

Diagnóstico de la realización de conciertos en Colombia como herramienta para la enseñanza de refuerzo sonoro

Diagnostics of the realization of concerts in Colombia as a tool for teaching of sound reinforcement

Carlos Mauricio Betancur Vargas¹, Oscar Casas García², Alejandro Quintero Posada³

¹Magister en Administración, Grupo de Investigación Laboratorio de Electrónica Aplicada LEA-USB Cali, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura Seccional Cali, Colombia

²Magister en Ingeniería, Grupo de Investigación Laboratorio de Electrónica Aplicada LEA-USB Cali, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura Seccional Cali, Colombia

³Ingeniero Electrónico, Grupo de Investigación Laboratorio de Electrónica Aplicada LEA-USB Cali, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura Seccional Cali., Colombia
Email: cmbvarga@usbcali.edu.co

Recibido 12/04/2016
Aceptado 15/10/2016

Cite this article as: C. Betancur, O. Casas, A. Quintero, "Diagnostics of the realization of concerts in Colombia as a tool for teaching of sound reinforcement", *Prospectiva*, Vol 15, N° 1, 83-92, 2017.

RESUMEN

En este artículo se proponen factores identificados en una investigación en el campo de audio mediante un diagnóstico en la forma como se realizan conciertos en Colombia. Estos factores identificados contribuyen al fortalecimiento de la transversalidad en la formación de competencias ingenieriles, en la medida que optimizan la comprensión y resolución de problemas reales relacionados con esta aplicación del audio, y que con frecuencia son omitidos en el ejercicio didáctico tradicional. Por lo anterior, este artículo presenta un conjunto de elementos prácticos derivados de la producción de espectáculos masivos de tipo concierto en Colombia, que podrían contemplarse en los programas de ingeniería que abordan el área del refuerzo sonoro y sonido en vivo. El estudio es de carácter cualitativo y explora los factores de éxito en el tema electroacústico de espectáculos masivos, mediante la aplicación de entrevistas a profundidad a expertos. Asimismo, se destaca la importancia de considerar la perspectiva práctica e interdisciplinaria que exige el diseño integral de ingeniería, lo cual puede ser extrapolado a otros campos en la academia.

Palabras clave: Sistemas de sonido; Refuerzo sonoro; Sonido en vivo; Conciertos.

ABSTRACT

In this paper, we proposed the factors that have been identified by the research in the audio area by using a diagnostics of how is the production of mass shows of type concert in Colombia. These identified factors contribute to the strengthening gender mainstreaming in the formation of engineering skills, to the extent that optimize understanding and solving real problems related to the application of audio, and often are omitted in the traditional didactic exercise. This by, this paper presents a set of practical elements derived which could be seen in engineering programs that address the area of live sound reinforcement.. This approach is qualitative and explores the factors of success in electroacoustic topic of mass shows, by applying depth interviews with experts in the field. Furthermore, the importance of considering the practical perspective and interdisciplinary that requires comprehensive engineering design which can be extrapolated to other fields in academia is concluded.

Key words: Sound systems; Sound reinforcement; Live sound; Concerts.

1. INTRODUCCIÓN

Los espectáculos masivos de tipo concierto, concentradores de gran cantidad de personas exigen que el sistema implementado para el refuerzo sonoro cumpla múltiples funciones, las cuales deben garantizar la cobertura de público y artistas. Es por esto, que dichas implementaciones son configuradas a través de

subsistemas según diversos criterios, como se aprecia en la tabla 1: PA (*Public Adress*), y monitores (*Foldback*) [1]. Un conjunto de términos y expresiones (la mayoría de origen anglosajón) son ampliamente usados en el campo del refuerzo sonoro. Por lo anterior y para facilitar el contexto del lector, son presentados algunos de ellos clasificando a los subsistemas de acuerdo con la tabla 1:

Tabla 1. Clasificación de los subsistemas más utilizados en el refuerzo sonoro de conciertos.

Table 1. Classification of the most used subsystems in the sound reinforcement of a concert.

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN	SUBSISTEMAS PARA EL REFUERZO SONORO DE CONCIERTOS	
	PA (<i>Public Adress</i>)	MONITORES (<i>Foldback</i>)
Funcionalidad: se considera el propósito y el tipo de la señal reproducida	<ul style="list-style-type: none"> Sistema Principal (<i>Main Cluster</i>) Frontales (<i>Front Fill</i>) Centrales (<i>In Fill</i>) Satélites o relevos (<i>Delays</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> Mezcla completa de señales (<i>Full Mix</i>) Señal individual (<i>Single</i>) Mezcla personalizada (<i>Digital Monitoring System</i>)
Ubicación: define la agrupación y colocación de los componentes del subsistema	<ul style="list-style-type: none"> Apilados (<i>Stacking Loudspeaker Systems</i>) Colgados (<i>Flown Loudspeaker Systems</i>) Distribuidos (<i>Distributed Loudspeaker Systems</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> Monitores Laterales (<i>Side Fill</i>) Monitores para Batería (<i>Drum Fill</i>) Monitores de cuñas (Sobre piso o trípode) Monitores personales (<i>In-Ear Monitor</i>)
Tipo de caja acústica: de acuerdo al rango de frecuencias reproducidas	<ul style="list-style-type: none"> Rango completo (<i>Full range</i>) Sub-graves (<i>Sub-woofer</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> Rango completo (<i>Full range</i>) Sub-graves (<i>Sub-woofer</i>)
Tipo de alimentación: para altavoces que incluyen etapa de amplificación, y otros donde la señal se amplifica previamente	<ul style="list-style-type: none"> Altavoces activos (<i>Active Loudspeakers</i>) Altavoces pasivos (<i>Pasive Loudspeakers</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> Monitores activos (<i>Active Monitors</i>) Monitores pasivos (<i>Pasive Monitors</i>)
Profundidad de la cobertura	<ul style="list-style-type: none"> Corto alcance (<i>Down Fill</i>) Largo alcance (<i>Long Throw</i>) 	
Dispersión: tipo de propagación y directividad de la energía sonora	<ul style="list-style-type: none"> Ancha (<i>Apilados; convencionales</i>) Estrecha (<i>Multicelulares; arreglos en línea</i>) 	

