sonora es una reacción perceptual del sonido de un producto que refleja la reacción del oyente de forma aceptable (Lyon, 2003). La calidad sonora indica ciertas cualidades de las relaciones entre los sonidos, el espacio y las prácticas sociales. No es un criterio fijo del medio ambiente, depende de las personas y el tiempo. En consecuencia, la calidad sonora de un espacio implica un análisis cruzado entre el espacio, la acústica y los comportamientos humanos in situ (Remy, 2005). La calidad de sonido indica en qué grado la sensación de audición se ajusta a lo que se especifica como los requisitos (Pleban, 2013).

Según la Universidad de Salford, las empresas de automóviles y audio se preocupan por el diseño de calidad sonora en sus productos, ya que esto influye de manera subjetiva en el modo de pensar de las personas; dependiendo de la calidad sonora del producto pueden relacionarlo con conceptos auditivos y no auditivos como lo son lujo, potencia, velocidad, seguridad, gastos, entre otros; que hacen que el sonido del producto sea una importante consideración del diseño de éstos.

Éstas, junto con otras empresas han adoptado el concepto de Rueda de Calidad Sonora de un Producto, que puede ser explicado a partir de un sonido real o simulado. Se comparan varios sonidos de productos entre sí o se cuantifica algún aspecto sonoro para determinar qué tan acertado es. Paralelamente, se miden los aspectos cuantificables del sonido. Luego se procesan los datos obtenidos para así determinar qué óptimo es el sonido del producto e identificar métricas significativas que pueden cuantificar este sonido "ideal". Con esto, un diseñador puede volver al diseño del producto; simular cómo suenan nuevos y mejores productos, y aplicar el conocimiento del sonido ideal para implementar cambios de diseño que darán como resultado un producto de mejor sonido.

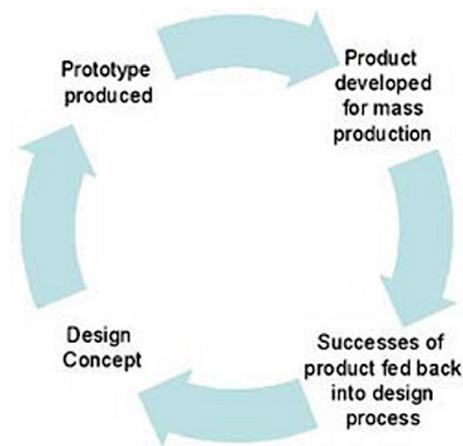


Fig. 4 Ciclo de Diseño de un Producto⁴

Otra forma en que se puede representar el concepto de calidad de sonido es dividirlo en: la naturaleza física del sonido, los procesos físicos que tienen lugar en el oído, los procesos cognitivos que tienen lugar en el cerebro y el método utilizado para cuantificar el efecto del evento.

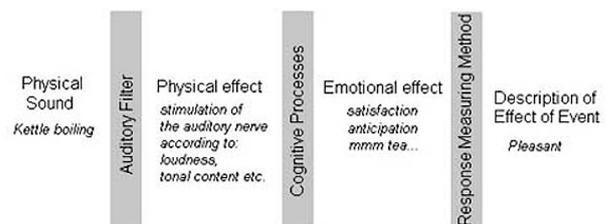


Fig. 5 División de los procesos que tienen lugar durante la evaluación de la calidad del sonido⁵

La mayoría de las métricas de calidad sonora se pueden dividir en aquellas que cuantifican algún aspecto físico del sonido (nivel de presión, contenido de frecuencias) y aquellas que intentan cuantificar algún efecto físico que tiene lugar en el oído (impresión de volumen, tono, etc.). Con el paso del tiempo se han desarrollado 4 métodos para la evaluación de Calidad Sonora:

1. Random Access: Si un producto se escucha mejor al otro. Se califica de 1-6 siendo 1 el mejor y 6 el peor. Se escuchan los productos y se ordenan del mejor al peor en calidad Sonora.
2. Diferencias Semánticas: Probar que sonidos son adecuados para un fin. Se califican con adjetivos como suave, emocionante, fuerte, calmado.
3. Escala categórica: Evalúa los sonidos de productos en una escala de 5 o 7 pasos.
4. Estimación de magnitud: Los sonidos son presentados por pares, un sonido es constante y el otro varía.

Los dos primeros usualmente se usan para hacer una descripción cualitativa, mientras que los dos últimos son recomendados para describir cuantitativamente.

^{4,5} Imagen obtenida de: <https://www.salford.ac.uk/research/sirc/researchgroups/acoustics/psychoacoustics/sound-quality-making-products-sound-better>

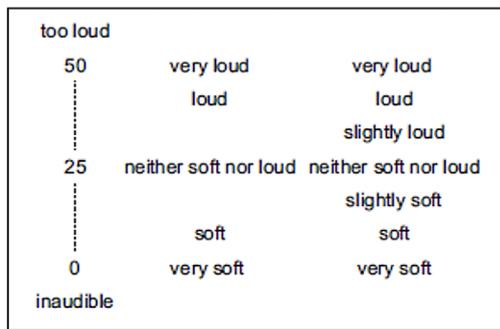


Fig. 6 Métricas de calidad sonora⁶

Hay una gran cantidad de métricas, algunas de las cuales están bien definidas y otras no. Muy pocos han sido estandarizados y la utilidad de una métrica particular depende de la naturaleza del sonido que se prueba.

C. Respuesta al Impulso

La respuesta al impulso o respuesta impulsiva de un sistema es la salida de un sistema cuando su señal de entrada es un impulso. Para la obtención de la respuesta al impulso de un instrumento de cuerda, se basó en dos artículos del autor Ángel Farina, titulados "Comparison of violin impulse responses by listening to convoluted signals" y "Realisation of "virtual" musical instruments: measurements of Impulse Response of violins using MLS technique". Se presentan dos métodos de medición: Método directo y Método indirecto.

Método Directo: La respuesta al impulso de obtiene utilizando una señal MLS (Secuencia de longitud máxima), generada en un computador y con un conversor análogo/digital, esta señal debidamente amplificada se envía a un transductor de fuerza ubicado en el puente, una vez se excita el instrumento en su puente con una fuerza conocida, el campo sonoro generado es registrado con un micrófono de respuesta plana, luego se realiza una deconvolución de la señal y así obtener la respuesta el impulso (Farina, Langhoff, & Tronchin, n.d).

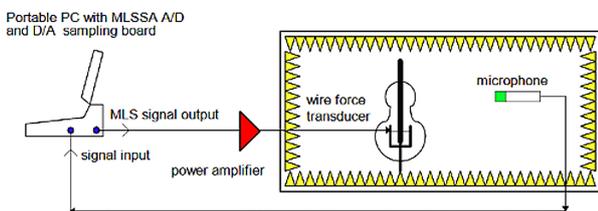


Fig. 7 Esquema de medición IR método directo⁷

Método Indirecto: En este caso la señal MLS es enviada a un altavoz, este es colocado en la misma posición donde se ubica el micrófono en el método directo, la respuesta es detectada por una aguja de fonógrafo ubicada en el puente del instrumento, finalmente, se sigue el mismo proceso

que en el método directo para encontrar la respuesta al impulso (Farina, Langhoff, & Tronchin, n.d).

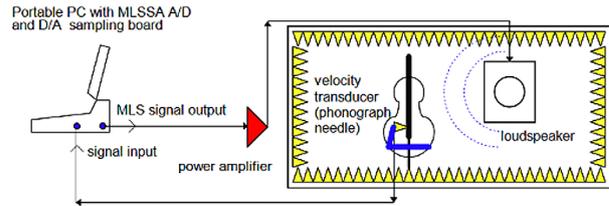


Fig. 8 Esquema de medición IR método indirecto⁸

D. Directividad y diagrama polar

Los instrumentos musicales no irradian sonido con la misma intensidad en todas las direcciones, sino que muestran efectos direccionales más o menos pronunciados para cada frecuencia, la presión sonora radiada a una dirección se denomina característica direccional. Se puede analizar el caso más simple que sería una fuente de sonido esférica, debido a que su radiación es igual en todas las direcciones se denomina a estas fuentes, fuentes omnidireccionales. Este caso también surge cuando la fuente es pequeña en comparación con la longitud de onda del sonido irradiado, es decir, principalmente para bajas frecuencias. En la Fig. 9 se representan las regiones de frecuencia para las cuales los instrumentos orquestales irradian de forma omnidireccional, siguiendo esto no se encuentra radiación omnidireccional para ningún instrumento por encima de 500Hz.

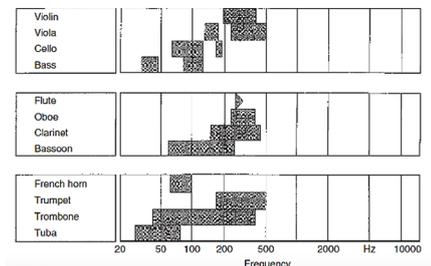


Fig. 9 Región de frecuencia para la radiación omnidireccional mediante instrumentos de orquesta⁹

La presencia de dos radiadores esféricos con alguna separación conduce a relaciones de campos sonoros dependientes de la distancia entre las dos fuentes, así como de las frecuencias, las relaciones de fase y las intensidades de las vibraciones radiadas (Meyer, 2009).

El factor de directividad estadístico representa una relación entre las presiones acústicas presentes y aquellas que serían causadas por una fuente de sonido de igual potencia total con características omnidireccionales a la misma distancia. El factor de directividad estadístico se presenta en dos ocasiones: los valores mayores que 1 indican direcciones con radiación más fuerte; los valores menores que 1 indican direcciones de radiación por debajo del promedio (Meyer, 2009).

⁶ Imagen obtenida de <https://www.semanticscholar.org/paper/Psycho-Acoustics-and-Sound-Quality-Fastl/91fe89a60be6911e98b28fe2bc78865445b-67b0a/figure/3>

^{7,8} Ibíd

⁹ Imagen tomada de "Acoustics and the performance of music" (Meyer, 2009).

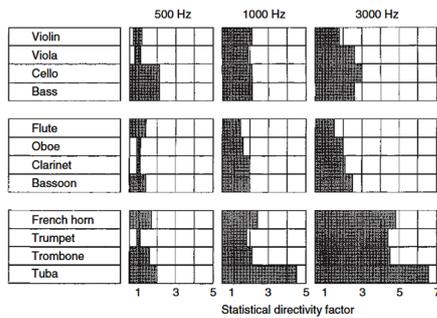


Fig. 10 Rango de variación de los factores de directividad estadístico de los instrumentos de orquesta entre frecuencias¹⁰

La figura anterior muestra un estudio de los valores característicos de los factores de directividad estadísticos para instrumentos orquestales. Para consideraciones de nivel de sonido, es propicio convertir el factor de directividad estadístico a un valor de dB, de esa forma se obtiene el índice de directividad, el cual especifica en qué medida el nivel de sonido es más alto en la dirección considerada de lo que sería para una fuente de sonido omnidireccionalmente radiante de igual potencia (Meyer, 2009).

A partir de la cantidad de energía irradiada para cada dirección se obtiene el diagrama polar. La dependencia direccional de la radiación de sonido para instrumentos de cuerda se basa en la subdivisión de placas vibratorias en zonas de diferentes amplitudes y fases. Además de eso, especialmente a bajas frecuencias, está la radiación de sonido por el espacio de aire a través de las f's del instrumento (orificios). Por tanto, es importante considerar que las características direccionales dependen de la frecuencia, pero también de la estructura de la madera, de modo que en función de las características del material cada instrumento tiene un patrón individual. Sin embargo, entre cada familia de instrumentos se encuentran tendencias comunes en la radiación del sonido. Esto presenta la posibilidad de describir características direccionales con cierta generalidad para los instrumentos (Meyer, 2009).

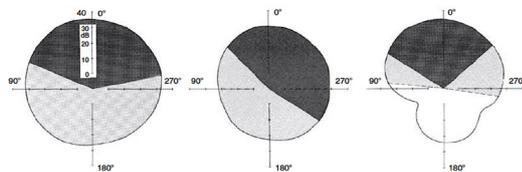


Fig. 11 Diagrama polar de tres violines a 1kHz¹¹

E. Tiempo de reverberación

• Parámetros asociados al tiempo de reverberación

o Tiempo de reverberación medio (Rtmid)

El tiempo de reverberación medio (Rtmid) se obtiene por el promedio del tiempo de reverberación de las bandas de 500 Hz y 1000 Hz.

$$Rt_{mid} = \frac{Rt_{500Hz} + Rt_{1000Hz}}{2} \tag{1}$$

o Calidez acústica (BR)

El tiempo de reverberación está relacionado con la calidez de una sala, se dice que una sala tiene calidez acústica si presenta una buena respuesta a bajas frecuencias. La palabra calidez representa, la riqueza de graves en la sala, como medida objetiva de la calidez se utiliza el parámetro BR ("Bass Ratio"). Este se define como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación a frecuencias bajas (125 Hz y 250 Hz) y la suma de los tiempos de reverberación correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1000 Hz).

$$BR = \frac{Rt_{125Hz} + Rt_{250Hz}}{Rt_{500Hz} + Rt_{1000Hz}} \tag{2}$$

o Brillo (Br)

El tiempo de reverberación también se encuentra asociado al brillo de una sala. Este término se ha elegido indicativo de que el sonido de la sala es claro y rico en armónicos. Este se define como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación a frecuencias altas (2000 Hz y 4000 Hz) y la suma de los tiempos de reverberación correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1000 Hz).

$$BR = \frac{Rt_{2000Hz} + Rt_{4000Hz}}{Rt_{500Hz} + Rt_{1000Hz}} \tag{3}$$

F. Medidas de tendencia central

Son medidas estadísticas que permiten ubicar e identificar el punto alrededor del cual se centran los datos y hacia donde se inclinan o se agrupan. Las más utilizadas son: la media, la mediana y la moda (Dicovski, 2008).

• Media

Es el valor obtenido al realizar la sumatoria de un conjunto de datos y dividirla sobre el número total de datos. Esta medida se simboliza como \bar{x} cuando representa la media de muestras y como μ para representar la media poblacional.

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^n x}{n}$$

• Mediana

Es el valor de "x" que se encuentra en el punto medio cuando se ordenan los valores de menor a mayor. Para poder calcular la mediana de un conjunto de datos se debe:

- Ordenar las mediciones de menor a mayor.
- Si "n" es impar, la mediana "m" es la medición con rango "(n + 1) / 2".

^{10,11} Ibíd

- Si “n” es par, la mediana “m” es el valor de “x” que se encuentra a la mitad entre la medición con rango “n / 2” y la medición con rango “(n / 2) + 1”.

G. Pruebas paramétricas

Son pruebas que asumen distribuciones estadísticas subyacentes a los datos las cuales deben cumplir algunas condiciones de validez, de modo que el resultado de la prueba paramétrica sea fiable. Su cálculo implica una estimación de los parámetros de la población con base en muestra estadísticas, mientras más grande sea la muestra más exacta será la estimación (Slideshare, s.f.).

Algunas ventajas de estas pruebas es que:

- Tienen mayor eficiencia.
- Son más sensibles a los rasgos de los datos recolectados
- Tienen menor probabilidad de errores.
- Se obtienen estimaciones probabilísticas más exactas.

Algunas desventajas de este tipo de pruebas es que:

- Son más complicadas de calcular.
- Existen limitaciones en los tipos de datos que se pueden evaluar.

H. Pruebas no paramétricas

Son pruebas que no están sometidas a ciertos requisitos que son comunes en las pruebas paramétricas, que se refieren a la distribución que presenta la variable en la población. Estas pruebas engloban una serie de pruebas estadísticas que presentan ausencia de asunciones acerca de la ley de probabilidad que sigue la población de la que ha sido extraída la muestra; por esta razón son conocidas como pruebas de distribución libre (Berlanga & Rubio, 2011).

Algunas ventajas de estas pruebas son:

- Pueden ser aplicados a una amplia variedad de situaciones.
- Pueden ser aplicados a datos no numéricos.
- Más fáciles de entender y aplicar.

Algunas desventajas de este tipo de pruebas es que:

- Tienen a perder información debido a que los datos numéricos son reducidos a una forma cualitativa.
- No son tan eficientes como las pruebas paramétricas.

Estas pruebas son muy utilizadas para estudiar a poblaciones que adquieren una orden alineada y su aplicabilidad es mucho más amplia que los métodos paramétricos. Son útiles cuando no se cumple el supuesto de normalidad y el tamaño de la muestra es pequeño.

I. Pruebas de Mann-Whitney

Es un tipo de prueba que opera a partir de la sumatoria de los rangos que presentan los valores de cada grupo una vez ordenados (Slideshare, s.f.). Se caracteriza por:

- Comparar dos grupos independientes y que no

tienen distribución normal.

- Es paralela a la prueba paramétrica de contraste “t” para muestras independientes.
- Contrastar si dos poblaciones muestreadas son equivalentes en su posición.

