

**Construcción de una Guía para el Diseño, Instalación y Configuración de Sistemas de  
Sonido Ambiental en Espacios Cerrados Utilizando Circuitos en Línea de 70V y 100V.**

William Camilo Fontecha

Asesor

Cristian Orlando Perdomo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería  
Tecnología en Producción de Audio

2026

## Resumen

Esta investigación estudia los lineamientos y procesos utilizados actualmente en la implementación de sistemas de sonido ambiental y distribuido.

La población objetivo está compuesta por empresas integradoras de Colombia y su personal técnico y comercial, a quienes se les realizaron entrevistas y se les acompañó a sus proyectos ya finalizados o en curso, con el objetivo de conocer sus experiencias, aciertos, fallos y los criterios que consideran en las diferentes fases de un proyecto de refuerzo sonoro mediante circuitos de alta impedancia.

A partir de la información obtenida, se analizó el material, esto permitió identificar patrones, similitudes y diferencias en los métodos aplicados por parte de los ingenieros de diseño, el equipo de instalación y el área comercial que atienden las diferentes etapas de los proyectos.

Uno de los hallazgos más relevantes permite concluir que, aunque los equipos de audio de instalación, como amplificadores, altavoces, cableado, matrices, entre otros, independientemente de la marca, comparten especificaciones técnicas y disponen de un manual de operación, estos aspectos y recursos en muchos casos son omitidos, bien sea por limitaciones presupuestales, desconocimiento o falta de acompañamiento por parte de las empresas distribuidoras y representantes de las marcas en el país. Esto evidencia la ausencia de lineamientos estandarizados en la industria local que garanticen una óptima implementación de estos sistemas.

Como resultado, este proyecto de investigación propone el desarrollo de una guía de referencia, construida a partir de experiencias reales e información recibida directamente de los agentes que lideran este segmento en el mercado, con el fin de entregar una herramienta útil

tanto para las empresas integradoras, técnicos e ingenieros, como para la comunidad académica.

Esto contribuirá a la mitigación de errores y a la mejora en la calidad del proceso de diseño e

instalación de sistemas de refuerzo sonoro ambiental.

## **Abstract**

This research analyzes the processes and criteria applied in the implementation of ambient and distributed sound systems using high-impedance circuits.

The study focused on integration companies in Colombia, including their technical and commercial staff, through interviews and direct observation of completed projects. The analysis of the collected information allowed the identification of patterns, similarities, and differences in the methods applied by design engineers, installation teams, and commercial advisors.

The findings reveal that, although installed audio equipment such as amplifiers, loudspeakers, cabling, and control matrices shares standardized technical specifications, their correct implementation is often hindered by budget constraints, lack of knowledge, or insufficient technical support from distributors and brand representatives. This highlights the absence of standardized guidelines in the local industry.

As a result, a reference guide is proposed, built from real-world experiences and direct input from industry professionals, aiming to serve as a practical tool for integration companies, technicians, engineers, and the academic community, contributing to error reduction and quality improvement in the design and installation of ambient sound reinforcement systems.

## Tabla de Contenido

Tabla de Figuras.....	12
Lista de Tablas .....	14
Introducción .....	15
Definición del Problema .....	16
Justificación .....	18
Objetivos.....	19
Objetivo General .....	19
Objetivos Específicos .....	19
Marco Referencial.....	20
Sistemas de sonido ambiental y distribuido. ....	20
Circuitos de alta impedancia. ....	20
Requerimientos técnicos en sistemas de sonido ambiental. ....	20
Cobertura. ....	20
Ruido y presión sonora (SPL). ....	21
Selección de equipos. ....	21
Estado del Arte.....	23
Marco Teórico.....	25
Qué es un sistema de refuerzo sonoro. ....	25
Sistema de sonido distribuido o ambiental.....	25

Componentes de un sistema de refuerzo sonoro ambiental. ....	25
Altavoces. ....	26
Parlantes de techo (ceiling speakers). ....	26
Parlantes de superficie o de sobreponer (surface speakers). ....	27
Altavoces de columna o de arreglo lineal (line array speakers). ....	27
Amplificadores ....	28
Amplificadores de baja impedancia. ....	28
Amplificadores de alta impedancia. ....	29
Amplificadores Multizona. ....	29
Amplificadores con DSP, Función de matriz y mezcladora. ....	30
Matrices de control. ....	30
Fuentes de audio ....	31
Micrófonos. ....	31
<i>Micrófonos cuello de ganso.</i> ....	32
Reproductores de audio. ....	32
Cableado estructurado ....	33
Cable dúplex o de parlante. ....	33
Cables de señal: ....	34
Cables de red: ....	35
Ductos y canaletas. ....	35
Ductería o ductos eléctricos. ....	35
Canaletas. ....	36
Parámetros técnicos clave para el diseño. ....	36
Nivel de ruido y SNR. ....	36
Presión sonora (SPL). ....	36
Sensibilidad de los altavoces. ....	36

Ángulo de cobertura. ....	37
Atenuación por distancia .....	37
Inteligibilidad.....	38
Distancia crítica .....	39
Etapas de un sistema de refuerzo sonoro ambiental.....	40
Visita técnica, levantamiento o estudio de planos.....	40
Diseño del sistema.....	40
Cálculo de presión sonora y cobertura .....	41
Sonorización por zonas.....	42
Central de control .....	42
Diagrama de bloques y conexiones .....	43
Instalación del sistema.....	43
Enrutamiento de señales .....	44
Sonorización por zonas y combinación de cuartos.....	45
Canales prioritarios.....	46
Metodología .....	47
Enfoque de la metodología.....	47
Tipo de investigación. ....	47
Población.....	48
Diseño de investigación. ....	49

Métodos para la consecución de proyectos y negocios. ....	49
Técnicas e instrumentos para recolección de la información. ....	50
Muestra. ....	51
Variables de investigación. ....	51
Variable dependiente. ....	51
Definición conceptual. ....	51
Definición operacional. ....	52
Variable independiente. ....	52
Definición Conceptual. ....	52
Definición operacional. ....	52
Preparación de los datos para su análisis. ....	52
Desarrollo, Análisis y Resultados. ....	53
Desarrollo. ....	53
Análisis. ....	54
Información general de las empresas entrevistadas. ....	55
Estructura técnica y talento humano. ....	57
Conocimientos técnicos y aplicación de normas internacionales. ....	58
Modelo comercial. ....	59
Marcas utilizadas y volumen de proyectos. ....	60
Modelo comercial aplicado. ....	61
Proyectos destacados por empresa. ....	62

## Propuesta de Guía para el Desarrollo de Sistemas de Sonido Distribuido, Utilizando

Líneas de 70V y 100V. ....	64
Introducción a la guía. ....	64
Paso 1. Definir el alcance del sistema. ....	64
Tipo de espacio. ....	65
Preguntas guía en este punto. ....	65
Función del sistema ....	66
Cantidad de zonas y su gestión. ....	67
Preguntas guía: ....	67
Requisitos operativos. ....	68
Preguntas guía. ....	68
Paso 2. Caracterizar el entorno acústico. ....	68
Medición o estimación de ruido ambiente. ....	69
Preguntas guía: ....	69
Procedimiento recomendado; ....	69
Materiales y superficies ....	70
Factores a observar: ....	70
Tiempo de reverberación e inteligibilidad. ....	71
Procedimiento: ....	71
Paso 3: Cobertura y audiencia. ....	72
Medición del área a cubrir ....	73
Procedimiento: ....	73
Altura del techo y geometría del espacio. ....	73

Nivel de presión sonora (SPL) objetivo. ....	74
Ejemplo de uso de software de estimación de cobertura y presión sonora .....	75
Datos del espacio en la aplicación. ....	76
Selección de altavoces .....	77
Establecimiento de la presión sonora objetivo.....	78
Se establece la altura de ubicación de los parlantes.....	79
Resultado.....	80
Paso 4 Estimación de la potencia requerida .....	80
Sensibilidad del altavoz .....	81
Atenuación por distancia .....	81
Selección del amplificador .....	83
Suma de los taps: .....	83
Paso 5: Selección de equipos. ....	84
Selección de altavoces. ....	84
Criterios principales. ....	84
Selección de amplificadores .....	85
Criterios básicos.....	85
Selección de matrices, consolas o procesadores de señal.....	86
Cantidad de zonas. ....	86
Amplificadores con mezclador o matriz incorporada.....	86
Protección eléctrica y respaldo .....	86
Acondicionadores .....	87
Reguladores y UPS. ....	87
Recomendaciones finales .....	87
Paso 6: Distribución física y cableado .....	87

Distribución de los altavoces .....	87
Cableado de altavoces con líneas de alta impedancia 70V y 100V.....	88
Conexión en serie:.....	88
Conexión en paralelo. ....	89
Paso 7: Puesta en marcha y pruebas de funcionamiento.....	91
Inspección Previa.....	91
Cableado. ....	91
Conectores.....	91
Protección. ....	91
Etiquetado. ....	91
Energización del sistema .....	91
Conexión entre equipos .....	92
Enrutamiento .....	92
Pruebas acústicas y de nivel .....	93
Documentación y entrega .....	93
Mantenimiento preventivo y correctivo.....	94
Mantenimiento preventivo.....	94
Mantenimiento correctivo.....	95
Diagrama de flujo de los pasos. ....	95
Conclusiones .....	97
Recomendaciones .....	98
Bibliografía .....	99

**Tabla de Figuras**

<b>Figura 1</b> .....	26
<b>Figura 2</b> .....	27
<b>Figura 3</b> .....	28
<b>Figura 4</b> .....	28
<b>Figura 5</b> .....	29
<b>Figura 6</b> .....	30
<b>Figura 7</b> .....	31
<b>Figura 8</b> .....	32
<b>Figura 9</b> .....	34
<b>Figura 10</b> .....	34
<b>Figura 11</b> .....	35
<b>Figura 12</b> .....	37
<b>Figura 13</b> .....	39
<b>Figura 14</b> .....	41
<b>Figura 15</b> .....	43
<b>Figura 16</b> .....	45
<b>Figura 17</b> .....	76
<b>Figura 18</b> .....	77
<b>Figura 19</b> .....	78
<b>Figura 20</b> .....	79
<b>Figura 21</b> .....	80

**Figura 22** ..... 89

**Figura 23** ..... 89

**Figura 24** ..... 96

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> .....	55
<b>Tabla 2</b> .....	57
<b>Tabla 3</b> .....	58
<b>Tabla 4</b> .....	60
<b>Tabla 5</b> .....	61
<b>Tabla 6</b> .....	62
<b>Tabla 7</b> .....	70
<b>Tabla 8</b> .....	82

## **Introducción**

Los sistemas de sonido para perifoneo, música y anuncios son una herramienta necesaria y vital para el adecuado desarrollo de actividades en ciertos espacios como centros comerciales, almacenes de cadena, hospitales, plantas de producción, entre otros. Sin embargo, en algunos de estos, la calidad de estos sistemas es deficiente, lo que dificulta la adecuada comunicación entre el emisor y el receptor, trayendo como consecuencia, pérdida de ventas, malestar en los usuarios y costos recurrentes de reparación y mantenimiento.

Por lo anterior mencionado, el presente proyecto de investigación está enfocado en (determinar) elaborar una guía de referencia para el diseño e instalación de sistemas de sonido ambiental en espacios cerrados, que sirva como herramienta vivencial para quienes participan en esta labor o tienen interés en ella.

Con base en información suministrada por técnicos, instaladores, ingenieros de sonido y gerentes de empresas dedicadas a esta labor, se identificarán los criterios más relevantes y los errores más recurrentes durante los procesos de diseño, instalación y configuración de sistemas de sonido ambiental en espacios cerrados, permitiendo al lector adquirir conocimientos suficientes para desenvolverse adecuadamente en el sector.

## Definición del Problema

Las empresas de instalaciones comerciales de audio como integradores, casas de domótica y empresas de acústica, son las encargadas de realizar el diseño e implementación de sistemas sonoros para edificios, centros comerciales, hospitales, restaurantes, bares, entre otros. Sin embargo, en muchos de estos espacios no se logra una calidad sonora adecuada, lo que dificulta la comunicación y genera una experiencia negativa para los clientes o visitantes.

En hospitales, por ejemplo, un sistema de sonido con baja inteligibilidad puede aumentar el tiempo de espera en las salas médicas, ya que los llamados a pacientes y doctores no son comprendidos con claridad. En centros comerciales y tiendas; el sistema de perifoneo y música ambiental debe ofrecer al cliente toda una experiencia sonora de calidad en la que reciba de forma clara las ofertas de servicios y productos disponibles, además de música de fondo que amenice su estancia. Un sistema de sonido distribuido con una respuesta de frecuencia pobre, una baja cobertura y una presión sonora inferior o igual al nivel de ruido se convierte en una desventaja en lugar de un beneficio para los establecimientos comerciales.

Por otra parte, un sistema de sonido mal asesorado y diseñado de forma incorrecta, afectará las demás fases del proyecto (instalación, obra civil, configuración, entre otros), lo que se traduce en sobrecostos operativos, retrasos en la entrega e insatisfacción del cliente final. En gran medida este tipo de errores obedecen a la inexperiencia, falta de conocimiento, falta de profesionalismo y a priorizar el presupuesto por encima de lo técnico.

Ante el anterior panorama, surge la siguiente pregunta problema:

¿Qué criterios técnicos y comerciales se utilizan durante las diferentes fases de la implementación de un sistema de sonido ambiental mediante circuitos de alta impedancia, y

cómo la obtención de esta información puede contribuir a la creación de una guía de referencia que mejore la calidad y eficiencia de estos sistemas?

## Justificación

Los sistemas de sonido distribuido o de sonido ambiental, ejecutados mediante circuitos de alta impedancia, representan uno de los pilares fundamentales en espacios como restaurantes, hospitales, hoteles y establecimientos de comercio. Tales sistemas permiten una comunicación continua y ambientación sonora que genera una conexión entre el lugar y el usuario. Sin embargo, con frecuencia se encuentran fallos en el cableado, cobertura o inteligibilidad, errores fácilmente prevenibles desde la fase de diseño. (Centro Auditivo Cuenta, 2020).

A pesar de que existe información técnica en los manuales en los manuales de los fabricantes de equipos, frecuentemente se pasa por alto. Según entrevistas y conversaciones con agentes del medio, como representantes de marcas, ingenieros, instaladores, asesores comerciales y personal de compañías integradoras (observación directa, 2025), la barrera idiomática de algunos manuales y la delegación de decisiones técnicas en personal comercial que prioriza aspectos presupuestales y de comisión, incrementa los errores de instalación y diseño. Estas situaciones derivan en sobrecostos, mala utilización de los recursos, pérdida de tiempo e insatisfacción por parte del cliente final.

En ese contexto, la elaboración de una guía de referencia técnica basada en conceptos teóricos y experiencias reales, aportará a la comunidad académica y a los agentes del sector, una herramienta de apoyo que mejore las decisiones técnicas e incluso comerciales en el desarrollo de este tipo de proyectos de sonido ambiental o audio distribuido.

## Objetivos

### Objetivo General

Estudiar y analizar los procesos y experiencias tanto técnicas como comerciales aplicados en la implementación de sistemas de sonido ambiental utilizando circuitos de alta impedancia, con el fin de desarrollar una guía de referencia que contribuya al mejoramiento operativo de estos sistemas.

### Objetivos Específicos

Establecer una comunicación efectiva y de confianza con personal técnico, comercial y ejecutivo de empresas integradoras, distribuidoras e importadoras representativas del sector, con el fin de obtener información de los procesos internos que utilizan para la implementación de sistemas de sonido ambiental.

Estudiar las debilidades y necesidades técnicas y de capacitación del personal de empresas integradoras, distribuidoras e importadoras, representativas del sector, en relación con la oferta, diseño, instalación y configuración de sistemas de sonido ambiental utilizando circuitos de alta impedancia.

Identificar y analizar las preferencias y criterios tenidos en cuenta por parte de empresas integradoras, distribuidoras e importadoras, representativas del sector a la hora seleccionar equipos para la implementación u oferta de sistemas de sonido ambiental, mediante circuitos de alta impedancia.

## **Marco Referencial**

### **Sistemas de sonido ambiental y distribuido.**

Los sistemas de sonido ambiental, también denominados sistemas de audio distribuido, son configuraciones de altavoces ubicados de manera estratégica para ambientación, llamados de emergencia y alarmas, voceo y anuncios en espacios comerciales, residenciales, industriales, hospitalarios, educativos y de entretenimiento (Vivas & García, 2011). Su finalidad es brindar una correcta inteligibilidad, cobertura y presión sonora, garantizando que el mensaje o música sea comunicado y recibido de forma clara y precisa, aun cuando haya ruido de fondo constante.

### **Circuitos de alta impedancia.**

Campo (2015) señala que un sistema de audio de alta impedancia, mediante líneas de 70V y 100V, permite minimizar la pérdida de potencia en tramos largos de cableado y facilita la conexión de múltiples altavoces utilizando una conexión en paralelo. Esta topología, simplifica el diseño, reduce costos y fija un estándar para el desarrollo de proyectos a mediana y gran escala, especialmente cuando las distancias son largas y la cantidad de altavoces a utilizar superan sustancialmente las salidas disponibles en el amplificador.

### **Requerimientos técnicos en sistemas de sonido ambiental.**

Como se ha expuesto anteriormente, existen parámetros fundamentales que determinan la calidad y el enfoque que debe darse a un sistema. Estos parámetros, en el escenario ideal, no deberían ser negociables cuando se busca una implementación eficiente tanto en temas presupuestales como técnicos, entre ellos destacan:

#### ***Cobertura.***

Es una característica variable entre diferentes tipos de altavoces, bien sea por su tamaño, disposición o diseño, sin embargo, el objetivo de este apartado es mantener en el área de escucha

una cobertura homogénea, que evite puntos muertos o con exceso de presión sonora, para ello se debe calcular correctamente la distancia entre altavoces y su ubicación dentro del espacio a sonorizar. (Yamaha Corporation, 2018).

