

UNIVERSIDAD TECNICA PRIVADA COSMOS

UNITEPC

CARRERA DE INGENIERIA DE SONIDO



HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE P.A. A CUATRO VÍAS ESTEREO DE "STUDIO MEDITERRANEO" IMPLEMENTADO AL AIRE LIBRE, PARA OBTENER UNA RESPUESTA EN FRECUENCIA PLANA Y COHERENCIA DE FASE UTILIZANDO SMARTLIVE 5.4. EN LA CIUDAD DE COCHABAMBA GESTIÓN I-2011

Trabajo Dirigido presentado para optar
El título de Ingeniero de Sonido

Postulante: GASTÓN GONZALO ALIAGA COSSÍO

Tutor: ING. RAFAEL ALARCÓN ANDRADE

Cochabamba – Bolivia

2011

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Carmen Lidia Cossío y Gonzalo Aliaga que con mucho esfuerzo, apoyo, confianza y sobre todo amor, siguieron lado a lado cada día de mis estudios. A mis hermanos Ñeka y Gerardito, por el apoyo y la enfática anima para culminar mis estudios. A mi abuelita linda que tanto amo, “viejita aquí está mi regalito”. A mi familia, primos, tíos y tías que siempre siguieron con preocupación hasta la culminación de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios las gracias, por darme la vida, y la fuerza de voluntad para terminar lo que había empezado. Un agradecimiento especial a “Studio Mediterráneo”, los hermanos Wilson Céspedes e Igor Céspedes, por el apoyo, confianza y la paciencia incondicional en todo este trabajo. A Jaime Cortez Heredia, por la grandiosa guía de consejos y por compartir su larga experiencia conmigo. A Mildreth Cortez por la ayuda y apoyo cuando más lo necesitaba. En especial al Ingeniero Rafael Alarcón, que pese al nacimiento de su hermosa bebe, me estuvo cooperando y guiando para presentar un trabajo impecable.

INDICE GENERAL

	Página Nº
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: PRESENTACION	
1.1. OBJETIVO DEL TRABAJO DIRIGIDO	2
1.1.1. Objetivo General:	2
1.1.2. Objetivos específicos:	2
1.2. DIAGNOSTICO TECNICO DE LA EMPRESA	2
1.3. DESCRIPCION DE LA EMPRESA	3
1.4. DISPOSICION Y EQUIPAMIENTO	3
1.5. ORGANIGRAMA ACTUAL DE LA EMPRESA	4
CAPITULO II: MARCO TEORICO	
2.1. TRANSMISION DE AUDIO	6
2.2. VELOCIDAD DEL SONIDO	6
2.3. TIEMPO Y FRECUENCIA	7
2.4. LONGITUD DE ONDA	7
2.4.1. Efectos de la temperatura	9
2.5. TIPOS DE DISPERSION DE ONDA	9
2.5.1. Onda plana	9

2.5.2. Onda cilíndrica	10
2.5.3. Onda esférica	10
2.6. LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA	11
2.7. FASE ACUSTICA	12
2.8. FUENTES COHERENTES	15
2.9. COMB FILTER (efecto peine)	16
2.10. TEORIA DE LINE ARRAY	16
2.11. TEORIA DE FOURIER	19
CAPITULO III: OPTIMIZACION	
3.1. EXAMINACION	21
3.1.1. Herramientas de medición físicas	21
• Huincha métrica	21
• Inclinómetro	21
• Distanciómetro laser	22
• Termómetro	22
• Higrómetro	22
3.1.2. Herramientas de medición de audio simple	22
• Voltímetro	22
• Téster de cable (polaridad)	22

• Téster de impedancia	23
• Medidor de nivel de sonido	23
• Analizador en tiempo real (RTA)	23
3.1.3. Herramientas de medición de audio complejo	23
• Básicos del analizador	23
• Tiempo de grabación	23
• Lineal y logarítmico	24
• Resolución de frecuencia	24
• Puntos fijos por octava	24
• Curva de Coherencia	24
• Función de transferencia:	25
3.2. VERIFICACION	26
3.2.1. Etapas de test	26
• Autoverificación	26
• Preverificación	27
• Postcalibración	27
3.3. CALIBRACION	27
3.3.1. Objetivos de la calibración de sistemas	28
3.3.2. Técnicas de calibración de sistemas	28

- **Ajuste de nivel** **28**
- **Ajuste de delay** **28**
- **Ajuste de la ecualización** **28**

CAPITULO IV: RELACION EXPLICATIVA DE TRABAJO DIRIGIDO

- 4.1. DESCRIPCION GENERAL DE LAS TAREAS Y ACTIVIDADES DEL ESTUDIANTE EN "STUDIO MEDITERRANEO"** **30**
- 4.2. PROCEDIMIENTO ACTUAL PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE P.A. DE "STUDIO MEDITERRANEO"** **31**
- 4.3. HALLAZGOS DE LA EMPRESA** **31**

CAPITULO V: PROPUESTA DE SOLUCIONES

- 5.1. DISPOSICIÓN Y EQUIPAMIENTO DE LA EMPRESA, PARA EL TRABAJO** **33**
- 5.2. PROPUESTA DE ORGANIGRAMA DE STUDIO MEDITERRANEO** **33**
- 5.3. PROPUESTA TÉCNICA** **33**
 - 5.3.1. Nombre del proyecto** **33**
 - 5.3.2. Herramientas empleadas en el proyecto** **34**
 - 5.3.3. Procedimiento de Optimización** **35**
 - 5.3.3.1. Examinación** **35**
 - 5.3.3.2. Verificación** **39**

5.3.3.3. Calibración	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

INDICE DE GRAFICOS

	Página Nº
<i>Grafico Nº 1: Curva isofónica</i>	5
<i>Grafico Nº 2: Componentes de la señal sinusoidal</i>	6
<i>Grafico Nº 3: Modelo de una fuente lineal, características de dispersión de onda cilíndrica</i>	10
<i>Grafico Nº 4: Modelo de una fuente puntual, características de una onda esférica</i>	11
<i>Grafico Nº 5: Un ciclo Completo</i>	12
<i>Grafico Nº 6: Grafica de impulso</i>	13
<i>Grafico Nº 7: Suma de dos señales del mismo nivel con 0° de diferencia</i>	14
<i>Grafico Nº 8: Circulo de grados / dB</i>	15
<i>Grafico Nº 9: Transición desde el campo cercano hasta el campo lejano</i>	18
<i>Grafica Nº 10: Representación en bloque de la función de transferencia</i>	25
<i>Grafico Nº 11: Cadena de transmisión "Studio Mediterráneo"</i>	37
<i>Grafico Nº 12: Conexión básica para función de transferencia</i>	39
<i>Grafico Nº 13: Niveles de entrada para función de transferencia</i>	40

INDICE DE TABLAS

	Página №
<i>Tabla № 1: Tabla de frecuencia, periodo y longitud de onda (a temperatura ambiente) por 1/3 por octava</i>	8
<i>Tabla № 2: Referencia del test de verificación</i>	27
<i>Tabla № 3: Referencia del test de calibración</i>	29
<i>Tabla № 4: Referencia de herramientas empleadas</i>	34

INDICE DE IMÁGENES

	Página №
<i>Imagen № 1: Cable téster</i>	36
<i>Imagen № 2: Multitester</i>	36
<i>Imagen № 3: Medición con huincha métrica</i>	38
<i>Imagen № 4: Laser de distancia e inclinómetro digital</i>	38
<i>Imagen № 5: Función de transferencia del sistema de P.A. sin optimizar</i>	41
<i>Imagen № 6: Posición de micrófono para la medición</i>	42
<i>Imagen № 7: Función de transferencia del sistema “ADAMSON Y-18 + Y-10”</i>	43
<i>Imagen № 8: Función de transferencia del sistema “ADAMSON T-21”</i>	44
<i>Imagen № 9: Función de transferencia del sistema, alineando “ADAMSON Y-18 + Y-10 con T-21”</i>	45
<i>Imagen № 10: Función de transferencia del sistema alineado</i>	46

FICHA RESUMEN

TIPO DE TRABAJO	TRABAJO DIRIGIDO
FACULTAD	INGENIERIA DE SONIDO
TITULO DEL TRABAJO	OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE P.A. AL AIRE LIBRE, ESTÉREO DE 3 VIAS MÁS SUB-BAJO, PARA OBTENER UNA RESPUESTA EN FRECUENCIA PLANA Y COHERENCIA DE FASE EN BAJA FRECUENCIA, EN COCHABAMBA GESTION I-2011.
AUTOR	Gastón Gonzalo Aliaga Cossío
TUTOR/ASESOR O GUIA	Ing. Rafael Alarcón Andrade
ASESOR DE LA INSTITUCION RECEPTORA	Igor Céspedes
RESUMEN	En este trabajo, se presentan algunas de las herramientas y técnicas para la optimización de un sistema de P.A. al aire libre de cuatro vías estéreo, para obtener una respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase haciendo énfasis en las bajas frecuencias, basadas en la experiencia de eminencias del diseño y optimización de sistemas de sonorización, así también empresas de audio y fabricantes de altavoces empleando el software de análisis SmaartLive 5.4.
PALABRAS CLAVE	Optimización, Función de Transferencia, Fase, Spectro, Coherencia, Crossover, Delay, Ecualizar, SPL, RTA, FFT, ETC, DSP.

GLOSARIO

Amplificador (Potencia): Dispositivo activo de transmisión electrónica con entrada de nivel de línea y salida de nivel de altavoz. El amplificador de potencia tiene suficiente voltaje y ganancia para alimentar un altavoz.

Amplitud: Componente de nivel de la forma de onda de audio, también llamado magnitud. La amplitud se puede expresar en términos absolutos o relativos.

Analizador de audio complejo: Dispositivo que realiza un análisis matemático complejo para proporcionar los datos de amplitud y fase relevantes para un sistema de audio.

Ancho de banda: Describe la apertura frecuencial de una función de filtro (en Hz).

Ancho de banda constante: Interpretación lineal del ancho de banda, con el mismo ancho de banda en cada filtro (o espaciado frecuencial) expresado en Hz. La FFT calcula filtros con anchos de banda constantes.

Ancho de banda crítico: La resolución de frecuencia a la que es audible el carácter tonal. El valor típico publicado es 1/6 de octava.

Ancho de banda de porcentaje constante: Interpretación logarítmica de ancho de banda, con el mismo porcentaje de ancho de banda en cada filtro (o espaciado frecuencial) expresado en octavas, por ejemplo: 1/3 de octava. Los filtros de RTA son de ancho de banda de porcentaje constante.

Arreglo: configuración de fuentes de sonido definidas por su grado de separación y orientación angular.

Calibración: Proceso de testeo y medición del sistema de sonido centrado en el ajuste de los parámetros para el sistema, como la ecualización, nivel relativo,

delay, evaluación acústica, ajuste del altavoz. Este proceso continúa una vez se ha completado la primera etapa de optimización (verificación).

Ciclos por segundo: La frecuencia de una señal de audio medida en hercios (Hz).

Crossover (Acústico): Punto donde dos fuentes de sonido separadas se combinan al mismo nivel.

Crossover (Alineado en Fase): Crossover acústico igualado en igualdad de fase.

Crossover (Asimétrico): Crossover acústico donde uno de los elementos combinados tiene propiedades diferentes. Para los crossovers espectrales esto incluye los parámetros de nivel. Tipo de filtro y altavoz; para los espaciales incluye nivel, Angulo y tipo de altavoz.

Crossover (Espectral): Crossover acústico en el dominio frecuencial. El punto de crossover espectral es la frecuencia donde los motores de agudos y graves operan a igual nivel.

Crossover (Orden): Las tasas de pendiente de los elementos individuales que se combinan en el crossover. A medida que la tasa de pendiente aumenta, el orden del crossover aumenta. Los crossovers pueden ser asimétricos, conteniendo elementos con diferentes ordenes de pendiente.

Desajuste (fase): Diferencia en tiempo de llegada (grados de cambio de fase) entre dos fuentes a una frecuencia y posición dadas. El desajuste de la longitud de onda es dependiente de la frecuencia y se duplica con una octava de aumento en la frecuencia.

Desajuste (nivel): Diferencia en nivel (dB) entre dos fuentes en un punto dado. El desajuste de nivel que resulta de las diferencias en la distancia de transmisión es una proporción que permanecerá constante sobre la escala.

Desajuste (tiempo): Diferencia en tiempo de llegada (ms.) entre dos fuentes en un punto dado. El desajuste de tiempo es el resultado de las diferencias en la distancia de transmisión, derivada linealmente y no será constante sobre la escala.

Ecuación: El proceso de estabilización espectral con un conjunto de filtros activos (o igualmente pasivos). La ecualización aquí se usa principalmente para controlar la inclinación espectral, y de esa manera, minimizar la varianza espectral.

Ecuación de fase complementaria: Proceso de crear una respuesta inversa en amplitud y fase.

Ecuación: Dispositivo electrónico activa con un conjunto de filtros ajustable por el usuario.

Ecuación gráfico: Dispositivo electrónico activa (o pasiva) con filtros paralelos con frecuencia central y ancho de banda fijos, y nivel variable.

Ecuación paramétrico: Dispositivo electrónico activa con filtros paralelos con frecuencia central variable, ancho de banda y nivel recomendados para la optimización de sistemas.

Envoltura (fase): Artefacto de visualización de las propiedades del analizador FFT. La naturaleza cíclica de la fase requiere esta visualización para reciclar los valores de fase, de manera que 0 grados y 360 grados ocupen la misma posición en la escala vertical. La envoltura ocurre en los bordes de la visualización rectangular de la función circular.