La prueba de Mann-Whitney se usa para comprobar la heterogeneidad de dos muestras ordinales y se recomienda que las poblaciones comparadas tengan el mismo tamaño.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto se plantean tres grandes etapas asociadas a los objetivos específicos planteados. Una primera consiste realizar una caracterización objetiva de diferentes Bandolas, la segunda se centra en hacer una evaluación subjetiva con diferentes atributos calificativos sobre el instrumento, y la última es hacer un análisis de relación entre estos dos aspectos. Cabe mencionar que debido a algunas limitaciones que se presentaron durante el proceso se debe considerar como un Estudio de Caso y un primer paso para la medición de instrumentos musicales de la misma índole. En primera instancia se hizo la recolección de información acerca de la historia de la Bandola, cómo surge este instrumento musical, el por qué fue construido de esa forma y todos los cambios que ha sufrido a lo largo del tiempo, al igual que sus principales aportes. Con base en lo consultado se determina que es necesario conocer la opinión de personas que conocen el instrumento y han tenido la oportunidad de manipularlo ya sea en su creación (luthiers) o en presentaciones musicales (bandolistas), por eso se decide hacer un formato de entrevista con preguntas acerca de cómo ellos perciben la bandola, sus características morfológicas y sonoras, su trayecto a lo largo de la historia y su aporte en la sociedad. Con la obtención de la opinión y diferentes puntos de vista de cada uno de los encuestados se realiza la transcripción de cada una de las entrevistas para de esa forma encontrar similitudes y patrones en común que permitan establecer en sí los aspectos subjetivos que caracterizan a la Bandola Andina Colombiana.

Luego de haber hecho el análisis se prosigue con la búsqueda de información para establecer los aspectos objetivos de instrumentos musicales, qué procedimientos implementan, la veracidad, efectividad y posibilidad de poder aplicarlos al estudio de la Bandola. Al obtener la información, se prosigue a implementar estos métodos con la construcción de sistemas pulsadores, haciendo simulaciones y pruebas de los sistemas.

Una vez hechas las pruebas de estos métodos se optó por usar unos parlantes de inyección de audio debido a la facilidad de acoplamiento al instrumento

y su efectividad a la hora de excitar el instrumento y así, obtener la respuesta al impulso (IR) del sistema. Debido a la falta de una cámara anecoica se procede a realizar las mediciones en el Estudio 5.1 de la Universidad de San Buenaventura, gracias a los tiempos de reverberación que éste posee y el nivel de ruido de fondo dentro del mismo (Datos adjuntados en el apartado desarrollo ingenieril). A partir de la IR se obtiene la respuesta en frecuencia del instrumento, los niveles de presión sonora por bandas de tercio de octava, el nivel de presión sonora equivalente, el patrón directivo del instrumento y el tiempo de reverberación. Respecto al tiempo de reverberación, se escoge usar este parámetro debido a que, de forma análoga a las salas, permite potencialmente ver la forma en que un instrumento musical prolonga su sonido luego de que la señal inyectada fuera suspendida, permitiendo además un análisis por bandas por tercio de octava y además agrupar por rangos de frecuencias para evaluar factores de calidez y brillo (BR y Br).

Con los aportes de las entrevistas se determinan los adjetivos que mejor describen a la Bandola Andina Colombiana se logra desarrollar una prueba subjetiva la cuál consiste en evaluar 30 segundos de una pieza musical (interpretada por uno de los bandolistas entrevistados con las bandolas que se midieron en la prueba objetiva) y calificar según los adjetivos calificativos obtenidos qué tan de acuerdo está con lo escuchado anteriormente. Una vez terminadas las pruebas se hace la revisión de los datos obtenidos por medio de análisis estadísticos y así poder establecer juicios de valor sobre los resultados obtenidos.

Finalmente se establece una relación entre los aspectos objetivos y subjetivos para determinar si en realidad existe algún tipo de correlación y de esa forma establecer algunas hipótesis, soluciones a problemas que se han venido presentando con el instrumento ya sea en su proceso de construcción o a la hora de interpretarlo.

IV. DESARROLLO INGENIERIL

A. Evaluación Objetiva

Para este proceso se contó con el uso de dos bandolas andinas colombianas, una Bandola de la casa Pimentel y la otra Bandola de la casa Paredes, con el fin de poder establecer comparaciones con respecto a respuesta en frecuencia y directividad entre cada una. Estas mediciones se realizaron en el Estudio 5.1 de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá; al no contar con una cámara anecoica se consideró realizarlas en este espacio debido al tiempo de reverberación y nivel de ruido de fondo que presenta:

TABLA I
TIEMPOS DE REVERBERACIÓN ESTUDIO 5.1 POR BANDA DE TERCIO DE OCTAVA

Frec (Hz)	Medición 1 (s)		Medición 2 (s)		Medición 3 (s)		Medición 4 (s)	
	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30
100	0,446	0,632	0,584	0,583	0,583	0,533	0,582	0,559
125	0,635	0,547	0,37	0,374	0,372	0,39	0,422	0,42
160	0,23	0,331	0,248	0,277	0,247	0,272	0,234	0,258
200	0,367	0,37	0,274	0,292	0,234	0,284	0,306	0,261
250	0,37	0,363	0,314	0,337	0,354	0,346	0,406	0,37
315	0,233	0,292	0,163	0,208	0,174	0,206	0,221	0,237
400	0,335	0,32	0,31	0,27	0,308	0,27	0,318	0,286
500	0,342	0,329	0,262	0,31	0,273	0,32	0,319	0,318
630	0,367	0,371	0,358	0,345	0,352	0,355	0,337	0,335
800	0,39	0,364	0,419	0,381	0,408	0,381	0,342	0,352
1000	0,393	0,375	0,434	0,41	0,421	0,401	0,385	0,387
1250	0,362	0,348	0,353	0,362	0,361	0,364	0,356	0,386
1600	0,423	0,413	0,424	0,409	0,442	0,425	0,394	0,44
2000	0,413	0,458	0,367	0,38	0,374	0,449	0,403	0,434
2500	0,402	0,41	0,384	0,396	0,407	0,411	0,428	0,429
3150	0,392	0,392	0,41	0,467	0,414	0,401	0,393	0,392
4000	0,439	0,432	0,504	0,447	0,506	0,451	0,507	0,49
5000	0,508	0,45	0,494	0,435	0,399	0,412	0,51	0,473
6300	0,484	0,51	0,401	0,443	0,422	0,393	0,381	0,332
8000	0,511	0,395	0,484	0,385	0,459	0,384	0,433	0,395
10000	0,399	0,364	0,394	0,357	0,391	0,37	0,41	0,374

TABLA II
VALORES PONDERADOS DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN T20, T30 Y TOTAL DE LA SALA

Frec (Hz)	Ponderado T20 (s)	Ponderado T30 (s)
100	0,55	0,58
125	0,45	0,43
160	0,24	0,28
200	0,30	0,30
250	0,36	0,35
315	0,20	0,24
400	0,32	0,29
500	0,30	0,32
630	0,35	0,35
800	0,39	0,37
1000	0,41	0,39
1250	0,36	0,37
1600	0,42	0,42
2000	0,39	0,43
2500	0,41	0,41
3150	0,40	0,41
4000	0,49	0,46
5000	0,48	0,44
6300	0,42	0,42
8000	0,47	0,39
10000	0,40	0,37
Rt Sala (s)	0,39	0,38

TABLA III
NIVEL DE RUIDO DE FONDO PROMEDIADO Y CURVA NC LIVE ROOM ESTUDIO 5.1

Frecuencia	Leq	Desviación	NC-30	Diferencia
63	43,1	0	57	13,9
125	29,3	0	48	18,7
250	24,2	0	41	16,8
500	23,9	0	35	11,1
1000	24,7	0	31	6,3
2000	21,8	0	29	7,2
4000	23,4	0	28	4,6
8000	24,8	0	27	2,2

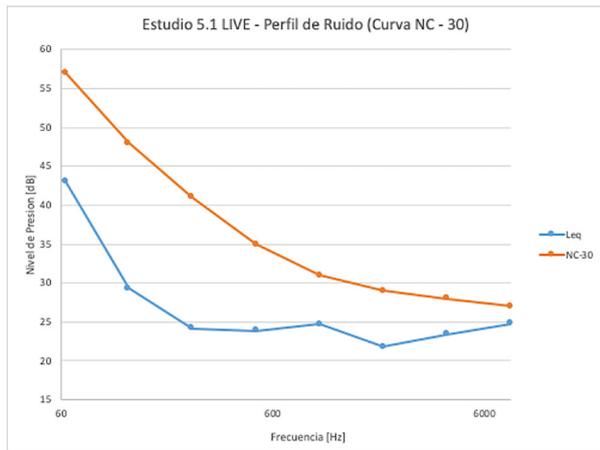


Fig. 12 Perfil de ruido Live Room Estudio 5.1¹²

Para realizar la excitación del instrumento sin afectar el instrumento se hizo uso de un parlante de inyección de la marca DAYTONAUDIO referencia DAEX 25, parlante que es posible acoplarse a cualquier superficie sin agregarle demasiada masa al instrumento.

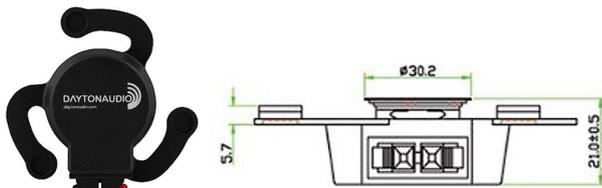


Fig. 13 Parlantes de Inyección DAEX25¹³

Mediciones Acústicas

Para el desarrollo de las mediciones fue necesario suspender cada Bandola colgándola de un soporte para evitar cualquier tipo de contacto o de movimiento al momento de hacer la prueba. Se ubicó el parlante de inyección cercano al puente para que de esa forma la caja de resonancia se excitará eficientemente; para evitar la transmisión de energía se bloquearon las cuerdas mediante el uso de cinta y entrelazando pedazos de papel entre las mismas.



Fig. 14 Montaje medición Respuesta al impulso de Bandola Paredes y Pimentel¹⁴

Las bandolas se suspendieron a una altura aproximada de 1.3 m de altura y se ubicó un micrófono de medición BEHRINGER ECM8000 a 50 cm de ésta debido a que el amplificador que se usó era de baja potencia. Se escogió este micrófono debido a su respuesta plana y a que es un micrófono omnidireccional.

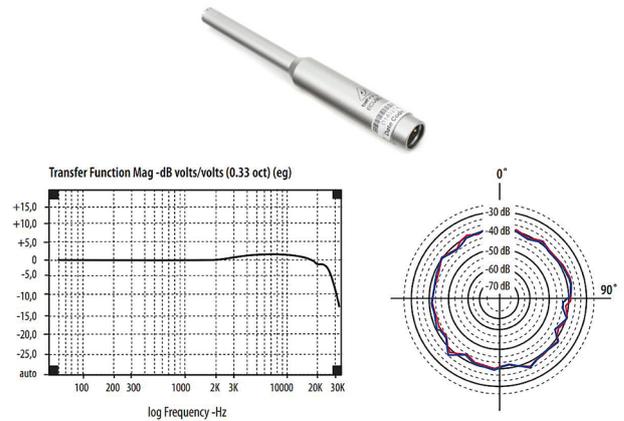


Fig. 15 Micrófono de medición BEHRINGER ECM8000, Respuesta en Frecuencia y Patrón Directivo¹⁵

Las mediciones se realizaron cada 10 grados para de esa forma obtener el patrón directivo de instrumento, se tomaron los datos obtenidos sobre el eje (0°) para determinar el nivel de presión sonora continuo equivalente, estos niveles fueron agrupados por rangos de frecuencia para su análisis posterior. El software utilizado para realizar la medición es Room EQ Wizard, el cual permite reproducir un barrido de frecuencias (Sine Sweep realizado de 60 Hz a 16k Hz) y realizar su respectiva convolución para obtener las respuestas al impulso de la Bandola. Se calibra el sistema a 94 dB y de esa forma evitar saturaciones y/o alteraciones de la señal resultante.

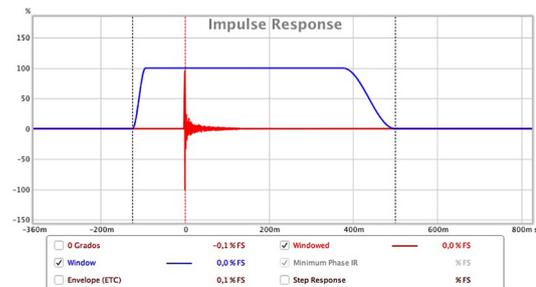


Fig. 16 Respuesta al Impulso Bandolas a 0 Grados¹⁶

^{12,14} Elaboración del autor.

¹³ Tomada de http://www.daytonaudio.com/specs/specsheet_e.php?prod=300-375

¹⁵ Tomada de <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/make-amplifier-condenser-microphone-behringer-ecm-8000-microphone-uses-called-phantom-poweq26528959>

¹⁶ Tomada del software Room EQ Wizard, elaboración del autor.

A partir de la respuesta al impulso se obtienen los siguientes parámetros:

- Respuesta en frecuencia.
- Patrón directivo.
- Nivel de presión sonora por bandas de tercio de octava.
- Nivel de presión sonora equivalente.
- Nivel de presión sonora dividiendo el espectro audible en 5 rangos, los rangos utilizados fueron los siguientes: Frecuencias bajas (63 Hz – 160 Hz), frecuencias medias-bajas (160 Hz – 400 Hz), frecuencias medias (400 Hz – 1250 Hz), frecuencias medias-altas (1250 Hz – 4000 Hz), frecuencias altas (4000 Hz – 12,5k Hz).
- Parámetros acústicos para salas: Tiempo de reverberación por bandas de octava, tiempo de reverberación medio, calidez y brillo.

Se adopta el análisis de parámetros acústicos para salas realizando una analogía con el instrumento, tomando la bandola como un sistema y el barrido en frecuencias como la inyección de energía al mismo, para que de esta manera sea posible el análisis del tiempo de reverberación del sistema una vez la fuente cesó; con este análisis se puede determinar el tiempo de decaimiento o sostenimiento, siendo este un parámetro importante en el análisis de la bandola. Se decide realizar este proceso debido a que se cuenta con la respuesta al impulso del instrumento y es posible por medio del software Easera obtener dichos parámetros a partir de esta.

B. Evaluación Subjetiva

El proceso de evaluación subjetiva consiste en tres etapas: La primera de ellas fue la obtención de atributos perceptuales, la segunda el proceso de grabación y la tercera el proceso de aplicación de las pruebas.

Entrevistas: como primera instancia se desarrolla un proceso de entrevistas a instrumentistas y luthiers con el fin de obtener diferentes adjetivos calificativos que mejor describen la sonoridad de la Bandola Andina Colombiana. A cada uno se les preguntó acerca de sus experiencias y conocimientos que poseían sobre el instrumento, cómo ha venido desarrollándose a lo largo de la historia y cómo está impactando en las nuevas generaciones de la música. Adicionalmente se les preguntó acerca de los diferentes procesos de construcción, así como de los diferentes elementos que hacen la Bandola ser Bandola para con eso establecer los diferentes adjetivos que puedan describir mejor el sonido de la Bandola Andina Colombiana. Una vez obtenidos los adjetivos se agrupan en una tabla según la cantidad de veces que los repiten y su similitud con otros términos acústico-musicales para su posterior

análisis y correlación.

Grabación: posteriormente, se realiza la grabación de una pieza musical la cual se realizó en el lugar de residencia del bandolista Paulo Triviño. Se utilizó el micrófono Neumann KM-184 debido a su respuesta plana, se ubicó a 15 centímetros de la Bandola apuntando al puente de ésta para obtener una mejor sonoridad del instrumento.

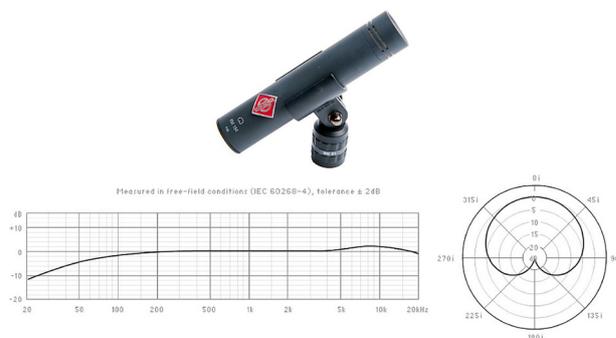


Fig. 17 Micrófono de medición Neumann KM 184, Respuesta en Frecuencia y Patrón Directivo¹⁷

Se realizaron tres tomas de treinta segundos por cada bandola para determinar cuál de esas fuese la más adecuada para desarrollar la prueba subjetiva.



Fig. 18 Grabación piezas musicales de Bandola¹⁸

Pruebas Subjetivas: las pruebas se realizaron en el Estudio de Mastering de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, las pruebas subjetivas se realizaron a 32 personas comprendidas entre estudiantes y profesores de Ingeniería de Sonido de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá. En éstas, los encuestados debían calificar cada uno de los cuatro adjetivos calificativos obtenidos previamente y nombrar en una escala de cinco pasos qué tan de acuerdo o en desacuerdo se encontraban con cada uno según la grabación realizada de cada bandola. La reproducción de cada prueba se realizó de forma aleatoria y sin mencionar a qué bandola pertenecía el audio suministrado para de esa forma no generar una predisposición que pudiera afectar la toma de decisión en cada uno de los participantes. Finalmente realizadas las pruebas se agruparon los datos de cada prueba para cada bandola y así, poder desarrollar su análisis en el software SPSS.

¹⁷ Tomada de <https://en-de.neumann.com/km-184#technical-data>

¹⁸ Elaboración del autor.