En la tabla 1, la subdivisión de tipo PA (*Public Adress*) corresponde a un conjunto de componentes electrónicos y electroacústicos interconectados para amplificar la señal audible dirigida al público, la cual puede ser voz o palabra (salas de conferencias, lugares religiosos) y música (conciertos, festivales) [2]. Usualmente, está conformado por una mesa de mezcla, amplificadores, procesadores de señal, cables y altavoces, que en formatos pequeños pueden ser subsistemas sencillos e implementados en lugares reducidos; mientras que, los subsistemas de mayor formato pueden llegar a incluir un alto número de altavoces configurados con frecuencia a través de arreglos lineales (*Line Arrays*) [3]. En éstos grandes subsistemas de PA, se suelen configurar otros arreglos de altavoces complementarios de acuerdo a la funcionalidad: *Front Fill*, los cuales se ubican en la zona central que bordea el escenario hacia la audiencia cuando el PA no tiene cobertura horizontal sobre las primeras filas de la audiencia; *In Fill*, que cumple la función de centralizar la imagen sonora de los cantantes a través de su refuerzo en medio de un PA estéreo; y *Delays*, los cuales son altavoces apartados del escenario con retardo temporal de acuerdo a su distancia, y con la intención de mantener la inteligibilidad y el nivel de la señal principal en zonas de cobertura lejana [4] , [5], [6].

Según Vasey [7], de acuerdo a la ubicación de los altavoces del PA, existen tres tipos de configuraciones: colgados (*flown speakers*), apilados (*stacking speakers*), y distribuidos (*distributed speakers*), ésta última poco usada para grandes eventos. Los primeros suelen ser sistemas de arreglo en línea, mientras que los apilados son subsistemas de altavoces convencionales, no precisamente configurados a través de algún arreglo [8]. Regularmente, la coordinación del PA es labor de un ingeniero o controlador de FOH (*Front Of House*), quien se ubica a una determinada distancia del escenario, obteniendo una percepción conjunta del sistema desde un punto central de la audiencia [9]. En el FOH se encuentra otro ingeniero que controla luminotecnia y efectos visuales [10]. Algunas de las funciones más importantes del controlador de FOH son: verificación de niveles y mezcla de señales provenientes de los músicos o intérpretes en tarima, y control del nivel de presión sonora del sistema dirigido al público. Normalmente, también se encarga durante el montaje del concierto de la distribución, ajuste, calibración y optimización del refuerzo sonoro [11].

En el subsistema de Monitores, se encuentra un ingeniero o controlador, el cual según Evans [12] considera como un trabajo más complicado que el de FOH, son responsables de la escucha y referencia sonora necesaria para que los artistas y músicos sean realimentados con la señal reproducida, a través del ajuste, distribución y mezcla de señales del escenario. La mayor parte de su trabajo se hace durante la

prueba de sonido, asegurando que cada integrante de la tarima escuche lo que necesita. La mesa de mezcla para monitores (*monitors mixer*) suele estar a un lado del escenario, preferiblemente a la izquierda del escenario. En sistemas de sonido para conciertos sencillos, baja complejidad o de escaso presupuesto, las responsabilidades del Ingeniero de Monitores y de FOH tienden a unificarse [13].

De acuerdo al formato del espectáculo y/o configuración del escenario, los monitores pueden tener diversas ubicaciones: laterales (*Side Fill*), los cuales son altavoces de rango completo, generalmente grandes y situados en una configuración dual o estéreo, con cubrimiento hacia la banda o cantantes a lo largo del escenario, y con el fin de crear una referencia completa del sonido producido [14]. Los monitores laterales proporcionan a los artistas una mezcla similar a la proporcionada por el sistema PA, equilibrando el sonido fuera del escenario. Al aportar niveles de presión sonora importantes en el escenario, permite que los monitores de cuñas no tengan una excesiva potencia. Adicionalmente, es posible encontrar el *Drum Fill* o monitores para batería, los cuales son para referencia de instrumentos de percusión. Estos monitores suelen tener un importante refuerzo de graves y subgraves para bombos y los timbales, que por su propia condición tienen menor sensación de volumen en sonidos agudos [15].

En ocasiones es posible encontrar subsistemas con otras funciones como grabación o transmisión para radio y TV, donde se verifican y controlan niveles tanto de instrumentos en tarima como de micrófonos dirigidos hacia el público para capturar los niveles de euforia y emotividad que se perciben durante el espectáculo. En este caso se capturan las señales por separado para ser mezcladas posteriormente en estudio, y adicionar efectos de panorámica o diseño sonoro integrados a un registro de video. Este último subsistema, cuando la grabación multicanal del concierto no es prioritaria, suele ser asignada de manera simplificada y como una tarea adicional al coordinador de FOH [16].