### ***Ruido y presión sonora (SPL).***

De acuerdo con el curso de Megafonía de Optimus, Sonido y Comunicación, (2011), todo espacio en el que se pretenda desarrollar sistemas de sonido distribuido, presenta un nivel de ruido ambiente, propio de la actividad que allí se desarrolle. Razón por la que se deberá garantizar una presión sonora promedio de al menos 15 dB por encima del nivel de ruido medido. Esta diferencia permitirá enmascarar el ruido, asegurando la inteligibilidad y la reproducción musical clara y perceptible.

### ***Selección de equipos.***

La selección apropiada de altavoces, amplificadores, cableado, canaletas, ductería y accesorios, impacta directamente la calidad obtenible del sistema. Según Optimus (2011) y Yamaha Corporation (2018), deben considerarse aspectos clave, como la sensibilidad, repuesta de frecuencia y la calidad de los transformadores incorporados. Adicionalmente, factores como la garantía, el soporte local, disponibilidad y la confiabilidad para los procesos de postventa, aunque menos técnicos cobran una relevancia significativa. Aunque la decisión en esta fase está fuertemente influenciada por el factor económico y comercial, deben tenerse en cuenta las limitaciones técnicas que agrega una negociación basada exclusivamente en aspectos financieros. Basado en lo observado durante el proceso de investigación y entrevistas (observación personal, 2025).

En síntesis, los sistemas de sonido ambiental bien logrados requieren pilares fundamentales como el diseño correcto de circuitos de conexión y cuidadosa selección de

equipos, aspectos que no deberían ser omitidos si se busca la realización de instalaciones de calidad. Estos conceptos serán la base para la creación de la guía propuesta en este proyecto, que llevará no solo un enfoque técnico sino comercial y operativo, de acuerdo con las particularidades propias del sector en Colombia.

## Estado del Arte

El presente Estado del Arte, analiza y recopila proyectos académicos, ensayos y publicaciones relacionados con el diseño e implementación de sistemas de audio distribuido. Esta revisión permitió identificar las metodologías y criterios recurrentes en el desarrollo de este tipo de sistemas que buscan fines similares, los cuales son el sustento teórico sobre el que se fundamenta la presente investigación.

Los aportes académicos, principalmente tesis y proyectos de grado, se enfocan en el diseño de sistemas de megafonía empleando circuitos de alta impedancia (70V y 100V). Entre ellas se destaca el trabajo de Campo (2015), que propone el diseño de un sistema de audio distribuido para la sede Queri de la Universidad de las Américas. Aunque su proyecto es sólido y bien fundamentado desde el punto de vista técnico y acústico, no profundiza en fases como la instalación o la puesta a punto. Por su parte, García y Vivas (2011) en su documento académico mencionan aspectos claves como la instalación y ubicación de ductos o canaletas para el cableado; sin embargo, no sugieren un paso a paso específico para la fase de instalación o la disposición de los circuitos en paralelo propuestos.

En cuanto a las lecturas de índole no académica, como artículos e información disponible en la web publicada por Yamaha Corporation (2018), Yamaki (2025) y Doctor Proaudio (2014), se resalta la importancia de una correcta selección de equipos basada en sus especificaciones, haciendo énfasis en las ventajas que ofrece el uso de conexiones en paralelo.

No obstante, si bien la información existente ofrece una base sólida y completa en aspectos técnicos como el diseño de ubicación de los altavoces, la predicción de presión sonora o la selección de equipos, hay poca documentación que señale aspectos como el uso de cajas de inspección, borneras de distribución para instalaciones más limpias o aspectos comerciales y de

negociación que son claves a la hora de vender un proyecto, lo que refuerza la viabilidad de obtener una guía de referencia que cubra estos vacíos y sirva como herramienta para agentes del sector, tanto estudiantes como profesionales y empíricos.

## **Marco Teórico**

### **Qué es un sistema de refuerzo sonoro.**

Un sistema de refuerzo sonoro consiste en el montaje de equipos como amplificadores, parlantes, procesadores de señal, consolas de audio y micrófonos que, conectados entre sí, permiten amplificar sonidos pregrabados o ejecutados en vivo. El fin de este es hacer que el sonido se pueda extender a un mayor número de personas (Optimus Sonido Y Comunicación, 2016).

### **Sistema de sonido distribuido o ambiental.**

Los sistemas de refuerzo sonoro enfocados al sonido ambiental, están destinados principalmente a reproducción de música y anuncios, los más claros ejemplos de este tipo de sistemas los encontramos en almacenes de cadena, aeropuertos, tiendas de ropa, bares de tertulia, hospitales y restaurantes. En todos los anteriores casos tenemos sistemas dedicados a la amplificación de fuentes sonoras; en los almacenes de cadena se utiliza música suave que relaja a los visitantes y los hace más receptivos a los constantes anuncios publicitarios que emiten, por su parte los aeropuertos y hospitales cuentan con un sistema de sonido similar en cuanto a su amplificación y el tipo de parlantería, pero es utilizado únicamente para emitir anuncios y llamados (Tecnelec de Antioquia 2018).

### **Componentes de un sistema de refuerzo sonoro ambiental.**

Los sistemas de refuerzo sonoro cambian en su composición de acuerdo a la aplicación u objetivo que se busque, existen sistemas de refuerzo sonoro para conciertos, prédicas, anuncios o simplemente para reproducir música y usarla para crear ambientes por medio de ella, lo que tienen en común es que todos requieren de corriente eléctrica, altavoces, procesadores de señal,

cableado, una fuente de sonido como una voz, instrumentos musicales, reproductores de audio, entre otros. (Yamaha Corp 2018).

### ***Altavoces.***

Son uno de los primeros aspectos a considerar a la hora de planificar un sistema de sonido ambiental, los puntos más importantes para elegir uno u otro se basa en la aplicación objetivo, el diseño arquitectónico del espacio a sonorizar, el índice de protección, la potencia y la sensibilidad.

**Parlantes de techo (ceiling speakers).** Diseñados para empotrarse en el techo, entre el cielo falso y la placa de concreto, permitiendo un acabado estético y ras de la superficie, sin interferir con la decoración interior, ofrecen un ángulo de cobertura amplio y son poco direccionales, entregando una cobertura uniforme en espacios cerrados. Algunos altavoces de techo incorporan un transformador de 70V y 100V. (Yamaha Corp 2018).

### **Figura 1**

*Parlante de techo S5*



*Nota.* Altavoz convencional de incrustar en techo. Tomado de: *Mejor sonido para instalaciones comerciales*, por Yamaha Corporation, s.f.,

[https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better\\_sound/part2\\_01.html](https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better_sound/part2_01.html)

**Parlantes de superficie o de sobreponer (surface speakers).** Los parlantes de superficie o de montaje en pared, suelen ser los más comunes y utilizados en todo tipo de instalaciones, desde sistemas desarrollados en interiores, como en intemperie. Se caracterizan por una mayor direccionalidad y una dispersión menos radial. Algunos altavoces incorporan un transformador de 70V y 100V para favorecer instalaciones a gran escala y fases de cableado más sencillas. (Yamaha Corp 2018).

### **Figura 2**

*Parlante de sobreponer S15W*



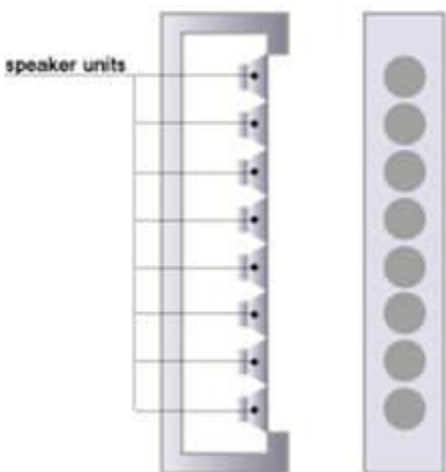
*Nota.* Parlante de sobreponer o de colgar en pared. Tomado de: *Mejor sonido para instalaciones comerciales*, por Yamaha Corporation, s.f.,

[https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better\\_sound/part2\\_01.html](https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better_sound/part2_01.html)

**Altavoces de columna o de arreglo lineal (line array speakers).** Mayormente utilizados en espacios reverberantes como iglesias católicas, centros de culto y oración y salones múltiples. Al tener una disposición de varios drivers en su interior, ubicados de manera lineal, suelen dispersar la energía de manera efectiva hacia los lados y hacia el frente (horizontal) y reduciendo la presión sonora hacia arriba y abajo (vertical), esta es la razón por la que suelen usarse en iglesias católicas, ya que, por su diseño, minimizan las reflexiones de las cúpulas y el piso, factores que dificultan la inteligibilidad. (Yamaha Corp 2018).

### Figura 3

*Altavoz de columna o de arreglo lineal*



*Nota.* Parlante de arreglo lineal o array para instalación. Tomado de: *Mejor sonido para instalaciones comerciales*, por Yamaha Corporation, s.f.,

[https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better\\_sound/part2\\_01.html](https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better_sound/part2_01.html)

### *Amplificadores*

Los amplificadores son los responsables de suministrar potencia eléctrica a los altavoces, transmitiendo la fuente de audio que proviene de la consola o matriz de procesamiento.

**Amplificadores de baja impedancia.** Diseñados principalmente para aplicaciones de refuerzo sonoro con alto nivel de presión sonora o para alimentar altavoces de gran potencia (superior a 200 W). Están optimizados para trabajar en un rango de 2 – 8 ohmios, en la mayoría de los casos ofrecen conexión tipo speakon y borneras.

### Figura 4

*Amplificador de baja impedancia PX3*



*Nota.* Amplificador para instalación de alta y baja impedancia. Tomado de: *Serie PX Amplificadores*, por Yamaha Corporation, s.f.,

[https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/power\\_amps/px\\_series/index.html](https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/power_amps/px_series/index.html)

**Amplificadores de alta impedancia.** Permiten alimentar múltiples altavoces en sistemas de refuerzo sonoro ambiental o audio distribuido, utiliza un voltaje elevado y una corriente baja para la transferencia de potencia, usando líneas de 100V y 70V, habilitando la posibilidad de usar cableado más delgado.

### Figura 5

*Amplificador de alta impedancia XMV4280-D*



*Nota.* Amplificador Multizona. Tomadado de: *Serie XMV Amplificadores*, por Yamaha Corporation, s.f., [https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/power\\_amps/xmv/index.html](https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/power_amps/xmv/index.html)

**Amplificadores Multizona.** Equipos diseñados para alimentar diferentes zonas o conexiones de altavoces, independizando su volumen y fuente, habitualmente utilizados en sistemas de audio distribuido que necesiten la amplificación de distintas fuentes en diferentes puntos, como, por ejemplo, un aeropuerto y sus diferentes puertas de embarque.

**Amplificadores con DSP, Función de matriz y mezcladora.** Incorporan procesamiento digital de la señal gracias a su procesador interno, permite ecualización, control de dinámica y enrutamiento de señales. Algunas referencias ofrecen múltiples entradas para mezclar las señales dentro del mismo dispositivo sin la necesidad de una consola o matriz externa.

Dentro de los elementos necesarios para la implementación de un sistema de refuerzo sonoro, se deben tener en cuenta aspectos físicos y teóricos que permitan evaluar las características de los equipos a utilizar, garantizando su correcto funcionamiento y desempeño dentro del proyecto.

### ***Matrices de control.***

Consideradas “consolas digitales rackeables” por ingenieros de las compañías integradoras y representantes de marca (Observación directa, 2025), tienen como función principal es el procesamiento total de la señal, desde la preamplificación, hasta la incorporación de efectos.

Al igual que las consolas de mezcla en una aplicación de refuerzo sonoro en vivo. En sistemas de sonido ambiental, la matriz es el núcleo del sistema: a través de ella se efectúa el enrutamiento de señales, su mezcla, programación y automatización de funciones que garanticen el funcionamiento estable y eficiente del sistema de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Muchos modelos actuales incorporan protocolos de comunicación digital, como Dante Y AVB, lo que amplía y favorece la escalabilidad y gestión remota.

### **Figura 6**

*Procesador de señal Yamaha MRX7-D para instalaciones de audio profesional.*



*Nota.* Matriz de procesamiento avanzado digital de audio. Tomado de: *MRX7-D Signal Processor*, por Yamaha Corporation, s.f.,

<https://usa.yamaha.com/products/proaudio/processors/mrx7-d/index.html>

**Fuentes de audio** En un sistema de refuerzo sonoro ambiental, las fuentes de audio representan el contenido que se desea comunicar, como música ambiental, llamados por voz o anuncios.

Tales fuentes, funcionan como los instrumentos musicales y las voces en una aplicación de sonido en vivo.

Cualquier señal que se desee amplificar, deberá conectarse a la matriz o consola, para que allí sean procesadas y distribuidas a los amplificadores. Entre las más comunes se encuentran micrófonos, servidores de música ambiental, dispositivos móviles, computadores y sistemas de reproducción de audio (Tecnelec, 2018).

**Micrófonos.** Posibilitan la captura de fuentes sonoras como voces e instrumentos para su amplificación dentro del sistema. En configuraciones para sonido ambiental o distribuido, el uso principal es para llamados y anuncios.

**Micrófonos dinámicos.** Pueden ser de mano, diadema o solapa. Usados habitualmente para realizar anuncios en espacios donde el anunciante deba estar en movimiento, por ejemplo, centro comerciales e iglesias.

## Figura 7

*Sistema inalámbrico Shure SLXD124/85-H55 con micrófono de mano y lavalier.*



*Nota.* Sistema de micrófono inalámbrico de mano y de solapa. Tomado de: *Micrófono inalámbrico Shure SLXD124/85-H55*, por Audiocentro, s.f.,

<https://www.audiocentro.com.co/tienda/mic-inalimbrico-shure-slxd124-85-h55/>

***Micrófonos cuello de ganso.*** Empleados especialmente en paneles de discusión, salas de juntas y recepciones. Su instalación fija garantiza una mayor estabilidad, evita pérdidas o daños por conexión y desconexión constante.

### **Figura 8**

*Base transmisora inalámbrica Shure ULXD8-J50 para micrófono cuello de ganso*



*Nota.* Micrófono de mesa para llamados Tomado de: *Micrófono cuello de ganso Shure ULXD8-J50*, por Yamaki, s.f., <https://www.yamaki.com.co/sistemas-integrados/producto/microfono-cuello-de-ganso-shure-ulxd8-j50/>

***Micrófonos ambientales.*** poco comunes en proyectos locales, permiten monitorear el nivel de ruido ambiente, con el fin de tomar decisiones respecto a la presión sonora del sistema.

**Reproductores de audio.** Son dispositivos, empleados para reproducir archivos de audio, bien sea de manera local o mediante servidores, procesada con el fin de evitar cambios de nivel, silencios o anuncios, entre los más conocidos

***Computadores y laptops.*** son los dispositivos mayormente usados en proyectos de refuerzo sonoro ambiental para la reproducción de música ambiental, puesto que permiten

conexión a plataformas de streaming y servidores dedicados, adicionalmente, permiten conectividad analógica o mediante protocolos de red como Dante y AVB.

*Dispositivos móviles (smartphones y tablets).* Común en aplicaciones de presupuesto limitado, vinculándose al sistema mediante conexión analógica o bluetooth.

### ***Cableado estructurado***

Dentro de los sistemas de refuerzo sonoro distribuido, el cableado cumple una función esencial: la transmisión de señales potenciadas y no potenciadas desde y hacia los distintos componentes del sistema. Su correcta instalación, representa una etapa crucial, que puede garantizar o dificultar su adecuado funcionamiento. En un proyecto de sonido ambiental o de refuerzo sonoro distribuido, suelen emplearse diferentes tipos de cables según la necesidad puntual de cada instalación. Los más comunes son: cable dúplex o cable de parlante, cable de señal y cable de red.

**Cable dúplex o de parlante.** Empleado para transferir potencia, compuesto por dos conductos paralelos, generalmente de cobre recubierto por una chaqueta plástica. En algunas presentaciones es negro y rojo en otros casos con recubierta transparente, marcada con un color rojo o negro para identificar fácilmente la polaridad en las conexiones. Las variaciones principales están dadas por la cantidad de cobre o de material conductor en su interior. La selección entre la cantidad de material conductor, se determina en base a la distancia y a la cantidad de potencia que se desea transmitir. (Doctor ProAudio, s.f.)

**Figura 9**

*Cable de altavoces HiFi KabelDirekt con indicación de polaridad, 2x1,5mm<sup>2</sup>.*



*Nota.* Cable para altavoz pasivo, ideal para conexiones de circuitos pasivos. Tomado de:

*KabelDirekt – Cable de altavoces HiFi con indicación de polaridad*, por Amazon España, s.f.,

<https://www.amazon.es/KabelDirekt-Altavoces-Altavoz-indicación-polaridad/dp/B098NQJP59>

**Cables de señal:** Utilizado para transportar señales de bajo nivel provenientes de micrófonos, reproductores, matrices y fuentes en general. Se caracteriza por tener uno o dos conductores en el interior de su chaqueta de protección y una malla que funciona como tierra. (Doctor ProAudio, s.f.)

**Figura 10**

*Rollo de cable Belden AWG 22 blindado para micrófono, presentación de 305 metros.*



*Nota.* Usado para micrófonos, señales pasivas y otras que necesiten ir desde fuentes a los amplificadores. Tomado de *305 metros cable para micrófono Belden AWG 22 blindado PELV*,

por MercadoLibre Colombia, s.f., [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1368876415-305-metros-cable-para-microfono-belden-awg-22-blindado-pelv-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1368876415-305-metros-cable-para-microfono-belden-awg-22-blindado-pelv-_JM)

**Cables de red:** utilizado en instalaciones de refuerzo sonoro ambiental a gran escala, permite interconectar amplificadores, periféricos, matrices, entre otros, dentro de una misma red para gestionarlos mediante IP.

**Ductos y canaletas.** En instalaciones de sonido distribuido, es fundamental utilizar y aprovechar elementos que permitan una instalación limpia, eficaz, segura y estética, garantizando la estabilidad del sistema y facilidad de mantenimiento, para este fin se utilizan ducterías y canaletas.

**Ductería o ductos eléctricos.** Son tubos por donde viaja el cableado, tanto en instalaciones a la vista o como empotradas en paredes o techos. En Colombia, es común el uso de ducterías en PVC (Plástico) y EMT (tubería metálica). Su finalidad es proteger el cableado del ambiente y la humedad, previniendo enredos y daños (Observación propia, 2018-2025).