TABLA IV
FORMATO PRUEBAS SUBJETIVAS
¿En qué medida considera que las siguientes sentencias describen el sonido presentado en la grabación?:

	Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
El sonido es brillante					
EL sonido es potente					
El sonido es nítido					
El sonido es profundo/largo					

V. RESULTADOS

Se procede a realizar el análisis correspondiente de los datos objetivos y subjetivos obtenidos. Las tablas y gráficas propuestas a continuación presentan el resumen de dichos datos:

A. Resultados aspectos objetivos
Respuesta al Impulso

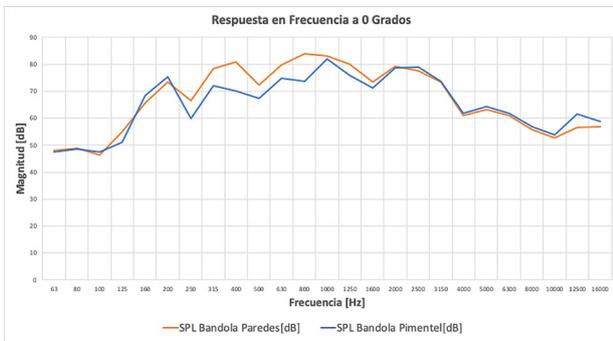


Fig. 19 Respuesta en Frecuencia Bandola Paredes vs Bandola Pimentel¹⁹

Como se observa en la gráfica alrededor de los 200 Hz se puede apreciar una resonancia, ésta pertenece a la frecuencia de resonancia de la caja armónica de ambos instrumentos. De la gráfica se pueden obtener la magnitud en dB por cada una de las frecuencias presentes para poder establecer sumatorias y diferencias energéticas por rangos de frecuencias para cada bandola:

TABLA V
FORMATO SUMATORIA ENERGÉTICA DE LAS BANDOLAS MEDIDAS Y SU DIFERENCIA ENERGÉTICA

Frecuencia [Hz]	SPL Bandola Paredes[dB]	SPL Bandola Pimentel[dB]	Diferencia de niveles B. Paredes - B. Pimentel	dB
63	48,1	47,6	-0,5	0,5
80	48,8	48,5	-0,3	0,3
100	46,5	47,5	1	1
125	54,8	51,1	-3,7	3,7
160	65,8	68,5	2,7	2,7

200	73,3	75,4	2,1	2,1
250	66,6	60	-6,6	6,6
315	78,3	72,1	-6,2	6,2
400	81	70	-11	11
500	72,2	67,4	-4,8	4,8
630	79,9	74,9	-5	5
800	84	73,8	-10,2	10,2
1000	83,1	82,1	-1	1
1250	80	76	-4	4
1600	73,5	71,2	-2,3	2,3
2000	79,3	78,8	-0,5	0,5
2500	77,6	78,9	1,3	1,3
3150	73,4	73,6	0,2	0,2
4000	61,1	61,8	0,7	0,7
5000	63,2	64,3	1,1	1,1
6300	60,9	61,8	0,9	0,9
8000	55,7	56,8	1,1	1,1
10000	52,8	53,7	0,9	0,9
12500	56,7	61,6	4,9	4,9
16000	57	58,7	1,7	1,7
LA	90,4	87,3	-3,1	3,1

TABLA VI
SUMA ENERGÉTICA DIVIDIDA POR RANGOS DE FRECUENCIA

	B. Pimentel	B. Paredes
LA[dB]	87,3	90,4
Nivel de presión sonora bajas frecuencias [dB]	68,7	66,4
Nivel de presión sonora medias bajas frecuencias [dB]	78,4	83,5
Nivel de presión sonora medias frecuencias [dB]	84,5	89,1
Nivel de presión sonora medias altas frecuencias [dB]	83,7	84,6
Nivel de presión sonora altas frecuencias[dB]	68,5	66,9

De la Tabla VII, se pueden apreciar los niveles de presión sonora por cada una de las bandas. En la Bandola Pimentel de 63 Hz a 125 Hz al igual que de 8 kHz, 10 kHz y 16 kHz los niveles son inferiores a diferencia de las bandas centrales, debido a que éstas son las bandas que comprende el instrumento. Al realizar las sumatorias de energía se puede ver que la bandola tiene un mejor comportamiento en frecuencias medias y altas a comparación de las

¹⁹ Elaboración del autor.

bajas; pero al hacer un análisis más detallado se ve que tiene mejor comportamiento en frecuencias medias y medias altas. Por otro lado, la Bandola Paredes de 63 Hz a 125 Hz los niveles son inferiores al igual que las bandas de 8 kHz a 16 kHz a diferencias de las bandas centrales, debido a que son las bandas que comprende la caja del instrumento. Al realizar las sumatorias de energía se puede ver que la bandola tiene un mejor comportamiento en frecuencias medias y altas a comparación de las bajas; pero al hacer un análisis más detallado se ve que tiene mejor comportamiento en frecuencias medias bajas, medias y medias altas.

Se puede notar diferencias claras al comparar cada una de las bandolas, la Bandola Paredes posee mayor cantidad de nivel en las bandas centrales en comparación con la Bandola Pimentel y a la vez posee una mejor respuesta en el rango de las frecuencias medias.

Directividad

Para la obtención de los patrones de directividad se realizaron las mediciones cada 10 grados para cada una de las bandolas mediante el uso de un sine-sweep, obteniendo los siguientes resultados a diferentes bandas de frecuencia:

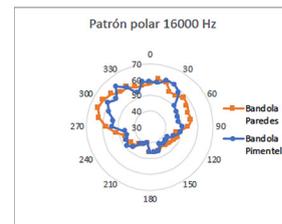
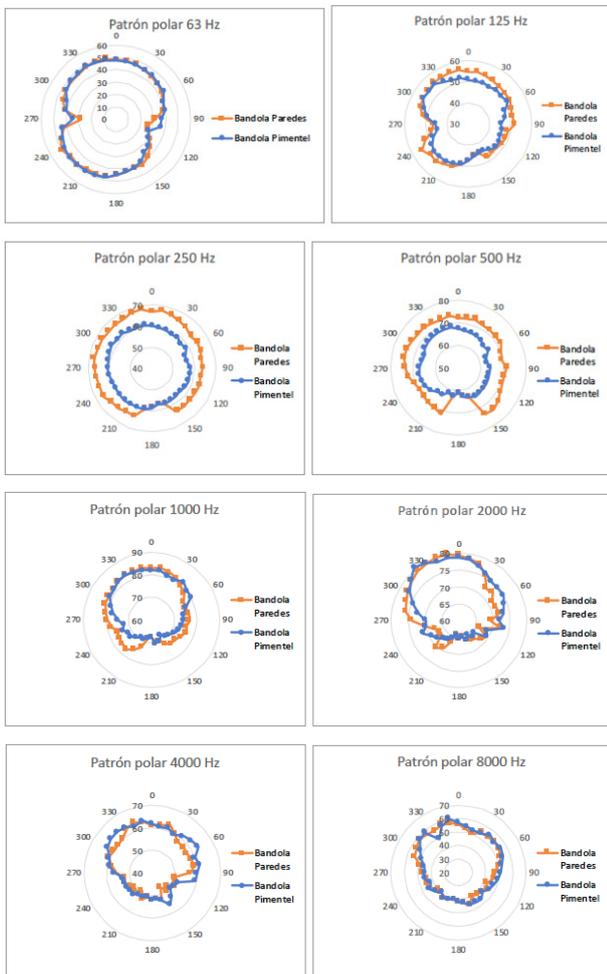


Fig. 20 Comparación Patrones Directivos por Banda de Octava Bandola Paredes vs Bandola Pimentel²⁰

De las gráficas anteriores se puede observar que el patrón directivo de las dos bandolas presenta un comportamiento similar: en la frecuencia de 63 Hz se evidencia que las dos bandolas cuentan con los dos puntos laterales donde se irradia menos energía, la Bandola Paredes presenta un comportamiento directivo primero (desde 250 Hz) que la Bandola Pimentel (500 Hz) al igual que hasta 500 Hz la Bandola Paredes presenta mayor nivel de presión sonora.

Tiempos de Reverberación

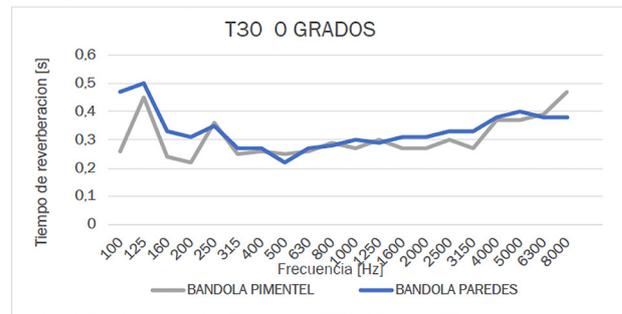


Fig. 21 Tiempo de Reverberación de las Bandolas²¹

TABLA VII
PROMEDIOS DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN, CALIDEZ Y BRILLO DE LAS BANDOLAS

	B. Pimentel	B. Paredes
Rt mid [s]	0,26	0,26
Rt bajas [s]	0,29	0,34
Rt medias [s]	0,27	0,28
Rt altas [s]	0,35	0,36
Calidez	1,56	1,63
Brillo	1,23	1,33

Se evidencia que las dos bandolas presentan el mismo tiempo de reverberación medio, pero la Bandola Paredes presenta un mejor tiempo de reverberación en bajas, en medias como en altas se encuentran muy similares. En cuanto a los factores de calidez y brillo, la bandola Paredes también presenta mejores factores, es decir, que es más brillante y cálida que la Bandola Pimentel, según su análisis de tiempo de reverberación.

20²¹ Ibíd.

B. Resultados aspectos subjetivos

Adjetivos Calificativos

De acuerdo con las entrevistas que se realizaron se obtuvieron diferentes adjetivos calificativos según los entrevistados, que describen mejor la sonoridad de la Bandola Andina Colombiana; y se organizaron por medio de una tabla que refleja qué adjetivos utilizan y cuántas veces lo mencionan. Para las pruebas subjetivas que se realizarán fue preciso escoger los adjetivos calificativos que más tienen prominencia según los entrevistados, dichos adjetivos fueron: Brillante, Potente / Fuerte, Nítido y Largo / Sustein. Con estos adjetivos se les pedirá a las personas que califiquen el sonido si están de acuerdo o no con estos parámetros por medio de pruebas subjetivas.

**TABLA VIII
ADJETIVOS CALIFICATIVOS**

Adjetivos Calificativos	Número de veces que se mencionan
Brillante	10
Potente / Fuerte / Corpulenta / Proyección	7
Equilibrada/ Claridad/ Nítida	6
Profuna / Larga	8
Bella	4
Redonda	4
Muchos Colores	6
No metálico	1
Metálico	1

Pruebas Subjetivas

Una vez realizadas las pruebas se procede a realizar el tratamiento de datos, para esto fue necesario dar a cada sentencia una equivalencia numérica, siendo totalmente de acuerdo igual a 5 y totalmente en desacuerdo igual a 1. De esta manera se organizaron los datos para poderlos ingresar al software SPSS para su análisis:

**TABLA IX
INGRESO DE DATOS A SPSS**

Nº	Brillo	Potente	Nítido	Largo	Bandola
1	5	4	5	5	1
2	5	3	5	4	1
3	4	3	5	5	1
4	4	4	5	4	1
5	5	4	5	4	1
6	5	4	5	3	1
7	5	4	5	5	1
8	5	3	5	5	1
9	3	3	4	3	1
10	4	5	5	5	1
11	4	5	5	5	1
12	4	3	4	5	1
13	4	4	5	5	1
14	5	3	5	5	1

Una vez los datos se encuentran el software SPSS se procede a realizar su análisis estadístico. Como primera medida se realiza un análisis estadístico descriptivo donde se agrega el análisis de pruebas de normalidad se Shapiro-Wilk debido a que contamos con una población menor a 50. El software realiza este análisis y nos arroja los siguientes resultados:

**TABLA X
PRUEBAS DE NORMALIDAD SOFTWARE SPSS**

	Shapiro-Wilk			
	Luthier	Estadístico	gl	Sig.
¿Qué tan brillante?	Paredes	,722	32	,000
	Pimentel	,685	32	,000
¿Qué tan potente?	Paredes	,853	32	,000
	Pimentel	,881	32	,002
¿Qué tan nítido?	Paredes	,565	32	,000
	Pimentel	,765	32	,000
¿Qué tan largo?	Paredes	,799	32	,000
	Pimentel	,784	32	,000

Analizando los resultados es posible concluir que los datos no siguen una distribución normal, esto se debe a que el factor en la columna Sig. es igual a 0 para cada uno de los factores, si los datos siguieran una distribución normal este valor debería ser mayor a 0,05. En este punto se deduce que no es posible realizar pruebas paramétricas de los datos, por lo que es necesario desarrollar el análisis de datos a partir de pruebas no paramétricas.

El desarrollo de las pruebas no paramétricas se realizó a partir del test de suma de rangos de Wilcoxon o también llamado test de la U de Mann-Whitney, prueba que se desarrolla aplicada a dos muestras independientes (Bandola Paredes y Bandola Pimentel), con el fin de verificar si estadísticamente existen o no diferencias significativas entre el sonido de los dos instrumentos. Se obtienen los resultados de estas pruebas por medio del software SPSS.

**TABLA XI
PRUEBAS DE MANN-WHITNEY SOFTWARE SPSS**

	Luthier	N	Rango promedio	Suma de rangos
¿Qué tan brillante?	Paredes	32	31,31	1003
	Pimentel	32	33,66	1007
	Total	64		
¿Qué tan potente?	Paredes	32	32,38	1036
	Pimentel	32	32,63	1044
	Total	64		
¿Qué tan nítido?	Paredes	32	37,42	1197,5
	Pimentel	32	27,58	882,5
	Total	64		
¿Qué tan largo?	Paredes	32	30,97	991
	Pimentel	32	34,03	1089
	Total	64		

TABLA XI
PRUEBAS DE MANN-WHITNEY SOFTWARE SPSS

	Luthier	N	Rango promedio	Suma de rangos
¿Qué tan brillante?	Paredes	32	31,31	1003
	Pimentel	32	33,66	1007
	Total	64		
¿Qué tan potente?	Paredes	32	32,38	1036
	Pimentel	32	32,63	1044
	Total	64		
¿Qué tan nítido?	Paredes	32	37,42	1197,5
	Pimentel	32	27,58	882,5
	Total	64		
¿Qué tan largo?	Paredes	32	30,97	991
	Pimentel	32	34,03	1089
	Total	64		

En primer lugar, se presenta una descripción de los grupos comparados, la cantidad de datos por grupo, la suma de los rangos y el rango promedio de cada parámetro. En segundo lugar, se presentan los valores de U de Mann-Whitney y el nivel de significancia de la prueba (Sig. asintótica), si el nivel de significancia es menor o igual a 0,05 se establece que estadísticamente si existe una diferencia apreciable en ese parámetro. Según los resultados obtenidos, se encuentra que con la muestra poblacional tomada (32 personas) no fueron percibidas diferencias claras entre los dos instrumentos para los parámetros brillo, potencia y largo, debido a que no existen diferencias estadísticamente significativas, tan sólo en el parámetro de nitidez se puede apreciar una diferencia perceptual entre cada bandola, a pesar de que en este parámetro es en el único donde existe esta diferencia estadística, también encontramos que en los rangos promedios se aprecian diferencias en cada parámetro, los cuales serán utilizados para su posterior análisis.

C. Análisis de datos objetivos y subjetivos

Finalmente, se procede a realizar el análisis correspondiente de los datos objetivos y subjetivos obtenidos. Las tablas propuestas a continuación, presentan el resumen de dichos datos.

TABLA XIII
DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE PRUEBAS OBJETIVAS

Bandola	Nivel de Presion Sonora [dB]						Tiempo de Reverberación [s]				Parámetros asociados al Grado de Reverberación	
	L.A	Bajas	Medias-Bajas	Medias	Medias-Altas	Altas	Rt mid	Bajas	Medias	Altas	Calidez	Brillo
Paredes	90,4	66,4	83,5	89,1	84,6	66,9	0,26	0,34	0,28	0,36	1,63	1,33
Pimentel	87,3	68,7	78,4	84,5	83,7	68,5	0,26	0,29	0,27	0,35	1,56	1,23

TABLA XIV
DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS PRUEBAS SUBJETIVAS

Bandola	Brillo		Potente		Nítido		Largo	
	Media	Rango Prom.	Media	Rango Prom.	Media	Rango Prom.	Media	Rango Prom.
Paredes	4,44	31,34	3,59	32,38	4,72	37,42	3,91	30,97
Pimentel	4,56	33,66	3,59	32,63	4,31	27,58	4,13	34,03

Se toman los valores de medida central como la media y los rangos promedios para los aspectos subjetivos. A partir de las tablas anteriores se evaluará cada parámetro subjetivo y su posible correlación con los parámetros objetivos:

Brillo: según la Tabla XIII, se evidencia que la Bandola Pimentel es más brillante que la Bandola Paredes, teniendo mejor rango promedio y media. A partir de esta sentencia y la Tabla XII, vemos como la Bandola Pimentel presenta un nivel de presión sonora mayor en frecuencias altas (68,5 dB) en relación con la Bandola Paredes (66,9 dB), por lo que es posible que este sea uno de los factores más influyentes en que la percepción de "brillo" sea mayor.

A partir de los datos obtenidos del tiempo de reverberación en alta frecuencia no fue posible relacionar y evaluar que una bandola fuera más brillante por tener tiempos de reverberación más largos, debido a que la diferencia en este valor entre cada bandola sólo fue de 0,01 segundos. De igual manera y debido a que estos tiempos son tan cercanos, el factor de brillo obtenido a partir de este parámetro tampoco fue posible relacionarlo con que la bandola fuera más brillante.

Potente: a partir de las pruebas subjetivas consignadas en la Tabla XIII, se obtiene que estadísticamente no existe una diferencia apreciable; se obtiene que la media es igual para las dos bandolas y según el rango promedio se evidencia que la diferencia existente es muy pequeña (0,25), percibiéndose por la población encuestada que las dos bandolas son igual de potentes. Esta sentencia se puede fundamentar con el nivel de presión sonora equivalente de cada bandola que se obtiene a partir de la suma energética de las bandas de tercio de octava. A pesar de que existe una diferencia de 3,09 dB entre cada una, esta puede ser considerada despreciable debido a que el oído humano no sigue una escala lineal sino logarítmica y para percibir cambios de sonoridad de 3 dB se debe contar con un oído entrenado, de no ser así el oído percibe cambios de 6 dB o hasta de 10 dB (doble de sonoridad).