Es de resaltar que se requiere una permanente y fluida comunicación entre todo el personal, ya sea a través de radioteléfonos o sistemas similares dedicados, con el fin de responder a posibles inconvenientes y fallas técnicas [17], donde se debe considerar una serie de aspectos prácticos que permitirán que el montaje, las pruebas y el desarrollo del espectáculo sea el diseñado.

Considerando todo lo anterior a manera de contexto, este artículo recopila un conjunto de elementos prácticos a través de entrevistas a personas expertas, alrededor de los procesos de diseño, instalación, pruebas, calibración y puesta en marcha de un sistema de refuerzo sonoro para espectáculos, con el fin de exponerlos a la comunidad de interés para su discusión

Tabla 2. Personal requerido para sistemas de refuerzo sonoro de conciertos.

Table 2. Staff required for sound reinforcement systems for concerts.

PERSONAL REQUERIDO PARA SISTEMAS DE REFUERZO SONORO DE ESPECTÁCULOS MUSICALES DE TIPO CONCIERTO		
FUNCIONES	PA (<i>Public Adress</i>)	MONITORES (<i>Foldback</i>)
Control	Ingeniero o controlador de FOH (<i>Front Of House</i>)	Ingeniero o controlador de Monitores
Apoyo	Auxiliares y asistentes de FOH	Auxiliares y asistentes de escenario o tarima

e inclusión en actividades académicas más reales en el tema, y con miras a la formación de competencias más idóneas en los profesionales de ingeniería en el sector [18], además de la interacción y el trabajo colaborativo con otras disciplinas [19]. Como lo recomienda Rumsey [20], los ingenieros de este tipo de aplicaciones deben poseer múltiples conocimientos, familiarizados con la acústica, la electrónica, los sistemas de simulación y modelado, mediciones, seguridad, y en ocasiones aspectos de tipo normativo.

Así pues, el presente documento se encuentra dividido en cuatro secciones: la primera menciona aspectos metodológicos sobre la recopilación de la información, la segunda los principales aportes sintetizados por temas, la tercera donde se propone una discusión sobre lo obtenido en la segunda sección, y la cuarta donde se relacionan las referencias bibliográficas.

2. METODOLOGÍA

El diseño, configuración y ajuste de los sistemas sonoros para conciertos demandan un trabajo organizado y preciso a los intereses de cada evento. Existe una amplia bibliografía a nivel mundial que aborda el tema desde diversos puntos de vista, como por ejemplo la ingeniería aplicada a través de la acústica y la electrónica. Sin embargo, a través de ésta exploración se recopilan, a partir de experiencias y prácticas comunes, algunos elementos significativos y de validez para conciertos en el contexto colombiano. Por lo anterior, se ha considerado este trabajo como un estudio de caso, para que a través de un tratamiento cualitativo de la información, lograr una síntesis de experiencias obtenidas en el tema tratado.

Según Merriam [21] y Yin [22], un estudio de caso corresponde a una descripción y un análisis intensivo y holístico de un fenómeno, por ejemplo una organización, una persona o un proceso. En el presente trabajo se abordan aquellos factores que permiten llevar a la práctica un diseño de ingeniería de refuerzo sonoro para conciertos, más allá de cálculos, simulaciones y mediciones acústicas, independiente

de la forma de enseñanza, tradicional/presencial, o a distancia/en línea [23], y con implicaciones reales que vivencian en su día a día quienes laboran en el sector. Dichos factores se recolectaron bajo la metodología de entrevistas a profundidad, por medio de las cuales se recopiló información sobre opiniones y experiencias de personas conocedoras y trabajadoras actuales en el tema, para generar ya sea dispersión de puntos de vistas personales o el consenso en los mismos [24].

Se realizaron un total de veinte entrevistas logradas en dieciocho meses, comenzando en Julio de 2012 y terminando en Diciembre 2013. La herramienta consistió en la aplicación de un cuestionario de veinte preguntas abiertas con la intención de tener acceso a opiniones y consideraciones de tipo práctico para conciertos en Colombia, en personas que tuvieran un mínimo de cinco años de experiencia en el área. Para facilitar la codificación de la información suministrada, se abordaron temáticas como: factores determinantes en el diseño, planeación e instalación de un sistema de sonido para un concierto; determinación y predicción de la cantidad de potencia y nivel de sonorización requerido para un evento de gran cantidad de público; consideraciones prácticas para la elección de micrófonos y mesas de mezcla para conciertos; y un resumen de elementos en las etapas de diseño y montaje de refuerzo sonoro considerando varios aspectos: la propagación sonora, las principales consideraciones acústicas, los componentes del sistema de sonido, y la logística y producción de un evento en vivo. Lo anterior, con miras a fortalecer y complementar las clases teóricas de refuerzo sonoro en aquellos programas donde se imparten, ya que la reproducción de una práctica de laboratorio con dichos elementos no siempre es posible, y además, exige una correlación con las tendencias vigentes del mercado, como lo recomienda Scheirman [25].