### Figura 11

*Tipos de tubería eléctrica utilizadas en instalaciones residenciales e industriales.*



*Nota.* Imagen que muestra una disposición de cableado estructurado adecuada, estética y funcional. Tomado de: *¿Qué tipo de tubería se usa para instalaciones eléctricas?*, por Dielco, 19 de septiembre de 2024, <https://www.dielco.co/articulos/que-tipo-de-tuberia-se-usa-para-instalaciones-electricas>

**Canaletas.** Son estructuras plásticas montadas en superficie, que permiten cubrir el cableado para evitar su movimiento y posibles daños causados por factores humanos o mecánicos, facilitan el mantenimiento puesto que pueden abrirse completamente y volverse a cerrar.

### **Parámetros técnicos clave para el diseño.**

#### ***Nivel de ruido y SNR.***

Sin duda, debe hacerse una medición del nivel total de ruido que se genera en el lugar donde se planea proponer el sistema de refuerzo sonoro, tal medición debe hacerse en horas de poco, medio y alto tráfico, con el fin de obtener el nivel pico, promedio y mínimo del ruido en decibeles. Una vez se tienen claros estos valores se puede dar inicio a la fase de diseño, teniendo en cuenta conceptos como el enmascaramiento y la atenuación por distancia para garantizar en el espacio de instalación un nivel de señal siempre arriba del nivel de ruido. (Yamaha Corp, 2018)

#### ***Presión sonora (SPL).***

Medida en decibeles. La presión sonora ideal para proyectos de sonido ambiental debe tener la capacidad de emitir alrededor de 15 dB por encima del nivel de ruido del lugar donde se instale, esta regla debe cumplirse para enmascarar adecuadamente el ruido ambiente y tener un sistema claro que garantice la inteligibilidad de los anuncios, música ambiente, entre otros.

(Optimus Sonido y Comunicación, s.f.)

#### ***Sensibilidad de los altavoces.***

La sensibilidad define la eficiencia de un parlante, se mide enviando un vatio (1 W) de potencia al parlante y ubicando un micrófono de medición a un metro de distancia (1m), esto difiere entre marcas y fabricantes, puesto que hay altavoces mucho más eficientes que otros

ofreciendo un nivel de sensibilidad mayor con menor potencia, en este sentido el nivel de potencia no es proporcional al nivel de presión sonora. (Yamaha Corp, 2018)

### ***Ángulo de cobertura.***

Determina la capacidad de radiación de SPL que tiene un parlante hacia los lados y se establece midiendo una caída de 6dB desde el eje central, este concepto es aplicable tanto si un parlante es ubicado de forma horizontal y vertical a pesar de que el ángulo de dispersión va a ser distinto de acuerdo a la forma de instalación y diseño, es importante revisar este concepto al elegir los altavoces ya que es decisivo para definir la cantidad de altavoces a instalar y por ende la potencia requerida en el amplificador (Vivas & García, 2011).

### **Figura 12**

#### *Ángulo de cobertura de altavoces de techo*

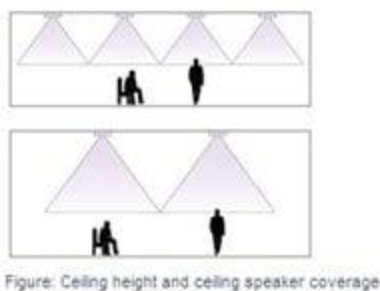


Figure: Ceiling height and ceiling speaker coverage

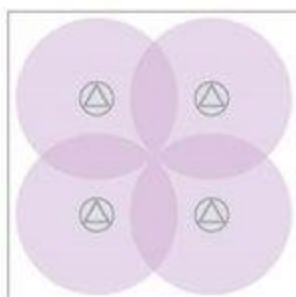


Figure: Ceiling speaker coverage, overhead view

*Nota.* La figura muestra como un techo bajo hará que se requieran más altavoces instalados.

Tomado de: *Mejor sonido para instalaciones comerciales*, por Yamaha Corporation, s.f.,

[https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better\\_sound/part2\\_01.html](https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better_sound/part2_01.html)

### ***Atenuación por distancia***

Uno de los aspectos más importantes durante el diseño de un sistema de sonido de sonido ambiental es la atenuación por distancia, la regla física indica que cada vez que se duplica la distancia se pierden 6 dB, es decir que si un altavoz tiene 87dB medido a un metro como se

especifica en el punto 9.2.1.2, a dos metros la sensibilidad obtenida será de 81dB, a cuatro metros será de 75 dB, por tal motivo debe analizarse muy bien la sensibilidad de los parlantes a utilizar así como la altura a la que serán ubicados.(Ejercicios propios, 2025)

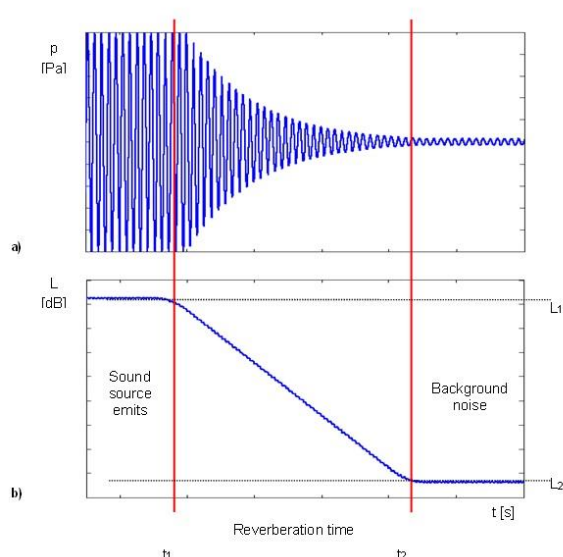
### ***Inteligibilidad***

La palabra inteligible viene del latín “intelligibilis” que significa entendible, dentro del diseño de sistemas de refuerzo sonoro, se estará haciendo referencia a la claridad y nitidez con la que puede escucharse en diferentes puntos del espacio, en el que estén instalados los altavoces. En el diseño de sistemas de refuerzo sonoro se busca tener una amplia inteligibilidad que permita apreciar de la mejor manera los discursos, perifoneo, música e interpretaciones musicales. (Contractor Audio, s.f)

Tiempo de reverberación (RT60) Cuando una fuente emite presión para generar sonido, esta energía llega hasta las superficies del recinto y una cantidad de dicha energía será absorbida por las paredes, muebles, paneles, entre otros. Y otra será reflejada hasta llegar a otra superficie y reflejarse nuevamente, generando reflexiones de las reflexiones. La permanencia de sonido después de enmudecer la fuente de sonido se denomina reverberación, un claro ejemplo de la reverberación lo encontramos en iglesias católicas, las cuales por su arquitectura y dimensiones tienen tiempos de reverberación largos debido a que las reflexiones tienden a densificarse.

### Figura 13

Representación del tiempo de reverberación  $RT_{60}$  según la norma ISO 3382.



*Nota.* El tiempo alto de reverberación genera una caída en la inteligibilidad de la palabra.

Tomado de: *Tiempo de reverberación  $RT_{60}$* , por Svantek, s.f.,

<https://svantek.com/es/academia/tiempo-de-reverberacion-rt60/>

Entonces, el tiempo que tardan en dejar de ser perceptibles estas reflexiones es lo que se conoce como tiempo de reverberación, expresado también como  $RT_{60}$  por sus siglas en inglés “reverberation time” y 60 por la caída de 60dB desde por debajo de su nivel inicial. (Centro Auditivo Valencia. (s.f.)

### ***Distancia crítica***

En acústica, la distancia crítica, hace referencia a la ubicación en la que se percibe con la misma intensidad y nivel; tanto la fuente directa, como las reflexiones que esta misma genera en determinado espacio en donde se encuentre instalado nuestro sistema de sonido. La distancia crítica depende del tiempo de reverberación de la sala, la presión sonora que generen los altavoces, sus dimensiones y su ubicación. Este concepto es de suma importancia ya que si el

sistema de refuerzo sonoro se encuentra instalado de tal forma que siempre tendrá una amplia distancia entre la fuente y el punto de escucha se tendrá como resultado una señal muy contaminada por la reverberación, afectando la inteligibilidad y acortando la distancia crítica.

Una sala muy reverberante tendrá una distancia crítica más corta que una sala tratada acústicamente para reducir el tiempo de reverberación. (Centro Auditivo Cuenca, 2017)

### **Etapas de un sistema de refuerzo sonoro ambiental**

Todo sistema, bien sea visual, sonoro o multimedia tiene un proceso de construcción e implementación, en el caso de los sistemas de refuerzo sonoro ambientales es necesario conocer sus etapas y procesos antes de iniciar, de esta manera se tiene un horizonte claro y preciso sobre los objetivos, recursos necesarios y tiempo estimado de trabajo. (Tecnelec de Antioquia, 2018).

#### ***Visita técnica, levantamiento o estudio de planos***

En esta primera etapa se busca conocer las dimensiones del lugar, los materiales de las paredes, techos, suelos y columnas, también se identifican o establecen los puntos de corriente, los espacios para la ductería del cableado, los recursos humanos y otros necesarios a utilizar como tipos de cables, tipos de ductería, escaleras, materiales de soldadura o construcción. En caso de que no se cuente con un espacio físico, todos los anteriores aspectos deberán ser incluidos en el plano como parte del diseño del sistema (Martinez S, 2018).

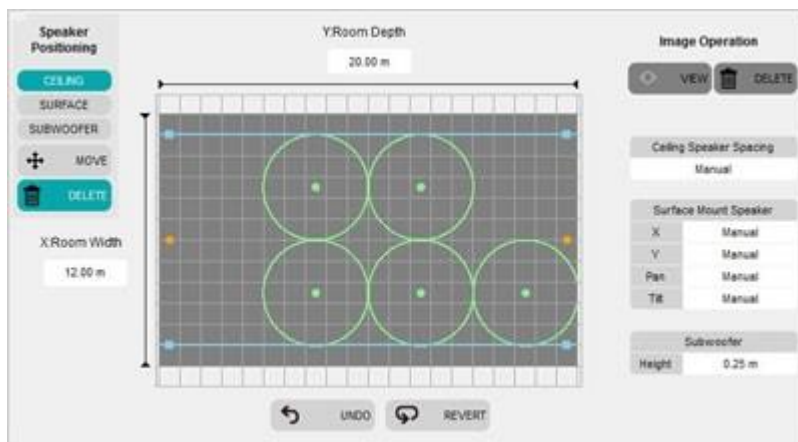
#### ***Diseño del sistema***

Una vez se ha realizado la visita técnica o el estudio de planos se da inicio al diseño del sistema, en este proceso se establece la cantidad y tipo de altavoces, amplificadores, cables, ducterías, canaletas, pintura y elementos de acabo estético necesarios, posteriormente se procede a realizar simulaciones a través de software que permitan predecir el comportamiento de la presión sonora y la cobertura, así se tendrá claridad sobre la ubicación exacta de los parlantes, el

adecuado flujo de señal y tipo de conexión entre los parlantes y los amplificadores.(García P, 2011).

### Figura 14

Interfaz del software Yamaha CISSCA para cálculo de cobertura de altavoces en instalaciones comerciales.



*Nota.* Simulación básica de cobertura de software. Tomado de: *Commercial Installation Solutions Speaker Calculator (CISSCA)*, por Yamaha Corporation, s.f.,

[https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/software/commercial\\_installation\\_solutions\\_speaker\\_calculator/index.html](https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/software/commercial_installation_solutions_speaker_calculator/index.html)

### *Cálculo de presión sonora y cobertura*

Mediante softwares dedicados a la simulación y modelado acústico, se puede establecer un objetivo claro de cobertura y presión sonora requeridos para el proyecto trabajado mediante el uso de los planos o dimensiones del lugar. En el mercado encontramos diferentes softwares que nos permiten importar archivos de planos o agregar las dimensiones manualmente. Una vez ingresados estos datos podremos establecer una presión sonora objetivo, teniendo en cuenta que se requiere un nivel de presión sonora de alrededor de 12 decibeles por encima del nivel de ruido ambiente.

A su vez, tales programas de modelado nos permiten monitorear la cobertura en las diferentes áreas de escucha, al agregar o suprimir altavoces, como regla general, los altavoces más pequeños tienen un ángulo de cobertura más amplio que los altavoces de mayor tamaño.

### ***Sonorización por zonas***

Una vez establecida la cobertura y presión sonora ideal para el proyecto, se deberá establecer si el espacio requiere zonas con control independiente, que sean alimentadas con fuentes sonoras distintas cada una o no. En algunos proyectos se requiere dar anuncios distintos en diferentes salas, por ejemplo, el director general de un establecimiento, quiere dar un anuncio importante únicamente en el corredor 5, pero no desea que los demás corredores reciban esta información, las zonas deben tenerse en cuenta para la realización del diagrama de conexiones, puesto que cada zona deberá llevar una salida independiente y dedicada tanto del amplificador como de la matriz para controlar volumen y fuentes sonoras, esto nos permitirá establecer la cantidad de salidas con las que deben contar los equipos de amplificación y procesamiento.

### ***Central de control***

Generalmente en la central de control se tiene acceso a los amplificadores, matrices, consolas, enrutadores de señal, dispositivos de entrada y salida, receptores de micrófonos inalámbricos, etc. Al establecer la ubicación de la zona de control podrá calcularse la cantidad de cable requerida, las distancias y su vez seleccionar adecuadamente los equipos de transmisión y recepción, ya que a mayor distancia se recomienda utilizar dispositivos digitales, mientras que para distancias más cortas pueden operarse equipos analógicos y digitales.

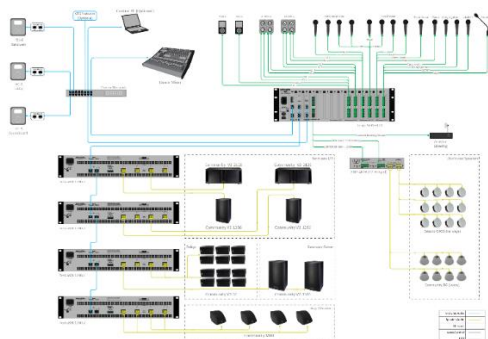
Es desde este punto donde puede configurarse el sistema, operarse y corregir fallas que no tengan que ver con el cableado estructurado o fallas físicas.

### ***Diagrama de bloques y conexiones***

El diagrama de conexiones, es la planeación de las salidas que se utilizarán de cada matriz y amplificadores y hasta donde llegarán, en este encontramos el recorrido del cableado eléctrico y de señal, la ubicación de la tubería o canaletas y la ubicación de cada altavoz o altoparlante. Sin este paso no es posible dar inicio al proceso de instalación pues este paso muestra el ruteo de la señal. (Biamp, 2020)

### **Figura 15**

*Diagrama de sistema de refuerzo sonoro para templo de tamaño medio con procesamiento Tesira y control AVB/Dante*



*Nota.* Diagrama de distribución de cableado y de ruteo digital. Tomado de: *Medium House of Worship*, por Biamp, 21 de febrero de 2020,

[https://support.biamp.com/Design\\_Library/Other/Medium\\_House\\_of\\_Worship](https://support.biamp.com/Design_Library/Other/Medium_House_of_Worship)

### ***Instalación del sistema***

El proceso de instalación requiere de personal capacitado como electricistas, trabajadores certificados en alturas, maestros de obra, ingenieros civiles e incluso arquitectos para ciertos casos en los que así se requiera. Los aspectos claves a la hora de ejecutar la instalación de un sistema de refuerzo sonoro ambiental son (García P, 2011):

Tener en cuenta el tipo de obra civil que se debe llevar a cabo (ruptura de techos y paredes, implementación de techos falsos en drywall, superboard o PVC, colocación de tuberías y construcción de paredes o paneles)

Tratar de forma eficiente la corriente eléctrica que alimentará los amplificadores y altavoces.

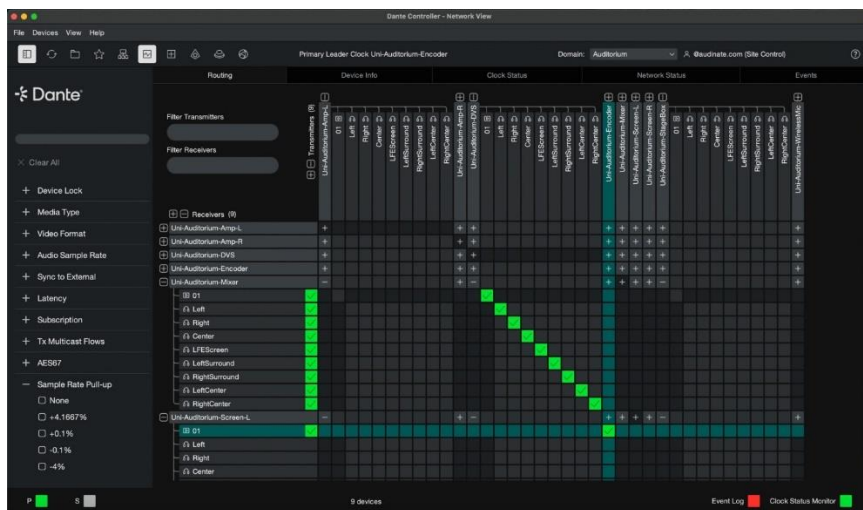
- Cablear de acuerdo al diseño.
- Colocar los altavoces y amplificadores de acuerdo al diseño, en el lugar exacto y con los ángulos de postura diseñados.
- Ejecutar mediciones de impedancia, corriente y poner en marcha un control de calidad que permita establecer que el sistema fue instalado sin fallos.
- Configuración del sistema
- En el caso de la configuración se cuenta con diferentes opciones de acuerdo al tamaño y tipo de sistema, sin embargo, se aplican procesos similares como ecualización, compresión, priority ducker, delays y en algunos casos se realiza configuración de zonas con aplicativos como Room Combiner, Music Cast, Chrome Cast, entre otros (Yamaha Corp 2018).

### ***Enrutamiento de señales***

Cuando se realizan proyectos de instalación con dispositivos digitales, es posible mediante software cambiar y modificar el ruteo, es decir que desde un programa o consola se pueden enviar diversas fuentes de audio a diferentes puntos, de esta manera podrá empezar a realizarse la sectorización o la división por zonas del proyecto.