El parámetro del tiempo de reverberación medio es el mismo para las dos bandolas, por lo que este parámetro también podría afectar la percepción debido a que estas frecuencias cuentan con el mismo tiempo de decaimiento, que hace que no se presenten diferencias perceptibles.

Nítido: a partir de las pruebas subjetivas se obtiene que estadísticamente en este parámetro si existe una diferencia apreciable y por medio del rango promedio evidenciamos que la diferencia que existe es de 9,84, percibiéndose por la población encuestada que la Bandola Paredes cuenta con un sonido más nítido o claro que la Bandola Pimentel. Para relacionar esta sentencia, se remite a este parámetro a través de los valores obtenidos en el análisis de tiempo de reverberación, específicamente del factor brillo. Este parámetro se define como una buena respuesta en frecuencias altas, lo cual proporciona al sonido mayor claridad y riqueza, entre mayor sea este valor se tendrá una mejor relación en frecuencias altas. Se evidencia que la Bandola Paredes cuenta con un mejor factor de brillo.

A partir de los niveles de presión sonora, se obtiene que la Bandola Paredes tiene mayores niveles de presión sonora en frecuencias medias-bajas, medias y medias altas, algo que puede influir en la nitidez al momento de ser percibida.

Largo: a partir de las pruebas subjetivas se obtiene que estadísticamente no existe una diferencia apreciable y por medio del rango promedio evidenciamos que la diferencia que existe es de 3,06, percibiéndose por la población encuestada que la Bandola Pimentel cuenta con un sonido un poco más largo, es decir, con más sustain que la Bandola Paredes. Al comparar esta sentencia con los valores obtenidos en el análisis del tiempo de reverberación se encuentra que no es posible relacionar la percepción obtenida con los datos objetivos, debido a que objetivamente la Bandola Paredes tiene tiempos de reverberación más largos, describiendo así que cuenta con un sostenimiento mejor que la Bandola Pimentel.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio de la calidad sonora en instrumentos musicales requiere de un análisis multidisciplinar, ya que en muchos casos los músicos adquieren estos instrumentos porque encuentran sonoridades agradables para su gusto musical sin tener conocimiento del proceso de construcción y diseño llevado a cabo en la elaboración de éstos y su respuesta a diferentes comportamientos y estímulos. De esta forma la comparación entre aspectos objetivos y subjetivos de estos instrumentos permite identificar posibles atributos que pueden ser de utilidad en su desarrollo y diseño para mejorar la calidad sonora de éstos al momento de hacer cualquier tipo de interpretación musical.

A partir de esta primera etapa de investigación fue posible determinar que, de los parámetros objetivos obtenidos, sólo existe diferencia estadística significativa en un parámetro (nítido); aún

así, se encontraron indicios de una posible relación entre aspectos objetivos y subjetivos, esto se puede apreciar en los parámetros de brillo, potente y nítido.

El factor "largo" en el presente estudio no contó con alguna relación con los parámetros objetivos obtenidos mediante las mediciones, Profundizando en estos aspectos podemos apreciar que:

- La mayoría de los parámetros objetivos adquiridos fueron utilizados para su posible relación con los valores subjetivos, el nivel de presión sonora tanto el equivalente como el obtenido por los rangos de frecuencia influyó de manera directa en la relación con dos de los cuatro adjetivos calificativos (potencia y brillo).
- El parámetro de "brillo" permitió establecer una relación con el parámetro subjetivo de nitidez; en el caso del tiempo de reverberación sería necesario realizar la investigación con mayor cantidad de bandolas para poder determinar si este parámetro puede llegar a tener relación con el sustain del instrumento y realizar una prueba de evaluación de sólo este parámetro.
- El sistema utilizado para realizar la caracterización objetiva de los instrumentos funcionó de manera eficiente, adicional a esto permitió excitar el instrumento sin agregarle demasiada masa a la tapa armónica (0.77g), para de esa forma obtener no sólo los parámetros propuestos al inicio del proyecto (respuesta en frecuencia y directividad) sino que también la respuesta al impulso del sistema y a partir de ésta los tiempos de reverberación; análisis que fue posible al aplicar parámetros acústicos relacionados con salas. Para este proceso se tomó la bandola como un sistema al cual se le suministra energía y una vez la fuente cesa se analiza el tiempo de decaimiento para cada banda de frecuencia, facilitando el análisis de algunos adjetivos calificativos como el largo del sonido y la nitidez.
- El método de medición aplicado puede emplearse en diferentes instrumentos que cuenten con una caja armónica como por ejemplo la guitarra, el tiple, el requinto, el violín, la viola, entre otros, para así poder ejecutar mediciones objetivas de cada instrumento para su posterior análisis. El sistema de medición podría ser más eficiente, contando con equipos que dejen realizar la calibración y la emisión de la señal en un mismo software.

Este proyecto se encuentra en su primera fase de desarrollo ya que se están realizando pruebas de diferentes métodos de medición. Se está trabajando en la caracterización y medición de más bandolas para ampliar el estudio y poder así, obtener datos objetivos más confiables, debido a que cada bandola, aunque sea diseñada y fabricada por el mismo luthier y empleando maderas del mismo

tipo (mismo calibre, densidad y espesor) va a contar con especificaciones diferentes; sin embargo, los adjetivos calificativos a evaluar van a ser similares.

Se recomienda para futuros trabajos que la realización de las mediciones se pueda realizar en cámara anecoica, para que la acústica de la sala no interfiera en la obtención de datos. Así también, contar con un amplificador en el cual su entrada de audio sea física, para poder realizar la medición y calibración con un mismo software, así como mejorar la potencia que éste puede suministrar al sistema para evitar problemas de saturación en la obtención de las respuestas al impulso; al igual que en estudios futuros se contemple el análisis de más bandolas para poder realizar una correlación de los parámetros. Este proyecto también puede ser aplicado a futuro a todos los instrumentos musicales que cuenten con una caja armónica, para evaluar su calidad sonora y brindarle a la persona que va a adquirir el instrumento ciertas especificaciones como la respuesta en frecuencia y potencia, parámetros que pueden darle al instrumentista una idea previa de cómo va a sonar el instrumento antes de tocarlo.

- Rossing, T., Neville, H. (1998). *The physics of musical instruments*
- Acero, L., Busto, C., Guerrero, C., Murcia, S., Santana, J., Aponte, J., Acosta, O., Hermida, L. (2010). *Obtención y análisis de la respuesta al impulso (IR) del tiple colombiano mediante el método directo e inverso.*
- Bernal, M. (2013). *La bandola andina colombiana reseña histórica, características y bases de ejecución.*
- Salford. (s.f). *Sound quality - making products sound better:*
- <https://www.salford.ac.uk/research/sirc/researchgroups/acoustics/psychoacoustics/sound-quality-making-products-sound-better>

VII. REFERENCIAS

- Bernal, M., & Cortés, J. (2002). *La bandola andina colombiana en las paradojas de la música popular y de la identidad nacional.*
- Bernal, M. (n.d). *La Bandola Andina Colombiana. Reseña histórica, características y bases técnicas de ejecución.* Bogotá D.C.
- Triviño, P. (2017). *La bandola del siglo XXI. 7 Obras en Formatos No Tradicionales.*
- Balcazar, C. (2017). *La bandola en el trío de cuerdas andino colombiano. Cambio de afinación y reducción de cuerdas.*
- Bernal, M. (2003). *Cuerdas más, Cuerdas menos. Una visión del desarrollo morfológico de la bandola andina colombiana.*
- Lyon, R. (2003). *Product sound quality-From perception to design.*
- Remy, N. (2005). *Sound Quality: A definition for a sonic architecture.*
- Pleban, D. (2013). *Definition and definition and measure of the sound quality of the machine.*
- Farina, A., Langhoff, A., & Tronchin, L. (n.d). *Realisation of "virtual" musical instruments: measurements of the Impulse Response of Violins using MLS technique.*
- Meyer, J. (2009). *Acoustics and the Performance of Music.* Michigan.
- Dicovski, L. (2008). *Estadística Básica.*
- Slideshare. (s.f). *Obtenido de Pruebas Paramétricas y No Paramétricas:* <https://es.slideshare.net/luisaispire/pruebas-parametricas-y-noparametricas-58566384>
- Berlanga, V., & Rubio, M. (2011). *Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS.*
- Vera, J. (2013). *Bandolarium "4 obras para bandola sola"*

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO VII

LA HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN DISCOGRÁFICA COMO ELEMENTO DE APRENDIZAJE PARA LA EDUCACIÓN EN AUDIO

Daniel Marín Jaramillo - Carlos Andrés Caballero Parra

*"The forming of the five
senses is a labour of the entire
history down to the present"*

–Marx

- Daniel Marín Jaramillo* - Carlos Andrés Caballero Parra** -

Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico

Medellín, Colombia

danielmarin@itm.edu.co

carloscaballero@itm.edu.co; carcapa1@doctor.upv.es

Resumen—La mayor parte de los currículos académicos de los programas en artes de la grabación, tecnología en audio y producción musical deben, como formación complementaria, tener un componente que incluya la historia ya sea en términos generales o incluso en temas del audio y la grabación; en ocasiones, sin embargo, esta asignatura no deja de ser un curso más para completar el plan de estudios académico y, por tanto, no tiene ni el atractivo ni la significación suficientes para atraer el interés de los estudiantes. Esta propuesta pretende, entonces, llamar su atención acerca de la importancia de la historia del audio y la grabación a partir de la década de los 50's y la era dorada del vinilo a través del análisis de las grabaciones, los álbumes y la tecnología de cada época estudiada mostrando sus procesos y técnicas particulares, y diferenciando los timbres, las dinámicas y los procesos y efectos propios de cada estilo, momento o productor clave.

Palabras clave— Educación en audio, historia del audio, historia de la grabación de audio en Colombia, industria discográfica, patrimonio cultural.

Abstract— Most of the academic curricula of the programs in recording arts, audio technology and music production should, as complementary training, have a module that includes the history of audio and recording, either in general or specific terms. Sometimes, however, this module is none but another course to complete the academic curriculum and, therefore, has neither the attractiveness nor the significance sufficient to appeal the interest of the students. The proposal of this article intends, then, to draw their attention to the importance of the history of audio and recording, starting from the 1950s and the golden age of vinyl, through the analysis of recordings, albums and the technology of each era studied, showing its particular processes and techniques and differentiating the timbres, dynamics, and processes and effects of each style, moment or key producer.

Keywords— Colombian audio recording history, cultural heritage, record industry, education in audio, history of audio.

I. INTRODUCCIÓN

Se puede suponer, incluso afirmar que la mayoría de programas académicos de nivel profesional en cualquiera de las ramas del conocimiento tienen algún curso relacionado con su historia, ya sea a nivel de introducción o como un análisis del desarrollo de la profesión a través del tiempo; también es claro que los programas relacionados con las humanidades tienen un mayor énfasis en esta materia, ahora bien, siendo la ingeniería de audio y el arte de la grabación un área claramente multidisciplinar, el estudio de los temas relacionados a su historia pasa a ser un tema relativo y transversal, eso quiere decir que no siempre se encontrará este tipo de cursos en los programas relacionados con el audio y la grabación. Es así

como, para este trabajo, hicimos una revisión que abarcó varios programas académicos de nivel 3 y 4 en el AES Education Directory, los cuales se refieren a programas que tienen un nivel considerable de horas y que generalmente conducen a un título profesional. El área geográfica de estudio fue el continente americano y nos basamos en las regiones que la AES tiene para dividir la asociación a nivel internacional; allí pudimos evidenciar (al menos en las instituciones que presentan su currículo en su portal de internet), que a pesar de la importancia que debería tener el estudio de la historia del audio y la grabación, en realidad, un importante porcentaje de programas académicos incluyen simplemente temas generales de historia, otros pocos incluyen temas específicos en audio, grabación y producción musical, e incluso, como veremos en la siguiente tabla, algunos ni siquiera contemplan la historia como parte de su currículo.

TABLA I.
PROGRAMAS ACADÉMICOS TIPO 3 Y 4 QUE TIENEN CURSO DE HISTORIA Y AFINES EN EL CONTINENTE AMERICANO ENCONTRADOS EN EL AES EDUCATION DIRECTORY

Región AES	# Prog	PSC H ¹	PCC H ²	PCCH E ³
Eastern Region, USA/CAN	40	18	22	7
Central Region, USA/CAN	19	3	16	3
Western Región, USA/CAN	7	0	7	0
Latin American Region	15	5	10	1
Total	81	26	55	11

Fuente: elaboración de los autores

Ahora bien, consideramos que, desde el punto de vista de la formación integral, es de gran importancia que los programas relacionados con el audio, la producción musical y afines, tengan este tipo de temáticas que le permitan al estudiante tener una visión más amplia y sobretodo histórica de su área profesional. Sin embargo, la forma tradicional de abordar los cursos históricos se realiza con base

*D. Marín es profesor auxiliar en la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colombia.

**C. Caballero es profesor asociado en la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colombia y aspirante a Doctor en Artes de la Universidad Politécnica de Valencia, España.

¹ Programas Sin Curso de Historia.

² Programas con Curso de Historia en temas generales.

³ Programas con Curso de Historia Específico en temas de audio y producción musical.

en una fuerte fundamentación teórica, lo que sin duda vuelve los cursos complejos y pesados para los estudiantes. Entonces, ¿cómo volver atractivo e interesante este tipo de cursos?, ¿qué metodologías serían necesarias aplicar para lograr la concentración e interés de los estudiantes?, ¿tendríamos la posibilidad de desarrollar actividades prácticas en un curso fundamentalmente teórico? Estas fueron las principales preguntas que nos hicimos al afrontar el curso: "Historia del Audio y la Grabación" hace tres años en el programa Profesional de Artes de la Grabación y Producción Musical en el Instituto Tecnológico Metropolitano en la ciudad de Medellín - Colombia.

Si bien la historia de la industria discográfica ha sido documentada en diversas fuentes, en ellas se habla más de su desarrollo industrial y tecnológico que de sus procesos de producción y creación musical. Un claro ejemplo son los trabajos realizados desde el AES Historical Committee, quienes vienen desarrollando una actividad muy importante en temas del desarrollo tecnológico y la preservación de los archivos de audio, muestra de ello es la "An Audio Timeline" (Bruck, et al., 2014) que abarca desde 1877 hasta el año 1999 con un énfasis especial en la evolución de la tecnología de audio, su última actualización data del año 2014, entre muchos otros trabajos. Así mismo encontramos publicaciones tales como la de Milton T. Putnam (1980) acerca de la evolución de los estudios de grabación denominada "A Thirty-five Year History and Evolution of the Recording Studio" [2] e incluso trabajos relacionados con la historia de la producción musical como el de Richard James Burgess (2014).

Con base en estos antecedentes, decidimos profundizar en el tema y documentar el trabajo que venimos realizando con nuestros estudiantes por encontrarlo importante y porque nos ha generado unos resultados que vale la pena compartir con la comunidad académica del audio y las artes de la grabación a nivel internacional.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

En primer lugar, consideramos más acertado y apropiado hacer un énfasis en la música, las grabaciones y la evolución tecnológica posterior a la segunda guerra mundial, y como núcleo de estudio, el álbum musical y su producción como concepto estético sonoro. Esto no quiere decir que los temas relacionados con el audio y la grabación antes de este periodo no se desarrollen, de hecho, se tienen como primer módulo del curso, pero el énfasis que nos interesa para este trabajo surge como resultado del análisis posterior al período ya mencionado.

Debido a las características didácticas del curso, consideramos que su enfoque debería tener

como base, una metodología de tipo constructivista, de esta manera, podríamos incluir al estudiante como parte activa del proceso académico y no como un simple espectador pasivo en una clase maestra. Para ello, se hizo necesario desarrollar actividades en las cuales los estudiantes fueran los protagonistas, de tal forma que el interés por la historia surgiera desde su propia curiosidad y en especial tomando como punto de partida sus propios gustos musicales. Así, el estudio del legado plasmado en los álbumes de los grandes productores, músicos, bandas y equipos de producción nos brinda las herramientas de juicio y creación para movernos libres entre las diferentes estéticas, géneros y épocas en nuestra labor de productores o ingenieros de audio. ¿Qué mejor profesor para hablar del tape delay que Sam Philips? ¿Quién nos puede enseñar más acerca de la spring reverb que King Tubby?

Con esta filosofía y con base en una serie de cuestionamientos, se emprendió el diseño del curso, preguntas como: ¿es posible enganchar a los estudiantes a estudiar la historia de la grabación y producción a partir de sus propios gustos musicales?, ¿qué estrategias metodológicas aplicar para que conozcan el desarrollo industrial musical de su región y país? y ¿cómo aprovechar la materia para reconocer estéticas sonoras de cada época y al mismo tiempo relacionarlas con la tecnología de audio y sus aplicaciones (diferentes tipologías de compresores por ejemplo: Vari-mu vs VCA)? Con base en estos cuestionamientos nos propusimos diseñar actividades que nos permitieran un desarrollo adecuado del curso.