La población entrevistada fue contactada gracias al apoyo de universidades y empresas dedicadas al alquiler y producción de eventos a nivel nacional, relacionando a su grupo de colaboradores y conocidos

con práctica en el tema. Posteriormente, se encontró un desequilibrio en cuanto a sus procesos formativos, lo que motivó a la clasificación de la población participante en dos grandes grupos: empíricos / autodidactas (grupo uno), y profesionales académicos (grupo dos):

- El grupo uno incluye a aquellos encuestados con experiencia empírica y autodidacta en el audio sustentados con años de actividades y formaciones cortas, seminarios y diplomados organizados por marcas del sector en algunas ciudades de Colombia. Dichos espacios educativos no incluyen una planeación superior a las treinta horas, en donde es posible encontrar una oportunidad de formación nocial y conceptual, así como de actualización tecnológica y últimas tendencias del sector. Sobre los inicios en el área del sonido de este grupo, se identificó que el 30% de sus integrantes incursionan de manera accidental al tocar al menos instrumento musical; mientras que el restante 70% inició como utilero, auxiliar o asistente en empresas de renta de equipos aprendiendo de la experiencia y recorrido de otros con más años de práctica.

- El grupo dos corresponde a aquellos profesionales con título de ingeniería de sonido o electrónica, licenciados en música con conocimientos de audio y tecnologías afines, vinculados a la academia o al sector del entretenimiento. En este grupo, se contó con la participación de tres profesionales con estudios de posgrado, dentro de los que vale la pena resaltar las contribuciones de un participante con doctorado en Acústica.

Con el objetivo de generar un equilibrio en cuanto a los aportes, se realizaron diez entrevistas a profundidad por cada grupo, para un total de veinte diálogos contribuyentes al presente estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta una síntesis de los principales aportes producto de la revisión de las veinte entrevistas, sin sesgo y conservando el sentido anónimo de los participantes, indicando en cada subtítulo el aspecto abordado.

3.1 Factores determinantes en el diseño, planeación e instalación de un sistema de sonido para un concierto

En este primer punto cuestionado se obtuvieron aportes muy similares en ambos grupos, resaltando principalmente lo siguiente:

- **Cantidad y distribución del público.** Es considerado un factor muy importante, ya que de acuerdo a un número estimado de asistentes a un evento, es posible realizar una propuesta de diseño para el sistema de sonido del mismo, planear la cantidad aproximada de equipos necesarios y de esta manera, lograr una

cobertura sonora para un determinado espacio. Con respecto a este factor es importante tener en cuenta:

- *Distancia y ancho de la zona de audiencia.* El público siempre busca la proximidad al escenario para cercanía con el artista. Por lo tanto, es necesario considerar cuál será la distancia de la primer fila de la audiencia, ya sea con ubicación preferencial o general, para determinar la colocación y el nivel del *Front fill*, de tal manera que se logre en complemento al Sistema Principal, la cobertura horizontal deseada, y para que las personas más cercanas y centrales perciban el mismo sonido que las demás.

- *Ubicación en el sitio de los asistentes:* parados o sentados. De esta manera se logra proyectar una altura promedio y cobertura vertical uniforme del sonido, además de los ajustes necesarios ante la existencia de graderías y máxima altura de las mismas.

- *Evitar la cercanía del público con alguna parte del sistema.* Particularmente con los *Delays*, que son la parte más distante al Sistema Principal, y el cableado que comunica diferentes partes del PA. Es por ello que se debe recomendar al grupo de logística del evento la colocación de vallas, cintas separadoras o algún tipo de cercamiento para evitar que el público tengan acceso a la manipulación alguna parte del equipo y cableado.

- **Exigencias técnicas de los artistas: Rider.** Por lo general, cuando se trata de la presentación de bandas y agrupaciones musicales con experiencia o reconocidas, estas proponen al empresario o grupo de empresarios una serie de requerimientos técnicos, logísticos, necesidades en cuanto a camerinos, tiempos para prueba de sonido y una distribución gráfica del escenario, llamado *Rider Técnico*. Regularmente, en él se describe una relación de micrófonos requeridos y tipos de señales de audio (*Input List*); una configuración de los subsistemas de PA y monitores; y una representación gráfica de la distribución de los artistas en el escenario (*Stage Plot*). En esta etapa del diseño y como labor previa de los coordinadores o ingenieros de FOH y monitores, se debe informar al empresario y al representante de la compañía de renta de sonido, una propuesta similar si se presenta alguna dificultad para el cumplimiento de dicho Rider (*Contra-Rider*), con el fin de que los músicos, representante o ingeniero de planta, tengan la oportunidad de evaluar su viabilidad y aprobación.

- **Espacio físico.** Se debe considerar si el concierto se realizará en un espacio abierto o cerrado, ya que de esto dependerá la acústica, cantidad de potencia y equipos más adecuados, ante una determinada profundidad, cobertura y propagación sonora. Dependiendo de la geometría del espacio físico, la cantidad de público y su distribución es elegido el sistema electroacústico, así

como su configuración. Si se trata de un recinto cerrado, se analiza la incidencia por reflexiones y absorciones de los materiales del techo, paredes y piso; mientras que, si el evento se realiza en un espacio abierto, se suele considerar el material del piso, grama, cemento, etc.

- **Presupuesto.** Si al propietario de la compañía de renta de sonido se le asigna un presupuesto ajustado o reducido para la realización de un concierto grande, y aprueba la orden del servicio, lo más probable es que los coordinadores de los subsistemas deben maximizar el uso de los recursos para garantizar el éxito del evento. Muchos espectáculos no han llenado las expectativas del público y empresarios por excluir este factor dentro de las prioridades del diseño, quedando en entredicho la calidad del diseño. Es por esto que dos entrevistados del grupo uno (20%) y cinco del grupo dos (50%) comentaron que prefieren no participar en conciertos cuando el sistema implementado no incluye requerimientos mínimos que garanticen el evento por bajos presupuestos.