**Figura 16**

*Interfaz renovada del software Dante Controller con modo oscuro y diseño gráfico actualizado.*



*Nota.* Enrutamiento DANTE. Tomado de: *Dante Controller updated with modern, fresh interface, including dark mode*, por Audinate, 4 de diciembre de 2024,

<https://www.audinate.com/press/dante-controller-updated-with-modern-fresh-interface-including-dark-mode/>

### ***Sonorización por zonas y combinación de cuartos***

Gracias a protocolos de comunicación como DANTE y programas como combinadores de cuartos, es posible generar zonas totalmente independientes la una de la otra y que a su vez sean combinadas en dado caso que así se requiera, para esto es necesario haber incluido una matriz de procesamiento digital, así como amplificadores digitales, que permitan total libertad de ruteo y compatibilidad entre sí. Al utilizar estas herramientas.

***Ejemplo:*** Un bar cuenta con 3 pisos, en el primer piso solo se requiere música relajante a bajo volumen para que los asistentes puedan hablar mientras cenan o consumen alguna bebida. En el segundo piso se requiere un alto nivel de presión sonora y música de baile. En el tercer piso se requieren únicamente anuncios por voz, pero en algunos casos se requiere la misma fuente

para los 3 pisos, para ello podemos usar un combinador de señales para que la misma señal sea repartida en los 3 pisos o podemos desenlazarlos para tener independencia.

### *Canales prioritarios*

En inglés, es conocido como Priority Ducker. Permite establecer que ciertos canales tengan prioridad sobre todos los demás, generalmente se utilizan para nuncios importantes, avisos de evacuación, alertas y demás. Esto se puede programar mediante software mediante una matriz de procesamiento, aunque algunos amplificadores con DSP y consolas de audio lo incluyen dentro de sus procesos. (Q-SYS. 2024)

## **Metodología**

La investigación se realizará al interior del sector encargado del diseño e implementación de sistemas de refuerzo sonoro ambientales, el contacto con empresas de este gremio permitirá evaluar los conocimientos técnicos, las debilidades, fortalezas y formas de operar en sus labores cotidianas, diseñando y ejecutando proyectos de audio distribuido.

### **Enfoque de la metodología.**

Tiene como objetivo identificar y comprender los procedimientos, herramientas y conocimientos aplicados por empresas integradoras y de instalación de sistemas de sonido distribuido o ambiental, que utilizan líneas de alta impedancia (70V y 100V). Para tal fin, se construyó un plan de recolección de dicha información basado en entrevistas abiertas, y observación.

Debido a que el fenómeno de investigación ocurre al interior de compañías privadas, con políticas, personal y recursos distintos, se emplea un enfoque cualitativo que permita interpretar la realidad desde la experiencia de cada entrevistado. Mediante entrevistas informales con ingenieros, asesores comerciales, gerentes e instaladores, se buscará identificar fundamentos en común, fallas y dificultades recurrentes y buenas prácticas.

### **Tipo de investigación.**

La investigación es de tipo descriptiva con apoyo en estudios de casos, ya que busca documentar e identificar las prácticas y lineamientos de diferentes compañías del sector durante la ejecución de proyectos de sonido ambiental reales sin modificarlas o interferir en ellas. El estudio de casos se hace necesario, ya que posibilita analizar proyectos particulares cerrados o en curso.

**Población.**

La población objeto de la investigación, está compuesta por empresas integradoras de tecnología y audio de Colombia, generalmente encargadas del diseño e instalación de sistemas de refuerzo sonoro o de sonido ambiental para espacios tales como: Edificios empresariales, centros comerciales, hoteles, restaurantes, establecimientos de comercio, almacenes de cadena, entre otros.

Se consideran también como población objetivo los profesionales y técnicos involucrados en el proceso: Ingenieros de sonido, técnicos e instaladores, asesores, directores y gerentes comerciales. Con esta población se puede obtener información amplia y suficiente de las diferentes fases o etapas por las que atraviesa y proyecto de este estilo.

Entre las empresas consideradas para la investigación, destacan:

- Yamaki (Bogotá)
- Yamaha Musical (Medellín)
- Seel (Bogotá)
- Era Electrónica (Medellín)
- Ambientes Inteligentes (Medellín)
- Datecsa (Yumbo)
- Domo House (Barranquilla)
- CYC Electrónica (Cali)

Otras compañías importantes en el sector de integración, incluso ubicadas en el Top 100 de los mejores integradores de la revista AVI como Integración AV, VideoCorp Xegmenta, dB Systems y Schcaller Tech se consideraron de manera preliminar, pero fueron descartadas para la

investigación debido a que su enfoque de operación no son los proyectos con sistemas de voltaje constante (LatinPress Inc, 2023).

### **Diseño de investigación.**

Teniendo en cuenta de que la investigación busca conocer las experiencias, conocimientos y prácticas mayormente usados en el diseño de sistema de audio distribuido, dentro empresas del medio, se utilizará un diseño investigativo no experimental aplicado de forma transversal, obteniendo datos en un único momento con diferentes sujetos de la población a investigar.

Según Hernández, Fernández y Baptista, las investigaciones no experimentales son: *“Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”* (pág. 149).

El objetivo principal es conocer los fundamentos técnicos, comerciales y administrativos que realizan las empresas del medio audiovisual en Colombia. Para ello se partirá de la cercanía del investigador con individuos clave al interior de las empresas mencionadas en la población, de tal manera que se puedan concertar espacios de conversación y entrevistas abiertas para conocer y documentar los siguientes temas:

### ***Métodos para la consecución de proyectos y negocios.***

- Criterios y aspectos que se tienen en cuenta en la fase de diseño y cotización.
- Herramientas para diagnosticar espacios y diseñar el sistema.
- Negociación con las marcas o proveedores.
- Nivel técnico y formativo.
- Criterios de instalación y personal seleccionado para ello.

- Criterios de configuración y puesta en marcha.
- Programación de mantenimientos, reparaciones y garantías.

Se planea que las entrevistas tengan una duración máxima de 45 minutos y se realice tanto a personal comercial, como técnico y de diseño, de forma que se obtenga información de todas las áreas involucradas.

Adicionalmente, se emplearán como referente de análisis los estándares IEC-60268-16 y AVIXA A102.01:2017, que definen criterios mínimos para la inteligibilidad y la cobertura, sumado a los conceptos expuestos en los diferentes proyectos de grado listados en la bibliografía. Si bien no se aplicarán en campo, se utilizarán como criterio de medición para las buenas prácticas y conocimientos aplicados por estas empresas.

#### ***Técnicas e instrumentos para recolección de la información.***

Se concertarán reuniones virtuales, charlas y conversaciones con ingenieros, y personal comercial de empresas integradoras para de forma abierta formular preguntas que permitan conocer los temas objetivo de la investigación. Al ser conversaciones y entrevistas abiertas no se tendrá un guion específico ni se usarán encuestas cerradas, pero se tendrán en cuenta las siguientes preguntas:

- Tiempo en el mercado (experiencia).
- Estudios y certificaciones.
- Cantidad de colaboradores.
- Proyectos ejecutados.
- Participación en procesos licitatorios.
- Dificultades técnicas y presupuestales.
- Softwares preferidos para diseño de cobertura y presión sonora.

- Marcas preferidas y proveedores habituales.
- Aspectos clave durante los procesos de diseño, instalación y configuración de los sistemas ejecutados.
- Opiniones sobre el mercado.

Se hará una revisión y estudio de las páginas web de empresas integradoras de tecnología en Colombia, ya que en su mayoría estas aplican sus conocimientos con un enfoque comercial para ofrecer sus soluciones y mostrar su experiencia mediante videos, blogs, tutoriales y artículos web.

Para concluir el proceso de investigación, se realizarán visitas aleatorias a algunos de los proyectos ejecutados por los ingenieros y empresas investigadas, estableciendo fallas y aciertos en base a los conceptos teóricos ya abordados.

### ***Muestra.***

La muestra se basó en la selección de personas clave al interior de tales compañías, priorizando personal técnico, ingenieril y comercial con experiencia comprobada y que participe activamente en la implementación de sistemas de sonido de alta impedancia.

### ***Variables de investigación.***

**Variable dependiente.** Diseño de sistemas de sonido ambiental.

**Definición conceptual.** Los sistemas de sonido ambiental son parte de todo el proceso de construcción arquitectónica y experiencial de un espacio, en el mercado actual existen equipos y mecanismos que, utilizando diferentes tipos de instrumentos, permiten alcanzar resultados similares. (Basado en “Sistemas de sonido ambiental, la mezcla perfecta de música e información”, Tecnelec).

**Definición operacional.** La variable será analizada por medio de información tomada durante las conversaciones que se tengan con cada uno de los miembros de la población objetivo, documentando la definición empleada por cada uno.

**Variable independiente.** Herramientas de diseño

**Definición Conceptual.** Las herramientas para diseño de sistemas de sonido ambiental o de voice van desde software's como programas de predicción y equipos físicos, que permiten definir aspectos como presión sonora, respuesta de frecuencia y cobertura. (Definición basada en webinar "Entendiendo el software para diseño de audio" de Avixa, por el presentador: Michael Krieg).

**Definición operacional.** La variable será operada consultando con los ingenieros y técnicos entrevistados cuales son las herramientas más utilizadas en la ejecución de sus proyectos.

### ***Preparación de los datos para su análisis***

Durante la ejecución de las entrevistas y visitas a proyectos, se tomarán apuntes y notas que luego serán digitalizados a documentos Excel. Este material será sistematizado con para facilitar su filtrado y comparación de respuestas.

El análisis se enfocará en establecer diferencias y similitudes entre el proceder de las empresas estudiadas frente a los conceptos técnicos y teóricos, permitiendo así la identificación de vacíos, oportunidades de mejora y buenas prácticas en el diseño y ejecución de estos sistemas.

## Desarrollo, Análisis y Resultados

### Desarrollo.

La investigación se llevó a cabo mediante entrevistas a ingenieros, técnicos, gerentes comerciales, vendedores en distintos niveles de influencia, instaladores y técnicos de servicio vinculados en alguna de las fases de un proyecto de refuerzo sonoro ambiental en Colombia. Algunas de las entrevistas se realizaron de manera presencial y otras de forma remota, y aunque no se aplicó un guion, se mantuvo el enfoque en profundizar en aspectos como:

- La aplicación de sistemas de sonido mediante líneas de 70V y 100V.
- Criterios y personal dedicado a la cada una de las fases del proyecto.
- Aplicación de normativas y seguimiento de los manuales técnicos de los fabricantes.
- Uso de herramientas de diseño
- Factores no técnicos que influyen en la toma de decisiones.

Durante el proceso de entrevistas también se visitaron diferentes proyectos realizados por las empresas objeto de la investigación, entre los más destacados se encuentran:

- HAB Hotel de Bogotá. Se implementaron 2 zonas independientes, en pasillos, terrazas y zonas exteriores con altavoces de techo y de superficie. (Ejecutado por Yamaha Musical).
- Estaciones de Transmilenio. En la gran mayoría de estaciones de Transmilenio de Bogotá, se utilizaron altavoces de intemperie tipo superficie con protección contra humedad y polvo. (Ejecutado por Yamaki).
- Casino Zortea de Medellín. Un proyecto complejo debido a la altura de su techo, que es de alrededor de 5 metros, ante tal altura, se tiende a perder inteligibilidad, se

ubicaron 24 altavoces de techo, configurados a 60W divididos en 4 zonas diferentes para independencia del volumen en diferentes áreas. (Ejecutado por Yamaha Musical).

- Everest Cocktail Norte en Cali. Pensado en música ambiental acompañado de altavoces activos para los momentos de fiesta. (Ejecutado por Vento S.A.S).
- Tienda Jumbo del Centro Comercial Titán Plaza en Bogotá. Proyecto de música ambiental y anuncios comerciales en almacén de cadena, con tubería blanca expuesta y altavoces de techo colgantes.

Todos los datos obtenidos durante las entrevistas y visitas, se consolidaron en una matriz informativa.

### **Análisis.**

Este apartado, presenta el análisis de la información recolectada a través de las entrevistas realizadas a 13 empresas dedicadas al rubro de la implementación de sistemas de refuerzo sonoro ambiental y de audio distribuido. Tales empresas representan una muestra significativa del sector, puesto que entre ellas podrían dominar cerca del 50% del mercado y cuentan con una experiencia comprobada y trayectoria significativa, por lo tanto, permiten establecer un reconocimiento suficiente para el proyecto de investigación en curso.

El análisis está fundamentado en una matriz que incluye variables como experiencia, capacidades técnicas del personal, uso de normativas internacionales, prácticas de diseño y comentarios cualitativos obtenidos durante las visitas.

Gracias a esta organización y disposición de la información, se pueden hallar patrones comunes en cuanto al modo de trabajo en las fases iniciales y de consecución de negocios. Así mismo, el estudio permite identificar vacíos técnicos, omisiones, desconocimiento y errores recurrentes, particularmente en aspectos básicos como el conexionado de los altavoces, en obra

civil, configuración y desarrollo de plan de trabajo. Tales hallazgos son posibles, gracias al enfoque comparativo aplicado a la población objetivo del proyecto, lo que resulta ser clave para comprender las particularidades del sector y usarlo como pilar para la construcción de una guía técnica, que conecte los conceptos técnicos indispensables y contribuya como referencia para mejorar técnica y comercialmente las oportunidades de negocio del sector.

A continuación, se presenta una serie de tablas, en donde se consolida y expone la información obtenida durante las entrevistas a trece compañías del sector AV de Colombia. Estas, organizan datos como trayectoria, marcas utilizadas, uso de software, cumplimiento de normativas y aportes cualitativos.

Este conjunto de tablas, permite sistematizar la información, con el fin de hacer un trabajo comparativo entre las diferentes empresas estudiadas, estableciendo similitudes, diferencias, fortalezas y debilidades tanto de manera individual como en el sector en general.

### ***Información general de las empresas entrevistadas***

**Tabla 1**

#### *Información general de empresas*

<b>Empresa</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Experiencia</b>	<b>N° de Empleados</b>	<b>Enfoque empresarial</b>
Domo House	Barranquilla	5 años	4	Proyectos de pequeño formato
Yamaki	A nivel nacional	39 años	78	Proyectos de todo tipo
Yamaha Musical	A nivel nacional	35 años	40	Proyectos de alto nivel
Avtec ByDr PC	Santa Marta	7 años	3	Proyectos de pequeño formato
Seel S. A.	A nivel nacional	47 años	55	Proyectos de alto nivel
Sion Soluciones	Bogotá	13 años	4	Proyectos de todo tipo
Vento S.A.S.	A nivel nacional	19 años	25	Proyectos de bajo y medio presupuesto

Geomtec Ingeniería	Santa Marta	3 años	2	Proyectos de alto nivel comercial y proyectos de audio casero con sonido envolvente
In Audio Pro	Medellín	7 años	4	Proyectos en iglesias católicas
CYC Electrónica	Cali	16 años	15	Proyectos de bajo y medio presupuesto
Era Electrónica	Medellín	39 años	18	Proyectos de alto nivel
Ambientes Inteligentes	A nivel nacional	23 años	20	Proyectos de todo tipo
Datesca	A nivel nacional	34 años	500	Proyectos de alto nivel

*Nota.* Esta tabla corresponde a la información recopilada durante entrevistas e investigaciones.

Las empresas estudiadas cuentan con trayectorias diversas, así como se encuentran compañías de trayectorias amplias como Seel, Yamaki o Yamaha Musical, se aprecian firmas nuevas como Geomitec y DomoHouse que tienen menos de diez años de experiencia. El número de empleados también es un factor variable, no en proporción a la experiencia, pero si en alcance. Esta tabla es el punto de partida para conocer los diferentes agentes que operan el sector AV en Colombia.

*Estructura técnica y talento humano.***Tabla 2***Cantidad de empleados y personal calificado en proyectos*

<b>Empresa</b>	<b>N° de empleados técnicos</b>	<b>Personal experto en desarrollo de sistemas de audio ambiental</b>	<b>Porcentaje de dominio</b>
Domo House	1	0	10%
Yamaki	20	10	100%
Yamaha Musical	9	4	60%
Avtec By Dr PC	1	1	50%
Seel S.A.	15	8	100%
Sion Soluciones	3	2	60%
Vento S.A.S.	4	2	40%
Geomitec Ingeniería	1	0	30%
In Audio Pro	4	2	70%
CYC Electrónica	3	1	50%
Era Electrónica	8	5	80%
Ambientes Inteligentes	6	6	100%
Datecsa	~40	~10	100%

*Nota.* Hay un promedio del 62% en experticia de diseño de proyectos de audio.

Los datos permiten identificar diferencias notorias en la capacidad técnica del talento humano de las empresas evaluadas. Mientras algunas cuentan con equipos robustos y especializados, como Datecsa aproximadamente 40 técnicos y 10 especialistas en sonido ambiental y Yamaki, con más de 20 técnicos y hasta 10 expertos. Otras operan con estructuras muy reducidas, como Domo House o Geomitec, que poseen apenas un técnico carecen de personal capacitado en el diseño de sistemas de audio ambiental, dependiendo del soporte de sus proveedores o técnicos externos.

El porcentaje de dominio capturado evidencia un patrón claro, en empresas con equipos técnicos más robustos, el dominio tiende a ser mayor, mientras que en compañías pequeñas se evidencia la ausencia de especialización debido a la multitarea operativa, puesto que, al ser empresas pequeñas, la carga administrativas y técnica se divide entre pocas personas.

### Conocimientos técnicos y aplicación de normas internacionales

**Tabla 3**

*Resumen de empresas que aplican o conocen normativas o tienen estandarizados sus procesos*

<b>Empresa</b>	<b>Dominio de cableado estructurado y circuitos en paralelo</b>	<b>Hace diseño y predicción de SPL y cobertura</b>	<b>Utiliza herramientas para cálculo de RT60 e inteligibilidad</b>	<b>Tiene un protocolo definido de instalación</b>
Domo House	10%	No	No	No
Yamaki	100%	Sí	Algunas veces	Sí
Yamaha Musical	70%	Sí	Sí	Sí
Artec By Dr. PC	50%	No	No	No
Seel S. A.	100%	Sí	Sí	Sí
Sion Soluciones	100%	Algunas veces	Sí	Sí
Vento S.A.S.	70%	No	No	No
Geometric Ingeniería	60%	No	No	No
In Audio Pro	100%	Algunas veces	No	No
CYC Electrónica	40%	No	No	No
Era Electrónica	100%	Sí	Algunas veces	Sí
Ambientes Inteligentes	100%	Sí	Sí	Sí
Datesca	100%	Sí	Algunas veces	Sí

*Nota.* No todas las compañías de la población tienen unos estándares fijos en la implementación de proyectos.