A. Línea de tiempo (timeline)

El curso inicia con una actividad realizada por los propios estudiantes, en la cual deben trazar una línea de tiempo con 20 canciones de su gusto y colección de música personal, organizarlas cronológicamente de la más antigua a la más nueva e identificar, en la medida de lo posible, el equipo de producción en cada una de ellas (productor, estudio de grabación, ingenieros, etc.); una vez configurada la lista, deben realizar una escucha crítica en orden cronológico y hacer anotaciones en los cambios de "color" que identifiquen, por ejemplo: ancho de banda en frecuencias e incluso evoluciones de carácter tímbrico, "Not only can music recordings be recognized by their musical melodies, harmonies, and structure, they can also be recognized by timbres of the instruments created in the recording process" (Corey, 2010).

Esta actividad nos ayuda con dos elementos:

- Reconocer las diferencias tímbricas por medio de sus propios gustos musicales.
- Relacionar géneros y estéticas con épocas particulares en la historia de la producción musical.

B. Contexto sociocultural de la industria discográfica local

Una de las fortalezas para alcanzar un aprendizaje académico integral, conlleva necesariamente un conocimiento de la propia cultura, es decir, conocer el desarrollo y la evolución de la industria más cercana al futuro productor, "We can fully consider the senses as historical only if we consider society, culture, technology, and the body as themselves artifacts of human history" (Sterne, 2003). Para nuestro caso -el de Colombia- era fundamental, en primer lugar, presentar un módulo específico sobre la evolución sociocultural e histórica de la industria discográfica en nuestro país, particularmente en la ciudad de Medellín, ciudad que, desde los inicios de la discografía en este país suramericano, ha sido el epicentro de la industria nacional; y, en segundo lugar, realizar una práctica de grabación con equipos de audio analógico.

En la primera parte, presentamos un resumen de la historia social y cultural de la industria discográfica en Colombia, con ejemplos musicales y referencias históricas reconocidas por los estudiantes, toda vez que, dicha industria permanece en el imaginario colectivo por la tradición oral y familiar, de tal forma que se apela al recuerdo implícito en cada uno de los participantes para atraer su interés; por otra parte, examina la evolución del audio a partir de la incorporación de nuevos equipos tecnológicos y de cómo, a través de su uso y evolución, se cambiaron los métodos de producción y la percepción que tenemos actualmente del audio. Esta actividad también incluye sesiones de escucha de formatos antiguos (vinilos de diferentes rpm, cintas analógicas e incluso casetes) para analizar la sonoridad, los rangos de frecuencia, las dinámicas y las interpretaciones.

La segunda actividad de tipo práctica consiste en producir una grabación sencilla utilizando alguno de los formatos antiguos de registro de audio, con el objetivo de que los estudiantes conozcan estas técnicas, aprendan a manipular y a conservar las cintas analógicas (Bennett, 2017) y tomen conciencia de las disímiles condiciones y diferencias en tiempos, paciencia o calidad interpretativa de los músicos que hay entre aquellas y las técnicas actuales.

C. Discografía seleccionada

En esta tercera etapa, el estudiante ya debe dominar una serie de conceptos y habilidades básicas necesarias, tales como reconocer las características del sonido de su región o huella sonora (Zagorsky-Thomas, 2014), apreciar las diferencias técnicas y tecnológicas entre las épocas de la grabación mecánica, electromagnética y digital, e identificar los timbres de su selección personal de música. Por lo tanto, se podría decir que ya tienen conciencia de las diferencias tímbricas y su relación con los equipos tecnológicos; a partir de allí, iniciamos un

estudio detallado que conlleva el análisis musical de cada época a partir de la década de los cincuenta. "Until the late sixties, the recording studio had been a passive transmitter. A band went into the studio with the aim of getting a well-rehearsed, pre-existing song onto tape as faithfully as possible. 'Fidelity' was a big word then. But after witnessing the achievements of a handful of visionaries, people began to see the studio as a labyrinth of possibilities" (Cunningham, 1999). Y es precisamente desde ese momento, donde se inicia nuestro análisis para identificar diferencias no solo en el sonido y tono de las producciones sino también en el "rol" del productor (Burgess, 2013) y como este ha cambiado con la aparición y desarrollo de la tecnología, además, la posibilidad que le brindan sus funciones técnicas, con las cuales incluso se crean obras artísticas y se vuelven relevantes para la producción musical, por lo tanto, "recordings metaphor has shifted from one of the "illusion of reality" (mimetic space) to the "reality of illusion" (a virtual world in which everything is possible)" (Moorefield, 2007).

En las sesiones siguientes, se presentó la evolución tecnológica perteneciente a cada década y los productores claves en cada una de ellas, derivados, en su gran mayoría de la sección "key producers" del libro "The History of Music Production" (Burgess, 2014); como actividad principal, planteamos una discografía aproximada de unos 30 álbumes, así, con la información teórica y la lista detallada, cada estudiante realiza una escucha crítica de los álbumes y como retroalimentación, deben escribir un ensayo sobre su percepción y lo que "suena" en cada una de las décadas vistas en clase.

D. Sesión camaleón

Esta actividad se planteó de forma grupal, los estudiantes conformaron equipos de hasta tres integrantes y con base en una lista de productores previamente entregada, seleccionaron un productor de su preferencia y realizaron una presentación que abarcó, entre otras, las siguientes temáticas: trayectoria del productor, estilo de su estética sonora, características de producción y su relación con la época y la tecnología del momento. En este punto encontramos ejemplos tales como "The Wall of Sound" de Phil Spector y de como lo realizaba, que tipo de productores en términos musicales son Rick Rubin, Quincy Jones o Max Martin.

Sin duda, esta actividad les permitió identificar una serie de conceptos necesarios para su vida como productores musicales, al respecto menciona Jason Corey, "In addition to possessing technical and theoretical expertise, successful audio engineers possess the capacity to differentiate timbral, dynamic, and technical details of sound. They can translate their aural impressions into appropriate technical judgments and alterations" (Corey, 2010).

En adición a lo anterior, existen una serie de elementos que ayudan a entender el fenómeno de las producciones musicales en un contexto relacionado con la tecno-estética y su entendimiento necesario como configuración de una propia identidad sonora, al respecto menciona Albin Zack, "The elements that I've sketched out fall into five broad categories that represent all of the sound phenomena found on records: musical performance, timbre, echo, ambience (reverberation), and texture. It is the configuration of relationships among these elements that gives the Hendrix track, or any other track, its full meaning and its unique identity" (Zak, 2001).

Como actividad final, los estudiantes entregaron una sesión multicanal o un canal vocal a cappella, cada uno de ellos procesado y finalizado al estilo del productor elegido; en este punto consideramos que, de la misma forma como un estudiante de composición de música académica occidental, debe entregar una obra al estilo barroco o en forma de sonata como práctica de reconocimiento y dominio estilístico, se pretende que los estudiantes de artes de la grabación realicen una práctica que les permita entender cada estética sonora desde el saber ser y el saber hacer, de esta manera adquirirán la competencia necesaria para la realización de su trabajo (Cadavid & Urrego, 2005).

III. RESULTADOS

Basado en un aprendizaje constructivista que combina la teoría con la práctica y el trabajo propio del estudiante, los resultados de esta propuesta dieron cuenta de un proceso que sirvió para que los alumnos tuvieran otras concepciones y acercamientos a la historia del audio y la producción discográfica, tanto a nivel mundial como particular en Colombia. Su involucramiento y participación, incluso su cándido asombro ante estos descubrimientos, son pruebas claras de la pertinencia de esta propuesta. De paso, les permitió adquirir las competencias básicas que les permiten realizar diferentes tipos de producciones musicales de acuerdo con una época y estilo, además de las características propias de cada una de ellas.

A nivel de percepción del curso era necesario indagar por el resultado de manera particular, de tal forma que pudiéramos tener una retroalimentación que posteriormente pudiéramos utilizar para mejorar el desarrollo del curso en aquellos puntos en los que estuviéramos fallando o tuviéramos alguna objeción. Para esto desarrollamos una encuesta que fue presentada al final de cada curso, la cual tenía dos tipos de preguntas, las primeras de carácter cualitativo, las cuales nos permitieron conocer el grado de satisfacción y comprensión de los temas del curso y, por otra parte, se realizaron tres preguntas de tipo conceptual, de esta manera teníamos una

apreciación del grado de comprensión teórica que los estudiantes habían adquirido.

Los resultados de las preguntas de tipo cuantitativo realizadas a un total de 43 estudiantes a lo largo del curso fueron las siguientes:

¿Después del curso, puedes reconocer la época de un disco de acuerdo con su sonoridad?

- Siempre: 14,6%
- Casi siempre: 81%
- Casi nunca: 4,8%

¿Crees que puedes utilizar algunas de las herramientas y procesos vistos en clase en tu trabajo personal de producción?

- Siempre: 71,4%
- Casi siempre: 28,6%
- Casi nunca: 0%

¿Consideras útil realizar trabajos prácticos en un curso sobre historia del audio?

- Si: 97,6%
- No: 2,4%

¿Previo al curso, conocías algo de la historia de la grabación en tu país?

- Nada: 28,6%
- Muy poco: 42,9%
- Algo: 26,2%
- Bastante: 2,4%

¿Consideras apropiado el enfoque del curso?

- Algo: 0%
- Medianamente apropiado: 4,8%
- Apropiado: 33,3%
- Muy apropiado: 61,9%

¿Qué tan satisfecho quedaste con el desarrollo del curso?

- Muy insatisfecho: 2,4%
- Medianamente satisfecho: 2,4%
- Satisfecho: 28,6%
- Muy satisfecho: 66,7%

De acuerdo con las respuestas pudimos establecer que la metodología se acercaba a los resultados esperados, al menos en lo que a percepción del curso y su metodología significaba para los estudiantes. Ahora bien, los resultados en cuanto al nivel de asimilación de conceptos por parte de los estudiantes nos dieron luces de los gustos y conocimientos generales adquiridos en el curso. Las preguntas realizadas fueron: ¿qué nuevos géneros y álbumes musicales conoció en el curso?, ¿qué nuevos productores conoció en el curso? Y finalmente ¿los contenidos y trabajos del curso te sirvieron para conocer o afianzar contenidos de otras asignaturas relacionadas con el audio? Los resultados aquí fueron muy diversos y permitieron hacer énfasis en algunos temas y reforzar o incluso cambiar algunos otros.

IV. CONCLUSIONES

El curso de Historia del Audio y la Grabación se ha convertido, dentro del currículo del programa Profesional en Artes de la Grabación y Producción Musical, en uno de los preferidos por los estudiantes que asisten al programa, esto, sin lugar a duda ha generado una expectativa que, para nosotros como equipo docente, ha requerido perfeccionar cada uno de los aspectos didácticos y pedagógicos del curso.

La metodología presentada paso a paso en este trabajo se puede replicar en cada país y cultura independiente del tipo de programa que se realice; el análisis de los productores exitosos previos a nuestro momento, sin dejar de lado la historia particular del lugar geográfico, político y cultural en el que se encuentre el programa, nos lleva a reconocer en nuestros estudiantes, unas competencias profesionales que los formaran mejor para el mundo profesional.

Las dificultades propias de cualquier curso de historia, en cuanto a temas teóricos, fechas, nombres y demás, fueron superados de manera exitosa partiendo del gusto particular de cada estudiante y complementado con las actividades de trabajo práctico, lo que les permitió conocer otras músicas y estéticas sonoras.

Es necesario encontrar estrategias que permitan ampliar el trabajo dedicado a la conservación del patrimonio material de las cintas y equipos analógicos por parte de los estudiantes actuales, esto debido a que la mayoría de personas interesadas y expertas en estos temas de conservación y mantenimiento de equipos analógicos, generalmente son personas adultas con conocimientos empíricos adquiridos a través de años de trabajo en la industria, y, que al momento de desaparecer, lo harán llevándose consigo todo su conocimiento, por lo tanto urgen estrategias que permitan la conservación y permanencia de este tipo de conocimiento.

A partir de la creación de este curso, nos dimos cuenta de la importancia de ampliar la presencia de los estudiantes de dos horas semanales que tiene el curso; para esto nos dimos a la tarea de preparar un módulo específico que se dará como taller complementario a los estudiantes de los semilleros de investigación formativa en temas de patrimonio y conservación de archivos audiovisuales.

Parte de este trabajo dio como resultado que la disquera más importante y tradicional en Colombia, Discos Fuentes (1934), depositara sus cintas analógicas para ser resguardadas y conservadas por nuestra institución con fondos de la cinemateca municipal de la ciudad, lo que para nosotros ha sido

uno de los logros más importantes obtenidos en el desarrollo de este trabajo.

V. AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo es necesario agradecer en primer lugar a los estudiantes que de manera desinteresada participaron en la aplicación de las encuestas. A las directivas de nuestra institución que han permitido adelantar este trabajo sin restricciones de tipo administrativo. Finalmente, al maestro y amigo Juan José Arango Escobar por realizarnos la corrección de estilo de este trabajo.

VI. REFERENCIAS

- Bennett, S. (2017). *Audio Archive Preservation Challenges and Pedagogical Opportunities: School of Music Replayed. Convention Paper 9815*. Presented at the 143rd AES Convention. New York: Audio Engineering Society.
- Bruck, J; Grundy, A; Joel, I. (2014). *A selection of significant events, inventions, products and their purveyors, from cylinder to DVD*. AES Historical Committee. NYC: Audio Engineering Society.
- Burgess, R, J. (2013). *The Art of Music Production. The Theory and Practice*. 4th Ed. New York, NY: Oxford University Press
- ----- (2014). *The History of Music Production*. NYC: Oxford University Press.
- Cadavid, Gabriela A; Urrego, María I. (2005). *Construcción Académica del Instituto Tecnológico Metropolitano. Serie: Los Cuadernos de la Escuela*. Medellín: Fondo Editorial del ITM, p.62.
- Corey, J. (2010). *Audio Production and Critical Listening*. Burlington, MA: Focal Press, p.15.
- Cunningham, Mark (1999). *Good Vibrations: History of Record Production*. London: Sanctuary Publishing Ltd, p.17.
- Moorefield, Virgin (2007). *The producer as a composer: Shaping the Sounds of Popular Music*. Popular Music, Vol.26, no. 3, Special issue on Italian Popular Music. London: Cambridge University Press.
- Putnam, Milton T. (1980). *A Thirty-five Year History and Evolution of the Recording Studio*. Presented at the AES 66th Convention. Los Angeles: Audio Engineering Society.
- Sterne, Jonathan. (2003) *The Audible Past, Cultural Origins of Sound Reproduction*. London: Duke University Press, p.5.
- Zagorsky-Thomas, Simon. 2014. *The musicology of Record Production*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zak, Albin J. (2001) *The Poetics of Rock, Cutting Tracks, Making records*. Los Angeles: University of California Press, p.52.

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO VIII
NYIA [ORO]
EXPLORACIONES NARRATIVAS
PARA LA ALLOSPHERE Y
OTROS MEDIOS INMERSIVOS DE
GRAN FORMATO

Andrés Cabrera Pérez - Ricardo Escallón Gaviria

- Andrés Cabrera Pérez* - Ricardo Escallón Gaviria** -

Center for Research in Electronic Art Technology (CREATE), University of California Santa Barbara, USA.

Facultad de Artes, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

mantaraya36@gmail.com

rescallon@javeriana.edu.co

Resumen— Un instrumento de visualización y representación de datos de gran formato con aplicaciones en las Artes Electrónicas y por Computador como la AlloSphere, en la Universidad de California en Santa Bárbara, EE. UU., invita al artista que lo adopta como herramienta de creación, a revisar las narrativas hasta ahora utilizadas y a pensar en las nuevas que el instrumento, con sus dimensiones y altísimas especificaciones técnicas, sugiere en el camino de desarrollo de la obra. A través de este artículo, se describe el proceso de exploración narrativa, artística y técnica asumido durante la creación de la obra Nyia [Oro].

Palabras clave— AlloSphere, AlloSystem, Arte interactivo, sonido inmersivo, El Dorado, visualización de datos en gran formato, síntesis aditiva acústica, síntesis de caos.

Abstract— A large-format data visualization and representation instrument with applications in the Electronic and Computer Arts such as the AlloSphere, at the University of California in Santa Barbara, USA, invites the artist who adopts it as a tool for creation to review the narratives so far used and to think of the new ones that the instrument, with its huge dimensions and very high technical specifications, suggests in the path of development of the work. This article describes the process of narrative, artistic and technical exploration assumed during the creation of the work titled Nyia [Oro].

Keywords— AlloSphere, Allosystem, Immersive interactive arts, immersive sound, large-format data visualization, acoustic additive synthesis, chaos synthesis.

I. INTRODUCCIÓN

Nyia [Oro] es una instalación interactiva inmersiva de 360° y tres dimensiones, creada específicamente para el Laboratorio de Investigación AlloSphere, en la Universidad de California en Santa Bárbara (UCSB), Estados Unidos. Dadas sus particularidades, la AlloSphere permite desarrollar nuevas narrativas en el campo de las artes electrónicas y por computador.

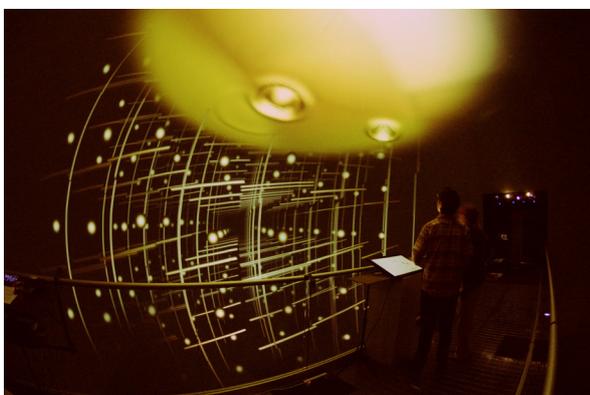


Fig. 1 Nyia en ejecución

La AlloSphere es un espacio de investigación y creación ubicado en el edificio del Instituto de Nanosistemas de California (CNSI) de la UCSB. Es semejante a un cubo de aproximadamente 15m por lado, con características acústicas anecoicas (Hollerer et. al. 2007).