Fase: El componente radial de la forma de audio expresado en grados. Para una frecuencia dada, el valor de fase se puede convertir a tiempo.

Frecuencia: Numero de ciclos por un segundo en Hercios (Hz).

Función de Transferencia: Sistema de medición de audio de dos canales que compara un canal (referencia) con un segundo canal (medición). Las mediciones de función de transferencia ilustran la diferencia entre dos señales.

Inclinómetro: Dispositivo que mide el ángulo vertical de un aparato o superficie.

Impedancia: Combinación de resistencia DC y reactancia (o inductancia) para una fuente o un receptor dado.

Interconexión activa balanceada: Conexión de línea balanceada a o desde un dispositivo activo de entrada o salida.

Latencia: Tiempo de transito a través de un dispositivo, independiente de los ajustes seleccionados por el usuario.

Línea de delay: Dispositivo de transmisión electrónica activa (normalmente digital) que permite al usuario retardar la señal un periodo de tiempo seleccionado.

Micrófono de medida: Tipo de micrófono usado para la medición acústica durante la optimización de sistemas. Los micrófonos de medida deben ser de tipo omnidireccional en campo libre. Son de respuesta en frecuencia plana, con poca distorsión, rango dinámico alto y buena respuesta a impulsos.

Optimización: Proceso de testeo y medición de un sistema de sonido incluyendo las etapas de verificación y optimización.

Percepción: Experiencia subjetiva del sistema de escucha humano.

Polaridad: Medición de la orientación de la forma de onda por encima o por debajo de la línea media. Un dispositivo con polaridad "normal" tiene la misma orientación desde la entrada hasta la salida. Un dispositivo con polaridad inversa tiene orientaciones opuestas desde la entrada hasta la salida.

Ponderación (promedios): Extensión a la cual se le da preferencia a una muestra de datos individual en el promedio total. Un esquema de promedio no ponderado da a todas las muestras el mismo valor estadístico, mientras que el esquema ponderado le da mayor proporción a ciertas muestras.

Ponderación (respuesta en frecuencia): Extensión a la cual se le da preferencia a regiones espectrales individuales en el promedio a nivel tonal. Un esquema de respuesta frecuencial no ponderado da el mismo tratamiento a todas las frecuencias en el promedio total.

Porcentaje de ancho de banda: La apertura frecuencia de una función de filtro (en octavas).

Posición de mezcla: La posición en la sala donde (normalmente) están el ingeniero de mezclas y la consola de mezclas. Uno de los 15000 asientos más importantes en un estadio.

Procesador de señal: Cualquier dispositivo de transmisión electrónica activa encargado de la ecualización, ajuste de nivel o delay, limitadores, compresores, etc.

Promedio (señal): Proceso matemático de los analizadores de audio complejo que toma múltiples muestras de datos y realiza una división compleja para adquirir un cálculo estadístico de la respuesta más preciso.

Rango dinámico: El rango entre el máximo nivel operacional lineal y el ruido de fondo.

Relación de proximidad: La diferencia entre el asiento más cercano y el más lejano en la cobertura de un altavoz o arreglo dado.

Respuesta de frecuencia: La respuesta de un sistema sobre la frecuencia en varias categorías. Aquí, estas incluyen amplitud, amplitud relativa, fase relativa, y coherencia.

Respuesta de impulso: Interpretación de la respuesta calculada de un sistema como si fuera excitada por un impulso perfecto. La visualización amplitud vs. tiempo se deriva de la medición de la función de transferencia FFT.

Retraso de fase: Valor de delay (normalmente en ms.) atribuido a una apertura frecuencial limitada, que nos permite caracterizar el delay dependiente de la frecuencia.

Retraso de propagación: Tiempo de transito desde un fuente a través de un medio a un destino. Nuestro enfoque principal es en la propagación acústica y se refiere al tiempo de tránsito entre el altavoz y la posición de escucha.

Ruido de fondo: Nivel de ruido ambiente no casual en un dispositivo electrónico o sistema complejo.

Simétrico: Tener características de respuesta similares en cualquier dirección desde una línea central definida.

Sistemas (principales): La fuente de sonido principal para un canal de señal dado. Son los subsistemas más potentes y cubren el mayor porcentaje del área de escucha.

Umbral de amplitud: Característica opcional de los analizadores de transferencia que permite suspender el análisis cuando hay datos insuficientes en las entradas del analizador.

Uniformidad: Extensión a la cual podemos crear una experiencia similar para todos los oyentes en la sala.

Variación: La inversa de la uniformidad. Las formas principales de variación vistas son la varianza de nivel, espectral y de riple.

Varianza de riple: El rango (dB) entre los picos y los descensos.

Verificación: El proceso de testeo y medición del sistema de sonido centrado en la comprobación de que el sistema de sonido está correctamente instalado y totalmente operativo. Este proceso prepara al sistema para la etapa final de la optimización: la calibración.

Zona de acoplamiento: La zona de suma en la que la combinación de las señales es únicamente aditiva. El desajuste de fase debe estar entre 0 y 120 grados para prevenir la sustracción.

Zona de cancelación: La inversa de la zona de acoplamiento. La combinación es únicamente sustractiva. El desajuste de fase debe estar entre 120 y 180 grados para prevenir la adición.

ABREVIATURAS

AC: Corriente Alterna.

dB (SPL): Unidad en la que se mide el nivel de presión sonora.

dBV: Medida de voltaje relativa al valor estándar de 1 voltio RMS.

DC: Corriente Continua.

DFT: El acrónimo de Discret Fourier Transform (Transformada Discreta de Fourier).

DSP: Procesador de Señal Digital.

ETC: Curva energía – tiempo; Expresión logarítmica de la respuesta de impulso (escala vertical).

FFT: El acrónimo de Fast Fourier Transform (Transformada Rápida de Fourier).

Hz: Unidad en la que mide la frecuencia.

Q: Factor de Directividad.

RMS: Root Mean Square; el voltaje que proporcionaría un circuito AC equivalente al encontrado en un circuito DC.

RTA: Analizador en Tiempo Real.

SPL: Sound Pressure level (Nivel de Presión Sonora).

INTRODUCCION

En este trabajo, se presentan algunas de las herramientas y técnicas para la optimización de un sistema de P.A. al aire libre de cuatro vías estéreo, para obtener una respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase, para esto se dará más importancia en las bajas frecuencias, enfocándose en el punto de crossover acústico e importancia de la fase acústica. Este trabajo es un compendio práctico basado en experiencias de eminencias del diseño y optimización de sistemas de sonorización, así también empresas de audio y fabricantes de altavoces.

Existen en la actualidad varios analizadores en software para PC y Mac, como SmartLive, Spectralab, Impulse, Mac Foh, Spectrafoo; sin embargo existen equipos de medida especializados, como el mundialmente conocido SIM3 de Meyer Sound. En esta oportunidad se destacará la aplicación de SmartLive 5.4, para lo cual se darán las configuraciones básicas recomendadas y por consiguiente la forma de análisis de fase mediante el sistema de medición a dos canales.

Estos sistemas basados en la Transformada Rápida de Fourier (FFT), han permitido que se puedan ajustar la fase de entre agudos – medios - bajos y sub-bajos tanto en instalaciones fijas como en conciertos, donde además cada día tenemos una situación diferente. Esto es de especial importancia ya que los agudos-medios-bajos se encuentran volados y los subbajos se quedan en el suelo, con lo que la diferencia de fase en la posición de escucha puede llegar a ser significativa.

Viendo que es un tema de interés para los estudiantes y profesionales del audio en vivo, la mejora de la optimización supone, que se podrá apreciar un sistema con una fuente más consistente y homogénea en su distribución a lo largo del ambiente al aire libre.

CAPITULO I

PRESENTACION

1.1. OBJETIVO DEL TRABAJO DIRIGIDO

1.1.1. Objctico General:

Implementar un sistema de P.A. estéreo de cuatro vías al aire libre, para obtener una respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase de todo el sistema.

1.1.2. Objetivos específicos:

Diagnosticar las condiciones actuales del sistema de refuerzo sonoro de "STUDIO MEDITERRANEO".

- a. Analizar del Sistema de refuerzo sonoro de "STUDIO MEDITERRANEO".
- b. Evaluar del Sistema de refuerzo sonoro de STUDIO MEDITERRANEO.
- c. Optimizar el sistema de P.A. al aire libre estéreo de cuatro vías, para obtener una respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase del sistema de refuerzo sonoro de "STUDIO MEDITERRANEO".

1.2. DIAGNOTICO TECNICO DE LA EMPRESA

El trabajo de optimización que "Studio Mediterráneo" ha estado realizando, está dentro de los parámetros relativos del trabajo de optimización, sin embargo, es necesario señalar que se obviaba algunas de las herramientas y procedimientos de las etapas de Examinación, Verificación y Calibración que a pesar de no ser complejos, son importantes y valiosos a la hora de realizar la optimización

de un sistema de sonorización. También se observó que en el momento de realizar el análisis de alineamiento de fase en bajas frecuencias se interpretaban de distinta manera las gráficas de fase.

De acuerdo al diagnóstico del trabajo de optimización que la empresa realiza, se elaborará una propuesta "técnica" de algunas herramientas y técnicas que la Ingeniería de optimización de sistemas ofrece según indica Bob McCarthy en su libro de "**SISTEMAS DE SONIDO, Diseño y optimización**", con la finalidad de aplicar un ajuste fino y obtener mayor inteligibilidad, homogeneidad, consistencia sonora de escucha, respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase utilizando el software de análisis SmartLive 5.4.

1.3. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Studio Mediterráneo matricula N° 00105739; Casa Matriz ubicada en la ciudad de Cochabamba, es una empresa Boliviana fundada el año 1995, dedicada exclusivamente a la producción de eventos con equipos de sonido, iluminación y video profesional. Año tras año se ha consolidado como una de las mejores empresas del medio, ampliando y mejorando la gama de equipos y profesionales que forman parte de la empresa.

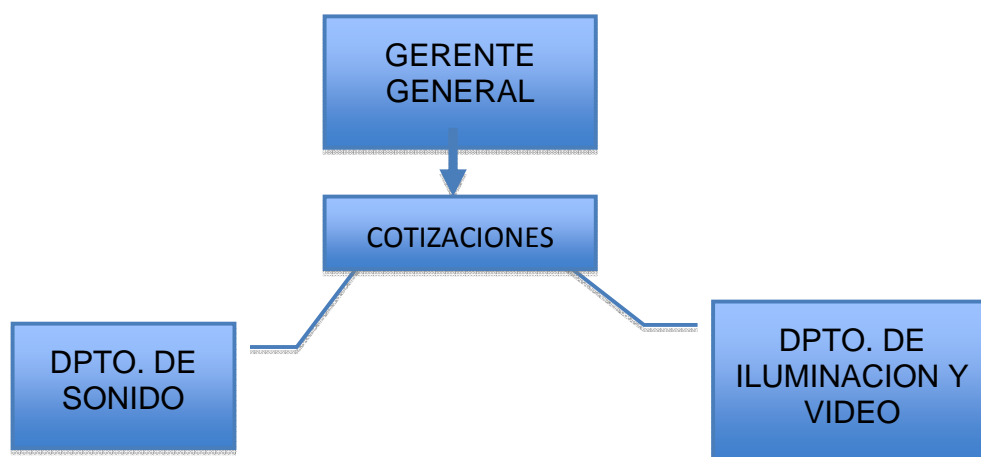
Más de 15 años garantizando un trabajo profesional, ha hecho ganar la confianza de los mejores artistas, productores, oficinas de management y empresas así como la presencia de Studio Mediterráneo en los más destacados eventos de Bolivia. Con el fin de ofrecer una atención rápida y eficiente a sus clientes; Studio Mediterráneo cuenta con los servicios de: sonido, iluminación, video, tarimas, estructuras y amplificación de eventos sociales (<http://www.studio-mediterraneo.com.bo>).

1.4. DISPOSICION Y EQUIPAMIENTO

La empresa cuenta con sistema de refuerzo sonoro de la más alta calidad,

altavoces de la marca ADAMSON, modelos detallados a continuación: AXIS Y-10, AXIS Y-18, AXIS T-21; amplificadores de la marca LABGRUPPEN, modelos detallados a continuación: FP 10000 Q, FP 7000 Q; procesadores de señal DSP Dolby LAKE; mesa de mezclas de la marca YAMAHA, modelo M7CL; mesa de mezclas de la marca SOUNDRAFT, modelo Si 1; mesa de mezclas de la marca DIGIDESIGN, modelo VENUE D-Show; consola de luces de la marca AVOLITE; lámparas L.E.D.; lámparas PAR-64; cabezas móviles de la marca MAC, modelo wash 600, spot 2000; pantallas de proyección L.E.D. (STUDIO MEDITERRANEO, 2011).