- **Estructuras para ubicación del sistema PA.** Es de gran repercusión que los auxiliares del PA se cercioren que la estructura donde reposa el Sistema Principal sea estable, resistente y haya quedado asegurada, ya sea para un sistema convencional (*truss*) o para uno tipo line array (*rigging*). Si se trata de un evento en espacio abierto, hay tener en cuenta factores climáticos como el viento y la lluvia que en situaciones adversas pueden atentar contra la seguridad estructural del sistema.

- **Suministro eléctrico.** Si el presupuesto y la magnitud del evento lo permiten, se recomienda la instalación de una planta de energía exclusivamente para el sonido, o en caso de compartir una red trifásica con las instalaciones de luz y efectos especiales, se aconseja independizar una o dos fases únicas para el sistema de refuerzo sonoro. En conciertos grandes, cuando el consumo energético del sistema es alto, se recomienda al personal de producción y logística, la disposición de un electricista que se encargue de anomalías y resolución rápida de problemas.

- **Equipo de trabajo proactivo y mano de obra calificada.** Se considera de vital importancia contar con un buen equipo de trabajo capacitado que responda, ayude y proponga soluciones ante posibles problemas que se presenten. Al igual que en otros campos de ingeniería donde se requieren implementaciones en tiempo real, las acciones del equipo de coordinadores y auxiliares deben ser rápidas y eficaces, ya que las interrupciones de un concierto, impactan de manera negativa los ánimos del público. Debe haber una adecuada coordinación en los procedimientos de instalación, funcionamiento y desinstalación del sistema, a través de la asignación de tareas puntuales con grados de responsabilidad, de acuerdo a la experiencia y conocimiento de

cada colaborador. Recomiendan la mayoría de los entrevistados (80% grupo uno y 70% grupo dos), que dicho equipo de trabajo este conformado por personas que trabajen bajo presión. También, consideraron dos entrevistados del grupo uno, recomendaciones en cuanto a la buena comunicación entre músicos y el personal del evento (ingenieros o auxiliares), ya que de ello dependerá la rápida solución de inconvenientes durante el evento.

- **Temperatura y humedad del lugar del evento.** Dentro de los parámetros atmosféricos siempre se han considerado la absorción del aire, con incidencia directa en altas frecuencias, y la humedad relativa, en donde el campo reverberante producto de una fuente sonora varía de acuerdo al volumen o tamaño del recinto (Webb et al, 2003) [26]. De acuerdo a las opiniones registradas se consideran la temperatura y humedad relativa como factores importantes en condiciones extremas, principalmente en lugares de mucho calor, en donde pueden verse afectados los sistemas electrónicos y electroacústicos por el recalentamiento de los mismos. Por ejemplo en un recinto cerrado sin asistentes, las condiciones acústicas cambiarán la respuesta en frecuencia del sistema, por efecto de la variación de temperatura y humedad.

- **Tiempos para configuración e instalación del sistema de sonido.** Se debe contar con el tiempo suficiente para tomar decisiones que no impacten negativamente la programación del evento. Es por ello que se recomienda instalar con el tiempo necesario para realizar pruebas de medición, alineación y calibración del sistema con diferentes niveles de presiones sonora que permitan poner a punto la configuración propuesta. Vale la pena citar el comentario compartido por uno de los entrevistados: “...se puede decir que existe una relación de directa proporcionalidad entre el tamaño y complejidad del sistema vs. el tiempo requerido para pruebas y mediciones...”. (Entrevistado tres del grupo dos, Comunicación personal, 02 de Marzo de 2013).

3.2 Predicción de la cantidad de potencia y nivel de sonorización requerido para un concierto

Con respecto a este tema algunos de los entrevistados aportaron unos interesantes datos deducidos de sus años de experiencia y labor repetitiva al momento de cuantificar la potencia requerida para el sistema de amplificación de un sistema de sonido en un concierto. Tres de los diez entrevistados del grupo uno conciben que existe una relación directa entre la cantidad de asistentes estimados y la potencia requerida para cubrirlos de manera relativa y adecuada: 10 Vatios o Watts de potencia sonora por asistente, en condiciones normales de un sonido en campo abierto sin complicaciones acústicas; pero argumentan que no se restringen únicamente a dicha aproximación, ya que se

apoyan de algunos programas informáticos orientados a la predicción sonora para el cálculo de la potencia y directividad del sonido. Según Swallow [2], una recomendación para realizar este tipo de predicciones es de 5 vatios por persona en condiciones de contar con un sistema de PA con una eficiencia promedio de amplificación, pero esto puede variar entre 3 y 8 vatios, ya sea un sistema muy eficiente o poco eficiente, respectivamente. Lo anterior, deja ver una proximidad entre estos tres entrevistados a un valor superior de dicha recomendación de Swallow ante un eventual requerimiento adicional de potencia. Uno de ellos comentó: "...en cuestión de potencia como en el cableado es mejor que sobre a que falte...". (Entrevistado seis del grupo uno, Comunicación personal, 18 de Marzo de 2013).

