

**Universidad de Oriente**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
**Departamento de Telecomunicaciones**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

Sistema de audio y video para los salones del centro de conferencias de la CBCOr de la ciudad de Guantánamo.

**Autor: Obed Marcel Ochoa.**

**Tutor: MSc. Ing. Daniel Iván Garrido Rodríguez.**

**Santiago de Cuba**  
**Junio, 2015.**

**Universidad de Oriente**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
**Departamento de Telecomunicaciones**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

Sistema de audio y video para los salones del centro de conferencias de la CBCOr de la ciudad de Guantánamo.

**Autor: Obed Marcel Ochoa.**

obed.marcel@tle.fie.uo.edu.cu

**Tutor: MSc. Ing. Daniel Iván Garrido Rodríguez.**

Profesor auxiliar, Departamento de Electrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica,

dgarrido@fie.uo.edu.cu

**Santiago de Cuba**

**Junio, 2015.**



## **COMPROMISO DEL AUTOR**

Hago constar que el presente trabajo de diploma es de mi autoría exclusivamente, no constituyendo copia de ningún trabajo realizado anteriormente y las fuentes usadas para la realización del trabajo se encuentran referidas en la bibliografía. Doy mi consentimiento a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización del Tutor o Institución.

---

Firma del Autor

## PENSAMIENTO

“Vale la pena invertir para obtener la verdad, la sabiduría, la disciplina y el entendimiento; ¡invierte en ellos y no los vendas!..., mejor es el pobre que camina en su integridad que el rico de perversos caminos.”

La Biblia: Prov. 23:23<sup>PDT</sup> y Prov. 28:6<sup>RVR95</sup>

## DEDICATORIA

¡*Al único y sabio Dios*, nuestro Salvador, que puede guardarnos para que no caigamos, y presentarnos sin mancha ante su Gloria con gran alegría, sea la gloria, la majestad, el dominio y la autoridad, por medio de Jesucristo nuestro Señor, antes de todos los siglos, ahora y para siempre! Amén.

A mis Padres y Hermanos.

## AGRADECIMIENTOS

Ante todo agradezco a mi SEÑOR y SALVADOR, JESUCRISTO, quien fue mi escudo y socorro durante estos años, ayudándome a caminar en integridad y dándome el conocimiento y las fuerzas para llegar hasta aquí. Hoy más que nunca puedo afirmar que sus promesas son fieles... “Mi pueblo nunca jamás será avergonzado...”

A mis padres por haberme mostrado el único camino que conduce a la verdad y haberme educado para ser un hombre de bien. Espero no defraudarlos.

A mis hermanos por haber caminado junto a mí tantos años. Mis triunfos son sus triunfos como los suyos los hago míos.

A todos mis compañeros de aula, especialmente a Mario, Manuel, José Miguel “el rask”, Yadriel “la fontini”, Andrés, Jorge Miguel “el luki”, Albertico, Eric, Arnaldo “batalla”, Hector, Felix, Daniel, Yordan, Erislandi, Máximo, Adrian, Miló, los Rolandos, a Ernesto Vega, Arielkis, Eliecer y a todos los que convivimos estos cinco años juntos en beca, donde aprendimos a compartir nuestros triunfos y derrotas en medio de la escasez.

A mi tutor Daniel Iván Garrido R. Gracias por todo el esfuerzo invertido.

Al arquitecto Alejandro “el pollo” por ayudarme en el trabajo de diploma.

A todas las personas que de alguna manera han contribuido a mi formación vocacional.

A mis hermanos de la iglesia y los del grupo universitario de Stgo. con quienes comparto mi fe. Gracias por su apoyo.

A todos los que me han tenido en sus oraciones durante estos años, han sido mi fortaleza. Gracias.

Y a todos aquellos que no menciono, porque la lista sería interminable. Gracias...

## RESUMEN

El presente trabajo recoge una propuesta para la implementación y modernización de los sistemas de audio y video para los salones del centro de conferencias de la CBCOr de la ciudad de Guantánamo. Tal propuesta está recogida en tres capítulos que se corresponden con las tres fases iniciales de la solución de proyecto. La fase I, recogida en el primer capítulo, abarca el marco teórico correspondiente a los sistemas de audio y video, que permitirán implementar los correspondientes servicios asociados a dichos sistemas. En la fase II se realiza el levantamiento y la caracterización del local basándose en los planos arquitectónicos y en las visitas de reconocimiento a la edificación objeto de estudio, se señalan las peculiaridades y necesidades constructivas y de equipamiento para ofrecer los servicios proyectados. La fase III toma en cuenta los análisis de las fases anteriores para dar la propuesta de diseño final de los sistemas propuestos.

**Palabras clave:** Sistema de audio, acústica, sistema de video.

## *ABSTRACT*

The present work tackles a proposal for the implementation and modernization of the systems of audio and video for the saloons of the Conference Center of the CBCOr at Guantanamo city. Such proposal is divided into three chapters that are related with the three initial phases of the solution of the project. The phase one, located in the first chapter, is about the theoretical framework corresponding to the systems of audio and video which will allow the implementation of the correspondent services associated to these systems. The second one accomplishes the uprising and characterization of the place based on the architectonic diagrams and the visits of recognition to the building that is the object of study. They indicate the peculiarities and needs of construction and equipment for the offering of the planned services. The phase three compiles the analysis of the two previous phases for the delivering of the final proposal design of the given systems.

**Keywords:** systems of audio, acoustics, systems of video.

# ÍNDICE

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL. FASE I.....	4
1.1 Sistema de audio. Fundamentos.....	4
1.1.1 Sonido.....	4
1.1.2 Velocidad de propagación del sonido.....	4
1.1.3 Frecuencia o tono.....	5
1.1.4 dB como unidad de medida.....	5
1.1.5 Nivel de presión sonora (SPL).....	6
1.1.6 Intensidad acústica.....	7
1.1.7 Umbral de escucha.....	7
1.1.8 Nivel acústico.....	7
1.1.9 Cambio de parámetros del sonido con la distancia.....	7
1.2 Componentes del sistema de sonido.....	8
1.2.1 Micrófonos.....	8
1.2.2 Altavoces.....	13
1.2.3 Ecualizador gráfico.....	17
1.2.4 Amplificadores de potencia.....	17
1.2.5 Compresor.....	18
1.2.6 Mesa de mezcla o mezcladora de sonido.....	19
1.3 Sistema de Video.....	20
1.3.1 Descripción de servicio.....	20
1.4 Componentes del sistema de video.....	21
1.4.1 Videocámaras.....	21
1.4.2 Modulador de RF.....	22
1.4.3 Amplificador de distribución.....	22
1.4.4 Combinadores.....	23
1.4.5 Acopladores direccionales (TAP).....	23
1.4.6 Divisores de señal (DSV o Splitter).....	23
1.4.7 Cable coaxial.....	23
1.4.8 Conector de terminación de red o carga tope.....	24
1.4.9 Dipositivos receptores.....	24

CAPITULO 2. LEVANTAMIENTO DESCRIPTIVO DEL INMUEBLE. FASE II...	26
2.1 Memoria descriptiva .....	26
2.1.1 Objeto social.....	27
2.2 Descripción del salón principal.....	28
2.2.1 Análisis de la acústica arquitectónica.....	29
2.2.2 Sistema de audio.....	31
2.2.1 Esquema del sistema de sonido.....	33
2.2.2 Sistema de video.....	33
2.3 Descripción del salón secundario o anexo.....	34
2.3.1 Análisis de la acústica arquitectónica.....	35
2.3.2 Sistema de audio y video. ....	36
2.4 Conclusión del capítulo.....	36
CAPITULO 3. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN. FASE III. ....	37
3.1 Sistema de audio del salón principal.....	37
3.1.1 Altavoces.....	37
1.1.1 Amplificadores de potencia. ....	40
1.1.2 Altavoces de monitoreo. Referencias.....	41
3.1.2 Ecualizador.....	42
3.1.3 Mezcladora de sonido. ....	43
3.1.4 Compresor.....	45
3.1.5 Cajas de inyección directa.....	46
3.1.6 Micrófonos.....	47
3.1.7 Dispositivo de reproducción, grabación y masterización.....	49
3.1.8 Accesorios.....	50
3.1.9 Estructura del sistema de audio propuesto para el salón principal....	53
3.2 Sistema de audio del salón anexo. ....	54
3.2.1 Altavoces.....	54
3.2.2 Mezcladora y amplificador.....	55
3.2.3 Accesorios.....	56
3.2.4 Estructura del sistema de audio propuesto para el salón anexo. ....	57
3.2.5 Cableado de los salones. ....	57

3.3	Sistema de video. ....	57
3.3.1	Dispositivos generadores de señal.....	58
3.3.2	Cámaras.....	59
3.3.3	Modulador. ....	60
3.3.4	Amplificador de señal. ....	61
3.3.5	Derivadores o splitter.....	61
3.3.6	Acoplador direccional. ....	61
3.3.7	Atenuador fijo. ....	62
3.3.8	Carga tope.....	62
3.3.9	Sistema de alimentación ininterrumpida.....	63
3.3.10	Cables y conectores. ....	63
3.3.11	Receptores. ....	64
3.3.12	Estructura del sistema de video propuesto.....	64
3.4	Valoración económica.....	65
	CONCLUSIONES. ....	66
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	70
	ANEXOS.....	71

### **INTRODUCCIÓN**

Los espacios arquitectónicos presentan características constructivas y de diseño que precisan adecuarse a los servicios y así optimizar su desempeño. Los denominados sistemas de audio o reforzamiento de sonido así como los sistemas de video potencian los servicios de entretenimiento, seguridad y comunicación gracias a su sencilla instalación y manejo. Estos sistemas poseen la infraestructura de los sistemas de transmisión de datos e información regidos por normas internacionales a fin de estandarizar su instalación y garantizar un funcionamiento óptimo.

Hoy en día es una realidad que los nuevos desarrollos tecnológicos en comunicaciones y sus aplicaciones están disponibles para ser utilizadas en beneficio de las personas, instituciones y el desarrollo integral de un país.

Debido al interés de integrar sistemas de audio y video de gran magnitud para mayor interoperabilidad, se crean soluciones efectivas que han logrado gran aceptación y expansión del mercado debido a sus múltiples prestaciones. Una medida de los beneficios y de la fiabilidad de estos sistemas es su capacidad de adaptación con las nuevas tecnologías y su escalabilidad.