1.5. ORGANIGRAMA ACTUAL DE LA EMPRESA



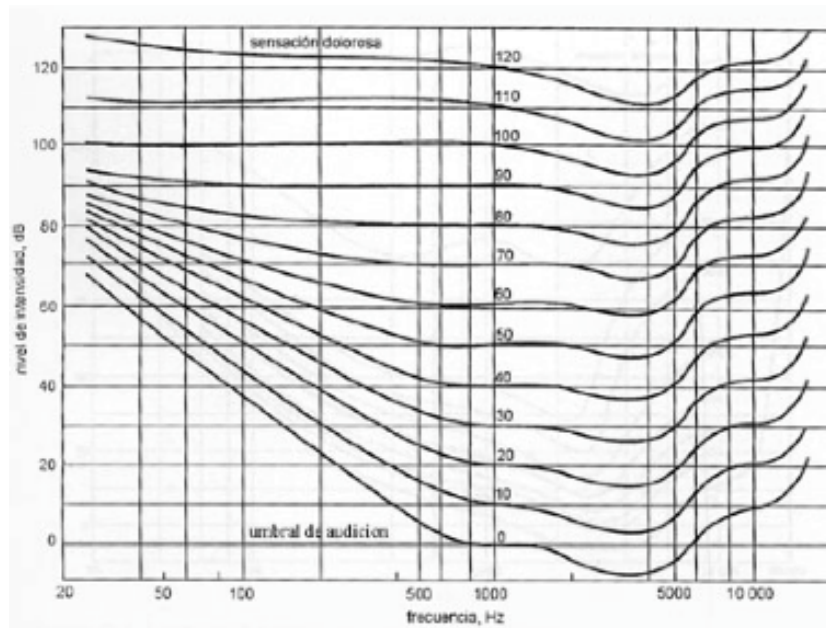
(Información proporcionada por "STUDIO MEDITERRANEO").

CAPITULO II

MARCO TEORICO

El sonido es una sensación producida, en el oído, por la perturbación de las partículas del aire, las cuales actúan sobre la membrana del oído y provocan en el tímpano vibraciones de idéntica frecuencia produciendo dicha sensación. El oído humano sólo puede convertir en sensación sonora variaciones de presión que oscilen entre los 20 y 20.000 Hz de forma logarítmica (Aliaga 2011).

Grafico Nº 1: Curva isofónica.



(Fletcher & Munson).

La unidad de medida es el PASCAL (Pa). Sin embargo esto obligaría a tratar con unidades muy pequeñas, por eso se usa otra medida relativa: el NIVEL DE PRESIÓN SONORA (NPS), que se mide en DECIBELIOS (dB). El NPS en decibelios es el resultado de la siguiente operación matemática:

$$20 \cdot \log (P_{\text{ref}} / P_{\text{ref}})$$

Donde P_{ref} la presión de referencia $20 \times 10^{-6} \text{ Pa} = (0,00002 \text{ Pa})$. (Acústica y Sistemas de Sonido, Miyara 2003).

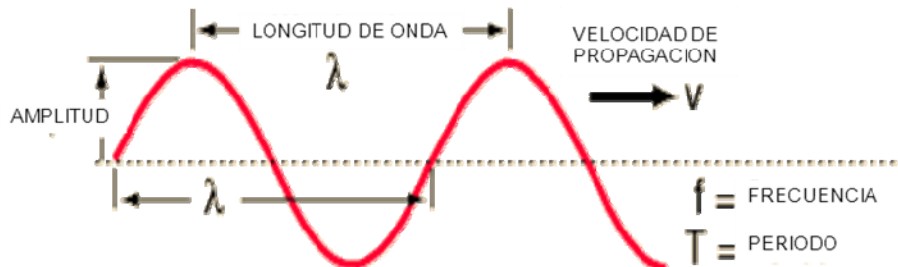
2.1. TRANSMISION DE AUDIO

Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que una señal de audio es un cambio constante:

El movimiento de las moléculas y los electrones transfiriendo energía desde una fuente vibratoria. Cuando la señal deja de cambiar, deja de existir como audio (McCarthy, 2009: 24).

Para poder comprender la lógica de todas las mediciones y así asimilar las lecturas que el software de análisis grafica, habría que comenzar por tener en claro los conceptos que a continuación se detalla.

Grafico Nº 2: Componentes de la señal sinusoidal.



(Smaart Training, 2010).

2.2. VELOCIDAD DEL SONIDO

Según William W. Seto en su libro " Teoría y Problemas de Acústica", indica que la velocidad del sonido es la velocidad de propagación de las ondas a través de un medio dado.

$$C = 331,4 + (0,607 * \text{temp}) \left[\frac{m}{sg} \right]$$

Donde 331,4 es la velocidad del sonido a 0°, (0,607 x Temp.) es el ajuste para temperatura ambiente y Temp. es la temperatura actual del ambiente (McCarthy, 2009: 26).

2.3. TIEMPO Y FRECUENCIA

Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica la relación frecuencia (F) y periodo (T):

$$T = \frac{1}{F} \quad \text{y} \quad F = 1/T$$

Donde T es el periodo de tiempo de un ciclo en segundos y F es el numero de ciclos por segundo (Hz).

2.4. LONGITUD DE ONDA

Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica la formula de la longitud de onda es:

$$L = C/F$$

Donde L es la longitud de onda en metros, c es la velocidad de transmisión del medio, y F es la frecuencia (Hz).

Tabla Nº 1: Tabla de frecuencia, periodo y longitud de onda (a temperatura ambiente) para frecuencias por 1/3 por octava.

Tabla de Referencia de Longitud de Onda			
Frecuencia	Periodo	Longitud de onda	Tamaño comparable
(Hz)	(ms)	(mts)	
20	50,00	17,24	
25	40,00	13,79	Contenedor intermodal
32	31,75	10,94	
40	25,00	8,62	Longitud camión de carga de equipo
50	20,00	6,90	1/2 tamaño contenedor intermodal
63	15,87	5,47	Longitud de un todoterreno
80	12,50	4,31	Longitud coche
100	10,00	3,45	Longitud coche compacto
125	8,00	2,76	Demasiado ancho para el camión
160	6,25	2,15	Shaquille O'Neal
200	5,00	1,72	Altura media
250	4,00	1,38	Altura del hombro
315	3,17	1,09	
400	2,50	0,86	
500	2,00	0,69	Longitud del brazo
630	1,59	0,55	
800	1,25	0,43	
1000	1,00	0,34	Codo a puño
1250	0,80	0,28	Pie de hombre
1600	0,63	0,22	Pie de mujer
2000	0,50	0,17	Ocho dedos
2500	0,40	0,14	
3150	0,32	0,11	CD/DVD
4000	0,25	0,086	Cuatro dedos
5000	0,20	0,069	
6300	0,16	0,055	
8000	0,13	0,043	Dos dedos
10000	0,10	0,034	
12500	0,08	0,028	
16000	0,06	0,022	Un dedo
20000	0,05	0,017	

(McCarthy, 2009: 26).

2.4.1. Efectos de la temperatura:

Según William W. Seto en su libro " Teoría y Problemas de Acústica", indica que:

La velocidad del sonido en el aire es independiente de los cambios en la presión barométrica, de la frecuencia y de la longitud de onda, pero es directamente proporcional a la temperatura absoluta (Seto, 1973: 39).

2.5. TIPOS DE DISPERCION DE ONDA

Según la Ing. María Isabel Arango en su paper LINE ARRAY: TEORIA (presentado a la 111ª AES Convention, New York, U.S.A.) indica que se logran condiciones idénticas en la dispersión de ondas hacia todas las direcciones si existe un sistema emisor, el cual emite ondas dispersas vibrantes y está situado en un medio cuya extensión es infinita, por lo tanto, las posibles reflexiones no tienen efectos retroactivos sobre el emisor. Dentro de este caso una onda se puede dispersar en forma plana (fuente plana), cilíndrica (fuente lineal) o esférica (fuente puntual).

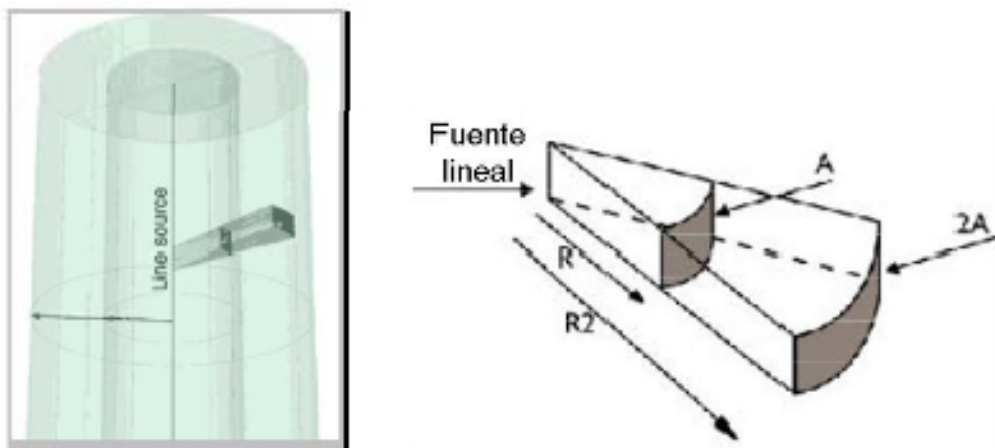
2.5.1. Onda plana:

Para que exista una onda plana, la misma debe ser emitida por una fuente plana, propagarse en un área cuya extensión sea infinita y en la cual vibre uniformemente. Todas las ubicaciones geométricas de la onda plana con relaciones de fase idénticas son planos paralelos relativos al plano primario. La dirección de dispersión es perpendicular a la onda. La onda plana se caracteriza específicamente por tener una densidad de energía uniforme, el nivel de presión sonora se mantiene constante independientemente de la distancia y la posición, y si se incrementa la distancia el nivel no disminuye.

2.5.2. Onda cilíndrica:

Las ondas cilíndricas provienen de emisores con forma de línea, vibrantes, por lo tanto las ondas se dispersan uniforme y perpendicularmente en planos cilíndricos de idéntica fase, en el cual cada emisor está localizado en su centro. Mientras más distancia recorra la onda cilíndrica desde el centro, su densidad de energía disminuye.

Grafica Nº 3: izquierda, Modelo de una fuente lineal; derecha, Características de dispersión de onda cilíndrica



(Arango, 111ª AES Convention. 2001).

Por cada duplicación de la distancia desde el emisor la energía se distribuye en el doble del área, por lo tanto su densidad de energía y su nivel de presión sonora se atenúan 3dB.

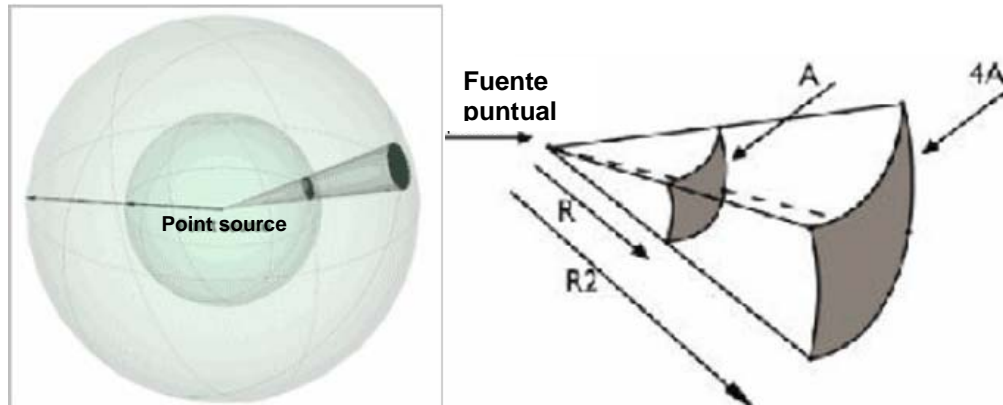
2.5.3. Onda esférica:

La onda esférica es originada por una fuente puntual y se propaga en un medio isotrópico como una onda esférica. Los planos con fase idéntica son esféricos y poseen el mismo centro o emisor.

Por cada duplicación de la distancia, la densidad de energía y el nivel de presión sonora se reducen a la cuarta parte (-6dB), dado que la

superficie en la que se distribuyen se cuadruplica.

Grafica Nº 4: Izquierda, Modelo de una fuente puntual; derecha, Características de una onda esférica.



(Arango, 111ª AES Convention. 2001).

2.6. LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA

Según d & b Audiotechnik en su paper publicado "ELECTROACUSTICA BASICA Y REFUERZO SONORO", Esta ley indica como varia el SPL a medida que nos alejamos de un punto fuente (emisor) de sonido. Esta variación es de 6 dB cada vez que doblamos la distancia (se considera aquí una fuente puntual que radia de forma esférica):

$$SPL(\text{distancia de medida}) = SPL(\text{distancia de referencia}) - 20 \log(\text{Distancia de medida/distancia de referencia})$$

Ejemplo: un sistema acústico "X" proporciona 100 dB SPL a 1 m de distancia de su centro acústico en la dirección de mayor radiación alimentándola con 1 W de potencia. ¿Qué SPL medirá si nos alejamos a 30 mts de la caja en la misma dirección?

$$SPL(\text{a } 30 \text{ mts}) = SPL(1\text{m}) - 20 \cdot \log(30/1\text{m}) = 100 - 20 \cdot \log(30) = 100 - 20 \cdot 1,47712125472 = 100 - 29,54 = 70 \text{ dB SPL}$$

Para una fuente infinita lineal, que radia cilíndricamente, la caída es de 3 dB al

doblar la distancia:

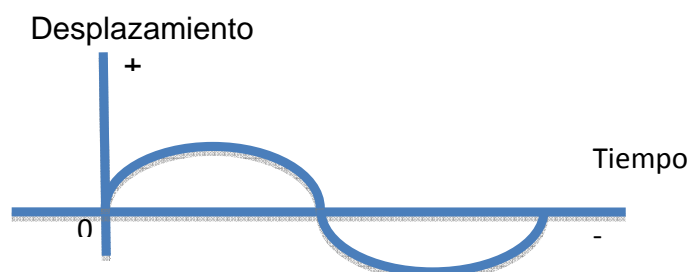
$$SPL (\text{distancia de medida}) = SPL (\text{distancia de referencia}) - 10 \log (\text{Distancia de medida} / \text{distancia de referencia})$$

Una fuente de ruido a la que se puede aplicar esta ecuación es una carretera. Es muy interesante notar en este punto, que la caída de nivel que muestran estas ecuaciones no es debida a ningún tipo de absorción o disipación. Estas ecuaciones no son más que el resultado del principio de conservación de la energía. Puesto que la energía permanece constante, la energía radiada es la que es, y a un metro de distancia se distribuye sobre una superficie de un metro de radio, y a 30 m se distribuye sobre una superficie de 30 m de radio. Por tanto, la energía por unidad de superficie irá disminuyendo a medida que avanza la onda. Puesto que la superficie aumenta con el cuadrado de la distancia, la energía decrece con el cuadrado de la distancia.