Esta tabla refleja el nivel técnico alcanzado por las compañías objeto del estudio. SEEL y Ambientes Inteligentes destacan por el uso de herramientas de diseño, predicción sonora y comportamiento acústico. Además, poseen protocolos de instalación definidos para cada tipo de proyecto, lo que los hace eficientes y eleva su estándar de calidad.

No obstante, más del 50% de las empresas estudiadas no implementan diseños que permita al cliente final, predecir el comportamiento exacto del sistema contratado. Solo el 61% realiza un cálculo de presión sonora y cobertura, lo que aumenta la posibilidad de quejas, reclamos y ajustes adicionales posteriores a la entrega del sistema. Según la información obtenida, hay desconocimiento o no se cuenta con herramientas de predicción precisa como

EASE u Odeon, y se opta usar la experiencia y cálculo aproximado de los proponentes, que en algunos casos son asesores y jefes de ventas, presionados por factores comisionales y rápida entrega de las propuestas técnicas y comerciales. Así mismo, solo en proyectos específicos y de alto nivel el cliente está dispuesto a cubrir honorarios por un diseño detallado.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que el diseño técnico y riguroso de sistemas de refuerzo sonoro ambiental desarrollados con sistemas de alta impedancia, están subvalorados, pese a la notable necesidad de entregar a los usuarios un sistema inteligible y óptima. Si bien en algunos casos un estudio acústico genera sobrecostos y se hace inviable por temas presupuestales, el no uso de herramientas de predicción de presión sonora SPL y cobertura, que son de uso gratuito en muchos casos, como CISSCA, YS3, Ease Focus, entre otras puestas a disposición por los fabricantes, confirman una brecha entre las buenas prácticas esperadas y la realidad del sector en Colombia.

Esta situación refuerza la necesidad de diseñar herramientas, como la guía propuesta este proyecto de investigación, que permitan elevar los estándares de calidad en la implementación de sistemas de sonido ambiental, contribuyendo a las buenas prácticas, utilizando un lenguaje fácil de entender para personal técnico y de ventas.

### ***Modelo comercial***

Para comprender el alcance comercial, desarrollo estratégico y penetración de mercado de cada una de las empresas estudiadas, se organizó la información en tablas que permite comparar el volumen de proyectos, marcas preferidas y actividades comerciales para la obtención de proyectos.

*Marcas utilizadas y volumen de proyectos***Tabla 4***Marcas mayormente preferidas por los integradores*

<b>Empresa</b>	<b>Marcas preferidas</b>	<b>Proyectos cerrados</b>
Domo House	Yamaha, Bose	10
Yamaki	Q-SYS, QSC, Yamaki, Shure	500
Yamaha Musical	Yamaha	100
Avtec By Dr PC	Yamaha	100
Seel S.A.	Biamp, Crestron, Yamaha, EV	500
Sion Soluciones	SION (marca propia)	200
Vento S.A.S.	VENTO (marca propia)	300
Geometric Ingeniería	YAMAHA, Q-SYS	100
In Audio Pro	DreamSound, Bose, JBL	200
CYC Electrónica	Q-SYS, Pro Dj, JBL, Shure	50
Era Electrónica	Bose, Yamaha, Electro Voice	150
Ambientes Inteligentes	Dreamsound, Audac, EV, TOA, ClearOne, etc.	300
Datecsa	Bose, Biamp, Crestron	500

*Nota.* Predominan marcas posicionadas en la industria como Bose, Q-SYS y Yamaha.

*Modelo comercial aplicado***Tabla 5***Tipo de modelo de negocio y de consecución de proyectos mayormente utilizados.*

<b>Empresa</b>	<b>Modelo Comercial</b>
Domo House	No participa en licitaciones; proyectos pequeños y medianos
Yamaki	Participa activamente; red de tiendas y asesores externos
Yamaha Musical	No participa en licitaciones; red comercial sólida
Avtec By Dr PC	Cotiza directo; se apoya en redes y voz a voz
Seel S.A.	Alta participación en licitaciones (>70%)
Sion Soluciones	Participa poco en licitaciones; enfoque en iglesias y colegios
Vento S.A.S.	Distribución de marca propia; alianzas con arquitectos y horeca
Geometric Ingeniería	Negociación directa; enfoque turístico
In Audio Pro	70% ventas por punto de venta; 30% iglesias católicas
CYC Electrónica	E-commerce y tienda física; asesores buscan proyectos comerciales
Era Electrónica	Alta participación en licitaciones y punto de venta
Ambientes Inteligentes	Importación y distribución para proyectos de refuerzo sonoro
Datecsa	Alta participación en licitaciones; contratación directa

*Nota.* Alta participación en proyectos licitatorios y trabajo externo

*Proyectos destacados por empresa*

**Tabla 6**

*Proyectos realizados de mayor visibilidad o casos de éxito*

<b>Empresa</b>	<b>Proyectos destacados</b>
Domo House	Restaurantes en Barranquilla
Yamaki	Transmilenio, Aeropuerto El Dorado, C.C. La Serrezuela
Yamaha Musical	Casino Zortea, Selina Hostels, Hotel HAB, Metropolitan Club
Avtec By Dr PC	Acuario Santa Marta, restaurantes en la costa Caribe
Seel S.A.	Teatro Colón, Cafam, Universidad Nacional
Sion Soluciones	Carulla, Jumbo, Transmilenio (buses articulados)
Vento S.A.S.	Animal X, The weblab Cali, restaurantes y discotecas
Geomitec Ingeniería	Bares y cafés turísticos en Santa Marta y Cartagena
In Audio Pro	Iglesia Seminario de Medellín, varias iglesias
CYC Electrónica	Restaurantes y tiendas en Cali
Era Electrónica	Telemedellín, Teleantioquia
Ambientes Inteligentes	Aeropuerto José María Córdoba
Datecsa	Edificio Bancolombia, casinos Winner Group

*Nota.* A pesar de que algunas empresas no tienen procesos estandarizados y cuentan con poco personal, tienen la capacidad de hacer proyectos de gran formato y a la medida.

La información expuesta evidencia que el mercado colombiano dedicado al desarrollo de proyectos de sistemas de sonido ambiental mediante circuitos de alta impedancia, se compone de empresas con enfoques y tamaños diversos: desde grandes compañías que cuentan con la representación de marcas de renombre internacional, hasta compañías pequeñas que se apoyan en los representantes y fabricantes para incursionar en el mercado, algunos importan marcas propias. Esta diversidad sugiere retos importantes para una estandarizar procesos y procedimientos en aspectos técnicos, como la instalación y el diseño.

Si bien existen casos de buenas prácticas y alto nivel técnico, su proporción es baja dentro de todo el sector, algunas brechas podrían cerrarse mediante herramientas de formación, teórico-prácticas y guías fáciles de entender y aplicar tanto para personal comercial como técnico.

## **Propuesta de Guía para el Desarrollo de Sistemas de Sonido Distribuido, Utilizando Líneas de 70V y 100V.**

### **Introducción a la guía.**

A partir de la investigación realizada, se logró identificar que parte importante de los agentes que componen directamente el mercado técnico y comercial de los proyectos de audio, carecen de herramientas metodológicas que les facilite el diseño y la implementación de sistemas de refuerzo sonoro distribuido, utilizando sistemas de alta impedancia. Si bien se evidenció que algunas empresas cuentan con protocolos adecuados, ni estas, ni las marcas distribuidoras de equipos, comparten ampliamente una herramienta estructurada que integre todos los conceptos necesarios para el desarrollo de un proyecto de sonido distribuido.

La presente guía propuesta nace de esa necesidad, consolidando los aspectos meramente técnicos del marco teórico, el estudio de proyectos reales exitosos y no exitosos realizados y entrevistas con expertos. El propósito es entregar un paso a paso que permita diseñar, proponer, instalar e intervenir sistemas de sonido distribuido con una base técnica y comercial, adaptable a los diferentes retos arquitectónicos y de sonido.

Esta propuesta busca ser una herramienta útil para instaladores, diseñadores, personal comercial y técnico que cumplen un rol dentro de la cadena de suministro e implementación de los sistemas de refuerzo sonoro gestionados con líneas de 70V y 100V. Su uso puede contribuir a una estandarización de los procesos que se realizan en cada espacio, aportando capacidad de negociación, mejora en la calidad sonora y optimización de recursos.

### **Paso 1. Definir el alcance del sistema.**

Antes de iniciar el proceso de diseño de un sistema de refuerzo sonoro, sea cual sea su especificación, es necesario identificar su alcance. Este paso permite delimitar las condiciones

del proyecto, los usos esperados, presupuesto, con el fin de tomar decisiones acertadas durante las otras fases. En la mayoría de los casos se establece con visitas, comunicación clara y efectiva con el cliente final, reuniones con los arquitectos e ingenieros civiles que hayan participado en la ejecución de la obra y con los departamentos comerciales que, de no participar, tomarán decisiones guiadas por el precio, ignorando conceptos técnicos clave que permitirían el máximo aprovechamiento del presupuesto destinado para la implementación del sistema de sonido ambiental o distribuido.

### ***Tipo de espacio.***

Identificar el entorno en donde se implementará el sistema. Incluye:

- Espacios comerciales (tiendas, restaurantes, hoteles, supermercados, almacenes de cadena, centros comerciales, boutique's, casinos, etc)
- Instituciones educativas (colegios, universidades, aulas de clase, pasillos, patios, espacios abiertos)
- Edificios corporativos (pisos, áreas de oficinas, pasillos, salas de juntas, recepciones, casinos de alimentación, entre otros)
- Proyectos públicos (hospitales, aeropuertos, terminales de transporte, estaciones de buses y metro)

Cada espacio requerirá un tratamiento diferente, puesto que presenta una arquitectura única, acústica diferente, niveles de ruido variados y necesidades específicas no aplicables a otros espacios o proyectos.

### **Preguntas guía en este punto.**

- ¿Es un espacio abierto, cerrado o mixto?

- ¿Dispone de cielo falso en drywall u otro material que permita la instalación de altavoces incrustados en techo?
- ¿Qué espacio hay entre el cielo falso y la placa de concreto?
- ¿Las paredes son lo suficientemente fuertes como perforar e instalar bases de altavoces de sobreponer en pared?
- ¿Hay ductería o es viable la instalación de ductos dedicados para el cableado de audio?
- ¿Hay cableado de luminarias expuesto que puedan generar corto o tener contacto con el cableado de audio?

Aplicando estas preguntas, se conocerán las limitaciones del espacio y los desafíos de la instalación.

### ***Función del sistema***

Definir el propósito del sistema de sonido distribuido permite hacer una estimación inicial de la distribución y la posible presión sonora o SPL requeridos.

Funciones comunes en proyectos de este tipo.

- **Sonido ambiental:** Se caracteriza por ofrecer música de fondo que permita crear un ambiente homogéneo y acogedor (BGM).
- **Sistemas de voceo:** Destinados para llamados, presentación de ofertas y animaciones, requieren claridad e inteligibilidad de la palabra.
- **Sistemas de evacuación e incendios:** Requieren prioridad de señal, presión sonora alta, cobertura amplia e integración con sistemas de alarmas y seguridad.

**Tip:** Si el sistema requiere cumplir diferentes funciones es de vital importancia disponer de amplificadores con prioridad de señal y programación, con el fin de que, si recibe señales

desde un dispositivo de evacuación, pueda dar prioridad a esa señal, subiendo el volumen y aumentando el SPL.

### ***Cantidad de zonas y su gestión***

Definir cuantas zonas requiere el sistema y como serán administradas o gestionadas, permite establecer la estructura de cableado, preparar los puntos de control, dividir el espacio en zonas independientes y comunes para optimizar la distribución de los altavoces, la ubicación de las fuentes y la selección de equipos.

Por lo tanto, es imprescindible validar con el cliente final y sus asesores de arquitectura e ingeniería civil, las necesidades de cada espacio y como desean controlarlos.

#### **Preguntas guía:**

- ¿Qué función cumple cada área dentro del proyecto?
- ¿Qué contenido sonoro se desea en cada espacio?
- ¿Se requiere control y fuentes de sonido independientes o sectorizadas dentro del proyecto?
- ¿Hay zonas con requisitos especiales?
- ¿Se requieren micrófonos en diferentes áreas del espacio?
- ¿Se necesita unificar zonas eventualmente?

***Ejemplo.*** Un edificio de 3 pisos, que tiene múltiples salones de conferencias o entretenimiento, requiere que el sonido de los pasillos en todos los pisos sea el mismo, pero a su vez, en cada salón se requiere extender comunicados que generalmente solo funcionan en el pasillo sin interrumpir su independencia.

***Ejemplo 2.*** Un salón de conferencias de gran tamaño puede dividirse en dos salones completamente independientes.

### ***Requisitos operativos***

Los requisitos de operación definen puntos importantes para planear la configuración, selección de equipos y la forma de entrega del proyecto.

#### **Preguntas guía.**

¿Quién operará el sistema tiene conocimientos suficientes para una operación correcta?

¿Requiere programación para emisión de anuncios o automatización?

¿Es un sistema funciona por turnos, horas, eventos puntuales o las 24 horas del día los 7 días de la semana?

**Tip 1:** Cuando el sistema será operado por personal administrativo y operativo con pocos conocimientos de audio, es necesario planear una entrega fácil del proyecto con control a través de una Tablet o controles de pared, limitando el acceso y la interacción con los dispositivos amplificadores y matrices, esto previene futuros soportes postventa y garantiza la estabilidad del sistema.

**Tip 2:** Cuando el sistema instalado funciona por largos periodos de tiempo sin un descanso, es necesario garantizar protección eléctrica, buena ventilación en los racks y un mantenimiento preventivo programado al menos cada 6 meses.

**Tip 3:** Se recomienda contar con un SPL superior en al menos 15dB sobre el nivel de ruido ambiente.

### **Paso 2. Caracterizar el entorno acústico**

Antes a la selección de equipos y el cálculo de la potencia, es necesario identificar las condiciones acústicas del espacio, esto dará una guía sobre la complejidad de garantizar una

apropiada inteligibilidad, la necesidad de un tratamiento acústico previo e incluso la ubicación de los altavoces.

### ***Medición o estimación de ruido ambiente***

El ruido ambiente es el nivel sonoro que existe en un determinado espacio, antes de la implementación de un sistema de refuerzo sonoro o con este apagado. Suele medirse en decibeles (dB SPL) y cambia de acuerdo con los momentos picos de afluencia, actividad y ocupación.

#### **Preguntas guía:**

¿Cuáles son los momentos de mayor afluencia de público en el lugar?

¿Qué actividades se desarrollan?

¿Existen factores externos como avenidas, locales vecinos ruidosos, ventas ambulantes u otros que puedan afectar la inteligibilidad o incluso enmascarar el sistema?

#### **Procedimiento recomendado;**

Para establecer el nivel del ruido ambiente se recomienda:

- Usar un sonómetro o decibelímetro Clase 2 o superior.
- Medir en diferentes puntos del área, haciendo intervalos de al menos un minuto en diferentes horas y volúmenes de actividad y afluencia.
- Registrar todos los valores para obtener la información del ruido ambiente en dB(A) en horarios pico.

Sin embargo, existen algunos proyectos en los que el proyecto reposa sobre planos y debe diseñarse con base en información de referencia, mediciones en espacios similares o el contenido de la Resolución 0627 del 2006 en la que se establecen los niveles máximos de ruido permitidos por sectores.

**Tabla 7**

*Niveles de presión sonora permitidos en diferentes espacios según normativas locales*

<b>Tipo de espacio</b>	<b>Nivel típico de ruido (dB(A))</b>
Biblioteca, hospital, guardería	35–45
Oficina cerrada, sala de reuniones	40–50
Aula escolar, centro educativo	50–60
Supermercado, tienda por departamentos	65–75
Restaurante concurrido	70–80
Terminal de transporte, estación de buses	75–85
Fábrica pesada, planta industrial	90–100

*Nota.* Resumen de normativas locales.

**Tip:** Para maximizar la inteligibilidad del sistema, se recomienda mantener una presión sonora uniforme superior de al menos 15dB(A) al nivel de ruido ambiente.

### ***Materiales y superficies***

Los materiales del espacio pueden influir de manera directa en el comportamiento del sonido dentro del lugar, puesto que cada uno de ellos presenta diferentes coeficientes de absorción, reflejando o absorbiendo las ondas sonoras.

#### **Factores a observar:**

- Pisos: cerámica, concreto, alfombra
- Paredes: ladrillo, drywall, vidrio, concreto, madera.
- Techos: Concreto, placa fácil, drywall, supervboard, pvc, metal.

**Ejemplo:** Una oficina con sillas de espuma, techo falso en material absorbente y alfombra, tendrá un tiempo de reverberación muy inferior a una oficina con piso de cerámica y paredes de vidrio.

**Tip:** Un espacio muy reverberante afectará la inteligibilidad de la voz, dificultando la transmisión apropiada de los mensajes, por lo que será ideal emplear más altavoces para maximizar la cobertura y permitir que los ocupantes del espacio reciban información directa y no reflexiones que enturbien la claridad del mensaje.

### ***Tiempo de reverberación e inteligibilidad***

El RT60 es el tiempo en que el sonido disminuye en 60dB o se hace imperceptible después de que la fuente se silencia, afecta directamente la inteligibilidad de la palabra debido al entorno acústico.

#### **Procedimiento:**

Si no se cuenta con una medición in situ, se puede hacer una estimación mediante software como Odeon, EASE o CATT Acoustic o la fórmula de Sabine para establecer el tiempo de reverberación o RT60, basado en los materiales y el volumen de estos dentro del recinto a sonorizar.

Contar con esta medición permitirá definir si se requiere un tratamiento acústico, el tipo de altavoces a utilizar e incluso su ubicación. Puesto que hay soluciones que permiten reducir el impacto hacia ciertas superficies y esto evita reflexiones indeseadas, mejorando la inteligibilidad.