#### ***Sistema de audio:***

Los sistemas de audio son aquellos que permite acondicionar señales analógicas o digitales correspondientes a señales sonoras en el rango de frecuencias audibles (20 Hz – 20 000 Hz) para brindar servicios en interiores o exteriores.

Estos sistemas recogen entre sus funciones la reproducción, grabación, edición, mezcla y reforzamiento del sonido. Su implementación está estrechamente ligada al estudio de la acústica.

La estructura elemental de todo sistema de sonido electrónico conlleva una fuente sonora, que puede ser un dispositivo emisor o un transductor que convierta la señal acústica en eléctrica, una etapa de acondicionamiento de la señal o amplificación y una etapa de salida basada en dispositivos transductores que convierten la señal eléctrica en sonora.

La instalación de sistemas de audio requiere analizar las características arquitectónicas que contribuyen al rendimiento acústico, así como de la selección, estructura y distribución adecuada de los dispositivos que conforman el sistema.

## **Introducción**

---

La acústica no es sino el estudio del sonido y su interacción con el espacio y el ser humano. El diseño y manejo de sistemas de sonido para diferentes espacios, requiere de un sólido conocimiento de los fundamentos físicos que describen al sonido y al espacio, así como las propiedades estructurales de los recintos que intervienen en la propagación sonora.

### **Sistema de video:**

Los sistemas de video son todos aquellos que permite la transmisión de señales de video, sean de proveedores externos o generadas de forma local. Se destacan los sistemas de televisión por cable (CATV) los circuitos cerrados de televisión (CCTV) y los sistemas de videoconferencias por sus magnitudes y prestaciones. Sus principales funciones incluyen la grabación, reproducción, transmisión y recepción de información multimedia.

El diseño e instalación de los diferentes sistemas es recogido en un proyecto que se ejecuta en conjunto con las fases de construcción o acondicionamiento y que se van implementando de forma paralela, garantizando la funcionalidad y calidad de la obra. Estos proyectos constituye la base en cualquier diseño de construcción, remodelación o ampliación de los sistemas de telecomunicaciones en los diferentes entornos.

Los sistemas de audio y video proyectados en este trabajo se rigen por las siguientes fases que describen el ciclo desde su concepción hasta su desactivación o sustitución.

**Fase I. Concepción:** Se muestra la idea de resolver un problema de ingeniería, en conjunto con estudios de la viabilidad y factibilidad.

**Fase II. Definición:** Es expuesto el problema objeto del proyecto propiamente dicho, se delimitan los objetivos (alcance, plazo, coste y calidad), se analizan las diferentes alternativas con sus ventajas e inconvenientes y se especifican las características técnicas generales de la solución adoptada con indicación de su presupuesto aproximado, así como los aspectos administrativos y económicos, relacionados con su legalización y posible financiación, dando origen al anteproyecto. El desarrollo de la ingeniería básica, la programación básica y el presupuesto da lugar al proyecto básico.

**Fase III. Implementación:** Se desarrolla la ingeniería de detalle especificando todas las características técnicas, dimensionales y económicas de la solución seleccionada, además de las actividades a realizar, su orden de ejecución y su coste, concretándose en el proyecto de ejecución. Se lleva a cabo también la contratación de la ejecución procediéndose a la construcción de la obra civil, montaje de equipos, maquinaria e instalaciones,

## **Introducción**

---

correspondiendo al director del proyecto la dirección, planificación, organización y control de todos los trabajos. Cuando se especifica en un documento con todo detalle y claridad cómo se han realizado las obras e instalaciones, se tiene el proyecto ejecutado.

**Fase IV. Operación:** Corresponde a las pruebas y puesta en operación del sistema proyectado, procediéndose durante esta fase a su explotación y mantenimiento.

**Fase V. Abandono o desactivación:** Pertenece a la finalización del ciclo de vida del proyecto con el desmantelamiento o desactivación del mismo.

Las tres fases iniciales son empleadas para el diseño de los sistemas de audio y video en el centro de conferencias de la CBCOr en la ciudad de Guantánamo, el cual se encuentra en proceso de restauración y acondicionamiento debido a que sus instalaciones con más de cien años poseían cierto grado de deterioro, además de la necesidad de lograr una mayor funcionalidad que permita acoger actividades de mayor magnitud.

### **Problema:**

Obsolescencia del sistema de audio y necesidad de un sistema de video en los salones del centro de conferencias de la CBCOr de la ciudad de Guantánamo.

### **Objeto de Estudio:**

Sistemas de audio y video.

### **Objetivo general:**

Realizar una propuesta de solución de proyecto para la ampliación y modernización de los sistemas de audio y video del centro de conferencias de la CBCOr de la ciudad de Guantánamo.

### **Objetivos Específicos:**

- Realizar el estudio de los fundamentos teóricos de los sistemas de audio y video y su equipamiento.
- Realizar el levantamiento arquitectónico del inmueble para identificar sus potencialidades.
- Realizar el diseño de un sistema de audio para cada salón que permita su interconexión.
- Realizar el diseño del sistema de video que permita interconectar los salones.

## CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL. FASE I.

Este capítulo recoge la Fase I o Concepción de la solución de proyecto. En esta fase se recogen los fundamentos teóricos de los sistemas de audio y video lo que permite generar un conocimiento básico para poder entender las fases posteriores.

### 1.1 Sistema de audio. Fundamentos.

Un sistema de audio aquel que permite acondicionar señales analógicas o digitales correspondientes a señales sonoras en el rango de frecuencias audibles (20 Hz – 20 000Hz) para brindar servicios en interiores o exteriores.

#### 1.1.1 Sonido.

El sonido es una onda densa y esparcida (vibración) que se transmite por medios elásticos y produce un estímulo en el órgano del oído que puede ser convertido en sensación, producto de movimientos ondulatorios de compresión y expansión de las moléculas. [1]

#### 1.1.2 Velocidad de propagación del sonido.

La velocidad de propagación del sonido en el aire es aproximadamente expresada por la distancia recorrida en un segundo a través de la ecuación (1.1).

$$C = 331.5 + 0,61 t \text{ (m/s)} \quad (1.1)$$

Dónde: C = velocidad de propagación del sonido en el aire.

T = temperatura (°C)

331,3 = velocidad de propagación del sonido en el aire a 0 °C.

De acuerdo con la fórmula (1.1) la velocidad de propagación del sonido puede aumentar o disminuir de acuerdo con las variaciones de la temperatura. Por cada grado centígrado de aumento o disminución de la temperatura, la velocidad de propagación del sonido aumenta o disminuye 0,61m. Para cuestiones prácticas se emplea la velocidad de propagación de sonido en el aire 340 m/s que corresponde a una temperatura de 15 °C. [2]

### 1.1.3 Frecuencia o tono.

Los términos tono y frecuencia son lingüísticamente equivalentes, los ingenieros usan la palabra frecuencia y los músicos tono para referirse al número de oscilaciones por segundo de la presión sonora  $P$ , las frecuencias más bajas son el equivalente de los tonos graves y las frecuencias más altas de los tonos agudos, se utiliza como valor medio 1kHz.

La frecuencia ( $f$ ) del sonido y se mide en hertzios (Hz) o ciclos por segundo (c/s). Lógicamente, la frecuencia del sonido coincide con la frecuencia de la vibración mecánica que lo ha generado, como se observa en la Figura 1.1.

El sonido audible cubre un rango de frecuencia aproximadamente de 20 Hz a 20 kHz. Las ondas acústicas cuyas frecuencias de vibración sean inferiores a 20Hz (infra-sónicas) o superiores a 20kHz (ultra-sónicas) no pueden ser detectadas por el oído humano. En el vacío absoluto, el sonido no se propaga. [2]

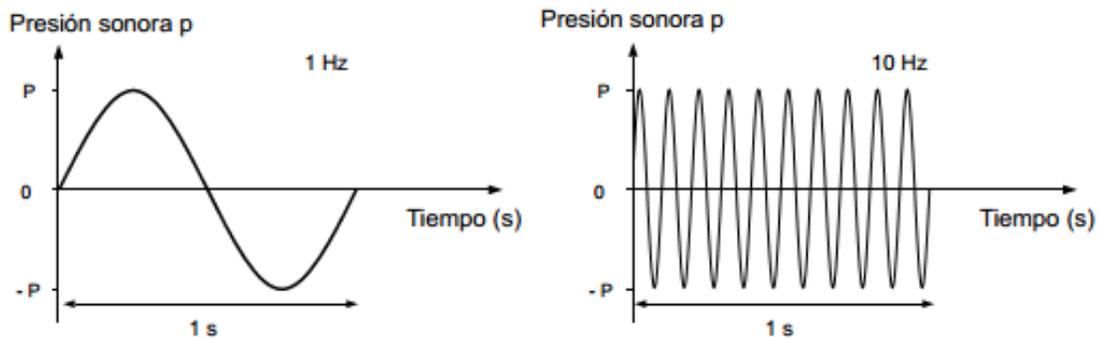


Figura 1.1. Ejemplos de oscilaciones de frecuencia de 1 y 10 Hz. [Fuente: 2].