2.7. FASE ACUSTICA

Según Juan Antonio Cuevas en su informe "CONCEPTO DE FASE ACUSTICA" indica: que la frecuencia se mide en "Hertzios", y esto es unidad de Frecuencia, cuanto más ciclos por segundos, más alta será la frecuencia, al descomponer un ciclo completo, en el plano vertical tenemos la amplitud de la señal, esta también nos indicará la POLARIDAD, semiciclo positivo (+) o negativo (-).

Grafica Nº 5: Un ciclo completo



En el plano horizontal se tiene el tiempo, a recordar, que el tiempo equivalente a un ciclo completo, es lo que se conoce como periodo: $T = 1/F$

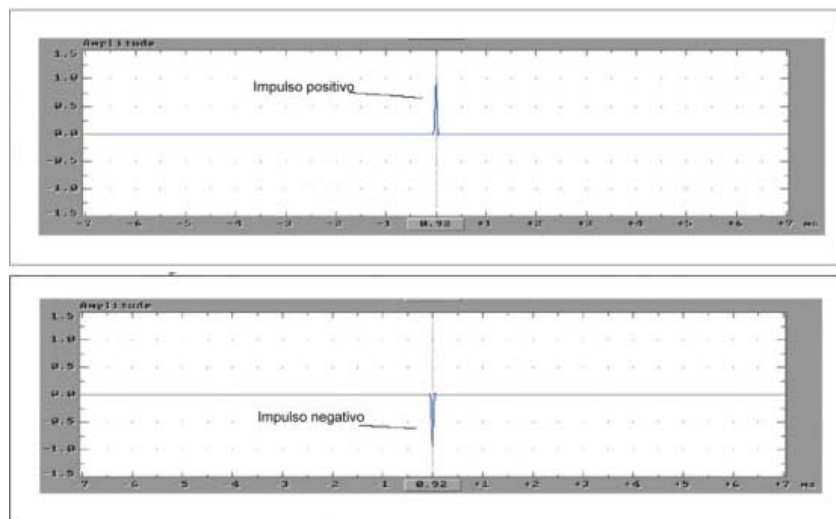
Si se aplica esta fórmula, cuanto más alta es la frecuencia más pequeño es el periodo, por lo que para 10KHz el periodo será de 0,1ms, 1ms para 1KHz y 10ms para una frecuencia grave de 100Hz.

Se observara igualmente que en el plano horizontal está la fase de la señal, que en el caso de un ciclo completo va de 0° a 360° . Siendo 180° la mitad del ciclo, es decir cuando la señal pasa por el nivel 0. Para ver si una señal está con polaridad invertida, es decir con 180° , es necesario medir la respuesta de impulso.

Se puede medir un equipo electrónico para ver si el impulso es positivo o negativo, pero también se puede medir el impulso acústico, es decir, la señal que proporciona un altavoz o un sistema completo de difusión.

La gráfica de impulso también indica tiempo contra amplitud:

Grafica Nº 6: Graficas de impulso



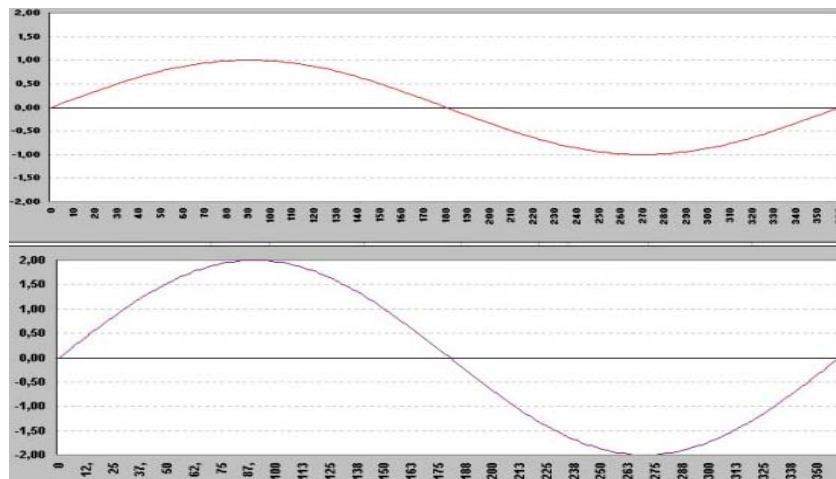
(Cuevas, 2008).

Se tiene dos señales de mismo nivel y 0° de diferencia, es decir con diferencia de tiempo 0, la suma de estas obtiene una señal resultante con 6dB.

Se tiene dos señales de mismo nivel y 45° de diferencia, la suma de estas obtiene una señal resultante con 6dB.

Se tiene dos señales de mismo nivel y 90° de diferencia, la suma de estas obtiene una señal resultante con 3dB.

Grafica Nº 7: Suma de dos señales del mismo nivel y con 0° de diferencia.



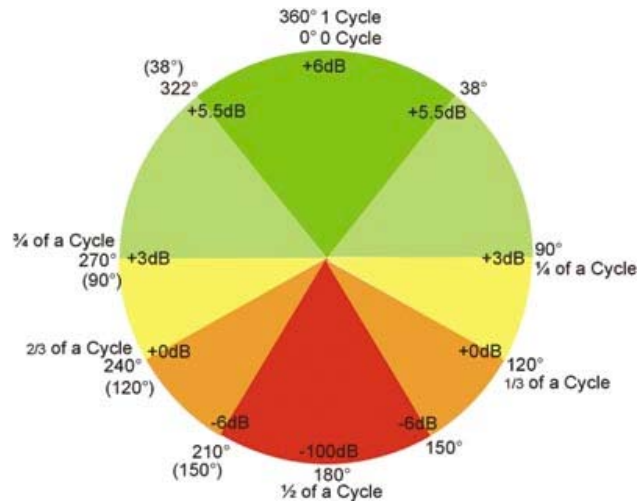
(Cuevas, 2008).

Se tiene dos señales de mismo nivel y 120° de diferencia, la suma de estas obtiene una señal resultante con 0dB.

Se tiene dos señales de mismo nivel y 150° de diferencia, la suma de estas obtiene una señal resultante con -6dB.

Se tiene dos señales de mismo nivel y 180° de diferencia, la suma de estas obtiene una señal resultante que es igual a cero, o sea cancelación o atenuación máxima.

Grafica № 8: Círculo de grados / dBs



(Meyer Sound System Design Reference Course- Inst: Mauricio Ramírez)

2.8. FUENTES COHERENTES

Según d & b Audiotechnik en su paper publicado "ELECTROACUSTICA BASICA Y REFUERZO SONORO", indica que si dos fuentes sonoras produciendo la misma señal con idéntica fase y amplitud, y si la distancia entre las dos fuentes y tamaño de las mismas es considerablemente inferior que la longitud de onda (al menos 2 o 3 veces menor), se conseguirá un aumento de 6dB en todas las direcciones (doble de presión). Esta fórmula sirve si dos subbajos están colocados juntos de lado o uno encima del otro. Si la altura total del cluster es 1,2 mts, la eficiencia del sistema se doblara por debajo de los 100 Hz (longitud de onda 3,4 mts).

La suma de niveles se realiza acorde a la tabla de db: tres fuentes iguales aumentaran la SPL en +10 dB, cuatro fuentes en +12 dB, etc.

Mayores arrays producirán también mayor Directividad, pues solo situándose en ángulo recto respecto a la columna todos los altavoces producirán señales en fase. A medida que se separan del eje, habrá más cancelaciones. Por ejemplo,

una columna vertical tendrá una dispersión vertical mas estrecha y una dispersión horizontal más amplia.

La frecuencia sobre la cual se obtendrá una mayor Directividad será:

$$F = 250 / \text{distancia de la columna en mts}$$

Cuando los sistemas están situados sobre superficies duras (suelo), la extensión vertical del array se dobla debido a las fuentes reflejadas.

2.9. COMB FILTER (efecto peine)

Según d & b Audiotechnik en su paper publicado "ELECTROACUSTICA BASICA Y REFUERZO SONORO", indica que si un punto es alcanzado por sonido proveniente de dos fuentes sonoras con la misma señal, pero desde distintas distancias, se producirá el llamado "efecto peine". La razón de este efecto es que cuando la longitud de onda de una frecuencia es un múltiplo de la diferencia de distancia, las señales de ambas fuentes están en fase (es decir 0° o 360°, 720°, etc.) y se suman automáticamente. Las frecuencias que lleguen fuera de fase (ejm. 180° o 540°, 900°, etc.) se cancelaran. El grado de influencia del efecto peine depende de los niveles relativos de ambas señales en el punto que escucha. Las cancelaciones más serias ocurren levemente fuera del eje del centro entre dos altavoces donde ambas señales casi llegan con el mismo nivel pero con un desplazamiento de fase 180°.

2.10. TEORIA DE LINE ARRAY

Según la Ing. María Isabel Arango en su paper LINE ARRAY: TEORIA (presentado a la 111ª AES Convention, New York, U.S.A.) un line array es un grupo de elementos que irradian de manera omnidireccional, se encuentran instalados en serie mediante una línea recta y con muy poca distancia entre ellos, operan en fase y con la misma amplitud. Los line arrays son útiles en aplicaciones donde el sonido debe ser proyectado sobre grandes distancias

debido que los mismos poseen una cobertura vertical muy direccional para poder emitir sonido efectivamente.

Si todos los elementos están acoplados coherentemente en un line array, éste tendrá las características básicas de dispersión de una onda cilíndrica. Debido a la longitud finita del arreglo lineal estas características sólo se aplican hasta una cierta distancia de propagación. Allí hay una transición continua desde el campo cercano con una dispersión cilíndrica hacia el campo lejano con dispersión esférica. Esta transición puede ser aproximada por la siguiente fórmula:

$$d_{\text{Border}} = \frac{3}{2} h^2 f \sqrt{1 - \left(\frac{1}{3hf}\right)^2}$$

En la cual h es la altura del arreglo en metros y f es la frecuencia en KHz (Arango, 111ª AES Convention. 2001).

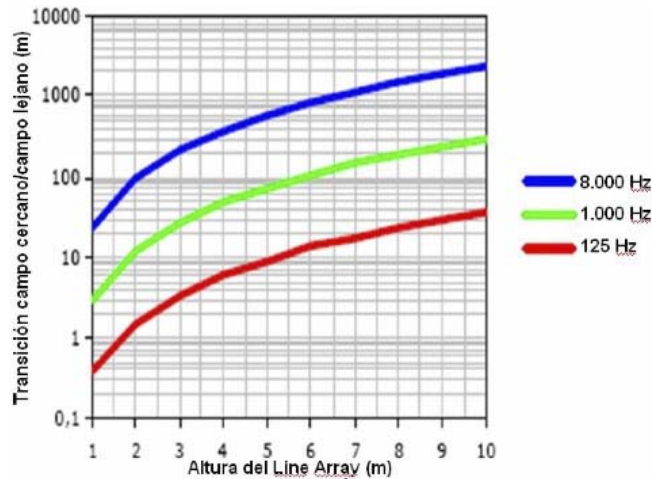
Para frecuencias típicas y alturas de arreglos, la raíz cuadrada se aproxima a 1. Por lo tanto la transición es aproximadamente:

$$d_{\text{Border}} = \frac{h^2 f}{2c}$$

En la cual h es la altura del arreglo en metros, f es la frecuencia en Hz y c es la velocidad del sonido (Arango, 111ª AES Convention. 2001).

Se puede observar que la transición es altamente dependiente de la altura del arreglo y la frecuencia como se muestra en la siguiente figura.

Grafica № 9: Transición desde el campo cercano hasta el campo lejano.



(Arango, 111ª AES Convention. 2001).

El campo cercano, también llamado zona de **Fresnel**, está caracterizado por reducción de los niveles de presión sonora en 3dB cada vez que se duplica la distancia.

En el campo lejano, también llamado zona de **Fraunhofer**, los niveles de presión sonora decrecen 6dB cada vez que la distancia se duplica, siendo esta una característica del desempeño de un altavoz convencional.

Hay 3 conclusiones acerca de esta fórmula:

- No hay campo cercano para frecuencias menores a $1/3 H$. Como ejemplo podemos decir que un arreglo de 4 mts de alto irradiará inmediatamente en el campo lejano para frecuencias menores a 80 Hz.
- Para frecuencias por encima de $1/3H$, la extensión del campo cercano es casi lineal con la frecuencia.
- La dependencia de la altura del arreglo no es lineal sino cuadrática.

2.11. TEORIA DE FOURIER

El siglo 19 el matemático francés Jean Baptiste Joseph Fourier propuso un concepto que nos permite expresar cualquier señal de tiempo como una función de las frecuencias fundamentales. La teoría de Fourier afirma que cada vez que una señal compleja, ya sea el ruido, voz, música, etc. se compone de una combinación de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, la amplitud y fase. Podemos usar este concepto básico, como una transformación, o un método matemático para móviles señales entre los dominios de tiempo y frecuencia.