**Tip 1:** En espacios reverberantes difíciles de tratar acústicamente, como iglesias católicas, salones de oración, aeropuertos y terminales, donde las superficies favorecen el tiempo

de reverberación, se recomienda utilizar altavoces más direccionales, que disparen menos energía hacia el techo y piso, concentrándose en el área de los visitantes.

**Tip 2:** La inteligibilidad de la palabra es crucial en proyectos como:

- Edificios con evacuación por voz
- Aeropuertos
- Terminales de transporte
- Hospitales

Los valores mínimos recomendados de inteligibilidad STI (Speech Transmission Index) son los siguientes:

STI > 0.5 Para espacios de anuncios

STI > 0.6 Para llamados y evacuación por voz

En algunos casos, basta con aumentar el SPL del sistema para mejorar notablemente la inteligibilidad de la palabra, siempre y cuando no se genere más energía a las zonas de reflexión acústica.

### **Paso 3: Cobertura y audiencia**

En este punto permite establecer la cantidad de altavoces requeridos, su distribución y el nivel de presión sonora debe alcanzarse en el espacio o en las zonas del lugar, con base en la arquitectura y la audiencia que tenga el lugar, se recomienda apoyarse siempre con el software de predicción suministrado por los fabricantes o genéricos que permitan incluir estas referencias como EASE FOCUS 3, Cissca, Modeler y otros.

### ***Medición del área a cubrir***

Calcular y medir el área a sonorizar en m<sup>2</sup>, es el punto de partida para definir los primeros pasos del diseño de refuerzo sonoro ambiental.

#### **Procedimiento:**

Obtener los planos en formato Autocad o en PDF siempre y cuando tengan cotas de distancia e información de altura, para lectura y medición, se puede utilizar la herramienta online gratuita: Free Autodesk Viwers.

- Dividir el espacio en zonas funcionales, para poder diseñar la cobertura de cada espacio (ejemplo: recepción, pasillos, restaurantes, zonas exteriores)
- En caso de no disponer de planos, hacer un levantamiento que incluya ancho, largo y altura.
- Hacer una revisión in situ o en planos, que permita identificar las posibilidades de instalación que ofrece el espacio (ejemplo, columnas, paredes, cielos falsos, rieles de iluminación).

### ***Altura del techo y geometría del espacio***

La altura del techo, las dimensiones y la distribución arquitectónica afectan la cobertura del sistema de refuerzo sonoro, por lo que no en todos los escenarios es recomendable utilizar el mismo tipo de altavoces.

**Tip 1:** Los altavoces de techo o de incrustar con disposición circular que tengan menos diámetro o woofers más pequeños, suelen ofrecer un ángulo de cobertura más amplio, por lo que

resultan útiles en espacios con techos bajos. Sin embargo, en algunos casos será necesario reforzar las frecuencias bajas empleando un subwoofer si el proyecto lo requiere.

**Tip 2.** Muchos altavoces tradicionales de instalación en superficie o pared, ofrecen ángulos de cobertura simétricos entre disposición horizontal o vertical, lo que los hace poco adecuados para espacios reverberantes, ya que dispersarán energía sonora en todas las direcciones, generando energía reverberante y afectando la inteligibilidad del sistema.

**Tip 3.** Los altavoces de tipo array, comúnmente llamados cilíndricos, ofrecen mayor control de la dispersión vertical, evitando envío de energía hacia el techo o suelo. Esta especificación los hace ideales para espacios altamente reverberantes como iglesias y espacios con superficies muy reflectivas.

**Tip 4.** A mayor altura del techo o mayor distancia entre el altavoz y los puntos de escucha, aumenta la atenuación de SPL por distancia. Para compensar estas pérdidas es recomendado aumentar la potencia y el SPL del sistema o incrementar el número de altavoces instalados con un menor nivel de individual.

**Tip 5.** La correcta selección del tipo de altavoz según la geometría del recinto es un factor determinante para optimizar la relación entre cobertura, control de energía acústica e inteligibilidad.

#### ***Nivel de presión sonora (SPL) objetivo.***

Al diseñar un proyecto en un software de predicción como Ease, Ease Focus, Cissca, YS3, entre otros, uno de los pasos es el SPL objetivo o resultante y este describe la cantidad de

presión sonora mínima que debe alcanzar o que ofrece un sistema para garantizar audibilidad e inteligibilidad.

Fórmula típica recomendada:

$$SPL = \text{Ruido ambiente máximo medido o proyectado} + 15dB$$

Ejemplo: Si el ruido ambiente de un espacio está alrededor de 75dB(A), el SPL objetivo debería fijarse en al menos 85dB SPL.

**Tip:** Se recomienda mantener ese margen de 15dB más en todos los casos, en ambientes dinámicos, que puedan manejar picos de ruido en momentos específicos o por contaminación externa, incluso debería considerarse un margen superior.

### *Ejemplo de uso de software de estimación de cobertura y presión sonora*

En este ejemplo se pretende sonorizar un gimnasio con las siguientes especificaciones:

- Largo: 30 m
- Ancho: 12 m
- Alto: 3.5 m
- Altura de escucha promedio: 1.6 m
- Nivel de ruido ambiente: 70 dB(A) en área de máquinas y pesas.
- Objetivo 85dB.

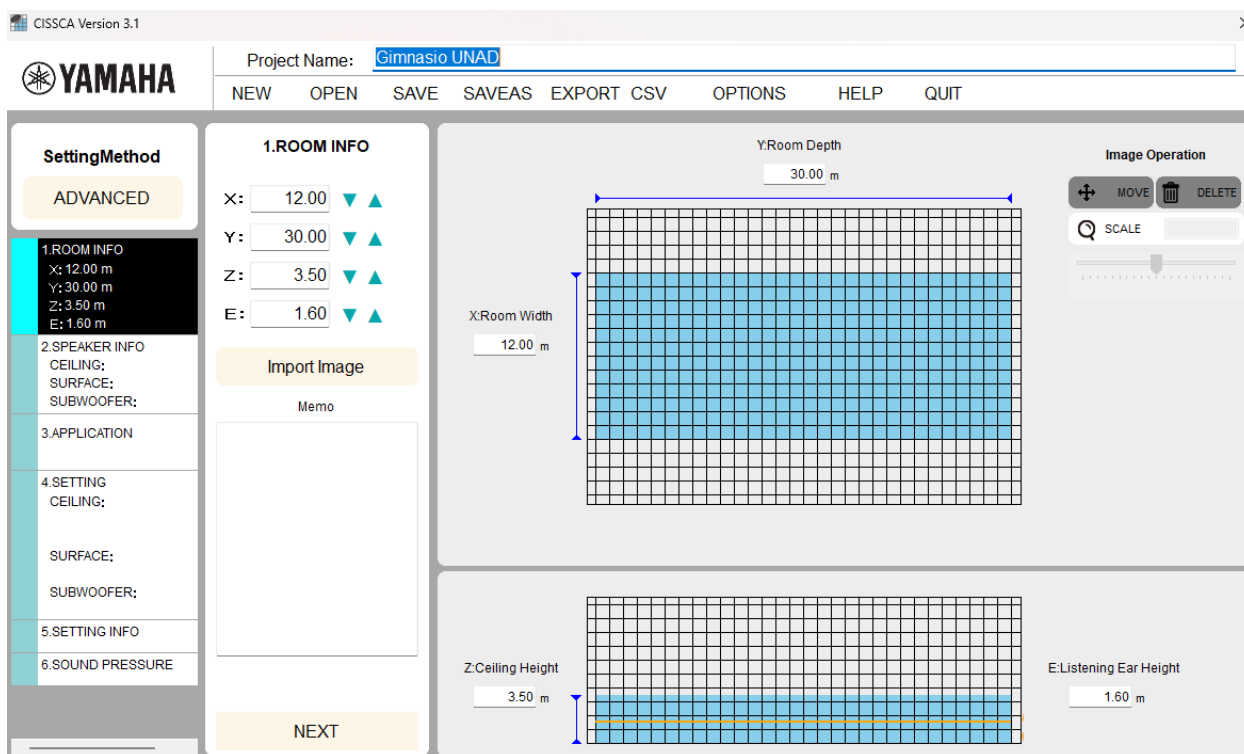
El techo del lugar es macizo y el cliente final cuenta con un presupuesto reducido, por lo que deberá maximizarse la cobertura y la inteligibilidad descartando altavoces pendant o de colgar que son costosos y altavoces de techo que no permiten instalarse en placas de concreto, se sugieren altavoces de pared o se sobreponer en pared. El cliente pretende utilizar ductería EMT a la altura del techo, sin embargo, al pretender garantizar una buena presión sonora, se busca que

el punto de escucha sea lo más cercano posible a los altavoces para evitar pérdidas por distancia y facilitar la inteligibilidad, se sugiere fijarlos a 2 metros de altura.

### Datos del espacio en la aplicación.

**Figura 17**

*Primer paso para diseñar sistema de sonido en CISSCA*

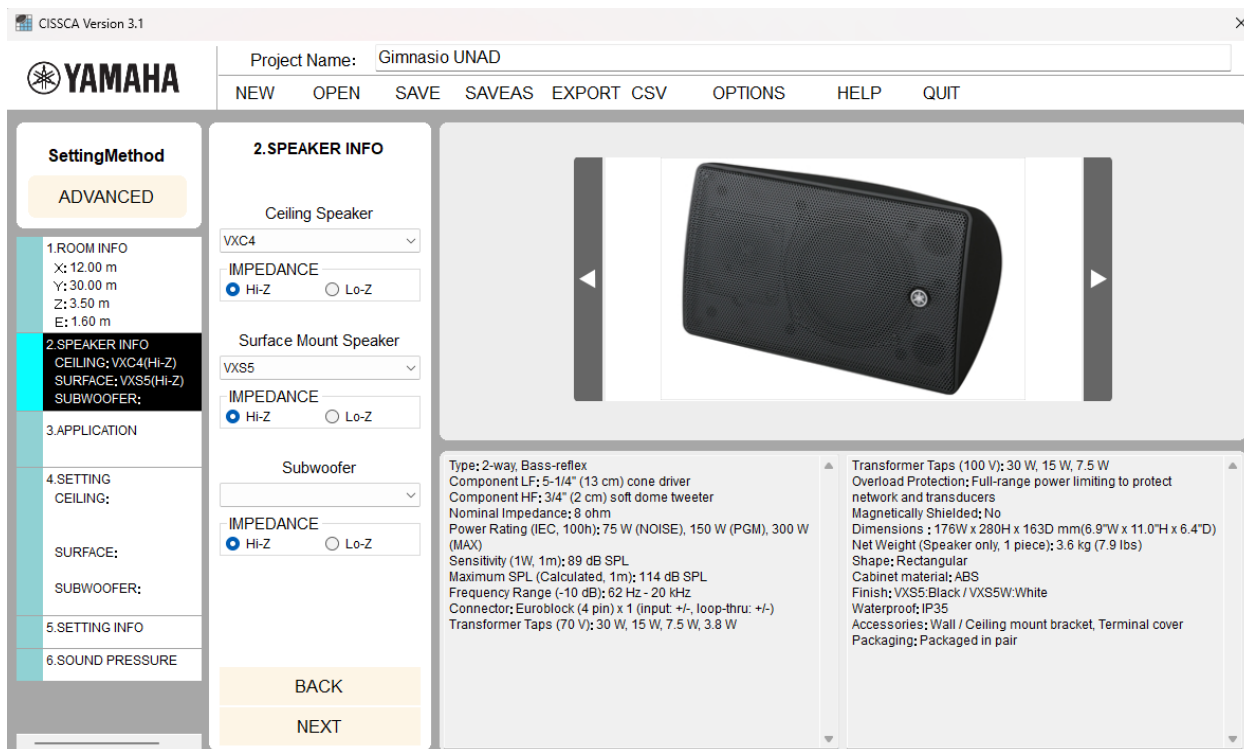


*Nota.* En este apartado se eligen las dimensiones del lugar a diseñar. Captura de pantalla realizada por el autor.

## Selección de altavoces

**Figura 18**

*Selección del tipo de altavoces a usar en el proyecto*



*Nota.* El altavoz seleccionado corresponde a la necesidad arquitectónica y sonora del espacio a intervenir. Captura de pantalla realizada por el autor.

## Establecimiento de la presión sonora objetivo.

**Figura 19**

*Estableciendo la presión sonora o SPL requerida para el proyecto*

The screenshot displays the CISSCA Version 3.1 software interface for setting target SPL. The project name is 'Gimnasio UNAD'. The '3.APPLICATION' section is active, showing a list of application types with 'FGM/Speech / 85dB' selected. The room dimensions are X: 12.00 m, Y: 30.00 m, Z: 3.50 m, and E: 1.60 m. The top-down view shows a grid of speaker positions (green circles) within a 30.00 m by 12.00 m room. The side-view graph shows the sound pressure level profile across the room, with a listening ear height of 1.60 m and a ceiling height of 3.50 m.

**SettingMethod**  
**ADVANCED**

**1.ROOM INFO**  
X: 12.00 m  
Y: 30.00 m  
Z: 3.50 m  
E: 1.60 m

**2.SPEAKER INFO**  
CEILING: VXC4(Hi-Z)  
SURFACE: VXS5(Hi-Z)  
SUBWOOFER:

**3.APPLICATION**  
FGM/Speech / 85dB SPL

**4.SETTING**  
CEILING:  
SURFACE:  
SUBWOOFER:

**5.SETTING INFO**

**6.SOUND PRESSURE**

**3.APPLICATION**  
Application / Target SPL  
FGM/Speech / 85dB  
Quiet BGM / 70dB  
Low BGM / 73dB  
Medium BGM / 76dB  
High BGM / 79dB  
Low FGM/Speech / 82dB  
FGM/Speech / 85dB  
High FGM / 88dB  
Low Ent. Music / 91dB  
Low Ent. Music / 94dB  
Mid Ent. Music / 97dB  
Mid Ent. Music / 100dB  
High Ent. Music / 103dB  
High Ent. Music / 106dB

**BACK**  
**NEXT**

**Y:Room Depth**  
30.00 m

**X:Room Width**  
12.00 m

**Z:Ceiling Height**  
3.50 m

**E:Listening Ear Height**  
1.60 m

**Image Operation**  
VIEW DELETE

**Ceiling Speaker Spacing**  
4.15 m

**Surface Mount Speaker**

X	5.00 m
Y	5.00 m
Pan	-
Height	3.00 m
Tilt	5.0

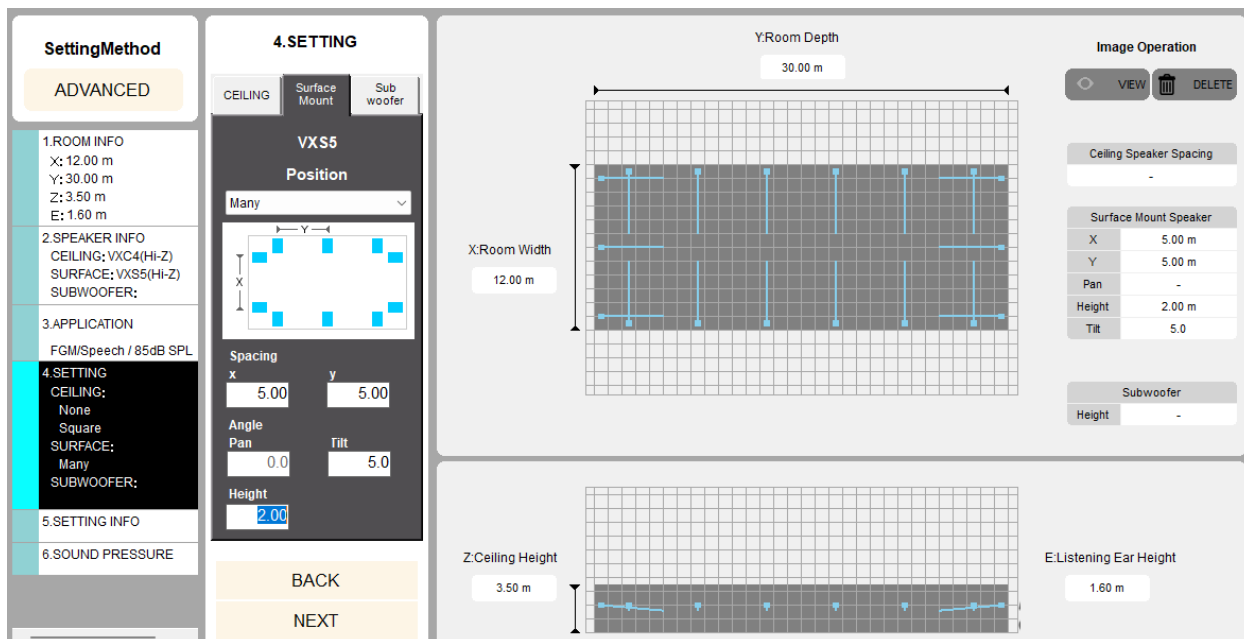
**Subwoofer**  
Height -

*Nota.* Se ingresan datos de SPL requeridos en el software. Captura de pantalla realizada por el autor.