La longitud de onda ( $\lambda$ ) del sonido a una frecuencia dada, es la distancia entre las repeticiones sucesivas de la forma de onda y se calcula mediante la ecuación 1.2. Para el rango de frecuencia audible las longitudes de ondas se encuentran en el rango de 17m a 1,7 cm. La longitud de onda de un tono de 1kHz es de 0,34m. [2]

$$\text{Longitud de onda}(\lambda) = \text{velocidad}(c)/\text{frecuencia}(f) \quad (1.2)$$

### 1.1.4 dB como unidad de medida.

En todas las fases de tecnología de audio, el decibel es usado para expresar niveles de señal y las diferencias de niveles en la presión sonora, potencia, voltaje, y corriente. La razón del decibel es una medida útil que permite que usar un rango comparativamente

pequeño de números para expresar grandes y a menudo pesadas cantidades. El decibel también tiene el sentido de un punto de vista psicoacústico que relaciona directamente al efecto de la mayoría de los estímulos sensorios. [2]

Fundamentalmente, el bel se define como el logaritmo común de una relación de potencia y se calcula mediante la ecuación 1.3:

$$bel = \log (P_1 / P_2) \quad (1.3)$$

Por conveniencia, en el campo de la acústica se emplea el decibel que es simplemente undécimo del bel. Así la ecuación 1.4 muestra:

$$decibeles (dB) = 10 \log (P_1 / P_2) \quad (1.4)$$

### 1.1.5 Nivel de presión sonora (SPL).

Es la fuerza por unidad de área producida por una onda sonora. La unidad de medida es el Newton/metro<sup>2</sup>(N/m<sup>2</sup>), Pascal (Pa) o *Barias (barias)*. [3]

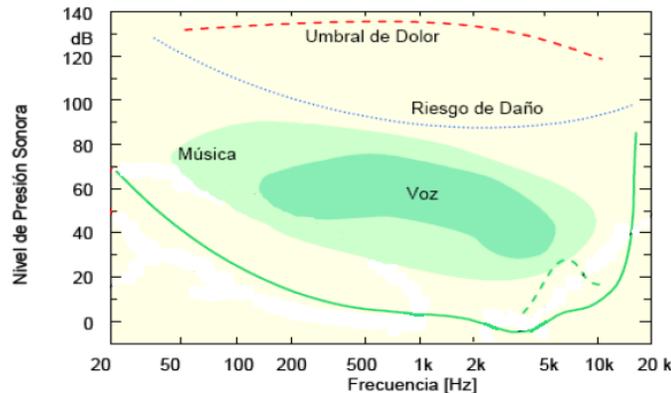


Figura 1.2. Distribución de los valores de SPL en dependencia de la frecuencia. [Fuente: 4]

La gama de presiones a las que responde el oído, desde el valor umbral de audición hasta el que causa dolor, es extraordinariamente amplia y se muestra en la figura 1.2. En concreto, la presión eficaz sonora más débil que puede ser detectada por una persona, a la frecuencia de 1 kHz, es de  $2 \times 10^{-5} Pa$ , mientras que el umbral de dolor tiene lugar para una presión eficaz del orden de 100 Pa (milésima parte de la presión atmosférica estática  $P_0 \approx 10^5 Pa$ , equivalente a 1 atmósfera). En consecuencia, la escala de presiones audibles cubre una gama dinámica de, aproximadamente, 1 a 5 000 000. [4]

### 1.1.6 Intensidad acústica.

Es el flujo de potencia por unidad de área, producido por una onda sonora. El nivel de intensidad se mide en decibeles. [3]

### 1.1.7 Umbral de escucha.

Mínimo nivel acústico audible. Se corresponde con los niveles mínimos de presión ( $P_0$ ) e intensidad ( $I_0$ ) acústicos audibles. [3]

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ barias} = 20 \text{ Pascal}$$

$$I_0 = 10^{-16} \text{ watt/cm}^2$$

### 1.1.8 Nivel acústico.

El nivel acústico ( $N$ ) se expresa en dB y se relaciona con magnitudes acústicas como presión ( $P$ ) expresada en barias o pascales e intensidad ( $I$ ) expresada en watt/cm<sup>2</sup> mediante la ecuación 1.5.

$$N(\text{dB}) = 20 \log(P_2/P_1) = 10 \log(I_2/I_1) \quad (1.5)$$

Dónde:  $P_1$  y  $I_1$  son los valores de referencia. Si  $P_1 = 1 \text{ mW}$  entonces  $P(\text{dBm})$ .

El hecho de que el nivel acústico emplee una escala logarítmica hace que las variaciones de las magnitudes no sean proporcional con la variación del estímulo, ejemplo de ello es que el duplicar el estímulo solo se obtiene un aumento de 3db.

La fisiología del oído humano, tolera un rango de presión acústica entre los  $10^{-4} \text{ w/cm}^2$ , que corresponde a un nivel de intensidad expresado en db=120db, y el valor mínimo es de  $10^{-16} \text{ w/cm}^2$  que corresponde a 0db.

### 1.1.9 Cambio de parámetros del sonido con la distancia.

**Intensidad:** Sea  $d_1$  y  $d_2$  distancias desde una fuente de sonido, conocida la intensidad  $I_1$  en  $d_1$ ,  $I_2$  en  $d_2$  se calcula mediante la ecuación 1.6.

$$I_2 = I_1 (d_1/d_2)^2 \quad \left[ \frac{\text{w}}{\text{m}^2} \right] \quad (1.6)$$

**Presión:** Sea  $d_1$  y  $d_2$  distancias desde una fuente de sonido, conocida la presión  $P_1$  en  $d_1$ ,  $P_2$  en  $d_2$  se calcula mediante la ecuación 1.7.

$$P_2 = P_1 \left( \frac{d_1}{d_2} \right) \quad [\text{barias}] \quad (1.7)$$

**Nivel sonoro:** Sea  $d_1$  y  $d_2$  distancias desde una fuente de sonido, conocido el nivel sonoro  $N_1$  en  $d_1$ ,  $N_2$  en  $d_2$  se calcula mediante la ecuación 1.8.

$$N_2 = N_1 + 20 \log \left( \frac{d_1}{d_2} \right) \quad [dB] \quad (1.8)$$

El nivel de intensidad acústica en un punto depende de la distancia y del nivel de potencia acústica. La diferencia del nivel sonoro entre dos puntos depende solo de las distancias que los separan de la fuente sonora.

## **1.2 Componentes del sistema de sonido.**

En la cadena del sistema de sonido se encuentran varios equipos que son los encargados de captar, generar, mezclar y adecuar las señales de sonido para su transmisión y reproducción.

### **1.2.1 Micrófonos.**

El micrófono es un transductor electro-acústico que permite realizar la conversión de las variaciones de presión en variaciones de nivel de una corriente eléctrica, dicho de otra manera, es capaz de convertir la energía acústica en energía eléctrica. Los micrófonos constan de dos partes u órganos: uno, que vibra expuesto a las ondas sonoras que se propagan en el aire y otro, que traduce estas vibraciones mecánicas en oscilaciones eléctricas [5]

La clasificación de los micrófonos se hace por su tipo de funcionamiento o bien por la forma en que recoge el sonido, dado que no presentan la misma sensibilidad en todos los ángulos con respecto a la fuente sonora, lo que se representa por medio de un diagrama polar.

El diagrama polar de un micrófono refleja la sensibilidad con que es capaz de captar un sonido según el ángulo con que le incida este. Para determinar el diagrama polar de un micrófono, se utiliza una cámara anecoica (cámara aislada y que no tiene reverberación). El diagrama da la información necesaria para predecir el comportamiento del micrófono con los sonidos en determinada dirección. Los diagramas polares se pueden dividir básicamente en tres, el omnidireccional, el bidireccional y el unidireccional que se observan en la figura 1.3. [5]

El micrófono unidireccional se puede clasificar como aquel que tiene una mayor sensibilidad a los sonidos que el arriban de frente a la cápsula con un ángulo relativamente amplio. Este tipo de diagrama polar, se puede subdividir en tres que son, el cardioide, el supercardioide

y el hipercardiode, mostrados en la figura 1.4. Cada uno de ellos va presentando un diagrama polar cada vez más estrecho y por tanto se van haciendo más insensibles a los sonidos que les llegan desde la parte posterior así como del lateral.

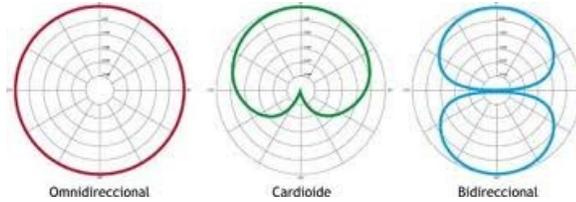


Figura 1.3. Representación polar de un micrófono. [Fuente: 5]

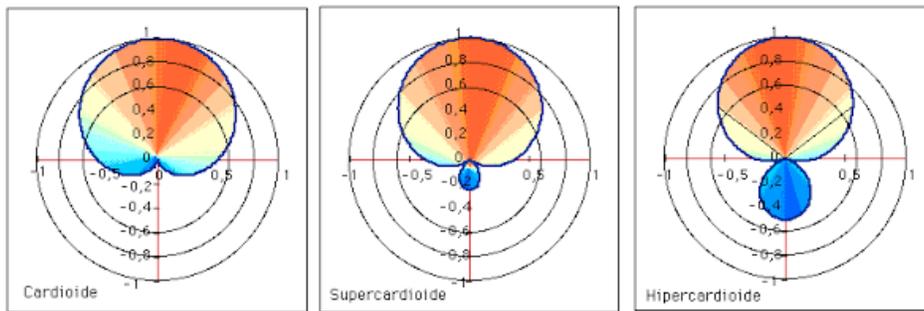


Figura 1.4. Representación polar de un micrófono. (De izquierda a derecha: Cardioide, supercardioide, hipercardiode). [Fuente: 5]

El micrófono omnidireccional, mostrado en la figura 1.5, tiene sensibilidad o salidas iguales en todos los ángulos. Su ángulo de cobertura es de 360 grados. Un micrófono omnidireccional captura la máxima cantidad de sonido ambiental. En situaciones de sonido en vivo, un micrófono de este tipo debe colocarse muy cerca de la fuente de sonido para capturar un balance utilizable entre el sonido directo y el sonido ambiental. [6]

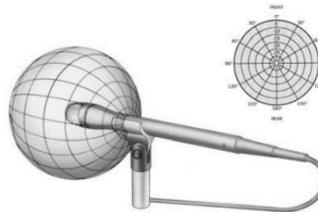
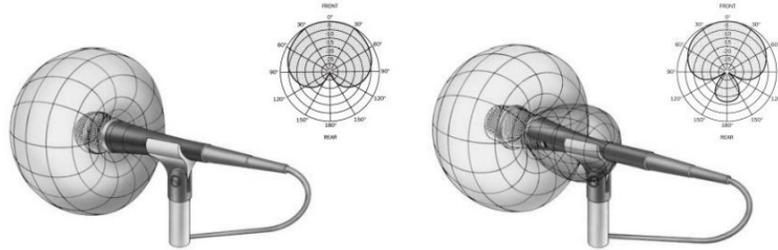


Figura 1.5. Micrófono omnidireccional. [Fuente: 6]

El micrófono unidireccional es más sensible al sonido que llega de una dirección en particular y es menos sensible a otras direcciones. El tipo más común es una respuesta cardioide (en forma de corazón). Esta tiene mayor sensibilidad a 0 grados (en eje) y es

menos sensible a 180 grados (fuera del eje). La cobertura real del ángulo de captura de un cardioide es de aproximadamente 130 grados, o sea de casi 65 grados fuera del eje en el frente del micrófono. Además, el micrófono cardioide captura únicamente un tercio de sonido ambiental de lo que captura un omnidireccional. Los micrófonos unidireccionales, mostrados en la figura 1.6, aíslan el sonido deseado en eje del sonido no deseado fuera del eje y del ruido ambiental. [6]



**Figura 1.6.** Micrófonos unidireccionales. (Izquierda: cardioide, Derecha: hipercardioide). [Fuente: 6]

El micrófono bidireccional alcanza la máxima sensibilidad en ambos: 0 grados (al frente) y 180 grados (en la parte posterior). Tiene menor cantidad de salida en ángulos de 90 grados (en los costados). La cobertura del ángulo de captura es de sólo 90 grados aproximadamente en ambos: el frente y la parte posterior. Tiene el mismo alcance de captura ambiental que el cardioide. Este micrófono se utiliza comúnmente para capturar dos fuentes de sonido opuestas, como un dueto de voces.