Para convertir una señal continua $x(t)$ a su homólogo de dominio de la frecuencia $X(j\omega)$, podemos usar el delantero Transformada de Fourier:

$$X(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

Podemos cancelar esta operación sin pérdida de información a través de la transformada inversa de Fourier:

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} X(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

Cabe señalar que, en el sentido más formal, la transformada de Fourier requiere el historial de tiempo completo de una señal (de todos los tiempos: una visión infinita de longitud) y un número infinito de componentes de frecuencia sinusoidal para describir completamente una señal. Esta es obviamente, de ninguna utilidad práctica para la medición, ya que sólo se puede observar la señal de una cantidad finita de tiempo. Para implementar la transformada de Fourier de cómputo, tenemos que utilizar ventanas de tiempo para limitar nuestra visión de la señal a un marco de tiempo limitado. Podemos utilizar la Transformada Discreta de Fourier (DFT), que opera en la muestra los datos de

las señales, o la Transformada Rápida de Fourier (FFT), que acelera el cómputo de la DFT (*Henderson, 2006*).

CAPITULO III

OPTIMIZACION

Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que la optimización consta de tres etapas:

3.1. EXAMINACION

La exanimación pone punto final a las discusiones sobre lo que puede pasar se cambia algo o sobre la causa de un problema en particular, ya que el sistema montado e instalado no está listo para la operación y habrá que asegurarse que todo el sistema este en perfecto funcionamiento.

Para realizar este proceso de exanimación, se necesita herramientas de medición, estas son muy distintas a las de la predicción del diseño de sistemas. Las herramientas de medición examinan lo que es, no lo que será. El sistema a examinar debe estar físicamente presente. Las herramientas de medición no asumen nada, y no pueden forzarse. No favorecen a ningún fabricante o diseño en particular. Probaran que los diseñadores del sistema realizaron el trabajo de diseño e instalación meticulosamente (McCarthy, 2009: 397).

3.1.1. Herramientas de medición físicas

- **Huinchas métricas:** La huincha métrica, sirve para verificar la distancia posterior del cluster a la superficie.
- **Inclinómetro:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que el papel del Inclinómetro es cuantificar los ángulos de inclinación para los altavoces y asegurar que el ángulo elegido sea el apropiado, para que ambos altavoces sean simétricamente equivalentes.

- **Distanciómetro laser:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que se puede utilizar un puntero laser de alta precisión para apuntar los altavoces, posicionando en el altavoz de manera consistente con su orientación en el eje. Al igual que el Inclinómetro, el laser de distancia es útil para realizar la verificación de los ajustes simétricamente opuestos. También puede usarse para verificar la posición en otros puntos en la respuesta de los altavoces, como puntos fuera del eje. Esto puede ser muy útil en la evaluación del ángulo de enfoque del altavoz.
- **Termómetro:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que algunas decisiones de la optimización se basaran en la lectura de la temperatura. La temperatura puede monitorizarse para anticipar y compensar los cambios en la velocidad del sonido.
- **Higrómetro:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que el porcentaje de humedad también afectara a la transmisión de las altas frecuencias. Las lecturas de humedad pueden monitorizarse para anticipar y compensar los cambios en la respuesta de frecuencias altas.

3.1.2. Herramientas de medición de audio simple

- **Voltímetro:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que el voltímetro proporciona la examinación del voltaje AC y DC y la detección de continuidad y corte en el circuito. El papel principal del voltímetro es la etapa de preverificación del sistema.
- **Téster de cable (polaridad):** El cable téster es de vital importancia para examinar el estado del sistema de cableado (balanceado y

desbalanceado de distintos conectores) así como la polaridad que tengan estos en sin conectores (Aliaga 2011).

- **Téster de impedancia:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que el téster de impedancia difiere de un voltímetro en la manera en que mide las líneas de audio. Ya que los altavoces se clasifican por su impedancia, el téster de impedancia reflejara mejor la carga tal y como la fuente lo ve.
- **Medidor de nivel de sonido:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que el medidor de nivel sonido es una herramienta de operación, y no de optimización. Sin embargo, el medidor de nivel sonoro es la herramienta principal de un ingeniero de mezcla para presumir del cumplimiento de las leyes en los conciertos en vivo.
- **Analizador en tiempo real (RTA):** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que:

El analizador en tiempo real tiene un numero de aplicaciones en las cuales es la mejor herramienta para la optimización de un sistema: "cero" (McCarthy, 2009: 403).

3.1.3. Herramientas de medición de audio complejo

- **Básicos del analizador:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que la transformada de Fourier (FFT) es la implementación practica de la formula de la transformada de Fourier. Es el motor de los analizadores de audio complejo usados en la optimización de los sistemas de sonido.

Para los ingenieros de audio, es una gran suerte que no tengamos que calcular las ecuaciones FFT para usarlos (McCarthy, 2009: 406).

- **Tiempo de grabación:** Es el primer parámetro critico del análisis, puesto

que determina la menor frecuencia medible. Por tanto las frecuencias que tienen periodo más largo (frecuencias bajas) requieren mayores tiempos de grabación que las altas frecuencias.

- **Lineal y logarítmico:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que el sistema de ordenación de frecuencias del mecanismo del oído humano es mayoritariamente logarítmico, es decir, cada duplicación de frecuencia se percibe como un espaciado igual. La lineal es un espaciado espectral constante del ancho de banda.
- **Resolución de frecuencia:** No hay límite de resolución de frecuencia. Se puede tener 1 Hz de resolución y tener 20000 puntos de datos con los que trabajar.
- **Puntos fijos por octava:** Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que el proceso empieza en las frecuencias altas, donde se usa el tiempo de grabación más corto. Se tomará una FFT y se adquirirá un número fijo de puntos de datos para la octava más alta. Esta se convierte en la resolución base, expresada en "puntos por octava" (PPO).
- **Curva de Coherencia:** La curva de coherencia que los sistemas de medición basados en la transformada rápida de Fourier muestran indican la probabilidad de que la medición que se realiza es fiable. Es muy común que la curva de coherencia (que va de 0 a 1 o de 0% a 100%, según el sistema de medición) tenga valores bajos en alguna banda de frecuencias. No hay que fiarse de la respuesta de amplitud y fase que nos muestre nuestro sistema de medición en aquellas bandas donde la coherencia sea baja.

Hay principalmente dos casos en que la curva de coherencia saldrá baja:

1. Cuando la señal de referencia esté mal sincronizada con la señal medida. Esto se puede comprobar fácilmente, si se inicia una medida sin haber previamente sincronizado las señales con “Delay Locator” en Smaartlive 5.4.
2. Cuando haya reflexiones. En este caso se observa que hay bandas de frecuencias en que la coherencia es baja. No se debe fiar de la medición en esas bandas. Si la coherencia baja cae en una banda que tenemos interés en medir podemos cambiar la posición del micro.

A la hora de ajustar las fases se debe observar en la curva de coherencia, de esta forma sabremos qué parte de la medida es fiable y qué parte está contaminada por las reflexiones, reverberación, etc.

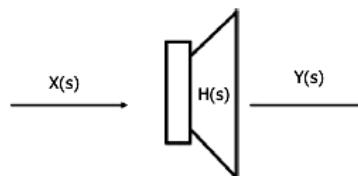
- **Función de transferencia:** SmaarLive calcula la Función de Transferencia del sistema.

La Función de Transferencia es una representación matemática de cómo el altavoz modifica el balance de frecuencias y de fase de la señal de entrada.

$$H(s) = Y(s) / X(s)$$

La Función de Transferencia es la representación matemática de la relación entre la entrada y la salida de un sistema.

Grafica Nº 10: Representación en bloque de la función de transferencia.



(Henderson. 2006).

Un principio básico del análisis de la función de transferencia es la medición de dos canales, donde un canal se designa como conocido y otro como desconocido. El canal conocido se convierte en el estándar y las diferencias entre los dos se atribuyen al dispositivo entre los dos puntos. Normalmente la entrada y la salida de un dispositivo, pero también podría ser la salida de un dispositivo, pero también podría ser la salida de dos dispositivos diferentes, como micrófonos.

Existen condiciones a tomar en cuenta para obtener mediciones válidas de función de transferencia, como ser la estabilidad, invariancia de tiempo, linealidad; que aun así no conseguir las mediciones de manera perfecta, de esta manera las consideraciones prácticas limitarían el logro de tales condiciones.

3.2. VERIFICACION

Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que la etapa de verificación consiste en una comprobación individual de cada uno de los componentes de sistema, y del cableado de interconexión de cada etapa de la cadena de transmisión.

*¿No sería deprimente y embarazoso darnos cuenta de que hemos ecualizado altavoces con polaridad invertida en los cables no balanceados, o grandes cantidades de distorsión y otros tipos de "características" inesperadas?
(McCarthy, 2009: 447).*

3.2.1. Etapas de test

Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización", indica que la verificación de un sistema instalado se mueve a través de tres etapas distintas, cada una de las cuales contiene una serie de procedimientos individuales de test:

- **Autoverificación:** testea el sistema de análisis para asegurar que puede

medir el sistema de sonido con precisión.

- **Preverificación:** Comprueba el sistema antes de la calibración.
- **Postcalibración:** Comprueba el sistema después de la calibración.

Tabla Nº 2: Referencia del test de verificación

Herramientas de la Examinación		Papel en la Verificación
Herramientas Físicas	Inclinómetro	Determinar el ángulo de enfoque vertical para el altavoz y/o el ángulo de apertura vertical entre altavoces.
	Puntero láser	Determinar el ángulo de enfoque para el altavoz. Especial para verificar la simetría tras la calibración.
	Termómetro	Establecer una línea base medioambiental para ambientes de temperatura variable.
	Higrómetro	Establecer una línea base medioambiental para ambientes de temperatura variable.
Herramientas de Audio Simple	VOM	Test de continuidad. Comprobación de alto voltaje como salidas de amplificador y voltaje de línea. Herramienta de propósito general esencial.
	Cable Téster	Comprobación del cableado.
	Téster de Impedancia	Verificar cableado de las líneas de altavoces y la presencia de altavoces en la línea.
	Medidor de Nivel Sonoro	Verificación parcial o completa del SPL de la sensibilidad del micrófono.
	RTA	Tope para aguantar la puerta.
Herramientas Complejas	Oídos	Resolución de problemas avanzados. Ruteo de señal, continuidad THD, ruido y respuesta de frecuencia. Herramienta de propósito general esencial.
	Ojos	Resolución de problemas avanzados. Detección de obstrucción de camino. Detección de errores de simetría. Detección de fuente de ruido. Detección de humo.
	Analizador FFT de Dos Canales	Comprobación de señal eléctrica y acústica.

(McCarthy, 2009: 449).

3.3. CALIBRACION

Según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y

Optimización", indica que esta es la etapa que completa el proceso de optimización. El sistema ha sido verificado de manera que todos los componentes funcionan correctamente.

El proceso de calibración va de simple a complejo, cada procedimiento está diseñado para aportar respuestas específicas, como la posición de los altavoces, tiempo de delay, ecualización y ajuste de nivel.

3.3.1. Objetivos de la calibración de sistemas

- Varianza de nivel, espectral y de riple mínima sobre el área de escucha.
- Máxima coherencia (inteligibilidad, radio directo/reverberante, claridad).
- Capacidad de potencia y presión sonora máxima.
- Control de la imagen sonora.

3.3.2. Técnicas de calibración de sistemas

Todos los parámetros en la calibración jugaran parte importante en la respuesta espectral en la posición de mezcla.

- **Ajuste de nivel:** El papel de ajuste de nivel en el proceso de calibración es el nivel relativo entre los subbajos con respecto cabezal de agudo-medio-bajo.
- **Ajuste de delay:** El papel del ajuste de delay en el proceso de calibración es el nivel de desajuste de tiempo entre el cabezal de agudo-medio-bajo y los subbajos con respecto al punto de mezcla.
- **Ajuste de la ecualización:** La ecualización es un proceso simple. Debido a que la ecualización proporciona un componente clave en la respuesta espectral del sistema, es un tema cercano y querido del

ingeniero de mezcla.

Tabla Nº 3: Referencia del test de calibración

Herramientas de la Examinación		Papel en la Calibración
Herramientas Físicas	Inclinómetro	Ajuste fino del enfoque del altavoz.
	Puntero láser	Ajuste fino del enfoque del altavoz.
	Termómetro	Establecer una línea base medioambiental para ambientes de temperatura variable.
	Higrómetro	Establecer una línea base medioambiental para ambientes de temperatura variable.
	Huinchas métricas	Espaciado de subbajo. Altura del cluster, etc.
Herramientas de Audio Simple	VOM	Resolución de problemas encontrados durante la calibración.
	Cable Téster	Resolución de problemas encontrados durante la calibración.
	Téster de Impedancia	Resolución de problemas encontrados durante la calibración.
	Medidor de Nivel Sonoro	Aplicación mínima.
	RTA	Adorno para la consola de mezclas.
Herramientas Complejas	Oídos	Resolución de problemas encontrados durante la calibración, promediado espacial.
	Ojos	Resolución de problemas encontrados durante la calibración.
	Analizador FFT de Dos Canales	Comprobación de señal eléctrica y acústica.

(McCarthy, 2009: 477).

CAPITULO IV

RELACION EXPLICATIVA DE TRABAJO DIRIGIDO

4.1. DESCRIPCION GENERAL DE LAS TAREAS Y ACTIVIDADES DEL ESTUDIANTE EN "STUDIO MEDITERRANEO"

Durante la permanencia del estudiante en la empresa se le otorgo horario de entrada y salida diario (lunes-viernes, sábado "medio día"), de esta manera se le encomendó tareas de mantenimiento de los equipos de sonido para su estancia.