## Se establece la altura de ubicación de los parlantes

**Figura 20**

*La cantidad de altavoces, la altura de instalación y su angulación se establecen en la aplicación de predicción.*



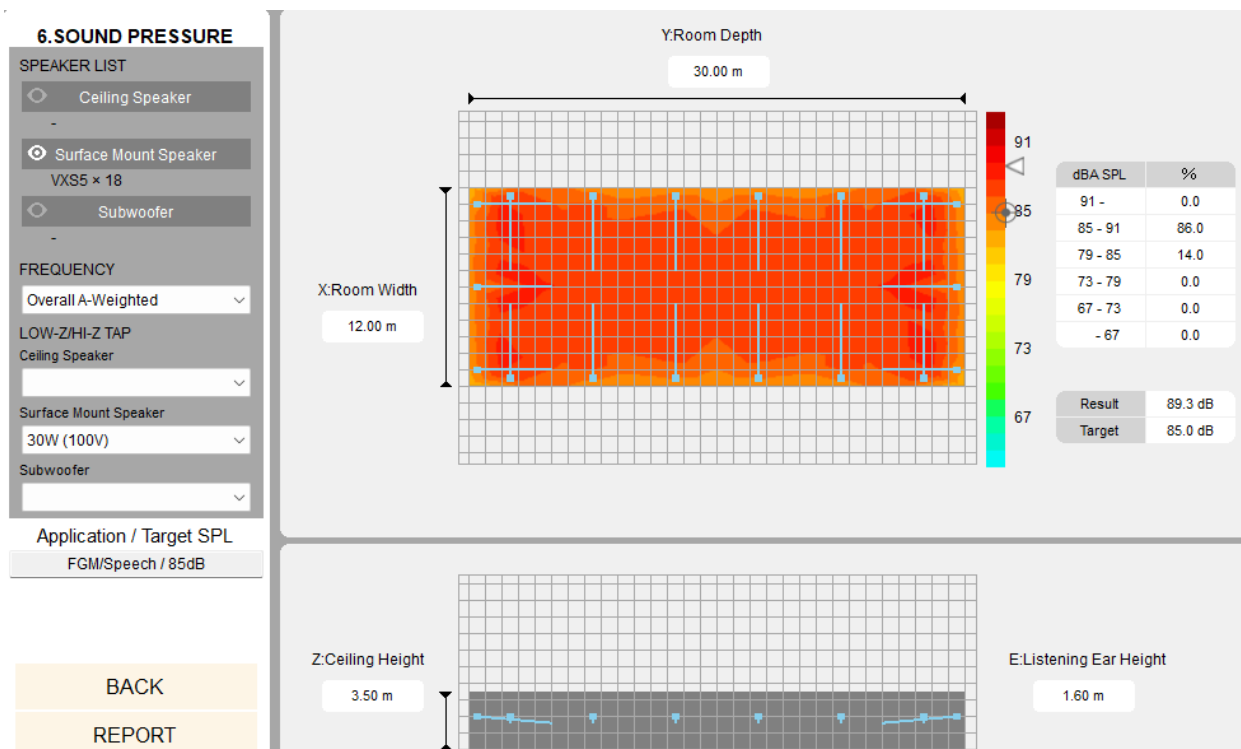
*Nota.* Pasos finales para el diseño del proyecto. Captura de pantalla realizada por el autor.

En este punto los software's de los fabricantes como CISSCA de Yamaha o Modeler de Bose, hacen una sugerencia sobre la cantidad y ubicación de los altavoces a ubicar en el espacio para garantizar la presión sonora requerida, cubriendo todo el espacio, sin embargo, pueden hacerse modificaciones manuales, eliminando o moviendo los altavoces.

## Resultado

**Figura 21**

*Resultado visual del nivel de presión sonora y cobertura en el espacio.*



*Nota.* Verificación de viabilidad del diseño. Captura de pantalla realizada por el autor.

El resultado obtenido, permite ofrecer presión sonora superior a 85dB en más de un 86% por lo que la selección de altavoces es efectiva y funcional para el espacio.

Algunos softwares de predicción indican la potencia a la que trabajará cada altavoz, en este caso 30W.

### Paso 4 Estimación de la potencia requerida

La estimación de potencia es el proceso de calcular cuanta energía se debe garantizar en vatios hacia los altavoces para garantizar un SPL apropiado de acuerdo con las condiciones del proyecto a ejecutar y permite seleccionar el amplificador idóneo para tal fin.

Una vez establecido el SPL objetivo para el desarrollo del proyecto basado en anteriores puntos, se puede proceder con el cálculo de potencia requerida en función del altavoz seleccionado.

### ***Sensibilidad del altavoz***

La sensibilidad del altavoz es una especificación clave al momento de seleccionar los equipos para el desarrollo del proyecto, este factor indica la cantidad de SPL que puede generar un parlante, suministrándole 1W de potencia medido a un metro.

Elevar la potencia suministrada al altavoz, elevará el SPL entregado por el parlante.

A continuación, se relaciona la fórmula para calcular este incremento en el SPL en función de la potencia.

$$SPL_{1m} = \text{Sensibilidad} + 10 * \log_{10}(P)$$

Siendo ( $P$ ) la potencia suministrada al altavoz.

Ejemplo:

$$SPL_{1m} = 90dB + 10 * \log_{10} (15w) = 101.76 dB$$

### ***Atenuación por distancia***

La atenuación por distancia se refiere a la pérdida de decibeles desde el punto de medición de la sensibilidad hasta el punto de escucha.

Si no hay muros y objetos que se interpongan entre el altavoz y el receptor, cada vez que se duplica la distancia la presión sonora o SPL, disminuye en 6dB, por esta razón se debe contemplar un mayor suministro de potencia en los altavoces.

La fórmula utilizada para calcular la pérdida de potencia es la siguiente, donde  $d$  es la distancia en metros:

$$\text{Atenuación SPL} = 20 * \log_{10}\left(\frac{d}{1m}\right)$$

Ejemplo:

$$\text{Atenuación SPL} = 20 * \log_{10}\left(\frac{4}{1}\right) = 12dB$$

Para este caso si tenemos un altavoz con una sensibilidad de 90dB, y el punto de escucha es a 4 metros, el SPL resultante en dicho punto será de 78dB.

A continuación, se presenta una tabla ilustrativa tomando como ejemplo el mismo altavoz de 90 SPL de sensibilidad:

**Tabla 8**

*Niveles de presión sonora que a diferentes distancias y potencias suministradas a un altavoz con sensibilidad de 90dB.*

Potencia	SPL / 1 m	SPL / 4 m	SPL / 6 m	SPL / 8 m
1 W	90 dB	78 dB	74.4 dB	72 dB
5 W	97 dB	85 dB	81.4 dB	79 dB
10 W	100 dB	88 dB	84.4 dB	82 dB
15 W	101.8 dB	89.8 dB	86.2 dB	83.7 dB

*Nota.* Cálculos realizados por el autor.

Como resultado, Si el objetivo es garantizar 85 – 90 dB con una distancia de 4 – 6 m, potencias de 5 –15, W por altavoz serán apropiadas según el ruido ambiente, altura y aplicación del sistema.

### ***Selección del amplificador***

Una vez definido el SPL objetivo, la potencia individual por altavoz (tap) y la cantidad de parlantes, permitirán definir la potencia total de la zona que se calcula como la suma de todos los taps conectados en el circuito. Se recomienda seleccionar un amplificador con un margen del 20-30% sobre ese resultado para manejar apropiadamente los picos y evitar sobre esforzar el amplificador durante el tiempo de funcionamiento, evitando distorsiones y daños acelerados.

#### **Suma de los taps:**

$$P_{zona} = \Sigma P_i$$

Para este caso se utiliza la potencia asignada en los Taps o transformadores de los parlantes.

#### **Ejemplo:**

Un restaurante con un nivel de ruido promedio de 70dB(A), un techo con altura de 5m podemos diseñar el proyecto de la siguiente manera:

**Ruido ambiente:** 70dB(A)

**SPL Mínimo Objetivo:** 85dB + 3dB Margen = 88dB

**Altavoz seleccionado:** Sensibilidad 90dB SPL

**Distancia promedio:**  $d = 6m$  (Supera la altura del techo porque se tiene en cuenta el desplazamiento horizontal o vertical desde el eje del altavoz.

**Distribución:** 16 Altavoces

#### **Cálculo de potencia por altavoz:**

Atenuación de 6m:

$$Atenuación\ SPL = 20 * \log_{10} \left( \frac{6}{1} \right) = 15.56\ dB$$

#### **Ecuación:**

$$88 = 90 + 10 * \log_{10}(P) - 15.56$$

$$88 = 74.44 + 10 * \log_{10}(P) - 15.56$$

$$10 * \log_{10}(P) = 13.56$$

$$P \approx 10^{1.356}$$

$$P \approx 22.7 W$$

### **Selección:**

Tap recomendado: 25W

Potencia de zona: 16 X 25W = 400W

Amplificador recomendado: 520W que mantiene un margen del 30% para manejar picos y minimizar la distorsión.

**Tip:** Altavoces con mayor sensibilidad, serán más útiles en espacios más ruidosos o con distancias altas entre el parlante y el punto de escucha, aprovechando mejor la potencia para lograr un mayor SPL, sin necesidad de amplificadores costosos.

### **Paso 5: Selección de equipos.**

Una vez definido el SPL objetivo, la cobertura, disposición arquitectónica y posible ubicación, se puede proceder a realizar la selección de equipos basados en las especificaciones requeridas para el proyecto trabajado.

#### ***Selección de altavoces.***

##### **Criterios principales.**

***Sensibilidad.*** Preferir altavoces que ofrezcan 88dB de SPL o más, esto minimizará costos en la selección de altavoces.

***Potencia nominal (TAP).*** En el mercado se encuentran altavoces con taps de 7.5W, 10W, 15W, 25W, 30W Y 60W, verificar que el altavoz ofrezca el tap de potencia requerido.

***Aplicación.***

En espacios con cielos falsos uniformes, la opción más recomendada es utilizar altavoces de techo o de incrustar.

En espacios con techos de concreto y sin posibilidad de incrustar se recomienda utilizar altavoces de sobreponer en pared.

- En techos altos, se recomienda utilizar altavoces colgantes.
- En techos bajos, se recomienda usar altavoces de techo de poco diámetro ya que ofrecen un ángulo de dispersión más amplio, se debe tener en cuenta que en lo general, los parlantes pequeños carecen de una respuesta cargada de frecuencias bajas, puede reforzarse con un subwoofer.
- En espacios reverberantes como iglesias, casas de oración y similares, se recomienda utilizar altavoces tipo cilíndricos o de arreglos lineal (array), estos mejoran la inteligibilidad de la palabra y evitan reflexiones no deseadas.

***Respuesta de frecuencia.*** Para aplicaciones de voiceo, basta con una respuesta de 100Hz – 15kHz; en el caso de música ambiental, se recomiendan altavoces con un rango de 60Hz – 18kHz.

***Impedancia:*** Para distancias superiores a 20m, siempre utilizar altavoces con línea de 70 o 100V.

***Selección de amplificadores*****Criterios básicos.**

***Potencia.*** La potencia continua que ofrece el amplificador debe superar la suma de todos los taps en 20 o 30% como margen de seguridad para poder incrementar el nivel en momentos

requeridos, manejar apropiadamente los picos de las señales y no forzar al amplificador a trabajar a su máxima capacidad todo el tiempo.

***Número de canales o zonas.*** Considerar amplificadores multizona si se requiere control independiente de volumen o fuente en ciertas áreas.

***Compatibilidad con mezcladores, matrices de procesamiento o consolas digitales.*** En caso de emplear conexión vía protocolos digitales entre el equipo receptor de señales, se debe tener en cuenta que puedan comunicarse y configurarse apropiadamente.

***Selección de matrices, consolas o procesadores de señal.***

Todo sistema de audio necesita procesamiento y recepción de señales o fuentes, para estos casos es importante definir los siguientes criterios:

**Cantidad de zonas.** Se requiere definir la cantidad de zonas requeridas previamente para establecer la cantidad de fuentes que se conectarán al sistema, en algunos casos se requiere poder cambiar el ruteo desde una zona a otra para unificarlas o separarlas. Para estos casos se recomienda emplear matrices de procesamiento que permitan el guardado de escenas o la opción “Room Combiner”.

Para aplicaciones en donde solo se requiere recibir una señal y generar ecualización, puede utilizarse una mezcladora análoga que se comunique vía cable con el amplificador.

**Amplificadores con mezclador o matriz incorporada.** Desde hace una década han venido implementándose amplificadores que ofrecen posibilidades de matriz y mezcla de señales en un solo equipo.

***Protección eléctrica y respaldo***

Un detalle importante que es pasado por alto en gran cantidad de proyectos es la protección eléctrica de los equipos y el respaldo de energía que deben tener para que el sistema

se mantenga activo aun con cortes de baja duración de electricidad, esto permite emitir anuncios de evacuación, alertas y demás en ese tipo de situaciones.

**Acondicionadores:** Ofrecen supresión de picos, filtrado de interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia evitando ruidos.

**Reguladores y UPS.** Mantienen la tensión estable, evitando variaciones de voltaje hacia los equipos, para seleccionar estos casos es importante revisar la ficha técnica de cada equipo conectado en el rack para fijar la capacidad que debe tener el regulador y la UPS, se recomienda un margen del 30% sobre el consumo total de los equipos conectados.

### ***Recomendaciones finales***

Para la selección de equipos, más allá de los aspectos técnicos, es importante conocer la capacidad económica del cliente final para ofrecer soluciones acordes a sus necesidades y presupuesto, el factor económico es completamente determinante en un proceso de implementación de un proyecto de sonido ambiental. Es clave mantener una comunicación consistente y sustentar de manera clara las decisiones técnicas, indicando las ventajas y facilidades al tomarlas.

### **Paso 6: Distribución física y cableado**

La correcta distribución de altavoces y un buen diseño de cableado permite optimizar recursos, facilitar el mantenimiento, maximizar la cobertura y garantizar seguridad eléctrica y del circuito de sonido.

#### ***Distribución de los altavoces***

Uno de los aspectos más importantes es mantener una cobertura uniforme en el espacio, minimizando reflexiones excesivas y zonas muertas no planeadas.

Para una buena disposición de los parlantes, es importante basarse en la ubicación sugerida por el software de predicción. Esto aplica tanto para altavoces de techo como de sobreponer en pared o superficie.

- **Tip 1:** Si no se dispone de un software de predicción sonora, los altavoces de techo pueden ser colocados con un espaciado de 4 o 5 metros según la altura del techo.
- **Tip 2:** Para altavoces de sobreponer en superficie, deben ser orientados al público, teniendo en cuenta su ángulo de cobertura, evitando rebotes excesivos o cancelaciones por altavoces enfrentados entre sí.
- **Tip 3:** Dividir áreas con necesidades de volumen o fuentes distintas (pasillos, exteriores, terrazas, etc)

### ***Cableado de altavoces con líneas de alta impedancia 70V y 100V.***

Una de las ventajas de utilizar circuitos de alta impedancia mediante voltaje constante es que el cálculo de impedancia al hacer conexiones en serie o paralelo puede omitirse completamente, esto agiliza la obra civil, el tendido de cable, abarata la instalación y permite un mantenimiento más eficiente.

A continuación, se detallan las dos topologías más utilizadas en el desarrollo de proyectos de audio ambiental o de sonido distribuidor.

#### **Conexión en serie:**

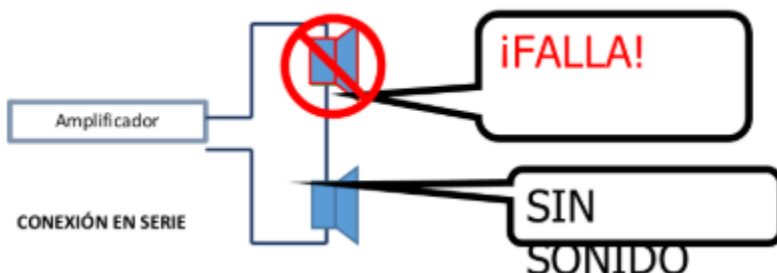
Por medio de esta topología, se pueden conectar múltiples altavoces al mismo sistema de amplificación, haciendo un puente de un altavoz al otro o encadenándolos.

#### ***Desventaja***

Si un altavoz de la cadena falla, todos los demás dejarán de sonar o podrán sufrir daños.

**Figura 22**

*La conexión en serie expone a fallas un sistema de audio*



*Nota.* El uso de conexiones en serie genera problemas si algún equipo en la cadena falla.

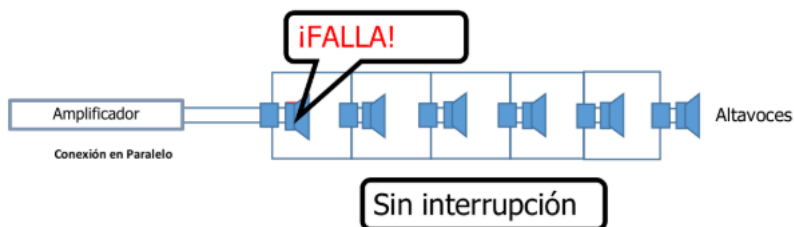
### **Conexión en paralelo.**

Suele ser la más apropiada y confiable puesto que mediante esta topología, todos los altavoces están conectados directamente al amplificador, permitiendo retirar altavoces del circuito sin interrumpir el comportamiento de los otros, además de permitir la zonificación de manera sencilla.

Adicionalmente, la instalación se hace más sencilla, puesto que marcas como Yamaha, Bose, JBL y otras, ofrecen en el mismo altavoz la posibilidad de generar un conexionado en paralelo, gracias a conectores Euroblock.

**Figura 23**

*La conexión en paralelo, permite continuidad aunque algún eslabón de la cadena falle.*



*Nota.* La imagen muestra una conexión de altavoces directa hasta un amplificador, que evita fallas.

Esta topología se puede realizar de tres formas:

- Teniendo un cable central como columna vertebral hasta el final del sistema y generar derivaciones en distintos puntos para alimentar los altavoces.
- Utilizar conectores euroblock que permiten extender el circuito cuanto sea necesario.
- Tender un cable por cada altavoz conectado y antes de llegar al amplificador, usar una bornera eléctrica.

El cableado es la columna vertebral de un sistema de audio de audio distribuido, es importante usar siempre componentes de buena calidad, materiales baratos pueden comprometer la eficiencia, vida útil y sonido de los equipos utilizado.

- **Tip 1:** Utilizar ductería y codos en las uniones de los tubos cuando se cambie de dirección, esto evita atascos y daños del cable al momento de sondearlo.
- **Tip 2:** Para distancias superiores a 100m entre el amplificador y los altavoces, se recomienda el uso de cable AWG Desoxigenado 2X14, en distancias inferiores, puede usarse calibre 2X16.
- **Tip 3:** Si no es posible instalar ductería, emplear canaletas plásticas para la protección del cable.
- **Tip 4:** Nunca encaminar el cableado de los altavoces por el mismo tramo de las conexiones eléctricas o de iluminación.
- **Tip 5:** Etiquetar y marcas todos los cables, esto permitirá un adecuado mantenimiento futuro.

- **Tip 6:** Siempre cuidar y respetar la polaridad de los cables al momento de realizar el circuito, de lo contrario, pueden aparecer cancelaciones de sonido o generar daños irreparables.