En su interior se encuentra una esfera suspendida de unos 12m de diámetro, la cual es una pantalla de proyección perforada que cubre 360° de visibilidad en las 3 dimensiones. La proyección se hace con la combinación de 26 proyectores estereoscópicos activos. Tiene un sistema de sonido de 54.1 canales independientes, dispuesto en 3 anillos que rodean la esfera / pantalla perforada en el exterior (Cabrera et. al. 2016).

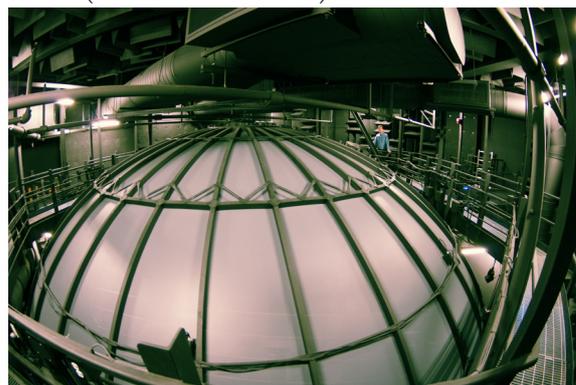


Fig. 2 La AlloSphere por fuera

El proyecto inicial de la obra planteó los siguientes objetivos:

1. Componer una obra para la AlloSphere.
2. Generar en el espectador/interactor una reflexión acerca del valor del oro como algo material contrapuesto con su valor espiritual.
3. Explorar narrativas artísticas para medios inmersivos de gran formato.
4. Desarrollar las herramientas necesarias para su creación.
 - a. Escribir el software para:
 - i. Síntesis de sonido 360° 3D
 - ii. Generación de Imágenes 360° 3D
 - iii. Partitura de la obra (sonido e imagen)
 - b. Crear los timbres usando los sintetizadores programados
 - c. Crear las imágenes usando el software programado.
5. Hacer una presentación pública.

*Center for Research in Electronic Art Technology (CREATE), University of California Santa Barbara, USA

**Facultad de Artes, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Nyia [Oro] se estrenó públicamente el 3 de noviembre de 2017 en la *AlloSphere*, UCSB.

Actualmente se está trabajando en una versión para dispositivos VR 360°, la cual permitirá presenciar la obra en cualquier lugar.

II. EXPLORACIÓN NARRATIVA EN LAS ARTES ELECTRÓNICAS

Nyia [Oro] es una obra interactiva inmersiva que presenta una narrativa a través de la construcción de un mundo interactivo, que es un sistema donde el visitante afecta y determina la obra, siguiendo modelos de *world-making* (Wakefield et. al. 2009).

A. Narrativa

Aunque la palabra narrativa puede tener gran cantidad de significados, nuestro propósito no es contribuir a estas discusiones y para este artículo definimos narrativa como lo que da coherencia e inteligibilidad a algo que sucede en el tiempo. Implica desarrollo, evolución, transformación o movimiento; agrega o suprime elementos. Establece una vía estructurada que permite comunicar, contar o transmitir una idea, una historia, un acontecimiento. Narrativa está conectada con narración, pero no se refiere en este caso a narrativas literarias.

B. Planteamiento

Desde el punto de vista artístico, *Nyia [Oro]* pretende llevar al espectador/interactor a una reflexión acerca del valor espiritual vs. material del oro, basado en las ofrendas realizadas por culturas prehispánicas en las lagunas sagradas de las montañas de la cordillera de los Andes en Colombia, contrastado con ese mismo oro que atrajo a los conquistadores españoles a buscar riqueza siguiendo la leyenda de El Dorado, trayendo muerte y destrucción.

Desde el punto de vista tecnológico, se planteó la utilización de la *AlloSphere* como instrumento de interpretación que implica cierto tipo de lenguaje propio. En la música, por ejemplo, la literatura de un instrumento como la guitarra se caracteriza porque explota sus cualidades y virtudes, y se diferencia de la literatura de otro como podría ser el piano. Si se quiere interpretar la misma obra en ambos instrumentos, esta debe ser adaptada para cada uno. En el caso de la *AlloSphere*, al ser un instrumento de gran tamaño, ofrece un inmenso panorama de posibilidades, pero también limitantes que se descubren y surten durante el proceso. Así pues, se pretende que *Nyia [Oro]* sea un referente de literatura para la *AlloSphere* y un eslabón en la evolución de narrativas para instrumentos digitales de gran formato.

Contrario a una sonificación, donde se crea sonido para un trabajo concebido desde lo visual,

Nyia [Oro] es una 'imagenificación': los conceptos se concibieron desde lo sonoro y musical, y luego les fue dada una narrativa visual.

C. Desarrollo del concepto

Partiendo de la idea de que los lugares que no han sido intervenidos por la humanidad tienden a autorregularse, a encontrar un orden de manera natural, y que la intervención del hombre siempre ha alterado de una u otra forma esa autorregulación, conduciendo ese orden natural a un desequilibrio proporcional con la intervención, se planteó como elemento conductor de la obra un nivel de "caos" (entendido simplemente como lo contrario de equilibrio y estabilidad) que define todos los demás elementos que presenta la obra: duración (tiempo), tempo (ritmo), dinámica (visual y sonora), densidad, acumulación de tensión y relajación. Se establece al espectador / interactor como ese forastero que, de acuerdo con su comportamiento frente a la obra, define el nivel de "caos" y, por ende, el comportamiento de la obra. Uno de los grandes ejemplos de esta intervención y desequilibrio es la conquista de América.

D. Composición Algorítmica Interactiva

Por ser una instalación en la que los participantes son libres de entrar y salir en cualquier momento, se diseñó desde el inicio un sistema que busca hacer evidente la interacción del visitante, pero dentro de un arco narrativo predeterminado. Estas dos opciones parecen inherentemente contradictorias, así que parte del desarrollo conceptual consistió en el diseño de mecanismos para acomodar las dos.

Morfología interactiva

La estructura temporal de la obra se establece a partir de una línea de valores de "caos" y no de tiempo, como usualmente sucede en una pieza musical o audiovisual. Este valor de caos aumenta a medida que el espectador interactúa con la obra (aumenta más aceleradamente si la interacción es más intensa) y disminuye gradualmente cuando no hay interacción (cuando el espectador está pasivo). En una escala de 1 a 10, el 1 representa el orden, la armonía, y el 10 el caos. Entre el 1 y el 4.5 hay valores de presencia humana de respeto y pertenencia a la casa común, la madre tierra. Del 5 al 10 la interacción de los forasteros con las culturas locales ancestrales genera desequilibrio, desconoce la armonía, los valores y conduce al caos. La forma de la obra es un arco que inicia cuando hay actividad y baja cuando esta se reduce, pero va a constar de muchos altibajos dependiendo de la interacción.

En cuanto a lo sonoro -la música-, hay células compuestas que se disparan una vez se alcanzan determinados niveles de caos, bien sea de valor ascendente, descendente, o en ambos casos. Hay bases sonoras que definen un fondo, y timbres con diferentes duraciones de envolventes que

Nyia (Score)

Chaos	0 P	1 P	2 P	3 P	4 P	5 P	6 P	7 P	8 P	9 P
Visual 1	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie
Visual 2		Cristalina	Cristalina	Cristalina	Cristalina					
Visual 3			Descomposición Cristalina	Descomposición Cristalina	Descomposición Cristalina		Descomposición Cristalina	Descomposición Cristalina	Descomposición Cristalina	Descomposición Cristalina
Visual 4			Piezas de Oro D30	Piezas de Oro D50	Piezas de Oro D70		Foco Txt			
Visual 5				Bitcoin	50 Bitcoin	80 Bitcoin	70 Bitcoin	90 Bitcoin	100 Bitcoin	100 Bitcoin
Visual 6		Txt Fray	T	Txt Fray	T	Txt Fray	T	Txt Fray	T	Txt Fray
KAOS										
Sound 1	Cam 1	80 Cam 1	90 Cam 1	90		Cam 3	40 Cam 3	70 Cam 3	90	Cam 5
Sound 2			Cam 2	25 Cam 2	60 Cam 2	80		Cam 4	30 Cam 4	Cam 4
Sound 3		Seq 1	50 Seq 1		80	Seq 2	40 Seq 2	30		
Sound 4				Seq 3 (quintas)	20 Seq 3	40		Seq 7 On Boy!	80 Seq 7	40 Seq 7
Sound 5					20	Seq 4	50 Seq 4	75 Seq 4	90 Seq 8	40 Seq 8
Sound 6			50			Seq 5 App Bells con Cases	50 Seq 5	50		Seq 9
				Seq 6 App Bell mod	50 Seq 6	70	Seq 8	70	Seq 6	70
	Bells Rndm	Bells Rndm	Bells Rndm							Bells Rndm
	Chaos 1	20				Chaos 1	20			Chaos 1
									70	Chaos 1
										85
										100

Fig. 3 Fragmento de la partitura

permiten, por ejemplo, conducir de un valor de caos bajo (armonía) a uno alto (caos). A partir del valor 6 de “caos”, empiezan a aparecer, además de camas y sonidos del sintetizador aditivo, otros del Chaos_synth (ver descripción en la sección D. Las camas sonoras están basadas en grabaciones de agua, voces y documentos históricos editados, procesados y especializados en ProTools HD, además de sonidos procesados en C-Sound.

A partir del punto medio de caos se inicia la reproducción de grabaciones históricas de un cura católico español de finales del siglo XIX¹, procesadas y espacializadas, se oyen detrás del espectador principal, de manera tal que, si este se voltea para detallar ese elemento y deja de tocar la pantalla, la voz desaparece.

En lo visual, inicialmente se tiene la sensación de inmersión en agua calmada. Al frente se empieza a ver la estructura molecular del oro, que se compone de un enrejado cúbico (ver ilustración 1). Al aproximarse al nivel 3 de caos, cuando todavía es todo muy armonioso, se hace un homenaje a la ofrenda Muisca. Se lanzan y caen por el agua las piezas de oro de la ofrenda.

Al subir el nivel de caos, se vislumbra cómo se empiezan a minar (buscar) *bitcoins*, en una búsqueda frenética de la riqueza a través del nuevo oro digital, se conectan las posibles cadenas y se obtiene el resultado: “not a bitcoin”. Mientras que el nivel de “caos” siga aumentando, la densidad del material líquido disminuye, el color se torna rojo y la textura se hace muy tormentosa. El cambio de viscosidad y de color transmiten una sensación de mayor temperatura.

Atrás, ilustraciones para “Brevísima relación de la destrucción de las Indias” de Bartolomé de las Casas que muestran el horrible trato de los

conquistadores españoles a las culturas nativas, se dejan ver armando figuras como las de un caleidoscopio, donde muy pocos realmente pueden ver lo que realmente sucedía con la llegada de los conquistadores a las tierras latinoamericanas. El espectador requiere de un esfuerzo consciente para girarse, manteniendo contacto con la interfaz táctil, y ver lo que sucede a sus espaldas.

E. Ejecución

Para la ejecución de la obra se escribieron 5 diferentes programas de software en C++ cada uno de los cuales se encarga de diferentes aspectos de la obra, utilizando las librerías *AlloSystem* y *Gamma*, creadas para la *AlloSphere* (AlloSphere Research Group 2020). Por ser un sistema distribuido, donde la obra resulta del acople de múltiples computadores, fue necesario desarrollar diferentes aplicaciones para cada rol, y diseñar los mecanismos de sincronización de la escena y los parámetros. Las aplicaciones son:

Simulator: Es el núcleo de la obra. Computa el valor de caos y lo distribuye a los renderers de video y a los programas Audio1 y Audio2.

Renderers (Gr01 a Gr14): 14 Computadores de render de gráficas. Son HP Z800 basados en sistema operativo Linux, equipados con tarjetas de video Nvidia K5000 y dos salidas de video cada una.

Audio1: Ejecuta las camas sonoras y archivos de audio preestablecidos como base para la obra.

Audio2: Ejecuta las secuencias y los sonidos que son procesados en tiempo real por los sintetizadores, y espacializados en 64 canales independientes. Aunque las dos aplicaciones de audio corren sobre el mismo computador, cada una corre en un procesador diferente, maximizando el poder de procesamiento. Las aplicaciones de audio combinan fuentes pregrabadas, secuencias reproducidas en

¹ Sermón del cura de Chaorna... 2ª parte [Grabación sonora]. Biblioteca Digital Hispánica. Biblioteca Nacional de España. PID bdh000046266. Permalink <http://bdh.bne.es/bnsearch/detalle/bdh000046266>

tiempo real con variaciones y elementos puramente algorítmicos. Todos estos elementos son controlados y disparados o terminados según los movimientos del valor de caos.

Control: Interfaz con el usuario. Un computador, con una pantalla tacto-sensible, recibe la información del nivel de caos (disturbio del entorno natural de mano de la humanidad) generado por el espectador y lo transfiere al simulador.

Una vez compuestas las células que componen la obra, estos sintetizadores se incorporaron a los programas audio, donde ya no tienen interfaz de usuario y se optimiza su desempeño, permitiendo correr varias instancias de cada uno simultáneamente.

1. Instrumentos espaciales

Para la composición se diseñaron 2 instrumentos que sintetizan timbre y espacio sonoro simultáneamente. Se programaron en C++ usando *AlloSystem* y *Gamma*, y se construyeron de manera modular separando la interfaz de control y prototipado del motor de síntesis, lo que permitió utilizarlos individualmente para hacer diseño sonoro y composición, para finalmente integrar el motor y la composición en las aplicaciones finales de audio1 y audio2 que producen la escena sonora.

Add_synth: Sintetizador aditivo de 22 osciladores por voz y polifonía de 12 voces, con capacidad adicional de modular la amplitud o la frecuencia de cada uno. Cada oscilador tiene su propia envolvente de amplitud, y asigna su posición espacial en un arco que puede establecerse en cualquiera de los tres anillos de altavoces. Esto resulta en un número muy grande de parámetros que se vuelve impráctico manipular, lo que se resolvió creando una interfaz adicional para determinar los parámetros según diferentes algoritmos. Por ejemplo, se puede determinar las relaciones de frecuencia de todos los osciladores simultáneamente determinando un factor multiplicador para cada oscilador. Al aplicar este algoritmo, se logra manipular de manera rápida y predecible el timbre. Otro algoritmo de control suavizaba los ataques aumentando el tiempo de ataque de todas las envolventes simultáneamente. Otro ejemplo de algoritmos de control es el que permite dar valores aleatorios al nivel de cada oscilador, y otro es demorar progresivamente el ataque de cada uno, creando un efecto de *arpeggio*. Con este sintetizador aditivo se crearon varios instrumentos y texturas útiles desde campanas brillantes, hasta texturas con batimientos. Separar los componentes sinusoidales de esta forma es una técnica conocida como SOS (Spatio-Operational Synthesis) (Topper, et. al 2003), de la cual no existían implementaciones públicas. Como la composición espacial de la síntesis estaba codificada por parámetros de ángulos y no estaban atadas a un sistema de parlantes específicos, fue

posible prototipar en un sistema 5.1 antes de portarlo al sistema multicanal de la AlloSphere. De esta manera, la síntesis se construye en el espacio de la AlloSphere y no al interior del procesamiento digital o la electrónica, creando una experiencia única para cada espectador presente. Puede ser controlado vía MIDI y tener varias instancias de la misma aplicación, cada una respondiendo en un canal MIDI diferente, lo cual permite la creación de timbres muy complejos y que abarcan un espacio amplísimo.

Estas capas de control, combinadas con los sistemas de *preset* y secuenciación disponibles en la librería AlloSystem, permitieron un rápido prototipado de estos sistemas complejos, y conectar fácilmente el valor de caos a estados específicos de los sintetizadores.

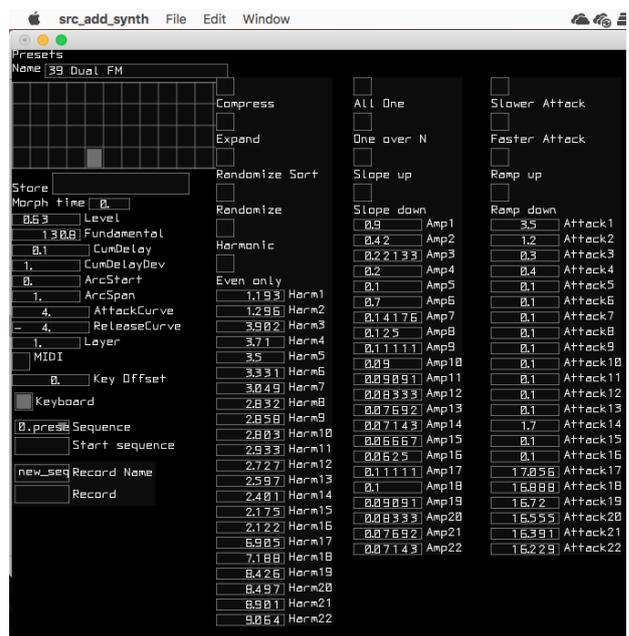


Fig. 4 Sintetizador aditivo. GUI para el prototipado

Chaos_Synth: Genera dos tipos de sonidos: unos largos y afinados, y otros muy cortos y con características de ruido, como chispas. Su aparición (controlada) es aleatoria en el tiempo y en el espacio. El tiempo de cambio entre *presets* genera interesantes *glissandi* que son elementos motivicos de la obra.