En el lapso de tiempo que el estudiante asistió a la empresa se realizaron eventos varios, en un principio el estudiante debió asistir como personal de montaje de todo el sistema de sonido, iluminación y estructuras. Una vez realizado en montaje y puesta en marcha del sistema de "STUDIO MEDITERRANEO", las tareas primarias encomendadas para el alumno eran de realizar la conexión y microfonía en escenario de cada evento que se le ha designado.

El estudiante realizo trabajos de campo dentro del refuerzo sonoro, con lo que la empresa tomo en cuenta su desempeño y conocimiento para realizar los trabajos de:

- a. Mantenimiento del sistema de Sonido.
- b. Montaje y conexión, para la puesta en marcha del Sistema de Sonido de "STUDIO MEDITERRANEO".
- c. Conexión y microfonía de escenario.
- d. Técnico de Optimización del Sistema de Sonido de "STUDIO MEDITERRANEO"

e. Técnico de Monitoreo.

f. Técnico de F.O.H.

El trabajo de optimización (objetivo del proyecto); se lo realizó en varios de los eventos repetitivas veces, en distintos lugares sin descuidar los ideales y prestigio de "STUDIO MEDITERRANEO". En cada ocasión la optimización del sistema, se realizó bajo la supervisión del Igor Céspedes (personal especializado de Studio Mediterráneo) quien se encarga de la parte técnica en cada evento realizado con el sistema nombrado.

4.2. PROCEDIMIENTO ACTUAL PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE P.A. DE "STUDIO MEDITERRANEO"

- Medición del ambiente en que se realizara el evento.
- Inserción de datos de la medición del ambiente, al programa de pronóstico de cobertura de los altavoces ADAMSON Y-18 y Y-10. ("**SIN ACCESO**" PROGRAMA DE USO EXCLUSIVO PARA LA EMPRESA).
- Montaje y alineamiento respectivo, según datos de anulación del programa de predicción de cobertura para ADAMSON Y-18 y Y-10.
- Análisis de fase, para coherencia de subbajos ADAMSON T-21 con SMAARTLIVE 5.4.

Prueba de puesta en marcha del sistema de P.A.

4.3. HALLAZGOS DE LA EMPRESA

Entre las experiencias más renombradas que tiene dicha empresa, están los eventos internacionalmente destacados realizados en la ciudad de Cochabamba, como los ya realizados eventos: La Cumbre del Alba, en sus distintas reuniones, distintas versión del Miss Cochabamba, Miss Bolivia 2000;

conciertos de los Artistas de renombre mundial, como ser: MIRANDA, PRICIONEROS, LA MOSCA, AUTENTICOS DECANDENTES, PEE WEE, KUMBIA KINGS, VILMA PALMA, ENANITOS VERDES, KUDAI, LOS PERICOS, FANNY LU, entre otros. Además de la presencia en la Inauguración de los Juegos Bolivarianos, evento realizado en la ciudad de Sucre.

CAPITULO V

PROPUESTA DE SOLUCIONES

5.1. DISPOSICIÓN Y EQUIPAMIENTO DE LA EMPRESA, PARA EL TRABAJO

La empresa cuenta con sistema de refuerzo sonoro de la más alta calidad, altavoces de la marca "ADAMSON", de los modelos: AXIS Y-10, AXIS Y-18, AXIS T-21; amplificadores de la marca "LABGRUPPEN", de los modelos: FP 10000 Q, FP 7000 Q; procesadores de señal DSP Dolby LAKE; mesa de mezclas de la marca DIGIDESIGN, modelo VENUE D-Show. (STUDIO MEDITERRANEO 2011).

5.2. PROPUESTA DE ORGANIGRAMA DE STUDIO MEDITERRANEO



5.3. PROPUESTA TÉCNICA

5.3.1. Nombre del proyecto

"Herramientas y Técnicas para la optimización del sistema de P.A. a cuatro vías estéreo de "Studio Mediterráneo" implementado al aire libre, para obtener una

respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase utilizando SmaartLive 5.4, en la ciudad de Cochabamba gestión I-2011".

5.3.2. Herramientas empleadas en el proyecto

A continuación, se detalla una ficha técnica de las herramientas empleadas para la optimización del sistema de refuerzo sonoro de "STUDIO MEDITERRANEO" según Bob McCarthy en su libro "SISTEMAS DE SONIDO: Diseño y Optimización".

Tabla Nº 4: Referencia de herramientas empleadas.

Herramientas de la Examinación		Marca	Modelo
Herramientas Físicas	Inclinómetro	LEICA	Disto D5
	Puntero láser	LEICA	Disto D5
	Termómetro	Establecido por satélite, mediante sitio Web	www.el-tiempo.com
	Higrómetro	Establecido por satélite, mediante sitio Web	www.el-tiempo.com
Herramientas de Audio Simple	VOM	Multitester FLUKE	M-890
	Cable Téster	BEHRINGER	Cable Téster CT100
	Téster de Impedancia	Multitester FLUKE	M-890
	Medidor de Nivel Sonoro	RADIO SACK	Digital Sound Level Meter
	RTA	SmaartLive	5.4.
Herramientas Complejas	Analizador FFT de Dos Canales	SmaartLive	5.4.
	Interface de audio	M-AUDIO	Fast Track Pro
	Micrófono de medición	DXB	M2
	Ordenador	MacBook Pro	Sistema operativo Mac OsX, Versión 10.6.7

(Aliaga, 2011).

5.3.3. Procedimiento de Optimización

El procedimiento de optimización según Bob McCarthy consiste en tres etapas:

5.3.3.1. Examinación

El Sistema de Refuerzo Sonoro que "Studio Mediterráneo" provee para el evento "Concierto" ya instalado; consta de los siguientes elementos y equipamiento:

- 12 Cabezales de Altavoces Agudo-Medio-Bajo; line array marca "ADAMSON", modelo AXIS Y-18.
- 8 Cabezales de Altavoces Agudo-Medio-Bajo; line array marca "ADAMSON", modelo AXIS Y-10.
- 6 sub-bajos; marca "ADAMSON", modelo AXIS T-21.
- 2 DSP; marca "DOLBY LAKE".
- Etapas de amplificación; marca "LABGRUPPEN".
- Cables de conexión de amplificadores a cabezales y sub-bajos; marca "NEUTRIK".
- Mesa de mezclas de la marca DIGIDESIGN, modelo VENUE D-Show.

En el depósito de Studio Mediterráneo se utilizó MULTITESTER digital y CABLE TESTER para la preverificación de:

- Polaridad de cada componente de cada vía (agudo-medio-bajo, sub-bajo), de cada caja (ADAMSON Y-18, Y-10 y T-21) según las especificaciones del fabricante.
- Impedancias de cada caja (ADAMSON Y-18, Y-10 y T-21) según las especificaciones del fabricante.
- Continuidad del sistema de cableado y conectores "speakon" que se utilizará para la conexiones en la etapa de amplificación.

- Continuidad del sistema de conexión de señal, para toda la cadena transmisión del Sistema de Refuerzo Sonoro "ADAMSON".

Imagen № 1: Cable tester.



(Behringer, CT00).

Una vez montado el Sistema de Refuerzo Sonoro, se procedió a la preverificación eléctrica del sistema, con la utilización de un MULTITESTER digital.

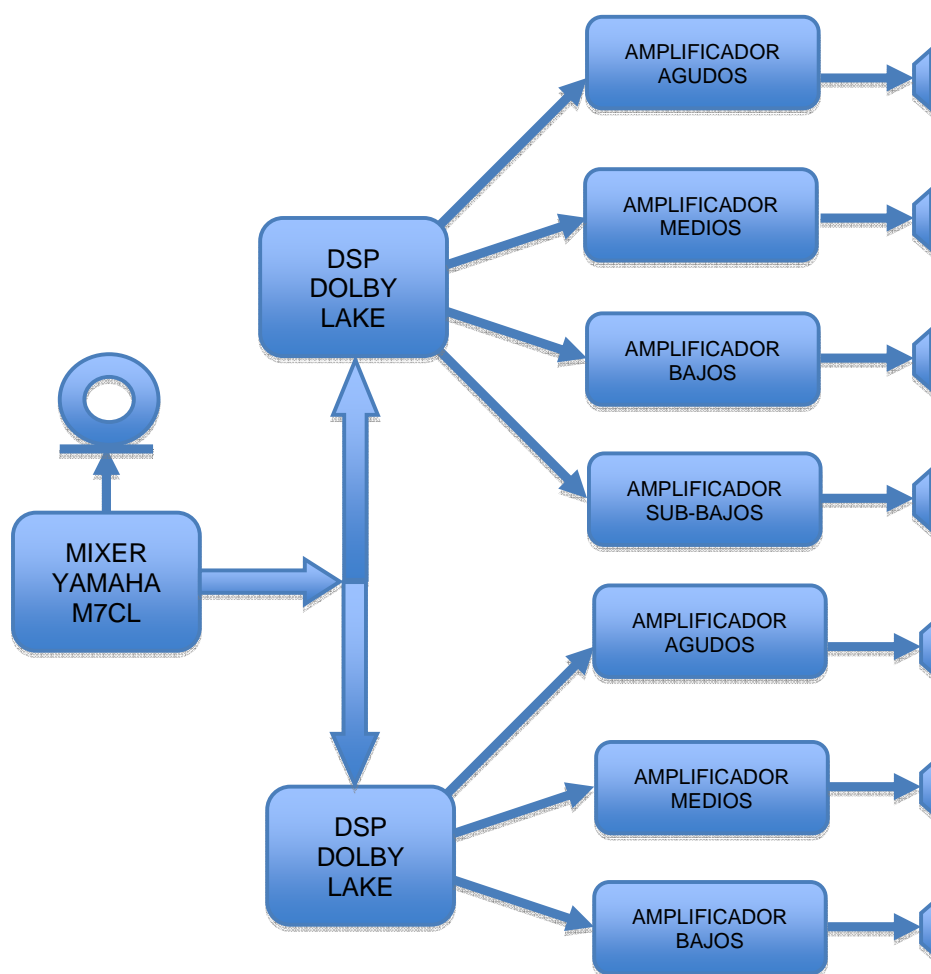
Imagen № 2: Multitester.



(Fluke, M890).

La cadena transmisión implementada en el Sistema de Refuerzo Sonoro "Studio Mediterráneo" se detalla a continuación:

Grafica Nº 11: Cadena de transmisión "Studio Mediterráneo".



(Aliaga, 2011).

Siguiendo el procedimiento de optimización se realizó la examinación de la coherencia de los datos de software, predicción acústica del line array marca "ADAMSON", modelo Y-18 y Y-10, en su aplicación real:

- Utilizando el láser de distancia se examina la altura desde la parte posterior del cluster a la superficie, seguida de la verificación de los datos con una huincha métrica.

Imagen Nº 3: Medición con huincha métrica.



(Aliaga 2011).

- Posteriormente, se realizó la examinación del ángulo de inclinación del cabezal de altavoces marca "ADAMSON", modelo Y-18 y Y-10.

Imagen Nº 4: Laser de distancia e inclinómetro digital.



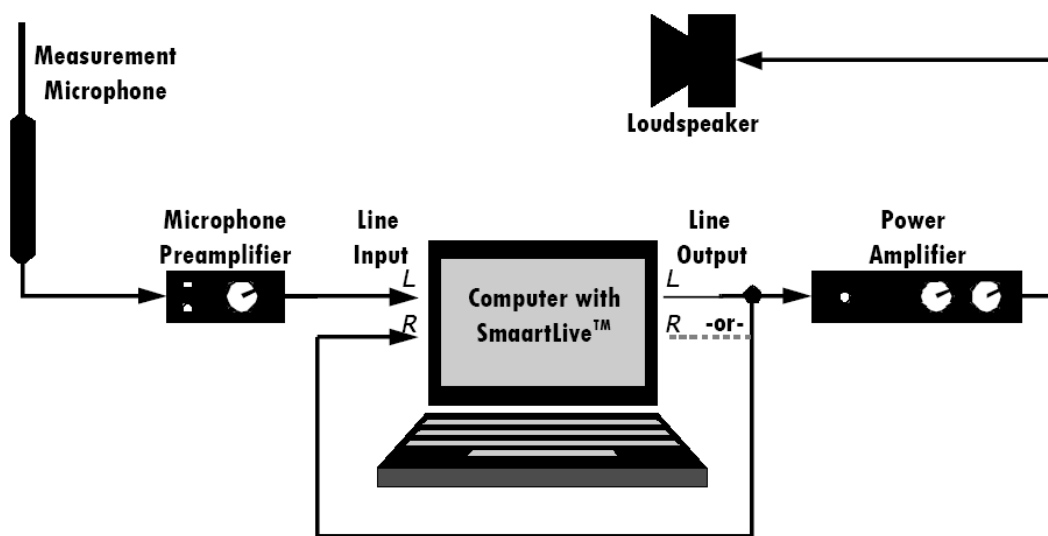
(Leica, Disto D5).

Para la realización del proyecto no se contó con un termómetro, ni un higrómetro; por esta razón se tomó como alternativa la implementación de un

sitio Web (www.el-tiempo.com), que proporcionó la temperatura (26 °c) y la humedad relativa del ambiente del 45 %, en el momento de la examinación.

Por consiguiente, se realizó la instalación que el manual de usuario de SIA SmartLive 5.4 sugiere para realizar las mediciones de Función de Transferencia, Fase, RTA y Spectro.

Grafica № 12: Conexión básica para función de transferencia.