### **Paso 7: Puesta en marcha y pruebas de funcionamiento**

La puesta en marcha es el paso final de cualquier proyecto, en este se hace una inspección física de la instalación, las conexiones y de todos los procesos realizados previamente, antes del encendido, en este paso se da forma a las solicitudes del cliente y se cumple con lo ofertado.

#### ***Inspección Previa***

**Cableado.** Se revisa continuidad, uso adecuado de la polaridad y ausencia de cortos en los circuitos ejecutados.

**Conectores.** Verificar que todos los conectores estén bien insertados y firmes en las borneras de los altavoces y equipos.

**Protección.** Verificar que los equipos de protección como acondicionadores y reguladores estén disponibles, conectados y bien realizados.

**Etiquetado.** Comprobar que los cables y equipos estén debidamente etiquetados para garantizar un fácil mantenimiento preventivo, correctivo o realizar modificaciones y adiciones al sistema que se va a entregar.

#### ***Energización del sistema***

Una vez hecha la comprobación de buenas conexiones, estado óptimo de los equipos, se procede a energizar el sistema, partiendo desde el acondicionador o regulador, pasando por la UPS y finalizando en las matrices, consolas, amplificadores y periféricos.

En este punto es importante verificar que no haya ruido de tierra, chasquidos o sobrecalentamiento.

### ***Conexión entre equipos***

Una vez revisada la instalación y tener todo encendido, se procede a realizar las conexiones que se encargarán de enviar señal proveniente de las fuentes hacia la matriz y los amplificadores, es importante tener claro y diagramado el flujo de señal.

Se presentarán variables importantes debido a que algunos sistemas permiten la conexión mediante protocolos digitales propios de cada marca o masivos como Dante, o a solo permiten conexión analógica.

**Tip:** Iniciar conectando las fuentes de reproducción a las matrices, procesadores o consolas, fijando un nivel de entrada bajo. De esta manera se dispondrá de una señal para verificar que es exitosa la comunicación entre los equipos de procesamiento o mezcla y los amplificadores.

### ***Enrutamiento***

Con las fuentes emitiendo señal, se procederá a realizar el enrutamiento de las señales desde los equipos de procesamiento hacia los amplificadores, en el caso de los equipos analógicos este enrutamiento se lleva a cabo en el proceso anterior, puesto que se conecta de acuerdo al flujo de señal requerido.

En el caso de procesadores y amplificadores digitales, se requiere hacer un enrutamiento digital mediante software. En algunos casos se usa únicamente el software propio de la marca o también puede ser necesario hacer enrutamiento externo con otros programas como Dante Controller, para garantizar que haya un correcto ruteo de señales desde el punto A al punto B, respetando la distribución de zonas o las salidas del amplificador. Si se busca generar 4 zonas

con volumen independiente con la misma fuente, bastará con enrutar la fuente a 4 salidas de uno o varios amplificadores.

### ***Pruebas acústicas y de nivel***

Una vez generada la zonificación mediante el enrutamiento de señales, es importante recorrer las diferentes áreas con el fin de validar el desempeño en cuanto a nivel o SPL e inteligibilidad.

En este punto puede usarse un sonómetro para verificar que la presión sonora máxima requerida en cada espacio se logre cómodamente, posteriormente se podrá atenuar el nivel en cada zona, puesto que generalmente durante los procesos de configuración y pruebas los espacios están vacíos y libres de ruido, esta práctica es desconocida por muchos instaladores y técnicos y permite generar un entregable al cliente final que le indique el nivel máximo que podrá establecer en sus amplificadores y señalarlo.

Durante estas revisiones es aconsejable ecualizar cada área de acuerdo con el comportamiento percibido, haciendo curvas que maximicen la inteligibilidad y el confort.

### ***Documentación y entrega***

Entregar al cliente los diagramas técnicos de conexión de equipos y diseño.

Guardar todas las configuraciones realizadas en un medio digital para que el cliente pueda disponer de ellas en caso de que suceda alguna desconfiguración no anticipada.

En el caso de las conexiones analógicas es importante entregar un manual de conexiones impreso o digital, junto con fotografías como memoria de las ubicaciones de las perillas.

**Tip 1:** Luego de validar el correcto funcionamiento del sistema, es de vital importancia establecer un espacio para que el cliente final y los operadores del sistema reciban una

capacitación a fondo de cómo manejar los equipos, evitar fallas y establecer compromisos de uso adecuado.

**Tip 2:** Entregar un manual escrito de manejo o un video de la capacitación impartida.

*Nota.* En proyectos realizados en Colombia, la puesta en marcha de sistemas de audio distribuido se centra en música ambiental y anuncios generales. Los sistemas de prioridad para mensajes de evacuación por voz se consideran únicamente en aeropuertos, terminales y proyectos con requerimientos especiales de seguridad, y debe verificarse su adecuado funcionamiento después del enrutamiento y configuración.

### **Mantenimiento preventivo y correctivo.**

Pocas empresas actualmente ofrecen desde la entrega de un proyecto un mantenimiento preventivo, que más allá de ser un costo adicional, implica una venta cruzada y permite la fidelización de los usuarios, potenciando las recomendaciones voz a voz y garantizando un adecuado funcionamiento de los proyectos instalados a lo largo del tiempo.

#### ***Mantenimiento preventivo.***

- Revisión de cableado cada 6-12 meses aplicando medición de tensión, verificación de conectores.
- Medir SPL para confirmar óptimo funcionamiento.
- Limpieza de ventiladores y filtros de los equipos.
- Verificar que la tierra se mantenga inferior a 5 ohmios ( $\Omega$ ).
- Actualización de firmware de los equipos.

***Mantenimiento correctivo.***

Suele minimizarse ampliamente cuando se opera apropiadamente el sistema y se cumple con los mantenimientos preventivos, sin embargo, en caso de eventualidades por factores externos o daños, generalmente se requiere acción con lo siguiente:

- Sustituir altavoces dañados o con distorsión
- Reemplazar cables con pérdida de continuidad

Ajustar ecualización y niveles por cambios de disposición arquitectónica, adición o sustracción de objetos en las diferentes áreas.

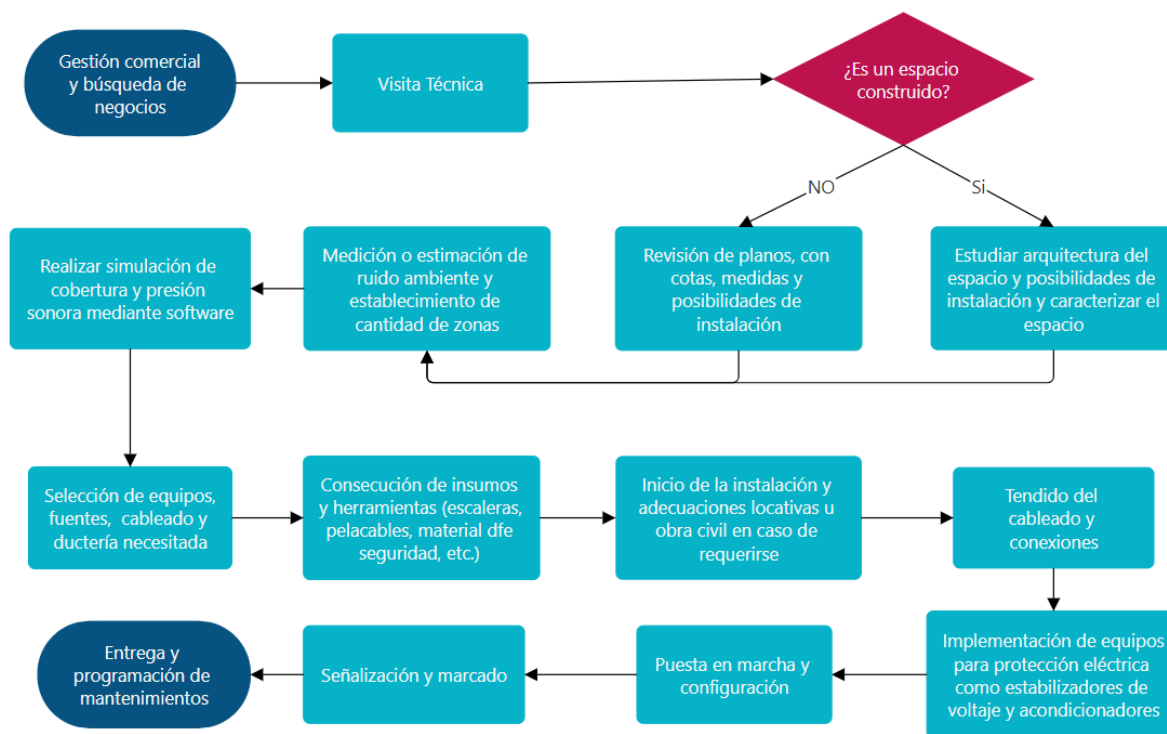
Tip: Generar una bitácora o informe de las labores realizadas durante los mantenimientos.

**Diagrama de flujo de los pasos.**

En el siguiente diagrama de flujo se aprecia un breve resumen, del paso a paso de la guía que servirá como apoyo o guía corta para refrescar los conocimientos de los técnicos o lectores.

**Figura 24**

*Resumen de los procesos a tener en cuenta durante la realización de un proyecto de refuerzo sonoro ambiental.*



*Nota.* Se muestra un diagrama de bloques con el flujo operativo para la realización de un sistema de refuerzo sonoro ambiental exitoso.

## Conclusiones

La investigación evidenció que, aunque los equipos de audio ambiental tienen especificaciones técnicas claras, en muchos proyectos locales estas se omiten por desconocimiento o falta de acompañamiento técnico por parte de las marcas o los representantes de las marcas de audio del país, lo que genera poco control e instalaciones deficientes, acompañadas de sobrecostos y equipos con una vida útil corta.

La propuesta desarrollada, permite que pueda compilarse información disponible en varias fuentes, experiencias y casos de estudio en la industria del audio distribuido en Colombia, permitiendo a técnicos y agentes comerciales, elevar la calidad de sus propuestas e implementación de proyectos.

El documento aporta a la comunidad académica como un punto de partida sólido, y sirve a técnicos, ingenieros y empresas integradoras como herramienta para el desarrollo de sus proyectos reales. Sirve como puente entre la teoría y la práctica.

## Recomendaciones

La propuesta desarrollada, permite que pueda compilarse información disponible en varias fuentes, experiencias y casos de estudio en la industria del audio distribuido en Colombia, permitiendo a técnicos y agentes comerciales, elevar la calidad de sus propuestas e implementación de proyectos.

En carreras como tecnología en producción de audio, ingeniería de sonido, electrónica y otras carreras afines al desarrollo de sistemas de sonido ambiental, temas abordados en esta guía suelen verse con poca profundidad, por lo que funciona para expandir los horizontes empresariales y laborales de los estudiantes.

Incluir fases de mantenimiento y control, asegura que los sistemas se mantengan estables a lo largo del tiempo, generando confianza en los clientes y potenciando la recomendación voz a voz como estrategia de crecimiento para las empresas integradoras del país y aportando al crecimiento de marcas más rezagadas o poco posicionadas en el país.

## Bibliografía

Amazon España. (s.f.). *KabelDirekt – Cable de altavoces HiFi con indicación de polaridad.*

<https://www.amazon.es/KabelDirekt-Altavoces-Altavoz-indicación-polaridad/dp/B098NQJP59>

Audinate. (2024, diciembre 4). *Dante Controller updated with modern, fresh interface, including*

*dark mode.* <https://www.audinate.com/press/dante-controller-updated-with-modern-fresh-interface-including-dark-mode/>

Audiocentro. (s.f.). *Micrófono inalámbrico Shure SLXD124/85-H55.*

<https://www.audiocentro.com.co/tienda/mic-inalimbrico-shure-slxd124-85-h55/>

Biamp. (2020, febrero 21). *Medium House of Worship.*

[https://support.biamp.com/Design\\_Library/Other/Medium\\_House\\_of\\_Worship](https://support.biamp.com/Design_Library/Other/Medium_House_of_Worship)

Centro Auditivo Cuenca SL. (2017, septiembre 11). *Sonido directo, reverberación y distancia*

*crítica.* <https://www.centroauditivo-valencia.es/sonido-directo-reverberaci%C3%B3n-distancia-critica>

Contractor Audio. (s.f.). *Índice de inteligibilidad STI.* [https://contractoraudio.com/indice-de-](https://contractoraudio.com/indice-de-inteligibilidad/)

[inteligibilidad/](https://contractoraudio.com/indice-de-inteligibilidad/)

Dielco. (2024, septiembre 19). *¿Qué tipo de tubería se usa para instalaciones eléctricas?.*

<https://www.dielco.co/articulos/que-tipo-de-tuberia-se-usa-para-instalaciones-electricas>

Doctor ProAudio. (s.f.). *Sistemas distribuidos de voltaje constante (líneas de 70V, 100V).*

<https://www.doctorproaudio.com/content.php?141-voltaje-constante-70v-100v>

DSM&T Co. Inc. (2018, mayo 8). *Sample IP Rating.* [http://www.dsmt.com/resources/ip-rating-](http://www.dsmt.com/resources/ip-rating-chart/)

[chart/](http://www.dsmt.com/resources/ip-rating-chart/)

- García, P., & Vivas, J. (2011). *Diseño de un sistema de audio distribuido, basado en un sistema de voltaje constante para los laboratorios de la ESIME Zacatenco* [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional]. México D.F.
- Gaitán Serrano, S. E. (2022, junio 22). *Normas y estándares de AVIXA para fortalecer la industria audiovisual*. AVIXA Xchange. <https://xchange.avixa.org/posts/normas-y-estandares-de-avixa-para-fortalecer-la-industria-audiovisual>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Latin Press, Inc. (2023). *AVI Latinoamérica: Revista para la integración de audio, video e iluminación*, 16(2). [https://issuu.com/latinpressinc/docs/avi\\_16-2](https://issuu.com/latinpressinc/docs/avi_16-2)
- Martínez, S. (2018, febrero 21). *Audio distribuido*. HOME:TECH. <https://hometech.com.mx/audio-distribuido/>
- MercadoLibre Colombia. (s.f.). *305 metros cable para micrófono Belden AWG 22 blindado PELV*. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1368876415-305-metros-cable-para-microfono-belden-awg-22-blindado-pelv-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1368876415-305-metros-cable-para-microfono-belden-awg-22-blindado-pelv-_JM)
- Millán Esteller, J. M. (2012). Instalaciones electroacústicas. En *Instalaciones de megafonía y sonorización* (pp. 180–192). Parainfo.
- Miyara, F. (2006). Capítulo 4: Acústica arquitectónica. En *Acústica y sistemas de sonido* (pp. 46–47). UNR Editora.
- Noisess Ingeniería y Consultoría Acústica. (2014, abril 25). *¿Qué es el tiempo de reverberación?*. <https://www.noisess.com/que-es-el-tiempo-de-reverberacion/>

NTi Audio. (s.f.). *Inteligibilidad de la voz STI*. <https://www.nti-audio.com/es/aplicaciones/sistemas-de-evacuacion-y-megafonia/inteligibilidad-de-la-voz-sti>

OPTIMUS Sonido y Comunicación. (2016). *Megafonía: principios básicos*.

<https://optimusaudio.com/arxiu/recursos/docs/curso%20de%20megafonia.pdf>

Perilla-La Rotta, C. J., & Rodríguez-Martínez, C. E. (2015). *Evaluación del ruido ambiental en zonas urbanas: revisión normativa y metodológica*. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(26), 151–164.

[https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1900-38032015000100019](https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032015000100019)

Q-SYS. (2024, agosto 6). *Q-SYS Training / Public Address H - Priority Ducker* [Video].

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=RWs9uGVyCio>

SIGNIFICADOS.COM. (2015, mayo 29). *Inteligibilidad*.

<https://www.significados.com/inteligible/>

Wikipedia. (2018). *Sistema de refuerzo de sonido*.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_refuerzo\\_de\\_sonido](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_refuerzo_de_sonido)

Svantek. (s.f.). *Tiempo de reverberación RT60*. [https://svantek.com/es/academia/tiempo-de-](https://svantek.com/es/academia/tiempo-de-reverberacion-rt60/)

[reverberacion-rt60/](https://svantek.com/es/academia/tiempo-de-reverberacion-rt60/)

Tecnoelec de Antioquia. (2018, febrero 21). *Componentes de un sistema de sonido ambiental*.

<http://tecnoelec.com.co/componentes-sistema-de-sonido-ambiental/>

Urrego Núñez, A. (2007). *Parámetros del diseño de sistema de refuerzo sonoro para centros comerciales, aplicados al centro comercial Unicentro de Occidente* (1ª ed.) [eBook].

Universidad de San Buenaventura.

[http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1533/1/parametros\\_diseno\\_sistema\\_urego\\_2007.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1533/1/parametros_diseno_sistema_urego_2007.pdf)

Yamaha Corporation. (2018, febrero 21). *Better sound for commercial installations*.

[http://www.yamahaproaudio.com/global/en/training\\_support/better\\_sound/](http://www.yamahaproaudio.com/global/en/training_support/better_sound/)

Yamaha Corporation. (s.f.). *Commercial Installation Solutions Speaker Calculator (CISSCA)*.

[https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/software/commercial\\_installation\\_solutions\\_speaker\\_calculator/index.html](https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/software/commercial_installation_solutions_speaker_calculator/index.html)

Yamaha Corporation. (s.f.). *Mejor sonido para instalaciones comerciales*.

[https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better\\_sound/part2\\_01.html](https://usa.yamaha.com/products/contents/proaudio/docs/better_sound/part2_01.html)

Yamaha Corporation. (s.f.). *MRX7-D Signal Processor*.

<https://usa.yamaha.com/products/proaudio/processors/mrx7-d/index.html>

Yamaha Corporation. (s.f.). *PX Series*.

[https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/power\\_amps/px\\_series/index.html](https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/power_amps/px_series/index.html)

Yamaha Corporation. (s.f.). *XMV Series*.

[https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/power\\_amps/xmv/index.html](https://es.yamaha.com/es/products/proaudio/power_amps/xmv/index.html)

Yamaki. (s.f.). *Micrófono cuello de ganso Shure ULXD8-J50*. [SHURE ULXD8 Base transmisora de micrófono de tipo flexo - Ultramar Audio](#)