Con respecto a las opiniones del grupo dos, todos recomiendan basarse en la "Ley de la divergencia" o "Ley del inverso cuadrado", en donde se determina en el que disminuye la potencia por unidad de superficie de un frente de onda, conforme éste se aleja de la fuente [15]. Adicionalmente, algunos de ellos (70%) para predecir la propagación sonora del sistema sugieren ejercicios de simulación a través de herramientas informáticas. Por ejemplo, el entrevistado siete del grupo dos propone *Ease Focus*, como un software de gran potencialidad para este tipo de aplicaciones.

3.3 Consideraciones prácticas para la elección de micrófonos y mesas de mezcla para conciertos

En este punto ambos grupos argumentan que, a pesar de la gran variedad de marcas y opciones existentes en el mercado de micrófonos y mesas de mezcla, existe un reducido número de ellas que se destacan por lo que ofrecen en cuanto a:

- *Confiabilidad entre músicos y/o equipo técnico encargado del sonido, y calidad brindada al sector por muchos años.* Existen modelos desarrollados que durante años han funcionado de manera óptima sin mayores inconvenientes, generando un "good well" entre los expertos, inclinando la elección de un equipo gracias a esa "buena experiencia" o esos "buenos comentarios" de otros colegas. En este punto comentó uno de los entrevistados: "...prefiero irme con la marca conocida porque representa una garantía, y en eventos en vivo no hay tiempo de experimentar...". (Entrevistado uno del grupo uno, Comunicación personal, 29 de Agosto de 2012).

- *Estrategias de marketing entre artistas y agrupaciones musicales con empresas reconocidas (marcas), a través de alianzas comerciales y representaciones como imagen corporativa.* Existen marcas que diseñan modelos personalizados a artistas de talla mundial con el interés de que sea de uso exclusivo.

Con respecto a las frecuentes exigencias en *Riders Técnicos*, uno de los entrevistados adicionó: "...si una empresa prestadora de servicios de audio, desea permanecer vigente y estar a la vanguardia en eventos de talla profesional, debe tener en sus inventarios micrófonos y mesas de mezcla que sean estándar del mercado y gocen de reconocimiento mundial, aunque su adquisición por lo general demande altas inversiones, e inclusive existan opciones más baratas con similares prestaciones...".(Entrevistado tres del grupo dos, Comunicación personal, 14 de Septiembre de 2012).

Particularmente en cuanto a la elección de micrófonos, los entrevistados del grupo uno mencionaron que hay que considerar el tipo de música o género musical que se va a implementar, debido a que la robustez puede ser un criterio importante en algunos géneros de mucha percusión o movimiento de músicos, contrario a los conciertos de sonidos menos exigentes. Adicionalmente, algunos entrevistados del grupo uno (40%) resaltaron algunos adjetivos empleados de manera frecuente para caracterizar micrófonos y altavoces, ya sea por su funcionamiento o respuesta en frecuencia: "brillante", "gordo", "grueso", y "opaco", son algunas de las palabras utilizadas para generar asociación entre modelos y referencias entre marcas.

Para el caso particular de mesas de mezcla, existe un factor adicional asociado a la familiaridad y horas de trabajo previo con el equipo que beneficia el uso de algunos modelos. En este caso, han aparecido obstáculos en el manejo de algunas referencias debido a las diferentes tecnologías y desarrollos de cada empresa, convirtiendo esto en una desventaja si el modelo a usarse no es del dominio del Ingeniero de FOH o Monitores, y más aún, cuando en la realización del evento no hay tiempo de consultar manuales de operación. En este punto, uno de los entrevistados comentó: "...si la mesa de mezcla propuesta para el evento es muy compleja de manejar y no tengo experiencia en ella, prefiero cambiarla por una vieja conocida...". (Entrevistado siete del grupo uno, Comunicación personal, 05 de Agosto de 2013).

3.4 Síntesis de elementos de diseño y montaje para refuerzo sonoro

A continuación se presenta en la tabla 3 un paralelo de los principales elementos considerados (algunos ya mencionados) durante las etapas de diseño y montaje de un concierto, observados desde cuatro perspectivas: propagación sonora, consideraciones acústicas, componentes del sistema electroacústico, y la logística y producción del evento. En la primera columna referida para la etapa de diseño, se incluyen conceptos teóricos del sonido que impactarían el concierto, y en la segunda columna en la etapa de montaje, se expresan aquellos elementos que podrían variar lo contemplado en el diseño.

Tabla 3. Principales elementos prácticos considerados para un concierto durante las etapas de diseño y montaje.
Table 3. Key practical elements considered for a concert during the stages of design and assembly.