El principio operativo consiste en el tipo de transductor dentro del micrófono, o sea, de qué manera captura el sonido el mismo y lo convierte en una señal eléctrica. El transductor es un dispositivo que transforma la energía de una forma a otra, en este caso, la energía acústica en energía eléctrica. El principio operativo determina algunas de las capacidades básicas del micrófono. Los dos tipos más comunes son el Dinámico y el de Condensador.

Los micrófonos dinámicos emplean una unidad con diafragma, bobina de voz y un imán que conforman un generador eléctrico miniatura como se muestra en la figura 1.7. Las ondas de sonido chocan con una delgada membrana de plástico (diafragma) que vibra como respuesta. Una pequeña bobina de alambre (bobina de voz) está pegada en la parte posterior del diafragma y vibra junto con éste. La bobina en sí, está rodeada de un campo magnético creado por un pequeño imán permanente. El movimiento de la bobina de voz en este campo magnético es lo que genera la señal eléctrica que corresponde al sonido capturado por el micrófono dinámico.

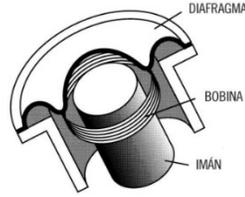


Figura 1.7. Transductor de un micrófono dinámico. [Fuente: 6]

Los micrófonos de condensador tienen como base un diafragma eléctricamente cargado y una placa posterior que conforma un capacitor sensible al sonido como se muestra en la figura 1.8. Aquí, las ondas de sonido hacen vibrar un diafragma sumamente delgado de metal, o de plástico recubierto de metal. El diafragma está montado exactamente frente a una rígida placa posterior de metal, o de cerámica recubierta de metal. En términos eléctricos, a esta unidad o elemento se le conoce como condensador, que tiene la capacidad de almacenar una carga o voltaje. Cuando se carga el elemento, se crea un campo eléctrico entre el diafragma y la placa posterior, proporcional al espacio que los separa. La variación de este espacio, debido al movimiento del diafragma en relación a la placa posterior, es lo que produce la señal eléctrica que corresponde al sonido capturado por el micrófono de condensador. [6]

Todos los micrófonos de condensador contienen circuitos adicionales para igualar la salida eléctrica del elemento a las típicas entradas de micrófono. Esto requiere que todos los micrófonos de condensador tengan poder: ya sea proveniente de baterías o por “phantom power”<sup>1</sup>. [6]

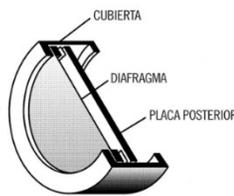


Figura 1.8. Transductor de un micrófono de condensador. [Fuente: 6]

- **Impedancia**

La impedancia es la resistencia eléctrica de salida del micrófono: 150-600 ohmios para baja impedancia (Z baja), 10,000 ohmios o más para alta impedancia (Z alta). Mientras que la

---

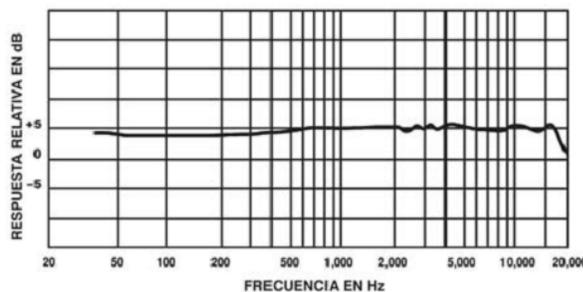
<sup>1</sup> Alimentación de 12, 24 ó 48 VDC que se envía por el cable de señal para alimentar micrófonos de condensador y cajas de inyección activas.

mayoría de micrófonos caen en una de estas dos divisiones, hay algunos que poseen impedancia seleccionable. En todo caso, la elección de impedancia está determinada por dos factores: la longitud necesaria de cable (del micrófono a la entrada de micrófono) y la impedancia catalogada de la entrada de micrófono. [6]

- **Respuesta de frecuencia.**

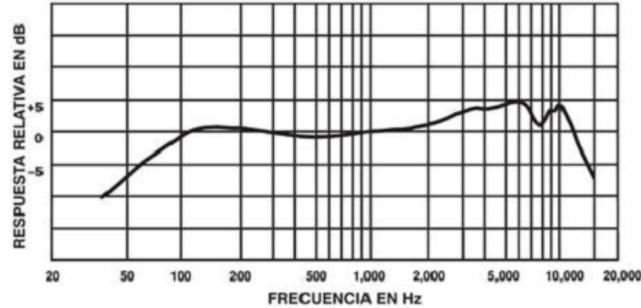
La respuesta de frecuencia de un micrófono está definida por el rango de sonido (desde la frecuencia más baja hasta la más alta) que puede reproducir y por su variación de salida dentro de ese rango. La respuesta de frecuencia es la que determina el “sonido” básico del micrófono. De manera virtual, todos los fabricantes de micrófonos catalogan la respuesta de frecuencia de sus micrófonos en un rango, por ejemplo: 50 – 15,000 Hz. Esto corresponde normalmente a una gráfica que indica el nivel de salida con respecto a la frecuencia. Los dos tipos generales de respuesta de frecuencia son plana y con forma. Estos términos se refieren a la representación gráfica de la respuesta de frecuencia o curva de respuesta. [6]

Un micrófono que provee una salida uniforme en cada frecuencia audible es representado en una gráfica de respuesta de frecuencia como una línea plana uniforme y se dice que tiene una respuesta plana como se observa en la figura 1.9. Esto significa que el micrófono reproduce todo el sonido dentro de su rango de frecuencia con poca o ninguna variación del sonido original. Adicionalmente, los micrófonos de respuesta plana típicamente tienen un rango de frecuencia extendido, es decir, pueden reproducir frecuencias muy altas o muy bajas. [6]



**Figura 1.9.** Gráfica de un micrófono con respuesta de frecuencia plana. [Fuente: 6]

Una respuesta con forma, como se observa en la figura 1.10 usualmente está diseñada para realzar el sonido de alguna fuente en particular en alguna aplicación en particular, mientras que al mismo tiempo minimiza la captación de ciertos sonidos no deseados. Los micrófonos de respuesta con forma tienen cada uno un sonido característico.



**Figura 1.10.** Gráfica de un micrófono con respuesta de frecuencia con forma. [Fuente: 6]

- **Configuración de salida.**

La configuración de salida de un micrófono puede ser balanceada o desbalanceada. Una salida balanceada lleva la señal en dos conductores más malla protectora. Las señales en cada conductor tienen el mismo nivel pero tienen polaridad opuesta (una señal es positiva mientras la otra es negativa). La mayoría de mezcladoras de micrófonos tienen una entrada balanceada (o diferencial) que es sensible solamente a la diferencia entre las dos señales y que ignora cualquier parte de la señal que sea la misma en cada conductor. Debido a la cercana proximidad de los dos conductores en un cable balanceado, cualquier ruido o zumbido que sea recogido por el cable tendrá el mismo nivel y la misma polaridad en cada conductor. Este ruido de modo común será rechazado por la entrada balanceada, mientras que la señal original del micrófono no se verá afectada. Esto reduce grandemente el potencial de ruido en micrófonos y cables balanceados. [7]

Una señal de salida desbalanceada es transportada en un solo conductor más malla protectora. Una entrada desbalanceada es sensible a cualquier señal en ese conductor. Un ruido o zumbido que sea recogido por el cable será añadido a la señal original del micrófono y será amplificada junto con la señal original.