2. Otras fuentes

Csound: Aprovechando un sintetizador de filtros resonantes programado en *CsoundQt*, se recrearon sonidos de naturaleza metálica, buscando simular objetos de oro u otros metales.

Grabaciones y edición de sonido: Algunas camas sonoras se basan en grabaciones de agua, voces y documentos históricos editados, procesados y espacializados en ProTools HD.

Fotografías: En el momento de la obra en que se evoca la ofrenda Muisca, aparecen 17 fotografías de piezas del Museo del Oro del Banco de

Republica². Facsímiles de los grabados de del libro “Brevísima relación de la destrucción de las Indias” de Bartolomé de las Casas se muestran a modo de caleidoscopio cuando el nivel de “caos” supera cierto valor y el espectador está tocando la superficie de control.

III. CONCLUSIÓN

El desarrollo tecnológico brinda nuevas herramientas que pueden tener una gran diversidad de usos. Cuando estas alcanzan las manos de los artistas, se convierten en extensiones que permiten nuevas formas de expresión, de comunicación, de reflexión artística. Estas herramientas, en particular cuando tienen dimensiones y especificaciones técnicas tan grandes, pueden sugerir al artista exhibir las capacidades del instrumento. Con esta obra se demuestra que, a partir de un elemento muy sencillo, como es un único valor de caos que varía, e interpretándolo con un conjunto de recursos disponibles en el laboratorio AlloSphere, es posible respetar el sentido artístico de la creación, explorar y potencializar la capacidad tecnológica del instrumento, brindar al espectador / interactor una experiencia inmersiva contundente, manteniéndose alejado de la demostración tecnológica.

La creación de una obra como *Nyia* [Oro] implicó un esfuerzo que incluyó el desarrollo de herramientas de prototipado antes de la creación de las herramientas de presentación. Esto presenta un modelo muy práctico para estas obras de gran escala, en las que las herramientas técnicas se desarrollan incrementalmente a partir de las necesidades y propósitos estéticos, logrando crear un puente entre diferentes disciplinas, la técnica y la creativa.

El formato masivo de AlloSphere, restringe las posibilidades para que las obras creadas para ella alcancen una audiencia más amplia. Con el propósito de ampliar las posibilidades de presenciar esta pieza, se está trabajando en la adaptación para sistemas de realidad virtual individuales como el *Oculus Rift S* o *HTC Vive*.

IV. AGRADECIMIENTOS

A JoAnn Kuchera-Morin, directora de la AlloSphere, por abrir estas instalaciones y sus recursos para el desarrollo de este trabajo, al personal de investigación de la AlloSphere incluyendo a Dennis Adderton y al AlloSphere Graduate Research Group que ha creado la infraestructura de hardware y software sobre la que se ha construido esta obra.

A la Facultad de Artes y la Vicerrectoría de

Investigación y Creación de la Pontificia Universidad Javeriana, por su apoyo y financiación del proyecto.

Al Museo del Oro de Banco de la República, Colombia, por inspirar la pieza y conducir a sus creadores en el camino para obtener la información y medios correctos, y por permitirnos usar imágenes de piezas del museo que aparecen en la obra. Fotografías de Rudolph Schrimpf y Clark Rodríguez.

A Roberto Lleras Pérez, arqueólogo y antropólogo, por su apoyo y guía durante la etapa de concepción del proyecto.

A Keehong Youn, por programación adicional de gráficas y a Gustavo Rincón, por su apoyo con Relaciones Públicas para el estreno de la obra.

V. REFERENCIAS

- Allosphere Research Group. Repositorio de código: <https://github.com/AlloSphere-Research-Group>. Visitado Enero 17 de 2020.
- Cabrera, A; Kuchera-Morin, J; and Roads, C. (2016). “The evolution of spatial audio in the allosphere.” *Computer Music Journal* 40.4: 47-61.
- Höllerer, T; Kuchera-Morin, J; and Amatriain, X. (2007). “The allosphere: a large-scale immersive surround-view instrument.” *Proceedings of the 2007 workshop on Emerging displays technologies: images and beyond: the future of displays and interaction*. ACM.
- Topper, D; Burtner, M; and Serafin, S. (2003). Spatio-Operational Spectral (SOS) Synthesis. In *ICMC*.
- Wakefield, G and Ji, H, H. (2009). *Artificial nature: Immersive world making*. Workshops on Applications of Evolutionary Computation. Springer, Berlin, Heidelberg.

² Usadas con permiso del Museo del Oro del Banco de la República de Colombia. El crédito de las fotografías pertenece a Rudolph Schrimpf y a Clark Rodríguez.

AVANCES
del audio en
Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

CAPÍTULO IX

**LA ESCUCHA COMPARATIVA EN
LA ENSEÑANZA DE TÉCNICAS
DE GRABACIÓN**

Meining Marcela Cheung Ruiz

- Meining Marcela Cheung Ruiz* -

*Escuela de Artes Sonoras, Universidad de las Artes
Guayaquil, Ecuador*

meining.cheung@uartes.edu.ec

Resumen— En este artículo, se exploró la utilización de la escucha comparativa en el aprendizaje de la grabación con estudiantes de tercer semestre a nivel de pregrado. El propósito fue el desarrollo de la escucha para la identificación de cambios en el sonido a partir de comparaciones y determinar si el estudiante pudo encontrar diferencias en el sonido, junto con un análisis de los términos utilizados. Se realizaron ejercicios de grabación sistematizados, enfocados en un solo aspecto de la técnica de grabación. En estos ejercicios, los estudiantes, a pesar de no haber tenido entrenamiento técnico previo, fueron capaces de identificar diferencias a nivel sonoro desde la primera sesión.

Palabras clave— *Pedagogía, escucha, enseñanza, grabación, aprendizaje.*

Abstract— In this article, the use of comparative listening in learning recording was explored with students in third semester at a bachelor level. The purpose was to develop their listening skills to identify changes in sound, departing from comparisons to determine if students were able to recognize changes in sound, along with an analysis of the terms used. Systematic exercises in recording were made, which focused in one aspect of a recording technique. In these exercises, the students in despite of not having any previous technical ear training classes were capable of identifying differences from the first session.

Keywords— *Pedagogy, listening, teaching, recording, learning.*

I. INTRODUCCIÓN

A partir de la existencia de la grabación de sonido, ha sido necesario el conocimiento desde la colocación de los músicos hasta la ubicación de la microfónica. En la época en que se utilizaba el cono grabador, el ingeniero debía posicionar las voces e instrumentos al frente del cono. Esto era considerado una de las habilidades más importantes del ingeniero de grabación. La forma de adquirir este conocimiento era tácita, es decir, se adquiría con la experiencia en el campo, lo cual no cambió aún después del surgimiento del desarrollo tecnológico que condujeron a la asociación de la ingeniería eléctrica con el audio (Horning, 2004, 705-708).

La responsabilidad del ingeniero de grabación en cuanto al sonido resultante se mantiene hasta el día de hoy. La manera en la que se posicionan tanto los músicos como los micrófonos, son aprendidas y manipuladas como consecuencia de la escucha. Los ingenieros de audio son capaces de diferenciar cualidades sutiles del sonido con respecto al timbre, la dinámica y los detalles técnicos del sonido, traduciendo sus percepciones en decisiones técnicas (Corey, 2016, XI). En los últimos años se han desarrollado técnicas para entrenar la

escucha, específicamente la escucha tímbrica para el aprendizaje de rangos de frecuencias y parámetros en el procesamiento de señal. Se han efectuado estudios donde los hallazgos apuntan hacia un mejor desempeño en presencia de un entrenamiento en la escucha (Quesnel, 2001, III).

Dentro de la malla curricular, los programas de pregrado en producción musical incluyen asignaturas en música, audio, acústica y asignaturas especializadas de la profesión como grabación, mezcla y producción. El inicio del aprendizaje del sonido empieza con una asignatura introductoria enfocada hacia el aprendizaje de términos, principios acústicos, equipos y procesos de señal. El aprendizaje de la grabación sucede después de uno o dos semestres introductorios que son generalmente teóricos en sonido, grabación, audio digital o acústica.

La metodología en la enseñanza de la grabación es variada y en ella existen varios enfoques dependiendo de las prioridades de cada programa o los objetivos específicos de cada asignatura. Es común en la enseñanza de la grabación encontrar en los contenidos una mezcla entre conocimientos procedimentales y técnicas de grabación. Esto puede incluir enfoques en: posicionamientos de micrófonos sean estas técnicas puntuales, ambientales o técnicas estéreo, el aprendizaje del flujo de la señal en un estudio, la utilización de software o equipos para la grabación, y/o el comportamiento del micrófono y su repercusión en el sonido.

Existe el reto adicional para la enseñanza de la generación que ha sido identificada como Milenial, los cuales buscan un aprendizaje que tenga significado cognitivo. Desde este punto de vista los educadores buscan formas de involucrar activamente a sus estudiantes. Estudios relacionados al aprendizaje y la memoria señalan que la memoria a largo plazo es fomentada a través de actividades orientadas hacia el aprendizaje que provea de significado (Angela, 2005). Esto obliga a crear modelos de enseñanza donde cada elemento debe tener un propósito o significado para el estudiante. El acercamiento constructivista hacia la educación permite que el estudiante llegue a sus propias conclusiones cuando la educación está enraizada a experiencias reales (Gangwar, 2017).

En este punto es necesario diferenciar entre el aprendizaje de la grabación y de sus respectivas

* M. M. Cheung Ruiz labora en la Universidad de las Artes, Av. Malecón y Aguirre, Guayaquil - Ecuador. (e-mail: meining.cheung@uartes.edu.ec).

técnicas. En el aprendizaje de la grabación el conocimiento de los procedimientos necesarios dentro de la cadena electroacústica y del software son indispensables para realizar la acción de grabar. Estos procedimientos con sus propios desafíos, son necesarios pero no son suficientes para producir una grabación satisfactoria. El aprendizaje de una técnica implica una complejidad revelada en el momento que se decide obtener particularidades sonoras y las maneras para conseguirlas. Lo anterior requiere un conocimiento detallado del comportamiento del micrófono, del flujo de la señal, de los equipos análogos o digitales, de la acústica de los instrumentos y de una memoria sonora del sonido que producen los equipos a utilizar. De esta forma, la técnica constituye la manipulación de todos estos aspectos que permiten obtener una multitud de soluciones hacia la obtención del sonido deseado, siendo la escucha analítica lo que permite identificar el aspecto sonoro a manipular, y el equipo necesario o tentativo para hacerlo.

El reto en la enseñanza de la técnica de grabación es el escaso entrenamiento auditivo-técnico de los estudiantes, quienes deben pasar desde una ausencia del hábito de la escucha, a determinar cambios sutiles del sonido. Ante las circunstancias de tener inicialmente a estudiantes con un oído no entrenado y con poca reflexión acerca del fenómeno sonoro, se convierte en una prioridad desarrollar la capacidad de detectar diferencias en el sonido desde un principio. Por esta razón es fundamental el desarrollo de una práctica pedagógica que permita un desarrollo gradual del oído, y que además pueda reducir la complejidad del acto de escucha.

Existen varios acercamientos a la escucha de un material musical o sonoro. En este contexto, la escucha hoy denominada escucha crítica, abarca un rango de diversas metodologías para el aprendizaje de los instrumentos utilizados en el estudio como lo son la equalización, la compresión o el movimiento panorámico, entre otros. El proceso persigue un modelo comparativo que consciente o inconscientemente, desarrolla e implica la memoria auditiva.

En la grabación, el cambio del posicionamiento de un micrófono representa un número variado de cambios sonoros por los fenómenos de radiación del instrumento y por el comportamiento del micrófono a diferentes distancias y ejes. Entonces la escucha del posicionamiento del micrófono requiere la habilidad de reconocimiento de cambios sonoros, y a nivel estudiantil el posicionamiento es un tema que adquiere importancia por las variables que existen. En un estudio donde se utilizó un foro como apoyo para el aprendizaje de la práctica en el estudio, se encontró que de un rango de temas, cubriendo desde el flujo de la señal hasta los diversos procesamientos o efectos, el tópico que generó la mayor cantidad de

preguntas fue la microfónica (King, 2009).

Para que el estudiante logre independencia en la toma de decisiones es indispensable inicialmente que pueda escuchar e identificar las diferencias en el sonido causadas por cambios en los procesos y procedimientos. En la práctica docente, el objetivo es diseñar un método que permita al estudiante: utilizar los conceptos aprendidos en clase, y establecer una disciplina con respecto a la escucha que le permita el desarrollo de habilidades hacia la identificación de variantes en el sonido asociando los comportamientos sonoros con aspectos específicos introductorios de la técnica.

II. OBJETIVOS

El objetivo de este estudio reside en el desarrollo de una metodología de enseñanza en la cual el aprendizaje de la técnica de grabación sea logrado a través de la escucha crítica, la cual en este caso se emprende desde la comparación. En cuanto a los contenidos, se cubren los aspectos que conforman la técnica básica dentro de la etapa de grabación, siendo necesario el diseño de diversos ejercicios con la finalidad de demostrar cada concepto de forma individual de tal forma que se logre identificar su injerencia en el sonido, y al mismo tiempo lograr que el estudiante se involucre y adquiera comodidad tanto en la manipulación de equipos como en su libertad de experimentar. No es el objetivo memorizar posicionamientos u otros procesos que son parte de algunas metodologías, sino más bien el enfoque sostenido hacia el análisis del sonido, y su reflexión a partir de la cual posteriormente pueda decidir cambios con cierto grado de predictibilidad. En la diversidad de estos ejercicios, apuntamos hacia una práctica donde la escucha es requerida como criterio principal ante el hecho sonoro, así como el desarrollo de las habilidades tanto de evaluación como de comunicación de las características audibles que se toman como referencias para medir el avance. El análisis de los comentarios realizados permite visualizar la tendencia en cuanto a temas de enfoque, palabras o términos utilizados, que puedan identificar posibles retos a ser considerados por el docente.

III. METODOLOGÍA

Para iniciar la instrucción en la técnica de grabación se desarrolló una metodología experimental y cualitativa; experimental porque las posiciones de micrófonos y de instrumentos pudieron como no pudieron ser tradicionales o convencionales, y cualitativa, porque el acercamiento hacia el aprendizaje se basó en la escucha comparativa aplicada hacia la búsqueda de diferencias en las cualidades del sonido.

Los ejercicios en clase se implementaron en forma de laboratorios los cuales enfocaron un

aspecto de la grabación o de la microfónica a evaluar con estudiantes de tercer semestre que, de acuerdo con la malla curricular, es cuando cursan la primera asignatura de técnicas de grabación. Previa a la sesión práctica se explicó la teoría detrás del ejercicio, seguido de una lista de actividades. El software utilizado en estas prácticas fue Pro Tools (el cual se introdujo gradualmente por desconocimiento del mismo, limitando la información al procedimiento para grabar), incluyendo creación de nueva sesión, pistas, modos de grabación, zoom, marcadores, modos de edición, navegación, las ventanas de Entradas y Salidas (E/S) y las opciones del motor de reproducción. Los estudiantes colocaron los micrófonos y crearon la sesión en la estación de audio digital, siguiendo los cambios propuestos en el ejercicio, los cuales resultaron en un número de tomas. Al finalizar la grabación, se realizó una escucha donde reflejaron sus comentarios, descripciones y observaciones en un reporte escrito, en el que se exigía énfasis en la descripción de los cambios percibidos en el sonido entre tomas.

Para facilitar la comparación auditiva fue necesario que el material a ejecutar por los músicos fuera el mismo en todas las tomas. El material a grabar se coordinó con anterioridad con los músicos para que pudieran repetir la ejecución que pudo variar desde la repetición de un compás a varios compases. La definición previa de cada tema o aspecto del sonido a evaluar fue un requisito para comprender los procedimientos y para enfocar la escucha. Los temas de enfoque para cada ejercicio fueron: frecuencia de muestreo, profundidad de bits, patrón polar, percepción direccional, ángulo de incidencia y tipos de micrófono (principio eléctrico y tamaño de diafragma). La interfaz utilizada fue una Digi003, con los micrófonos disponibles en clase: AKG (C414, D770) y SHURE (Kit de batería PG52/56/81, KSM144, SM58, Beta58, SM137, SM7B). Excepto en los laboratorios donde se evaluó el tipo de micrófono o las diversas técnicas estéreo, se indicó como punto de partida el posicionamiento de dos micrófonos a manera de AB con el objetivo de simplificar la metodología y obtener una imagen estéreo. Los estudiantes decidieron la cercanía o el posicionamiento relativo al instrumento con asistencia de la docente, variando la instrumentación por sesión entre guitarra acústica, batería, voz o bajo eléctrico.

Para cada aspecto se realizaron múltiples tomas con diferentes indicaciones, como se describe en la Tabla I. Durante las grabaciones se realizaron también tomas experimentales de acuerdo con la curiosidad de los estudiantes acerca del posicionamiento.

En la evaluación de diferentes tipos de micrófono se consideró el timbre. Para las técnicas estéreo se evaluaron con el mismo contenido

técnicas coincidentes (XY, MS, y Blumlein) con técnicas semi-coincidentes y no-coincidentes (ORTF, NOS, DIN, AB, Faulkner). Posterior a la grabación, los estudiantes dedicaron tiempo de escucha para comparar las tomas realizadas. En los ejercicios se evitó mencionar el posible resultado, así como el exceso de indicaciones para la instalación de micrófonos.