(Manual de usuario, smartlive 5.4.).

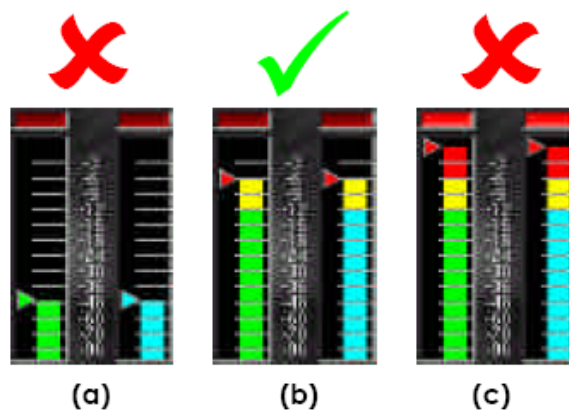
5.3.3.2. Verificación

Una vez examinado el sistema de "Studio Mediterráneo" ya instalado y listo para la puesta en marcha, se procedió a la preverificación de continuidad de la cadena de transmisión de señal en cada sector utilizando las herramientas de examinación tomando en cuenta cada punto de acceso en el trayecto de la señal hasta la reproducción en los altavoces.

- Se presionó en START, para comenzar con el ajuste con SmartLive 5.4.

En el analizador "SmaartLive 5.4." se ajustó el nivel relativo de señal de referencia y el nivel de la entrada de medición del micrófono según recomendaciones del manual de usuario de SmaartLive 5.4.

Grafica Nº 13: Niveles de entrada para función de transferencia. Asegúrese de que los niveles de entrada no están demasiado bajos (a) ni demasiado altos (c). Los niveles de entrada deberían estar entre -12 a -6 dB para mediciones básicas (b).



(Manual de usuario, smaartlive 5.4.).

- Se ubicó el micrófono de medición a la distancia del punto de interacción de cobertura del cluster.
- Desde el generador de SmaartLive 5.4. se envió ruido rosa, señal de audio al sistema "ADAMSON" Y-18 + Y-10 + T-21.
- Se captura la diferencia de tiempo entre la señal en el canal de referencia y en el de medición. En otras palabras usar DELAY LOCATOR e insertar el valor indicado, de acuerdo a la distancia recorrida desde la salida de la señal de referencia, hasta llegar al micrófono de medición y la latencia en el analizador.
- Se capturo en la memoria C la función de transferencia, fase y frecuencia de precalibración del sistema completo "ADAMSON" Y-18 + Y-10 + T-21.

Imagen № 5: Función de transferencia del sistema de de P.A. sin optimizar.



(Aliaga, 2011).

5.3.3.3. Calibración

En la etapa final de la optimización, el sistema ha sido examinado y verificado de manera que todos los componentes funcionan correctamente, la posición del cluster es correcta y el sistema está listo para introducir la señal para la medición.

Ubicado ya el micrófono y utilizando DSP se realizó el primer ajuste de equalización en el punto de interacción de cobertura, siguiendo los pasos de medición de SmartLive 5.4:

- En la ventana de TRANSFER FUNCTION debe mostrar la gráfica de Respuesta de Frecuencia y la Grafica de Respuesta de Fase del cabezal de Agudo-Medio-Bajo "ADAMSON" Y-18 y Y-10 únicamente (se desactivó los sub-bajos T-21).

- Se colocó en la memoria B esta información, para tener la referencia de ecualización del cluster.
- Se observó el trazo de fase en la región de bajas frecuencias para tomar decisiones de ajuste y calibración.

Una vez realizada la ecualización en el punto de interacción del cluster de Agudo-Medio-Bajo "ADAMSON" Y-18 y Y-10, se procede a la reubicación del micrófono para el siguiente procedimiento de la calibración.

Imagen Nº 6: Posición del micrófono para la medición.



(Aliaga, 2011).

Para la medición de coherencia de fase en frecuencias bajas, se tomó como punto de interacción el punto de mezcla, siguiendo con la medición:

- Una vez más en la memoria B, se tomó la muestra de referencia del cluster de Agudo-Medio-Bajo "ADAMSON" Y-18 y Y-10 únicamente (se desactivó los sub-bajos T-21), esta vez tomando en cuenta que la medición se tomó en el punto de mezcla.

Imagen Nº 7: Función de transferencia del sistema "ADAMSON" Y-18 y Y-10.

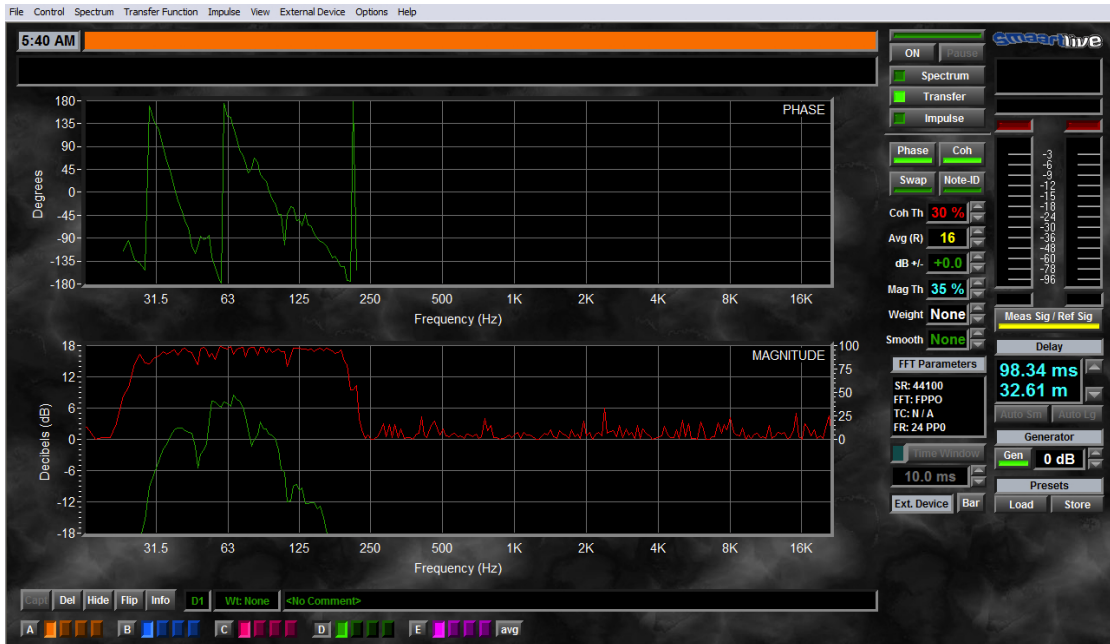


(Aliaga, 2011).

Nota: NO es necesario volver a ajustar los niveles en las señales de referencia y señal de medición, caso contrario NO se podrá ajustar la relación de fase entre el cabezal de Agudo-Medio-Bajo "ADAMSON" Y-18, Y-10 y el sub-bajo T-21.

- Se desactivo el sistema "ADAMSON" Y-18, Y-10 y se activó el sub-bajo "ADAMSON" T-21.
- Se ajusto el nivel de sub-bajo deseado y/o requerido, en esta oportunidad fue de 6 dB SPL por encima del nivel de medición del cabezal de Agudo-Medio-Bajo "ADAMSON" Y-18 y Y-10.

Imagen № 8: Función de transferencia del sistema "ADAMSON" T-21.



(Aliaga, 2011).

- Se realizó un contraste el trazo de fase del sub-bajo T-21 con la memoria del cabezal de Agudo-Medio-Bajo "ADAMSON" Y-18 y Y-10. El trazo de fase que tenga MENOR pendiente en la zona de crossover acústico deberá retrasarse para lograr que la pendiente sea igual en dicho rango de frecuencias (Pendiente igual significa) MISMO TIEMPO. Por lo tanto cuando las pendientes de fase sean iguales en la zona de crossover se tendrá el mismo tiempo “por frecuencia”.

Imagen № 9: Función de transferencia del sistema, alineando "ADAMSON" Y-18 y Y-10 con T-21.



(Aliaga, 2011).

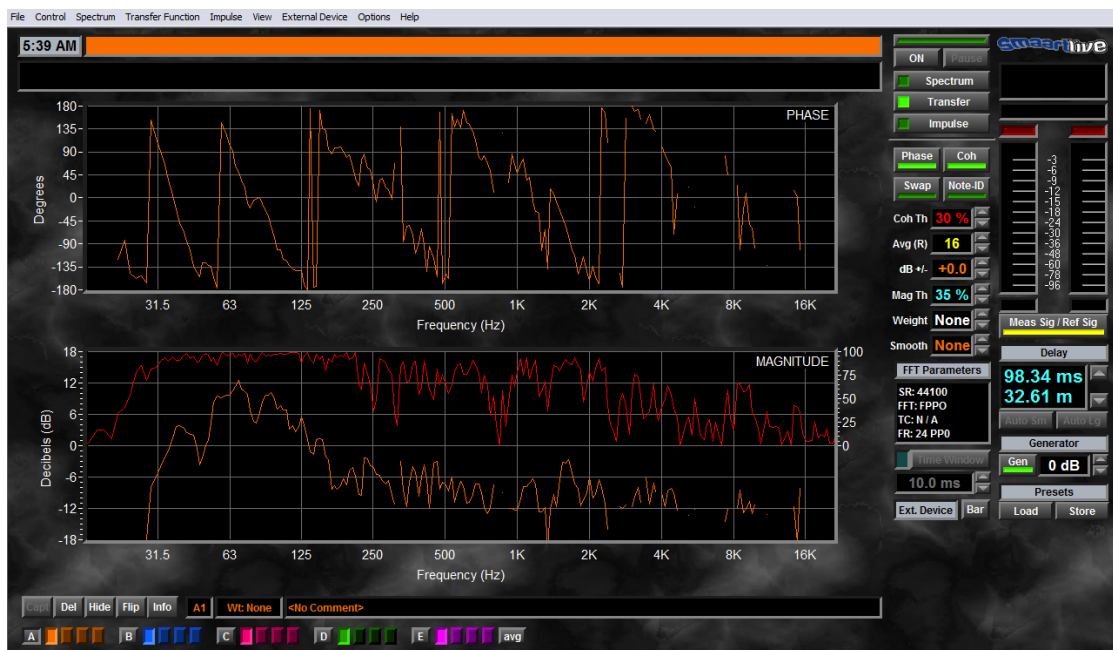
Es importante saber que a mayor pendiente significa mayor tiempo, menor pendiente significa menor tiempo, ausencia de pendiente significa tiempo "0" (sin retraso y sin adelanto), pendiente descendente (se debe leer de izquierda a derecha) significa retraso, y pendiente ascendente significa adelanto.

NOTA: en caso de que se obtenga la misma pendiente del trazo de fase, pero no exista solapamiento, entonces se deberá invertir la polaridad del sub-bajo y esto conseguirá el solapamiento, que significa que el ajuste se ha logrado para toda la zona de frecuencias solapadas (que por supuesto debe ser la zona de crossover).

Utilizando los parámetros del DSP Dolby Lake se invirtió 180° la respuesta de fase de los sub bajos T-21 y se aplicó un demorado de 1,5 ms para la coherencia de fase en baja frecuencia con respecto al cabezal de Agudo-Medio-Bajo "ADAMSON" Y-18 y Y-10.

Se activa manera simultánea el cabezal de Agudo-Medio-Bajo "ADAMSON" Y-18, Y-10 y el sub-bajo T-21, este nuevo resultado de optimización, ingresara a la memoria D, para el realizar un contraste de resultados de precalibración y postcalibración.

Imagen N° 10: Función de transferencia del sistema, alineado.



(Aliaga, 2011).

A partir de este momento se realiza la etapa final más importante de la optimización, que es la Verificación Auditiva, ya que ninguna herramienta científica puede reemplazar la discriminación que el oído aporta. La verificación auditiva postcalibración da el visto bueno a la optimización resultante a los procedimientos descritos anteriormente.

NOTA: Una vez realizados los procedimientos de ajuste de delay al Sistema de Refuerzo Sonoro de "Studio Mediterráneo" es importante guardar los datos de temperatura y humedad relativa del ambiente, para así mantener la optimización del Sistema de Refuerzo Sonoro coherente durante el trabajo a desarrollar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIÓN

El resultado obtenido en todas las mediciones de la optimización del sistema de P.A. de Studio Mediterráneo realizadas a lo largo del proyecto, han sido precisas, con resultados dentro de los parámetros que la ley del line array concreta, con buenos comentarios de los ingenieros de mezcla, tanto en shows nacionales como internacionales; lo más importante logrando la minimización de comb filter en baja frecuencia y emisión homogénea en todas las frecuencias en toda la cobertura horizontal y vertical de la audiencia.

Los procedimientos mencionados en este compendio técnico son los más accesibles de manera técnica y practica, dejando en claro que no siempre se pueden trabajar y aplicarlas al pie de las instrucciones detalladas, ya que todo este proceso se lo realizó en tiempo real de trabajo dependiendo del ambiente, tiempo de disponibilidad del mismo y las prioridades que el evento requiere.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa, utilizar el procesador DSP en F.O.H. para así poder tener mayor y mejor acceso a los parámetros del DSP para realizar las variaciones que se requieran a la hora de la optimización y porque no, tener un control completo del sistema y realizar verificaciones constantes de todos los cambios en los procesos temporales electrónicos, sabiendo que los factores de temperatura y humedad varían durante el show y por ende varían las propiedades físicas del sonido. También tomar muy en cuenta la exactitud de la medición y no tomar a la ligera las decisiones de solución a la coherencia de fase en baja frecuencia.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

McCarthy, Bob. 2007. **Sound systems: design and optimization: modern techniques and tools for sound system design and alignment.** Editorial Elsevier Ltd. U.S.A.