### 1.2.2 Altavoces.

Un altavoz es un transductor electro-acústico capaz de transformar la energía eléctrica en energía acústica. Su principio de funcionamiento se basa en la transmisión de una determinada energía acústica al aire mediante la vibración de un cono, que es un transductor electromecánico que transforma la energía eléctrica en movimiento o energía mecánica. Esta energía mecánica es transformada por medio de un transductor mecánico-acústico al cual se le denomina diafragma, que transforma la energía mecánica en energía acústica. [7]

- **Impedancia.**

La impedancia es la resistencia AC del altavoz frente a señales eléctricas. Existen dos tipos de altavoces: de baja impedancia y de alta impedancia. Los altavoces de baja impedancia tienen valores típicos de 4, 8 ó 16 ohm. Los de alta impedancia o altavoces con transformador se emplean cuando la señal amplificada debe recorrer una distancia considerable para llegar al altavoz o cuando se pretenden conectar un gran número de altavoces a la salida de un mismo amplificador, la impedancia depende de la potencia de conexión seleccionada tanto en el amplificador como en el altavoz y puede estar entre decenas de ohm y miles de ohm. [8]

- **Frecuencia de resonancia.**

La frecuencia de resonancia del altavoz depende de la masa del cono que interactúa con la elasticidad de la suspensión del cono y la elasticidad del aire que se comprime con el movimiento del mismo. Esto provoca que el sistema tenga preferencia a vibrar a una determinada frecuencia en la que a su vez la impedancia se ve afectada con el aumento del valor de la misma. Es entonces erróneo pensar que un altavoz tiene una sola impedancia, por ejemplo, 8  $\Omega$ , más bien, la impedancia especificada para el altavoz corresponde a un valor de frecuencia de 1000 Hz. Esta frecuencia es la preferida por las normas internacionales de medición. [9]

- **Respuesta en frecuencia.**

La respuesta en frecuencia es el rango de frecuencias que es capaz de reproducir el altavoz, ya que no reproduce con un mismo nivel de SPL todas las frecuencias del espectro sonoro. Normalmente refleja aquel rango de frecuencias que es capaz de reproducir con una variación máxima de 10 dB por debajo de la media del valor de SPL proporcionado. [8]

- **Directividad y ángulo de cobertura.**

Directividad y ángulo de cobertura son términos inversamente proporcionales. Los altavoces con una baja directividad están diseñados para distribuir el sonido a un área mayor, es decir, tienen un mayor ángulo de cobertura. Los altavoces con una alta directividad están diseñados para distribuir el sonido a un área menor, tienen un menor ángulo de cobertura. El ángulo de cobertura se define como el ángulo entre los puntos donde el nivel de presión sonora está 6 dB por debajo del nivel de presión sonora en el eje del altavoz. Algunos altavoces, por su propia construcción o diseño, tienen diferentes

ángulos de cobertura horizontal y vertical, por lo que serán apropiados para espacios específicos. La mayoría de altavoces de techo y algunos otros modelos de altavoces acostumbran a tener un ángulo de cobertura simétrico respecto al eje del altavoz, proporcionando niveles de presión sonora idénticos en todas las direcciones del espacio. [8]

La característica de directividad de un altavoz de bocina puede representarse con bastante precisión por medio de una elipse en revolución (elipsoide), cuyo vértice se encuentra en el centro del eje de cobertura del altavoz como se muestra en la figura 1.11. Con esta condición, la sección vertical del área de cobertura del altavoz cortará el plano de la zona a sonorizar en los puntos  $x$  y  $l$ . La presión acústica y el nivel de presión sonora en los puntos  $x$  y  $l$ , así como en los límites de la elipse de sonorización, serán idénticos, o sea que en todos estos puntos el nivel de sonorización será SPL dB mínimo. Dentro de la elipse el nivel será mayor, debido a que los puntos que se encuentran en el plano de sonorización entre  $x$  y  $l$  están más cerca de la fuente sonora que los puntos que se encuentran en el límite de la zona de sonorización, con lo cual las pérdidas del nivel de presión sonora por distancia son menores. El mayor nivel existirá en un punto cuya coordenada es (SPL dB máximo). [9]

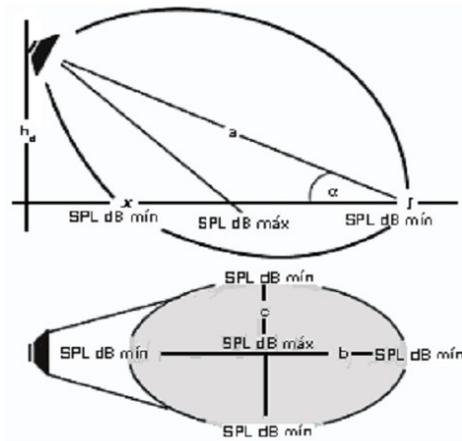


Figura 1.11. Elipse de sonorización. [Fuente: 9]

- **Sensibilidad.**

A una cierta distancia y potencia, diferentes altavoces proporcionan diferentes niveles de presión sonora. Esto es debido a que no todos los altavoces se comportan de igual manera frente a una misma entrada de señal, esto es lo llamado sensibilidad del altavoz y se mide

en el eje frontal del altavoz a una distancia de 1 metro y entregando al altavoz una potencia de 1 W. La notación utilizada es “dB SPL (1W, 1m)” o también “dB/Wm”.

- **Distorsión.**

La distorsión se define como la deformación de la forma de onda. En sonido la distorsión es la deformación de la onda de sonido. El altavoz es el elemento que más distorsión agrega a los sistemas de sonido. Básicamente se consideran dos tipos de distorsión que afectan al altavoz: la distorsión armónica y la distorsión por intermodulación.

La distorsión armónica es producida por la falta de linealidad en el desplazamiento del cono y, en general, es más alta cuando se trata de frecuencias bajas en la que el cono actúa como pistón para desplazar el aire.

La distorsión por intermodulación se genera por la forma y el tamaño del altavoz. Las frecuencias altas deben ser reproducidas por altavoces de cono pequeño y ligero, las frecuencias medias deben reproducirse por altavoces de mediano tamaño con conos de dimensión intermedia o unidades diseñadas para este propósito y finalmente las frecuencias bajas deben ser reproducidas por altavoces de gran diámetro cuyas dimensiones en el cono permiten el desplazamiento de grandes volúmenes de aire. [9]

- **Eficiencia.**

La eficiencia de un altavoz permite definir la cantidad de potencia acústica que emite con relación a la potencia eléctrica aplicada al mismo.

- **Cálculo del nivel de presión sonora (SPL) de un altavoz.**

La ecuación (1.9) muestra el nivel de presión sonora (SPL) que proporciona un altavoz en función de la potencia entregada:

$$SPL (dB SPL) = Sensibilidad (dB/Wm) + 10 \times \log (Potencia (W)) \quad (1.9)$$

El nivel de presión sonora proporcionado por un altavoz disminuye con la distancia según la ecuación (1.10).

$$SPL(dB SPL) = SPL a 1 m (dB) - 20 \times \log (Distancia (m)) \quad (1.10)$$

La ecuación (1.11) muestra el nivel de presión sonora (SPL) que proporciona un altavoz en función de la potencia entregada y de la distancia.

$$SPL(dB SPL) = Sensibilidad \left( \frac{dB}{Wm} \right) + 10 \log(Potencia(W)) - 20 \times \log(Distancia(m)) \quad (1.11)$$

Este valor es empleado para calcular si la potencia y el altavoz escogidos son correctos para cumplir con la relación señal-ruido necesaria para que un mensaje pueda ser correctamente recibido. La relación señal-ruido deberá ser como mínimo de +10 dB, para cumplir con las especificaciones marcadas para el peor de los casos lo que garantiza el funcionamiento fiel de los altavoces. [8]

### 1.2.3 Ecualizador gráfico.

Un ecualizador (EQ), es un dispositivo que permite aumentar o reducir la ganancia selectivamente en bandas de frecuencias para corregir deficiencias en la respuesta de frecuencia de un sistema generalmente electro-acústico o el balance tonal de una fuente. Es posible así resaltar frecuencias originalmente débiles, o atenuar otras de nivel excesivo.

Los ecualizadores gráficos, como el mostrado en la figura 1.12 están divididos en bandas de frecuencia. Cada banda está centrada en una frecuencia determinada, perteneciente a una lista estándar de frecuencias que han sido seleccionadas para que la relación entre dos frecuencias consecutivas sea aproximadamente constante. Este tipo de distribución de las bandas está relacionada con la percepción logarítmica de la escala de frecuencias por el oído. En general se describe el ancho de banda relativo expresándolo en fracciones de octava, como por ejemplo ecualizadores de octava, de tercio de octava, etc. [10]



Figura 1.12. Ecualizador gráfico estéreo de 1/3 de octava.[ Fuente: 10]

### 1.2.4 Amplificadores de potencia.

La amplificación de señales proviene de la necesidad de adaptar la señal que producen micrófonos o equipos reproductores de sonido (desde los mili-voltios a unos pocos voltios) a los altavoces. Estos dispositivos generan valores de voltajes muy pequeños, lo que sería insuficiente para excitar la bobina del altavoz, por lo que el único camino es la amplificación.

- **Potencia nominal RMS.**

Es la potencia que el amplificador es capaz de proporcionar a la carga a un máximo valor THD (distorsión por aparición de armónicos) indicado por fabricante. Generalmente está especificado para altavoces de 8 Ω. Esta potencia es calculada para salidas estéreo, y es medida por medio de una señal sinusoidal de 1kHz. [9]

- **Impedancia de entrada.**

Su valor oscila generalmente entre 10 kΩ y 50 kΩ. Un valor alto de este parámetro garantiza que la etapa actual (amplificador) no cargue la etapa anterior.

- **Impedancia de salida.**

Su valor tiende a ser bajo (unos pocos ohmios) y asegura que las etapas siguientes no carguen la etapa actual. Existen también salidas de alta impedancia o salidas por transformador que generalmente se indican por los niveles de voltaje que entregan, la impedancia de estas salidas se encuentra generalmente entre las decenas y los miles de ohm.

- **Slew Rate.**

Medida de la rapidez con que el amplificador puede alcanzar un determinado voltaje en un espacio de tiempo. El mismo se expresa en V/s o en V/μs.

- **Eficiencia.**

Es la relación existente entre la potencia entregada a la carga y la potencia consumida por el amplificador. Expresa la calidad de un amplificador y la ecuación (1.12) refleja su cálculo.

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ entregada\ a\ la\ carga}{Potencia\ consumida} * 100\% \quad (1.12)$$

### 1.2.5 Compresor.

Un compresor es un procesador electrónico de sonido destinado a reducir el margen dinámico de la señal. Actúa de forma que atenúa la señal eléctrica en una determinada cantidad (medida normalmente en decibelios) y a partir de un determinado nivel de entrada. El objetivo es conseguir que la excursión dinámica resultante sea inferior a la original, proteger ciertos equipos frente a los posibles picos de señal o si se trata de un sonido saturado intentar disimular el error. [12]

Consta de un detector de nivel combinado con un controlador de ganancia que actúa en base a la relación de compresión seleccionada.

Los parámetros que permiten modificar su función de transferencia son el umbral, el radio (relación de compresión), el tiempo de ataque y el tiempo de relevo (envolvente), pudiendo aparecer otros.

Umbral: Es el nivel mínimo de la señal donde el compresor comenzará a modificar la forma de onda. Si el detector de nivel percibe la señal por debajo de este umbral, el controlador de ganancia tendrá  $G = 1$  y la señal no se modificará. Si la señal supera el umbral, la señal se verá modificada en su rango dinámico.