TABLA I
DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS A EVALUAR CON
LOS PROCEDIMIENTOS PARA LAS TOMAS

Aspecto a evaluar	Indicaciones de tomas
Muestreo y profundidad de bits	Muestreo a 44.1k, 48k, y 96k Profundidad de bits a 44.1k-16 bits vs. 24 bits
Percepción direccional	Par de micrófonos juntos vs. con separación en el mismo plano. AB con un micrófono a 10cm y 20cm por detrás de la línea horizontal
Patrón polar	Omni, subcardioide, cardioide, hipercardioide, y bidireccional
Efecto de proximidad	Micrófono cardioide con fuente con contenido en bajas frecuencias (bombo o bajo), a 2 cm, 10 cm y 20 cm
Transducción y tamaño de diafragma	Micrófono dinámico vs. condensador Diafragma pequeño vs. Diafragma grande
Ángulo de incidencia	Micrófono con un ángulo de 0°, 45° y 90° sobre el eje
Técnicas estéreo	Coincidentes: XY, MS y Blumlein Semi y no-coincidentes: ORTF, NOS, DIN, AB, Faulkner

Al finalizar la sesión, los estudiantes realizaron un recuento a manera de reporte donde describieron los pasos y procedimientos realizados en el estudio de grabación junto con sus apreciaciones de las tomas realizadas. En este reporte se solicitó establecer si pudieron o no identificar el cambio en el sonido, una descripción del cambio o los cambios y, en ciertos casos, escoger la toma de preferencia. Posterior a la entrega de reportes, se realizó una discusión acerca de los hallazgos y orientación sobre la terminología descriptiva para estos ejercicios.

La evaluación se determinó con base en el detalle descrito en el reporte, y en el detalle de la escucha y de la experiencia en el estudio. No existieron escuchas correctas o incorrectas pero sí escuchas generales o detalladas.

IV. RESULTADOS

Esta metodología se ha llevado a cabo consistentemente en clases cuya población varía entre 8 a 20 estudiantes. Para este estudio se escogió una clase al azar con una población de 15 estudiantes, quienes al iniciar los laboratorios, tuvieron sus primeras experiencias en el estudio. Los estudiantes en los primeros ejercicios tomaron

tiempo considerable para el montaje y ajuste de flujo de señal, frecuentemente buscando confirmación de la posición correcta, para lo cual se realizaron sugerencias con base en preguntas y evaluaciones de escucha. En ejercicios posteriores, el tiempo de montaje fue menor, y tomaron la iniciativa de colocar los micrófonos sin consultar acerca del posicionamiento.

El aspecto que arrojó respuestas variables entre identificación y no identificación de diferencias ocurrió en las comparaciones de frecuencia de muestreo y profundidad de bits. No todos identificaron las mismas diferencias, y algunos no lo hacen de la forma con la que el consenso positivo de la alta definición implica. Todos los estudiantes pudieron detectar y describir diferencias con respecto a los patrones polares, direccionalidad, aspectos de espacio y tiempo. Los aspectos en el primer ejercicio que fueron identificables pertenecen a los aspectos tímbricos del instrumento y sus características en resonancias.

TABLA II
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ESCRITOS POR LOS ESTUDIANTES
EN SUS REPORTES DE COMPARACIÓN DE FRECUENCIAS DE MUESTREO

Aspectos	N.º de estudiantes	Porcentaje
Timbre	11	73.3%
Frecuencias	10	66.7%
Acústica	1	6.67%
Posición del micrófono	2	13.3%
Instrumento	3	20%
Utiliza adjetivos	14	93.3%
Términos ambiguos	8	53.3%
Términos erróneos	5	33.3%

El análisis de los resultados se realizó sobre la lectura de los resultados en sus reportes y se clasificó en términos del vocabulario empleado para comparar o definir los cambios en el sonido. Como se muestra en la Tabla II, se analizaron los contenidos de los comentarios registrados por los estudiantes y se clasificaron en referencia al timbre del instrumento (timbre), al ataque o a referencias específicas de partes del instrumento (instrumento), referencia al cuarto (ambiente), a la posición del micrófono, y si la explicación fue en término de frecuencias o adjetivos. También se registraron aquellos comentarios donde la enunciación no fue clara (términos ambiguos), o si utilizó términos incompatibles (términos erróneos).

De los resultados en el primer ejercicio de escucha comparativa destaca la utilización de adjetivos para la descripción del sonido, seguido de la descripción de su rango en frecuencias, siendo la minoría observaciones más específicas y detallistas acerca del sonido, o aspectos relacionados a la perspectiva del lugar.

El resultado ilustra un desacuerdo o falta de precisión con respecto a la utilización del lenguaje descriptivo, reflejado en términos de ambigüedad en más del 50% de los reportes. El uso de palabras equívocas se refleja en un 33%. Errores comunes son la asociación del término "agudo" con la amplitud, o

la indicación de "saturación" para identificar sonidos mecánicos como el trasteo de la guitarra, por identificar algunos.

TABLA III
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ESCRITOS POR LOS ESTUDIANTES
EN SUS REPORTES DE COMPARACIÓN DE PATRONES POLARES

Aspectos	N.º de estudiantes	Porcentaje
Timbre	5	33.3%
Frecuencias	9	60.0%
Acústica	8	53.3%
Posición del micrófono	0	0%
Instrumento	2	13.3%
Utiliza adjetivos	10	66.7%
Términos ambiguos	7	53.3%
Términos erróneos	0	0%

La Tabla III, muestra el resultado de las descripciones estudiantiles que constituye el ejercicio comparativo de los patrones polares. En este resultado destacó el enfoque del sonido con la acústica del cuarto y no tanto con cambios en el timbre del instrumento. Por otro lado, muestra la tendencia de este grupo de estudiantes en ilustrar los cambios en términos de frecuencias y la utilización de adjetivos calificativos. En este caso no se identificaron la utilización de términos erróneos pero la ambigüedad se mantuvo.

V. CONCLUSIONES

La aplicación de esta metodología es el inicio de la reflexión y el análisis inicial del sonido a partir de los distintos ejercicios propuestos. Esto permite focalizar la escucha en términos de cambios para identificar diferencias a partir de la escucha, y asociar estos cambios con un aspecto de la técnica. Esta metodología pretende establecer hábitos de escucha para evaluar cambios en los procesos de grabación e invita al estudiante a experimentar en el posicionamiento de los micrófonos al momento de colocarlos. La dificultad inicial es el lenguaje utilizado. Aún no existe una convencionalidad en los términos subjetivos utilizados para evaluar el sonido, por lo que los términos utilizados por los estudiantes pueden estar fuera de consenso, ser inusuales o ambiguos.

El análisis del enfoque y lenguaje utilizado varía dependiendo del ejercicio, y es un buen indicador de hacia dónde están enfocando la escucha los estudiantes, por lo que podemos apreciar un enfoque tímbrico en el laboratorio de la comparación de muestreo, y un enfoque de espacialidad especialmente en los patrones polares. Las observaciones escritas permitieron realizar observaciones y otras recomendaciones por parte de la docente hacia dónde enfocar la escucha.

El grupo de estudiantes seleccionados en el ejercicio de comparación del muestreo fue capaz de identificar diferencias en el sonido desde un inicio. Sin embargo, estos resultados varían y ha habido ocasiones en las que un porcentaje mínimo de estudiantes (entre el 1% y 2%) no logra identificar diferencias solamente en este ejercicio, lo cual no es

inusual siendo el primer acercamiento a la escucha para el oído no entrenado. En cuanto a las conclusiones de los estudiantes, algunos prefirieron no optar por altos muestreos por “exceso de brillos” lo cual es peculiar. Es posible que dichos comentarios sean el resultado de múltiples variables producto de la cadena electroacústica, o de la ausencia de marcos referenciales. Otra posible explicación podría ser que, en el caso de micrófonos puntuales, la captación sea más detallada al punto en el que la diferencia es claramente perceptible y necesite entonces de un ajuste adicional. Existen estudios perceptuales muy detallados de comparaciones en el muestreo donde se mantienen iguales condiciones en equipos y procesamiento. En este caso, se necesitaría de un estudio donde se evalúe si al variar el muestreo, se producen necesidades de cambios en la microfónica puntual.

El rol del docente es insustituible en su capacidad de orientar o en su debido caso, corregir al estudiante para evitar el uso de términos con otras connotaciones con el fin de mejorar sus habilidades comunicativas. La mejora en la utilización de términos en el ejercicio posterior provino de las retroalimentaciones tanto verbales como escritas que se realizaron en los reportes.

La ventaja de este método es que incita a la escucha y obliga a la descripción sea verbal o escrita en la identificación de los cambios en el sonido. La desventaja de este método en el que cada aspecto de la grabación es enfocado y experimentado, es el tiempo pues toma un semestre desarrollar este contenido, con la necesidad de un semestre adicional donde se profundizan aspectos de las técnicas estéreo entre otros temas, a diferencia de otras metodologías del aprendizaje en las que se empieza a grabar inmediatamente con procedimientos preestablecidos. Sin embargo, el propósito de la escucha comparativa asociada a la técnica de grabación direccional hacia un entendimiento más profundo de la técnica donde las decisiones puedan ser asociadas con un resultado deseado en el sonido y en especial, al desarrollo del oído que es un proceso que toma tiempo y sobretodo, práctica.

Dentro de las variables independientes, como son los músicos y el material para ejecutar, no es posible asegurar una reproducción idéntica pues incluso un movimiento del músico —en casos de instrumentos que no son fijos—, puede representar un cambio considerable en el sonido, así como la variación de equipamiento puede resultar en sonidos distintos, sin dejar atrás los ambientes de escucha de los estudiantes que no son controlables. Esto podría explicar por qué un estudiante registra en su comparación un aumento en brillos y otro no. Aun cuando existen estas variables, los ejercicios comparativos y de escucha enfocada se irán cultivando.

El análisis de los aspectos que los estudiantes identifican no corresponde a un consenso en la terminología a este nivel, por lo que un análisis acerca del alcance de la escucha en esta etapa temprana no es factible sin un desarrollo de una terminología subjetiva estandarizada y un control en las condiciones de escucha. Existe una variedad de términos utilizados para describir cualidades del sonido, pero no existe una guía estandarizada de términos. Tal vez la ambigüedad o la riqueza del lenguaje, que difiere tanto en español como en inglés, dificulta este tipo de sistematización cualitativa; por otra parte, sin un consenso el acto comunicativo se presta a interpretaciones y a imprecisiones.

Adicional y juntamente con las clases, se debe considerar la adquisición de referencias auditivas ya que guía las decisiones técnicas y puede adquirirse inicialmente en términos de cambios asociados con las técnicas. Sin embargo, un desarrollo apropiado de clase incluirá material referencial donde el estudiante adquiera una referencia mental de sonidos posibles que haya podido interiorizar previamente a la hora de grabar. Para establecer desde una época temprana el desarrollo de la escucha, incluso desde los primeros semestres, se pueden enviar tareas comparativas de grabaciones existentes, para lo cual el repertorio de la música clásica es de gran ayuda por su casi invariabilidad con lo que respecta a instrumentación y contenido musical, pero que presenta una diversidad en cuanto a ambientes acústicos, y a los acercamientos a la grabación en particular que son pertinentes en este caso. En cuanto a procesamiento de señales, otros materiales deberán ser tomados en cuenta para demostrar dichos procesos.

Ante todo, el acercamiento constructivista, a través del cual el estudiante debe experimentar y llegar a sus propias conclusiones, los invita a la reflexión, al cuestionamiento y al análisis crítico, herramientas que serán de utilidad al momento de decidir su acercamiento práctico o creativo al sonido.

VI. REFERENCIAS

- Angela, P. M. (2005, 12). Teaching millenials, our newest cultural cohort. *The Education Digest*, 71, 12-16.
- Corey, J. (2016). *Audio Production and Critical Listening: Technical Ear Training* (Focal Press: London).
- Gangwar, B. P., & Savita. (2017). Constructivist approach in teaching learning. *Deliberative Research*, 34(1), 71-74.
- Horning, S. (2004). Engineering the Performance: Recording Engineers, Tacit Knowledge and the Art of Controlling Sound. *Social Studies of Science*, 34(5), 703-731.
- King, A (2009). An expert in absentia: a case-study for using technology to support studio practice. En: *Proc. Audio Engineering Society 126th Int. Conv.*, (AES, Munich, Alemania, 2009).
- Quesnel, R. (2001) *A Computer-Assisted Method for Training and Researching Timbre Memory and Evaluation Skills*. (Tesis doctoral). McGill University, Montreal, Canadá.

AES LAC

CONFERENCIA LATINOAMERICANA

PERÚ 2019



CONFERENCIA LATINOAMERICANA

Resumen del evento



Lima fue elegida como anfitriona del encuentro más importante de profesionales y estudiantes del audio en Latinoamérica: La Conferencia Anual AES Latinoamérica, ofreciendo un excelente programa de actividades académicas y tecnológicas de la mano de las empresas de audio más importantes del medio, con la participación activa de reconocidos profesionales del audio en el mundo.

Durante la jornada de tres días se desarrollaron tópicos de sonido en vivo, grabación, mezcla y masterización, producción musical, producción audiovisual y acústica aplicada.

En el evento se presentaron invitados de renombre internacional, tales como:

- Indio Gauvron - Argentina
- Ezequiel Morfi - Argentina
- Cana San Martín - Argentina
- Fernando Fortes - Brasil
- Christian Cosgrove - Chile
- Rafael Alarcón - Chile
- Carlos Caballero - Colombia
- Andrés Millán - Colombia
- Renato Zamora - Ecuador
- Juan Jiménez - Ecuador
- Bob McCarthy - E.E.U.U.
- John Krivit - E.E.U.U.

- Joel Hamilton - E.E.U.U.
- Ian Corbett - E.E.U.U.
- John Mills - E.E.U.U.
- Pepe Ferrer - España
- Aki Mäkivirta - Finlandia
- Omar Martínez - México
- Ricardo Mantini - México
- Gustavo Sacchetti - México
- Jesús Díaz - México
- Joe Flores - Perú
- Justin Moshkevich - Perú
- César Lamschtein - Uruguay
- Aldo Lamanna - Venezuela

Se desarrollaron en simultáneo actividades como la presentación de posters y papers, talleres, además de la competencia de grabación estudiantil con grandes e importantes premios.

Adicionalmente, se implementó la feria tecnológica en donde contamos con la participación de importantes marcas exhibiendo productos y tecnología de vanguardia.

Por esto y mucho más, este fue un evento que estuvo a la altura de sus versiones anteriores continuando con la calidad y excelente contenido académico.

MOMENTOS DESTACADOS DEL EVENTO



César Lamschtein, vicepresidente de AES Latinoamérica, celebró su cumpleaños en plena conferencia.



Christian Cosgrove hablando sobre el sonido para cine



Reconocimiento a Omar Martínez por su participación.



Bob McCarthy participando de las ponencias.



Cana San Martín, Indio Gauvron, Jorge Azama, Morfi, Renato Zamora, entre otros.



Joel Hamilton



John Krivit



Aldo Gilardi, César Lamschtein e Ian Corbett como jurados.



Óscar Barrientos prestando atención a las conferencias.



Conferencia de Ricardo "Rocoto" Mantini.



Reconocimiento a Pepe Ferrer por su participación.



Bob McCarthy



Reconocimiento a Carlos Caballero por su participación.



Darío Peñaloza participó como jurado.



Reconocimiento a Morfi por su participación.



Ian Corbett y Jorge Azama



César Lamschtein en conversación con los participantes.



Andrés Millán compartiendo sus conocimientos



Presentación virtual en la Competencia de grabación.



Justin Moshkevich



Presentación artística en la Ceremonia de clausura.



Cana San Martín compartiendo su experiencia.



Reconocimiento a Shure y a Fernando Fortes.



Ganador de una de las categorías de la Competencia de grabación.

COMITÉ DIRECTIVO AES PERÚ

La industria del espectáculo en Perú viene mostrando un crecimiento sostenido desde hace ya más de una década. Sin duda esta pasión por el arte, tanto de músicos como de amantes del sonido en todas sus expresiones, se ha convertido en una fuente de desarrollo profesional que actualmente ofrece una serie de oportunidades laborales y de capacitación a nivel nacional e internacional.

En este contexto, existen escuelas y universidades que tienen ofertas educativas para profesionalizar tanto a futuros ingenieros de sonido como a productores musicales, sin duda el primer paso en el camino de la profesionalización de la industria y de los jóvenes y estudiantes apasionados por estas ramas educativas.

Es por esto que creemos que organizaciones como la Audio Engineering Society AES tienen una misión trascendental al impulsar eventos académicos y tecnológicos que generen el intercambio de conocimientos y espacios de encuentros entre profesionales, estudiantes, la propia industria y aficionados en todo el mundo.

En ese sentido, se han venido organizando y promoviendo eventos académicos y tecnológicos en alianzas con instituciones públicas y privadas a todo nivel, impulsados a través de AES PERÚ y algunos aliados estratégicos como el Instituto Superior Orson Welles y el Ministerio de Cultura de Perú.

Comité directivo AES Perú:

- Orlando Maquen Guevara *Presidente*
- Jorge Azama *Vicepresidente*
- Armando Puentes de la Vega *Secretario*
- Manuel Ames *Tesorero*
- Jorge Zambrano *Comité directivo*
- Luis Torres *Comité directivo*
- Paul San Bartolome *Comité directivo*

PRESENTADORES



GENELEC®



Focusrite



SHURE®

MAG
AUDIO PERÚ



PATROCINADORES



perfection



AUSPICIADORES

mathewlane

celemony_



REAPER
Digital Audio Workstation

Sonimus

Youlean
LOUDNESS METERING



d16 group
AUDIO SOFTWARE



EARCANDY



AVANCES del audio en Latinoamérica.



AUDIO ENGINEERING SOCIETY
SECCIÓN PERÚ

INSTITUTO SUPERIOR
**Orson
Welles**