ETAPA DE DISEÑO	ETAPA DE MONTAJE
PROPAGACIÓN SONORA	
Fenómenos asociados a las ondas acústicas (reflexión, refracción, absorción, difracción, reverberación, y velocidad de propagación)	Incidencias particulares del lugar en cuanto a edificaciones vecinas, árboles y obstáculos cercanos
CONSIDERACIONES ACÚSTICAS	
Pérdidas de nivel por Ley inversa de cuadrados	Absorción de la audiencia como obstáculo de propagación, y distancia de la profundidad del recinto
Pérdidas de nivel por cambios de humedad	Humedad típica de la región del país o del lugar, y su incidencia en las frecuencias altas
Pérdidas de nivel por cambios de temperatura y viento	Las variaciones por temperatura son menores, aunque un gradiente importante de ésta y la incidencia del viento pueden alterar la proyección del sonido y respuesta en frecuencia
Incidencias por ruido ambiental y el del público	Medición del ruido ambiental o el producido por el público, y su incidencia con el nivel del PA
COMPONENTES DEL SISTEMA DE SONIDO	
Cables, conectores y transmisión de la señal de audio	
Tipos de conectores, cables y adaptadores	Consideración de conectores, cableado y adaptadores adicionales. Seguridad en el manejo, instalación y protección ante la exposición a la audiencia.
Transmisión alámbrica análoga	Tipo, cantidad y longitud de cables, así como distribución, ubicación y organización de tramos excedentes. Evitar exposición a la audiencia con protección a través de ductos
Transmisión alámbrica digital	Pruebas de funcionamiento y estabilidad, así como la verificación de seguros en conectores y cableado. Evitar exposición a la audiencia con protección a través de ductos
Transmisión inalámbrica análoga o digital	Pruebas de funcionamiento; rangos de frecuencia de otros dispositivos inalámbricos, rangos de distancia y línea de vista entre transmisores y receptores, pruebas de estabilidad
Micrófonos	
Características técnicas de los micrófonos (sensibilidad, respuesta en frecuencia, distorsión, directividad, impedancia nominal y de carga mínima, ruido, margen dinámico)	Marcas y modelos, ubicación con respecto a la fuente; estado y vida útil; confiabilidad de funcionamiento, pruebas previas y desempeño en eventos anteriores; estado de los conectores
Tipo de transducción (dinámicos, de condensador)	Activación de fuente <i>phantom</i> si es de condensador
Tipo de aplicación (instrumentos, voces, inalámbricos, de mano, de solapa, de diadema, de superficie o zona de presión)	Accesorios adicionales para micrófonos (consideración de pantalla antiviento, bases y soportes, en inalámbricos baterías; cajas directas)
Altavoces y cajas directas	
Características técnicas de los altavoces (sensibilidad, respuesta en frecuencia, potencia, impedancia eléctrica de entrada y nominal, potencia, directividad, eficiencia, distorsión)	Marcas y modelos, ubicación con respecto a la fuente; estado y vida útil; confiabilidad de funcionamiento; pruebas previas y desempeño en usos anteriores; estado de los conectores
Tipos de audífonos (respuesta plana, monitores <i>in-ear</i>)	Estado del cable y conectores de audífonos, y batería si la requiere
Tipo de alimentación con respecto al sistema (cajas activas, amplificadores y cajas pasivas, mixto)	Cantidad, tipo y longitud de los cables de poder y de audio acorde al sistema. Si es activo, debe considerarse mayor cantidad de cables de poder

Tipos de cajas acústicas (apilados o colgados, <i>line array</i> o convencionales)	Estabilidad o rigidez de la ubicación; distancia con respecto a la audiencia; protección a la exposición frente a cambios de clima (sol, lluvia, granizo)
Mesas de mezcla	
Tipo de mesa y aplicación (análoga o digital)	Marcas y modelos, estado y vida útil, confiabilidad de funcionamiento, pruebas previas y desempeño en eventos anteriores, estado de los conectores, <i>faders</i> y botones
Amplificadores	
Características generales de los amplificadores (sensibilidad de entrada, impedancia de entrada y de salida, respuesta en frecuencia, potencia y nivel de salida, relación señal/ruido, distorsión)	Marcas y modelos, estado y vida útil, confiabilidad de funcionamiento, pruebas previas y desempeño en eventos anteriores, estado de los conectores, <i>faders</i> y botones
Tipo de preamplificadores y clase de los amplificadores (A, B, AB, D, E, H, integrados)	Tipo de aplicación, inventario o sistema según <i>rider</i>
Modelos de distribución de potencia (alta y baja impedancia)	
Conexión de amplificadores (bridge o puente, estéreo, paralelo)	
Procesadores de dinámica y frecuencia	
Tipo de ecualizadores (paramétricos, gráficos), crossover (dos, tres o cuatro vías), compresores, limitadores, compuertas, expansores, etc.	Marcas y modelos; estado y vida útil; confiabilidad de funcionamiento; pruebas previas y desempeño en eventos anteriores; estado de los conectores; <i>faders</i> y botones; tipo de aplicación, e inventario proporcionado por la empresa de suministro del sistema
LOGÍSTICA Y PRODUCCIÓN	
Preproducción y propuesta logística de implementación del diseño	Consideración de opciones adicionales de diseño
Experiencia de talento humano y distribución de los equipos de trabajo	Tiempos de trabajo, refrigerios, seguridad social y laboral, capacitación inicial y supervisión de tareas realizadas. Grado de experiencia del personal
<i>Riders</i> y contra- <i>riders</i>	Flexibilidad negociada ante propuestas y sugerencias
Tipo de señales de prueba (ruido rosa)	Valoración objetiva y subjetiva en pruebas de sonido con señales y música de referencia o grabada en formato WAV
Rango dinámico de cada elemento de la cadena de audio, según manuales	Verificación del rango dinámico en cada etapa del sistema en pruebas de sonido