Recuero López, Manuel. 2000. **Ingeniería Acústica.** Editorial Paraninfo. Madrid.

Miyara, Federico. 2003. **Acústica y Sistemas de Sonido.** UNR Editorial. Rosario.

Seto, Willam W. 1973. **Teoría y problemas de Acústica.** Editorial McGraw-Hill Inc. U.S.A.

Rodriguez Ramirez, Asencio; Navarro Ruiz, Juan Miguel. 2010. **Comportamiento de un sistema de sonorización. Tipo "line array".** Reporte de Universidad Catolica de Murcia.

Catala Ibarra, Victor Manuel. 2006. **Sistemas de audio y sonorización.** Valencia.

REVISTAS

Urban, Marcel; Heil, Christian; Bauman, Paul. L-Acoustics, Wavefront Scupture Technology. 2001. **Paper presented at the 111th AES Convention.** New York, USA.

Arango, Maria Isabel. 2001. **Line Array: Teoria.** 111th AES convention.

Henderson, Paul D. 2006. **The Fundamentals of FFT-Based Audio Measurements in SmaartLive.**

SITIOS WEB

Urrialde, Juan Carlos. **“De paseo por el mundo de los line array”**

<http://www.ispmusica.com/articulo.asp?id=296>

La Roda, Juan. **“Ajuste de fases entre subgraves y unidades de medio-agudos”**

<http://www.dasaudio.com/index.asp?pagina=soporte&modo=buscador4&4b=137&c58>

“Nociones básicas de sonido”

<http://audiosonido.awardspace.info/>

Sitio web oficial de ADAMSON

<http://www.adamsonsystems.com>

ANEXOS

ANEXO

TERMINOS DE REFERENCIA

1. TEMA TRABAJO DIRIGIDO

"Herramientas y Técnicas para la optimización del sistema de P.A. a cuatro vías estéreo de "Studio Mediterráneo" implementado al aire libre, para obtener una respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase utilizando SmaartLive 5.4, en la ciudad de Cochabamba gestión I-2011".

2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Studio Mediterráneo, es una empresa Boliviana fundada el año 1995 y dedicada exclusivamente a la producción de eventos con equipos de sonido iluminación y video profesional. Año tras año se ha ido consolidado como una de las mejores empresas del sector, mejorando y ampliando la gama de equipos y profesionales con la que cuenta en la empresa.

Más de 15 años garantizando un trabajo bien hecho ha hecho ganar la confianza de los mejores artistas, productores, oficinas de management y empresas así como la presencia de Studio Mediterráneo en los más destacados eventos de nuestro país. Con el fin de ofrecer una atención rápida y eficiente a sus clientes, Studio Mediterráneo cuenta con los servicios: sonido, iluminación, video, tarimas y estructuras, amplificación de eventos sociales.

3. Objetivo

3.1. Objetivo General

Implementar un sistema de P.A. al aire libre estéreo de 3 vías más sub-bajo, para obtener una respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase en baja frecuencia.

3.2. Objetivos Específicos

Evaluar las condiciones del sistema de refuerzo sonoro de la empresa.

- a. Analizar del Sistema de refuerzo sonoro de STUDIO MEDITERRANEO.
- b. Evaluar del Sistema de refuerzo sonoro de STUDIO MEDITERRANEO.
- c. Optimizar el sistema de P.A. al aire libre estéreo de 3 vías más sub-bajo, para obtener una respuesta en frecuencia plana y coherencia de fase en baja frecuencia.

4. DELIMITACION

4.1. Delimitación temporal:

El Trabajo tendrá una delimitación temporal desde el 28 de febrero hasta 15 de julio de 2011.

4.2. Delimitación espacial o geográfica:

El trabajo dirigido tendrá lugar en la ciudad de Cochabamba durante el primer semestre de la gestión 2011.

5. METODOS EN LA ACTUALIDAD

Existen hoy día varios analizadores en software para PC y Mac, como Smaart Live, Spectralab, Impulse, Mac Foh, Spectrafoo; pero también existen equipos de medida especializados, como el mundialmente conocido SIM3 de Meyer Sound. Se hará énfasis en el manejo de SmaartLive 5.4.

6. VARIABLES

Se tiene como variable dependiente la libre disponibilidad de los equipos que la empresa pueda proveer y como variable independiente el lugar del evento a realizar.

7. DISEÑO METODOLOGICO O DISEÑO EXPERIMENTAL

7.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación a realizarse será el experimental.

7.2. Método de investigación a utilizarse

- **Método de Función de Transferencia:** Un principio básico del análisis de la función de transferencia es la medición de dos canales, donde un canal se designa como conocido y otro como desconocido. El canal conocido se convierte en el estándar y las diferencias entre los dos se atribuyen al dispositivo entre los dos puntos. Normalmente la entrada y la salida de un dispositivo, pero también podría ser la salida de un dispositivo, pero también podría ser la salida de dos dispositivos diferentes, como micrófonos.

Existen condiciones a tomar en cuenta para obtener mediciones válidas de función de transferencia, como ser la estabilidad, invariancia de tiempo, linealidad; que aun así no conseguir las mediciones de manera perfecta, de esta manera las consideraciones prácticas limitarán el logro de tales condiciones.

8. Técnicas de Investigación a utilizarse

Las técnicas de investigación serán bibliográficas, investigación experimental y mediante exploración cibernética.

9. Sujetos, Universo y muestra

- a. Sistema de Refuerzo Sonoro de P.A. en las vías (Agudo-Medio-Bajo) modelo Y-10, marca ADAMSON.
- b. Sistema de Refuerzo Sonoro de P.A. de Sub-Bajo modelo T-21, marca ADAMSON

10. Instrumentos de Medición aplicados

Los instrumentos utilizados para la medición del tema de investigación serán:

- a. Herramientas de medición métrica
- b. Sonómetro
- c. Micrófono de medición
- d. Ordenador con el software adecuado (Smaart Live 5.4.)

11. Procedimiento

El procedimiento que corresponde a la medición inicia por:

- El montaje el diseño del sistema con referencia al evento.
- Diseño de predicción de cobertura del sistema de P.A.
- Montaje del sistema de refuerzo sonoro en el lugar del evento.
- Análisis del sistema de P.A. en las vías (Agudo-Medio-Bajo), con la función de transferencia midiendo y realizando correcciones de ecuilización en ellos.
- Análisis del sistema de P.A. en sub-bajos, aplicando el nivel respectivo para la coherencia entre la vías Agudo-Medio-Bajo y sub-bajo.

- Análisis del sistema de P.A. en las vías (Agudo-Medio-Bajo) para la coherencia entre la vía de sub-bajo.
- Análisis de sistema de P.A. y ajuste en la vía de sub-bajo, con aplicación de retardos electrónicos para la coherencia de fase en baja frecuencia y contraste de resultados.

ANEXO

CARTA CONVENIO PARA EL TRABAJO DIRIGIDO

ANEXO

Carta informe de “Studio Mediterraneo”

ANEXO MANUALES

Información del Producto



Y-18

FRENTE DE ONDA SIN FISURAS
SPL EXTREMADAMENTE ALTO
PARA USO COMO SISTEMA DE 3 O 4 VIAS
PRECISO CONTROL ANGULAR

El Adamson Y18 -el original y más potente recinto de la serie Y-Axis- continua siendo el favorito de los line arrays. El especial diseño de la serie Y-Axis -tema de varias patentes- está pensado para eliminar los incomodos lóbulos de medios-agudos y filtros de peine producidos por las interferencias y aumentando a la vez el control y la cobertura en largas distancias, algo imposible en sistemas de PA convencional.



El Y18 forma una curva perfectamente lineal que canaliza la energía de medios y agudos debido a la tecnología desarrollada por Adamson sobre la cámara acústica co-lineal, que virtualmente elimina las cancelaciones diferentes retardos. La serie Y-Axis es la única con cámara acústica co-lineal y así consigue que al escucharse a larga distancia se asemeje con exactitud al sonido de "monitores de campo cercano a 50 metros"

Para que el sistema sea perfectamente ampliable, la solución que aporta la serie Y-Axis es utilizar elementos cuya dispersión es de 5 grados en vertical y 100 grados en horizontal. El sistema de rigging de Adamson consigue que los Y18 pasen del carro de transporte al array volado, rápida y fácilmente y lo más importante, sin huecos en el array.

Como opción se complementa la serie Y-Axis con un accesorio fácilmente comprensible y versátil para la unión de los diferentes modelos de la serie Y-Axis y SpekTrix, ampliando así las posibilidades de configuración de arrays.

PRODUCT CODE 900049



Información del Producto



Y-10

MAXIMA POTENCIA EN REDUCIDO TAMAÑO
PARA USO EN 3 O 4 VIAS
EXCELENTE CONTROL DE DIRECTIVIDAD
ALTO NIVEL DE SPL



El Adamson Y10 es el componente de line array de 3 vías compacto **de más alta fidelidad de todos los existentes en el mercado de hoy**. El Adamson Y10 es el más versátil en su línea.

Con su reducido tamaño (ver ficha técnica), ofrece la potencia equivalente a sistemas mucho más grandes con la cual obtenemos un nivel de presión sonora realmente sorprendente.

Con la tecnología de la cámara acústica de Adamson "*Co-linear Technology*", la serie Y-Axis (Y10 y Y18) son los únicos sistemas de Line-Array que pueden crear una curva **iso-fase** en las secciones de medios y agudos y por lo tanto crear **un solo frente de onda** en estas frecuencias. Los lóbulos por interferencias o efectos de filtro peine (Comb filtering) se eliminan con este sistema y garantizan una perfecta coherencia de frecuencias en campo lejano.

Cuando se complementa con el Adamson Y10 Sub (con dos altavoces de 18"), el Y10 puede cubrir perfectamente desde pequeños espacios a grandes festivales de rock. Es también el sistema ideal para complementar la serie Y18.

PRODUCT CODE 900040



Empezando con SmaartLive: Procedimientos de Montaje y Mediciones Básicos



Paul D. Henderson (Traducción al Castellano por James Woods)

Este documento sirve como punto de partida en el aprendizaje de SIA SmaartLive® para mediciones básicas de sistemas de audio y de sus componentes. Aquí hablaremos de las capacidades de SmaartLive y del hardware necesario para poder realizar mediciones con éxito. Se presentarán varios ejemplos tutoriales que servirán como una introducción práctica de cómo hacer mediciones con el sistema.

I. Las Funciones de Medición Principales de SmaartLive

Fundamentalmente, SmaartLive es un analizador de doble canal basado en un software, y es capaz de realizar un gran número de tareas de medición que son requeridas por el profesional de audio. SmaartLive no está destinado a reemplazar la audición crítica y la experiencia humana, sino que la aplicación inteligente de esta plataforma de medición a las tareas de configuración, en la búsqueda y solución de problemas, y en la optimización de sistemas, da al usuario varias ventajas significativas. La Tabla 1 muestra los modos de medición básicos de SmaartLive y una sinopsis de cada modo con los usos y aplicaciones más comunes.

Modo SmaartLive	Características Principales	Aplicaciones
Spectrum (Espectro)	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de espectro en tiempo real• Muestra los datos en banda estrecha y en fracciones de octava• Calibración a niveles de presión sonora reales con medición en SPL• Funciones continuas espectrográficas y de registro de SPL	<ul style="list-style-type: none">• Seguimiento del espectro de la fuente activa• Seguimiento del SPL para actuaciones en directo• Análisis de niveles de ruido• Detección de acoples (realimentación)
Transfer Function (Función de Transferencia)	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de la función de transferencia en tiempo real• Ventanas configurables de magnitud y fase• Análisis en banda estrecha y puntos fijos por octava (FFPO)• Muestra la coherencia en tiempo real	<ul style="list-style-type: none">• Mediciones de la función de transferencia de altavoces, ecualizadores, sistemas de audio• Optimización en tiempo real de sistemas (incluyendo ecualizadores, filtros electrónicos, retardos, etc.)
Impulse (Impulso)	<ul style="list-style-type: none">• Medición de la respuesta del impulso• Muestra los datos en formato lineal, logarítmico y ETC• Calcula automáticamente el tiempo de propagación	<ul style="list-style-type: none">• Medición de la respuesta al impulso del sistema de sonido con la sala• Configuración de retardos de altavoces, etc.

Tabla 1: Modos de Medición Básicos de SmaartLive.

Además de las características de la Tabla 1, SmaartLive contiene un generador de señal interno que simplifica el proceso de la realización de las mediciones creando las señales de prueba apropiadas para cada medición. Así, se elimina la necesidad de una fuente externa para producir las señales de prueba. SmaartLive también puede controlar equipos externos como procesadores para altavoces, ecualizadores, etc. Sin embargo, estas funciones útiles no serán comentadas en este documento.

SIA Software Company, Inc no se responsabiliza de los daños de su equipo que sean resultado del uso indebido de este producto. Asegúrese que entiende y observa los niveles apropiados de entrada y salida, impedancias, y las normas de cableado de todos los componentes del sistema, antes de intentar realizar las mediciones descritas en este documento.

ANEXO FOTOGRAFICO

Desde F.O.H.



En mezcla



Herramientas de medición durante el show



Vista por anterior de P.A.



Vista frontal de las etapas de amplificación y DSP Dolby Lake



Vista anterior de las etapas de amplificación



Verificación con huincha métrica



Vista frontal del escenario y P.A.



Vista de arriba hacia abajo del sistema de P.A. Y-18 + Y-10 + T-21