Radio: En inglés *Ratio*, es la relación de compresión e indica que cantidad de señal excedente se deja pasar.

Ejemplo: Si se escoge un radio 3:1, una señal que sobrepase 9 dB al umbral, luego de ser comprimida lo superará en solo 3 dB. Seleccionando un radio de 2:1, la misma señal superará en 4,5 dB.

El nivel de salida ( $N_s$ ) de un compresor, respecto a su nivel de entrada ( $N_e$ ), con un umbral  $U$  y radio  $R$ , se puede calcular mediante la ecuación (1.13).

$$N_s = \frac{U * R - U + N_e}{R} \quad (1.13)$$

Tiempo de ataque: Es el tiempo que toma el compresor en aplicar en aplicar la relación de compresión efectivamente, una vez cruzado el nivel de umbral. Este parámetro es ajustable, y permite pasar las señales transitorias (muy corta duración, o comienzos o finales abruptos) y picos iniciales, hasta que se complete el tiempo de ataque seleccionado. El tiempo de ataque tiene una estrecha relación con el timbre de la señal a comprimir. [2]

### 1.2.6 Mesa de mezcla o mezcladora de sonido.

Una mesa de mezcla, como la mostrada en la figura 1.13, tiene como principio conjugar varias entradas, mezclándolas en una o varias salidas. De acuerdo a las necesidades se toman porciones de cada señal de entrada y odas y cada una de las señales de entrada son sumadas para enviarlas a la salida o salidas que ofrezca dicha mezcladora. Una vez que las señales entran en la mesa estas pueden ser procesadas y tratadas de diversos modos para dar como resultado de salida una mezcla de audio, mono, multicanal o estéreo. El procesado habitual de las mesas de mezclas incluye la variación del nivel sonoro de cada

entrada, ecualización, efectos de envío, efectos de inserción, panorámica (para los canales mono) y balance (para los canales estéreo) [12].



**Figura 1.13.** Mezcladora de sonido de 16 canales. [Fuente: Catálogo de mezcladoras Soundcraft 2010]

### **1.3 Sistema de Video.**

Los sistemas de comunicación audiovisuales han experimentado, desde los inicios de la televisión en blanco y negro, una constante evolución tecnológica encaminada a mejorar tanto la calidad como la cantidad de los servicios. La evolución de los sistemas se realiza de forma progresiva, manteniendo cierto grado de compatibilidad con los sistemas precedentes e introduciendo de forma paulatina mejoras y servicios adicionales. Es por ello que no es de extrañar que en la actualidad los sistemas audiovisuales posean una gran variedad de formatos y tecnologías que va desde la analógica a la digital y desde los formatos en blanco y negro a los de color, los de alta definición y los de tercera dimensión (3D).

#### **1.3.1 Descripción de servicio.**

Los sistemas de video o sistemas audiovisuales son aquellos que permiten la captura, transmisión y reproducción de imágenes en movimiento. En el caso de los sistemas que son empleados para la difusión conllevan un proceso, que si bien puede ser sencillo, requiere de cierto equipamiento y procesamiento, que en la actualidad con la tecnología digital agrupa varias de las funciones en los ordenadores o PC.

Los sistemas de transmisión audiovisual surgen por la necesidad de llevar señales de video de índole diverso hasta varios nodos receptores que pueden encontrarse en la misma instalación o a distancias considerables. La distribución de señales de video está basado principalmente en un conjunto de equipos y de cables que permiten la difusión de las mismas desde un lugar central a una amplia base de nodos finales

Un sistema para la transmisión de señales video está constituida por una cabecera que actúa como elemento central, recibiendo o generando señales y adecuándolas para la transmisión.

#### 1.4 Componentes del sistema de video.

Los sistemas de video pueden estar conformados por elementos tan sencillos como un reproductor y un receptor, ampliamente empleado en las viviendas, o por elementos que generan, captan, mezclan, modulan, amplifican y transportan señales de video. Dependiendo de las necesidades será el número de etapas y equipos a incluir en el sistema.

##### 1.4.1 Videocámaras.

Una cámara de vídeo es un transductor óptico captura imágenes convirtiéndolas en señales eléctricas a señal de vídeo, también conocida como señal de televisión. Constituye uno de los elementos más importantes en cualquier sistema de comunicación visual. Su función básica es convertir la escena tridimensional en una señal temporal analógica o digital, que pueda ser tratada, almacenada o modulada para trasmitirse a un receptor remoto.

Los elementos que integran una cámara de video pueden ser muy diversos y dependen de la aplicación y del mercado al que se destina la cámara. La figura 1.14 expone un esquema con los bloques básicos que conforman una cámara.

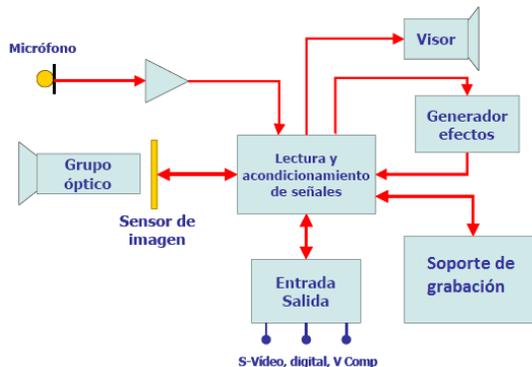


Figura 1.14 Esquema en bloques de una cámara. [Fuente: 14]

**Grupo óptico:** Su función es proporcionar una proyección plana de la escena sobre la superficie del sensor de imagen. Para ello incluyen varias lentes que permiten variar la región del espacio a la que se enfoca la cámara. En caso de cámaras con zoom, el grupo óptico puede modificar la posición relativa entre las lentes para controlar el ángulo de la

escena que se proyecta en el sensor. El grupo también incluye elementos que regulan la cantidad de luz que incide sobre el sensor (iris o diafragma).

**Sensor de imagen:** Es el encargado de convertir la luz que incide en una señal eléctrica. En las cámaras de video la imagen es adquirida a intervalos periódicos (frecuencia de imagen). En cámaras de video domésticas suele usarse un único sensor para capturar las tres componentes de color, mientras que en las cámaras profesionales es habitual emplear un sensor distinto para cada componente.

**Lectura o acondicionamiento de señal:** Las funciones que se realizan en este bloque depende de las aplicaciones a la que se destina la cámara. De forma general el bloque se encarga de filtrar las señales proporcionadas por el sensor de imagen y se acondicionan en ganancia, convirtiéndolas, por una parte, al estándar de video en el que se realiza el registro o grabación de la secuencia de video, y al formato requerido por el visor de imagen. Adicionalmente se suele realizar la conversión de la señal a los formatos de videos convencionales (video compuesto, s-video, RF, etc.).

**Visor:** Proporciona al usuario o al operador de la cámara una réplica de la imagen que se está recibiendo en el sensor.

**Entradas y salidas:** Proporciona la señal de video y/o audio capturado por la cámara. El número y tipos de entradas y salidas dependen también de las aplicaciones de la cámara. Muchas cámaras proporcionan distintos formatos de video, S-Video, Video compuesto, video digital, etc.

#### **1.4.2 Modulador de RF.**

El modulador de RF basa su funcionamiento en convertir la señal de video a un canal de VHF/UHF de televisión convencional. Los moduladores, son precisamente los dispositivos que habilitan la señal de video modulándola sobre otra señal de RF (VHF/UHF).

#### **1.4.3 Amplificador de distribución.**

Debido al recorrido que realiza la señal a través de los cables de la red, existe una llamada pérdida de transmisión. Esta atenuación es compensada en la red introduciendo amplificadores. Los amplificadores de distribución que son insertados en las líneas coaxiales son utilizados para elevar las señales de un rango de canales y son diseñados a entregar altos niveles de salida. [15]

#### 1.4.4 Combinadores.

A la salida de los amplificadores de canal se encuentra una señal RF de determinada frecuencia, como todas deben viajar por el mismo canal, deben ser combinadas o multiplexadas en frecuencia. Estos equipos de salida deben presentar un alto aislamiento entre las entradas y una pequeña pérdida de inserción, a fin de evitar la elevada atenuación de la señal.

#### 1.4.5 Acopladores direccionales (TAP).

Son dispositivos pasivos que constan de una entrada, una salida y varias derivaciones o TAP que estarán determinadas por el fabricante, su símbolo se observa en la figura 1.15. Entre la entrada y la salida no existe atenuación alguna, solo pérdida de inserción; no siendo así en las derivaciones (TAP), pues estos presentan atenuaciones fijas de acuerdo a la numeración del módulo. [15]

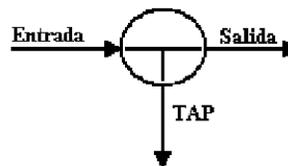


Figura 1.15. Esquema de acopladores direccionales (TAP) [Fuente: 15]

#### 1.4.6 Divisores de señal (DSV o Splitter)

Es un elemento pasivo que tiene una entrada y varias salidas atenuadas con nivel fijo, estas pueden variar en dependencia de las características constructivas del mismo. El símbolo de este elemento se observa en la figura 1.16.

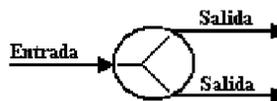
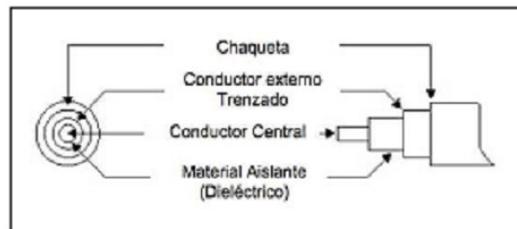


Figura 1.16. Esquema de divisor de señal (Splitter). [Fuente: 15]

#### 1.4.7 Cable coaxial

El cable coaxial es un cable utilizado para transportar diferentes tipos de señales eléctricas de alta frecuencia (televisión, radio, etc.) empleando técnicas de multiplexación en

frecuencia, lo que permite alcanzar distancias de varios cientos de metros. Este cable posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado positivo o vivo, como se muestra en la figura 1.17, encargado de llevar la información y formado por un hilo sólido o varios hilos trenzados de cobre; y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla o blindaje, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes y formado por una malla trenzada, una lámina enrollada o un tubo corrugado de cobre o aluminio, y en este último caso resultará un cable semirrígido. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante.