4. CONCLUSIONES

- En el presente artículo se presenta un conjunto de elementos prácticos resultado de una aplicación de ingeniería electrónica y acústica en la producción de conciertos, abordada desde el área de refuerzo sonoro y sonido en vivo. Veinte personas con un mínimo de cinco años de experiencia en el campo, participaron a través de entrevistas en profundidad, organizadas en dos grupos, tomando como criterio de clasificación sus diferentes procesos de formación: *empíricos/autodidactas* (grupo uno), y *profesionales académicos* (grupo dos). Con dichas experiencias y aportes, se encontraron importantes contribuciones prácticas que no se consideran con frecuencia en ejercicios didácticos y pedagógicos en el área, ya sea por la complejidad que exige su recreación

en el aula, o por los años de práctica de los expertos, que permiten analizar los factores que inciden de manera significativa en la realidad. El posicionamiento en el mercado y los gustos particulares de artistas o empresarios por algunas marcas han convertido algunas referencias de elementos de la cadena de audio en opciones casi obligadas en los *riders* técnicos; los presupuestos; los tiempos de instalación y pruebas de complejos sistemas; y la mediación entre lo subjetivo y objetivo, son algunas de los elementos aquí planteados, como factores que vislumbran el componente real de este tipo de diseño e implementación de ingeniería.

- Los autores reconocen que las opiniones aquí planteadas pueden generar diferentes posturas e inclusive ser válidas únicamente en Colombia, pero

más allá de ello implican la integración con otras disciplinas de una aplicación real de ingeniería. Elementos de tipo logístico y de producción de conciertos, recomendaciones desde una etapa de diseño, optimización de tiempos de instalación evitando rediseños sobre la marcha, buscan garantizar desde el aspecto sonoro el éxito del espectáculo. Con esto, se invita a la comunidad académica relacionada con los procesos formativos y académicos en el campo de estudio referido, a debatir sobre el componente práctico e interdisciplinar que deben considerar los diseños modernos de ingeniería, como un caso de ejemplo válido y extrapolable a cualquier otra aplicación, partiendo del requerimiento transversal de una formación de competencias en ingeniería.

REFERENCIAS

- [1] M. Talbot-Smith, Sound Engineering Explained, 2nd ed., Woburn, MA: Focal Press, 2002.
- [2] D. Swallow, Live Audio, The art of mixing a show, Burlington, MA: Focal Press, 2011.
- [3] M.S. Ureda, "Line Arrays: Theory and Applications," in AES 110th Convention in Audio Engineering Society, Amsterdam, 2001.
- [4] D. Davis and E. Patronis, Sound System Engineering, 4th ed., Burlintong: Focal Press, 2013.
- [5] C. Foreman, "Sound System Design," in Handbook for Sound Engineers, 4th ed., Burlington, MA, Focal Press, 2008, p. 1778.
- [6] B. McCarthy, Sistemas de sonido, diseño y optimización, Sevilla: Editorial Alavena, 2009.
- [7] J. Vasey, Concert Sound And Light Systems, Boston: Focal Press, 1990.
- [8] B. Webb and J. Baird, "Advances in Line Array Technology for Live Sound," in AES 18th UK Conference, Londres, 2003.
- [9] B. Gibson, The Ultimate Live Sound Operator's Handbook, Milwaukee, WI: Hal Leonard Books, 2011.
- [10] F. Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, Rosario: UNR Editora, 2000.
- [11] R. Biederman and P. Pattison, Basic Live Sound Reinforcement, New York: Focal Press, 2014.
- [12] B. Evans, Live Sound Fundamentals, Boston, MA: Course Technology, 2011.
- [13] J. Huntington, Control Systems for Live Entertainment, Burlintong: Elsevier, 2007.
- [14] A.G. Digón and P. Ferrer, Configuración y ajustes de sistemas de sonido, Bogotá: Ediciones de la U, 2014.
- [15] F. Rumsey and T. McCormick, Sound and Recording, London: Elsevier, 2009.
- [16] D.H. Kaye and D.L. Klepper, "Sound System Specifications," *Journal Of The Audio Engineering Society*, pp. 167-170, 1962.
- [17] I. Cuenca David and E. Gómez Juan, Tecnología básica del sonido I, Madrid: Paraninfo, 2005.
- [18] F. Reyes Roncancio, "Diez factores de éxito para la formación de competencias en ingeniería a partir de la experiencia práctica," *Revista Educación en Ingeniería*, pp. 37-49, 2006.
- [19] E. Nordström and C. Stenbacka Nordström, "Audio Engineering As Co-Operation. Learning Experience In A Multi-Professional University Learning Environment," in AES 50th International Conference, Murfreesboro, TN, 2013.
- [20] F. Rumsey, "Live sound: Things to get right," *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 59, no. 12, pp. 986-990, December 2011.
- [21] S.B. Merriam, "Introduction To Qualitative Research," in *Qualitative Research In Practice: Examples for discussion and analysis*, San Francisco, Jossey Bass, 2002, pp. 3-15.
- [22] R.K. Yin, Case Study Research: Design and Methods, London: SAGE Publications, 2003.
- [23] D. Williams, "Distance learning strategies for sound recording technology," in AES Convention Paper 8703 133rd Convention 2012 October 26-29 , San Francisco, USA, 2012.
- [24] S. Taylor and R. Bodgan, Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación, Buenos Aires: Paidós, 1986.
- [25] D. Scheirman, "Are Audio Education Programs Keeping Pace With New Developments In Industry?," in AES 50th International Conference, Murfreesboro, TN, 2013.
- [26] W.K. Connor, "Theoretical and Practical Considerations in the Equalization of Sound SyStems," in *Eighteenth Annual Fall Convention of the Audio Engineering Society*, New York, 1965.