• **Figura 1.17.** Estructura del cable coaxial. [Fuente: 16]

La malla de hilos absorbe las señales electrónicas perdidas, de forma que no afecten a los datos que se envían a través del cable interno. El conductor central puede ser de calibre AWG#14 hasta AWG#22 y para aplicaciones de TV debe ser de cobre sólido. El cable de video coaxial está diseñado para transmitir energía desde una fuente de 75 ohmios, hasta una carga con la misma impedancia garantizando una pérdida de señal mínima. Cuando se usa cable inapropiado se presentarán pérdidas excesivas y reflexión en el sistema. [16]

#### **1.4.8 Conector de terminación de red o carga tope.**

Son dispositivos que representan una resistencia de 75 ohm, y que se colocan en todas las salidas que no estén en uso, sea de los divisores de señal o los acopladores. Una salida abierta implica que la red recibe o que se le introduzca ruido y señales espurias. [15]

#### **1.4.9 Dispositivos receptores.**

Los dispositivos receptores pueden ser encontrados en diferentes formas y de diversas tecnologías. Entre los fundamentales elementos receptores se encuentran los televisores, los monitores y los proyectores.

Los receptores son la parte final del sistema de televisión, el cual comienza con la captación de las imágenes y sonidos en origen, y su emisión y difusión por diferentes medios, entre la variedad existente se pueden separar en los grupos:

*Los de tubo de rayos catódicos o CRT:* Las pantallas más comunes son tubos de visión directa. Se trata de una tecnología madura que puede brindar una gran calidad de imagen. Dado que no tienen una resolución fija, aunque sí una resolución mínima, dada por la separación entre puntos, pueden mostrar fuentes de distintas resoluciones con la mejor calidad de imagen posible. Los tubos de rayos catódicos eran bastante voluminosos y pesados; en la actualidad están siendo reemplazados por los formatos Plasma, LCD y más recientemente LED. [17]

*Proyectores:* Son dispositivos que brindan una gran pantalla, hasta 100 pulgadas de diagonal o más. Se usan tres tipos de sistemas de proyección: con TRC, con LCD, y DLP (con chip de micro espejos). Los televisores de retroproyección existen desde la década del 70, pero en aquella época no tenían la definición de un televisor común de rayos catódicos. Los modelos actuales han mejorado mucho, y ofrecen gran tamaño a un precio conveniente. [17]

*Pantalla de cristal líquido y de plasma:* Los progresos actuales permiten fabricar televisores de pantalla plana que utilizan tecnología de cristal líquido de matriz activa (LCD), o plasma preparados para la alta definición. Estos televisores pueden tener sólo un par de centímetros de ancho, y pueden colgarse en una pared como un cuadro o ser puestos sobre una base. Algunos modelos también pueden utilizarse como monitores de computadoras. Las pantallas planas LCD pueden tener ángulos de visión estrechos, y son menos adecuados para el hogar, aunque esto se está solucionando en la mayoría de los equipos actuales. [17]

*Matriz de LED:* Se ha convertido en una de las opciones para vídeo en exteriores y en estadios, desde el advenimiento de diodos electroluminiscentes ultra luminosos y sus circuitos respectivos. Los LED permiten crear actualmente pantallas escalables ultra grandes que otras tecnologías existentes no pueden igualar. Además de tener un bajo consumo. Recientemente se ha tomado la iniciativa de aplicar esta tecnología a los televisores domésticos. Estos adquieren unas características diferentes a las de otros tipos de pantalla. El menor consumo respecto a las pantallas LCD, mayor durabilidad, menor grosor de la misma, así como mayor contraste son ejemplos de estas características. [17]

## **CAPITULO 2. LEVANTAMIENTO DESCRIPTIVO DEL INMUEBLE. FASE II.**

Este capítulo recoge la Fase II o Definición del proyecto. En esta fase se describe el local objeto de estudio y se ubica geográficamente. Se analizan las deficiencias de los sistemas instalados y se buscan las potencialidades para la instalación o modernización de los sistemas proyectados.

### **2.1 Memoria descriptiva**

La edificación objeto de estudio de este proyecto se encuentra emplazada en la ciudad de Guantánamo, en la calle Carlos M. de Céspedes esquina Flor Crombet, ocupando una superficie total de de 1615m<sup>2</sup>. La parte frontal de la edificación, mostrada en la figura 2.1 está comprendida en la calle Carlos M. de Céspedes y cubre una longitud de 17m, colindando a la derecha con el parqueo del Tribunal Provincial de Justicia y a la izquierda con la calle Flor Crombet, ocupando toda la cuadra. La edificación, está inscrita en el Registro de Asociaciones a nombre de la Convención Bautista de Cuba Oriental (CBCOr.).



**Figura 2.1** Vista frontal del inmueble. [Fuente: Imagen de autor]

El edificio principal se construyó durante los años 1908 y 1909 y se inauguró en mayo de 1909, desde entonces ha mantenido su imagen externa, caracterizada por una postura neorrománica que se define por la robustez de sus muros. La cubierta de tejas de pizarra fue sustituida en 1999, por su mal estado técnico, por planchas de zinc galvanizado. Esta

edificación está compuesta por un salón y losa entrepiso de hormigón armado (antes de madera) al que se accede por medio de escaleras ubicadas en las torres, escenario situado en la parte delantera y recibidor.

En el año 2010 se inició un proceso de restauración del inmueble cuya primera fase debe concluirse en el año 2015.

Una edificación contigua en la parte posterior, reúne el área de oficinas y en la parte superior a esta se encuentran otros locales de funcionalidad variada.



**Figura 2.2.** Vista en planta de la edificación [Fuente: Plano en ArchiCAD modificado por autor]

La edificación aledaña (anexo a sus funciones) más contemporánea, reconstruida en 1995, consta de un salón de dimensiones 95m<sup>2</sup>, los baños y almacén y en la parte superior locales de menor dimensión que fungen como aulas y habitaciones. La figura 2.2 muestra la ubicación de los salones dentro del inmueble.

En la parte posterior se encuentra el patio y el garaje que en conjunto tienen una dimensión de 340m<sup>2</sup>.

### **2.1.1 Objeto social.**

La Convención Bautista de Cuba Oriental (CBCOr), es la institución que representa parte de las iglesias bautista del país.

El inmueble, objeto de estudio de este trabajo, funge como sede de la Primera Iglesia Bautista de Guantánamo, su edificio principal funciona como lugar de culto oficial de la congregación.

Los recintos son usados en actividades de diversa índole como prédicas, música que involucra al auditorio, representaciones corales, conciertos, talleres, presentación de materiales audiovisuales entre otras funciones.

Algunas actividades que se realizan poseen un carácter nacional o regional, lo que aglutina un gran número de personas, empleándose ambos salones, funcionando el segundo salón como una extensión del primero.

## **2.2 Descripción del salón principal**

El salón principal o templo, mostrado en la figura 2.3, conformado por dos niveles, posee un volumen estimado de 864m<sup>3</sup> y una capacidad aproximada para 250 personas.



**Figura 2.3.** Vista del salón desde la tarima. (Modelado en Artlantis). [ Fuente: Imagen de autor]

El primer nivel posee un área de 128m<sup>2</sup> con dos columnas de asientos de trece filas de bancos cada una, más una fila que sigue las paredes laterales. En la parte delantera del salón está situada la tarima o plataforma con dimensiones 13m<sup>2</sup> a ambos costados en la pared posterior se sitúan dos puertas de acceso al local. En los espacios que quedan a ambos lados de la plataforma se sitúan los instrumentos musicales.

Este nivel consta también de una puerta en el lateral derecho que da acceso al pasillo que separa ambos salones y otra en el mismo lateral que da acceso al recibidor, ocho ventanas

de madera de doble hoja con una altura de 2,85m y un ancho de 0,76m a una altura de 1,05m sobre el nivel del piso interior situada a cuatro de cada lado, cinco ventanas de 1,30m de alto y 0,60m de ancho, de madera, situadas en la parte posterior bajo el nivel superior a ambos lados del salón a una altura de 1,05m del piso interior, la entrada principal al recinto la cual consta con una puerta de dos hojas, construida con madera que posee una altura de 2,46m y un ancho de 2,30m.

A ambos lados de la puerta principal se encuentran los accesos al segundo nivel mediante las escaleras de acero con vestiduras de madera ubicada dentro de los torreones a los cuales se accede por vanos en la pared frontal de 2,30m de altura y 0,85m de ancho. Entre ambas torres, se encuentra el portal o corredor interior el cual posee dos puertas de madera de doble hoja que sirve de entrada a las torres.

El segundo nivel posee un área de 54m<sup>2</sup> y está situado 3,30m del piso inferior. Posee seis ventanas de madera, de dimensiones 0,56m de ancho por 1,25m de alto, situada a los laterales a una altura de 0,10m del piso. En la pared posterior se encuentra una ventana de 2,15m de ancho y 2,55m de alto con una separación del piso de 0,50m. En este nivel se encuentra ubicado el cuarto de monitoreo, control y mezcla de audio y video en el extremo izquierdo que posee 2,60m de largo 2,30m de ancho y 2,10m de alto.

En la parte anterior a la edificación, recorriendo toda la fachada se encuentra el corredor exterior el cual posee dos entradas con escaleras que sirven de acceso a los locales desde el nivel de la acera.

### **2.2.1 Análisis de la acústica arquitectónica.**

El análisis arquitectónico del local estudia las características constructivas que definen el acondicionamiento acústico que posee el recinto.

Para este análisis se parte de las distintas actividades que se acometen en el local, en este caso se pueden citar algunas de las más frecuentes como son locuciones, conciertos instrumentales, conciertos corales, reuniones, talleres y música grabada. De acuerdo al uso del local, demanda de una buena inteligibilidad que implica bajos tiempo de reverberación.

- **Paredes**

El salón está comprendido entre paredes de ladrillo con aparejo inglés de 0,3m de espesor recubiertos de mortero de cemento. Los laterales tienen 5,50m de altura y 15m de longitud con ventanales situados a 1m sobre el piso que se elevan 2,85m quedando grandes

espacios planos entre la parte superior de las ventanas y el falso techo. La pared frontal de 6,7m de alto hasta el falso techo y 9m de largo y posee una puerta a cada lateral de la tarima o plataforma de 1,96m de alto por 0,87m de ancho y un vano en la tarima de 2,57m de alto por 2,30m de ancho, siendo esta la pared con mayor superficie plana de concreto. La pared del fondo con las mismas dimensiones que la frontal posee en el primer nivel la puerta principal y los vanos de acceso a las torres y en el segundo nivel una ventana de 2,55m de alto y 2,15m de ancho con marquetería de madera y paños de acrílico.

La disposición y composición de las paredes, con coeficientes de absorción casi nulos trae consigo la reflexión de casi la totalidad del sonido que en ellas incide aumentando la reverberación de la sala. El área que conforma la viga delantera que soporta la platea superior de más de 0,50m de ancho, provoca un alto grado de reflexión del sonido de los altavoces que se encuentran en línea con esta superficie ocasionando pérdida de inteligibilidad y realimentación en los micrófonos de la plataforma.

- **Falso techo**

El recinto cuenta con un falso techo instalado en la última restauración acometida, conformado por láminas o paneles de PVC<sup>2</sup> de contra molde con fijaciones metálicas, de terminación lisa.

El falso techo sigue la forma trapezoidal de los travesaños estructurales del techo. Su diseño fue concebido para que el sonido que en ellas incide sea reflejado hacia la audiencia.

Aunque el diseño estructural del falso techo no puede variarse, la selección adecuada del material es la que determina el grado reflexiones que se producen en él. El material del falso techo actualmente refleja todo el sonido que incide concentrándolo en la zona central del local, creando zonas de máximos acústicos.

- **Mobiliario y piso.**

Los asientos empleados son bancos de madera con grandes superficies planas y sin tratamiento acústico, situados en dos filas como se muestra en la figura 2.4.

El piso actual, de granito fundido, posee un bajo coeficiente de absorción lo que causa grandes reflexiones de sonido. El mismo no posee la inclinación característica de los

---

<sup>2</sup> Policloruro de vinilo: derivado del plástico más versátil.

auditorios. El proceso de remodelación planea realizar un entarimado de madera en la platea superior para garantizar el contacto visual con la plataforma. El sistema de sonido



Figura 2.4. Planta de mobiliario y pavimento. (Modelado en COREL DRAW) [Fuente: Imagen de autor].

### 2.2.2 Sistema de audio.

El sistema de audio, actualmente instalado en el salón, carece de un diseño que tome en cuenta las características del local, por lo que se carece de calidad acústica. Muchos de los componentes de este sistema no cumplen con los requerimientos de calidad necesarios para las funciones que desempeñan.

- **Altavoces**

El sonido en el salón es suministrado mediante dos altavoces de 250W marca Pioneer suspendidos en las paredes laterales a 2,4 m de altura en línea con el límite entre el escenario y el auditorio, estos entregan el sonido de los canales izquierdo y derecho respectivamente a todo el auditorio en ambos niveles del salón. Otros dos altavoces de manufactura casera con bocinas de ocho pulgadas y 15W de potencia máxima, funcionan como referencias o monitores para los músicos situados a un lado del escenario, siendo estos todos los dispositivos que sonorizan la sala.

Existen evidentes deficiencias en el sistema de altavoces, primeramente la carencia de bocinas para la correcta distribución del sonido en el local, lo que provoca la necesidad de un excesivo volumen para lograr sonorizar el local, existiendo así en las primeras filas de asientos un sonido incómodo por su nivel, mientras que en la parte final el sonido es pobre y difuso producto a el solapamiento de la señal directa y la reflejadas. Otro problema es la altura a la que están instalados, la cual debería ser ligeramente superior a la altura de una persona en pie, típicamente 1,70m, resaltando que a la altura actual están en líneas con las

viga y el balcón del segundo nivel, reflejándose en ella gran parte del sonido, debido a que el ángulo de apertura de la puerta lateral restringe la altura a la que se sitúan los altavoces debe lograrse una inclinación de los mismos de manera que el sonido se enfoque hacia las personas y no hacia la viga de la platea superior.

Existe una sonorización deficiente del escenario y todo el espacio tras los altavoces del auditorio, solo se cuenta con dos dispositivos de baja calidad que sirven de referencia a los músicos, quedando el escenario y el otro lateral sin sonorizar adecuadamente, solo llega a estos lugares las ondas reflejadas en el salón.

Para dar solución a las deficiencias mencionadas se debe realizar una distribución del sonido en el local lo que equivale a la instalación de nuevos altavoces y una correcta colocación que garantice la calidad acústica sin romper la estética arquitectónica.

- **Mezclador y amplificador de sonido.**

La mezcla de las señales provenientes de los diferentes instrumentos se realiza con una mezcladora con amplificación integrada marca Yamaha modelo EMX-212s de doce canales que se puede observar en la figura 2.5, a la que se le adiciona una mezcladora marca Beag de cuatro canales, con más de quince años de explotación, para suplir la necesidad de canales. La Yamaha es la encargada de entregar la señal amplificada a los altavoces del auditorio y la señal de las referencias del escenario a un amplificador marca Realistic de 35w de potencia.



**Figura 2.5** Mezclador de audio con amplificación Yamaha EMX-212s. [Fuente: Manual de usuario, Yamaha EMX-212s]

Debido a que este sistema es insuficiente y carente de dispositivos adecuados se hace necesario su completa sustitución.

Para este sistema se requiere una mezcladora que posea como mínimo 24 canales, ecualizadores gráficos, compresores de sonido y amplificadores de potencia de ser requeridos para lograr garantizar la realización de los eventos más exigentes.

- **Micrófonos**

Se cuenta con un total de seis micrófonos en explotación, de los cuales solo dos cuentan con la calidad requerida para las funciones desempeñadas. Debido a la magnitud de programas que se acometen en este local es evidente la carencia de estos medios. Es necesaria la sustitución y adquisición de nuevos micrófonos, con una correcta selección de acuerdo a su uso y sugerencias del fabricante.

El empleo de micrófonos de condensador requiere que la mezcladora posea alimentación *phantom*, preferentemente con la selección de la alimentación por canales o subgrupos de canales.

### 2.2.1 Esquema del sistema de sonido.

En el esquema de la figura 2.6 se muestra la configuración del sistema de sonido actual.



Figura 2.6. Esquema del sistema de sonido. [Fuente: Imagen de autor]

### 2.2.2 Sistema de video.

La necesidad de instalación del sistema de video, inexistente en este local, viene dada por la variedad de posibilidades que brinda el mismo. El sistema no persigue como objetivo brindar servicio de proveedores externos sino solo los generados internamente.

Las principales utilidades serán la grabación mediante cámaras de video de los programas, principalmente los hechos realizados en la plataforma que en ocasiones no puede ser visto por personas que por su ubicación no poseen una línea de visión directa. Aparejado con esto se reproducirán materiales audiovisuales de interés para el evento, ya sean

informativos o de apoyo al orador principal. Otra función será la de proyectar la letra de los cantos que involucren la participación de la audiencia.

Debido a que los materiales audiovisuales deben poder ser visto por todos los presentes en el salón, es pertinente emplear como elemento terminal del sistema un proyector digital o datashow, empleando el área de la pared frontal como pantalla gracias a su pintura clara.

La colocación del proyector se hará teniendo en cuenta el tamaño de apertura del haz lumínico. El tamaño y ubicación de la proyección debe seguir un compromiso con la longitud del local, de manera que para las personas más cercanas no resulte incómodo observar hacia la misma y para las personas más alejadas se tenga una adecuada calidad visual.

El sistema de video brinda la posibilidad de extender las actividades de este local a otros alrededores cuando la magnitud del evento así lo requiera, por lo que se hará uso de cámaras de video para captar los sucesos de este salón. La cámara o cámaras que se emplee deben situarse en lugares en los que no estorben el funcionamiento del local y a la vez las tomas no sufran interposiciones por elementos indeseados. Una posibilidad de colocación de una cámara es empleando la platea superior lo que brinda un excelente ángulo de los sucesos de la plataforma, otra posición sería empleando el pasillo central a mediados de salón o a un lateral en línea con la primera fila de asientos.

### **2.3 Descripción del salón secundario o anexo.**

Este salón se encuentra en la parte baja del ala derecha de la edificación, al mismo nivel del salón principal separado del mismo por un pasillo de 2,5m.



*Figura 2.7. Vista del salón anexo desde el frente. (Modelado en Artlantis) [Fuente: Imagen de autor]*

La figura 2.7 muestra el salón, que posee una longitud de 19m de largo por 5m de ancho y una altura de 3,5m ocupando un área de 95m<sup>2</sup> a nivel del recibidor con un volumen de 332,5m<sup>3</sup> y una capacidad aproximada de 150 personas.

El salón posee su entrada principal desde el recibidor, y otras entradas por el pasillo lateral. Es empleado para una gran gama de actividades, por lo que la estructura de los asientos varía en dependencia del programa. Es mayormente empleado para acoger eventos menos formales, como actividades recreativas, eventos de niños, ensayos musicales, entre otras, aunque en para algunos eventos de gran magnitud es empleado como una extensión del salón principal.

### **2.3.1 Análisis de la acústica arquitectónica.**

La forma alargada del local precisa de un estudio de su comportamiento acústico que permita el diseño eficiente del sistema de sonido.

El salón posee paredes de ladrillo con mortero de cemento, con bajo coeficiente de absorción. La pared que colinda con el pasillo posee persianas dobles entre columnas y dos puertas, una de las cuales se sitúa frente a la puerta lateral del salón principal.

Para el uso simultáneo de ambos salones se debe tener en cuenta que tanto las persianas como las puertas deberán cerrarse en la medida que sea necesario producto al solapamiento acústico.

La pared que separa al salón del recibidor posee dos vanos, uno de la entrada al salón y otro correspondiente a una ventana, actualmente estos solo poseen verjas para limitar el

acceso al local por lo que el sonido del salón aporta a la recepción. Para aislar acústicamente el salón de la recepción se recomienda la instalación de una puerta y ventana.

### **2.3.2 Sistema de audio y video.**

Actualmente en el local no hay instalado ninguno de los sistemas.

El sistema de audio deberá garantizar la distribución del sonido de forma uniforme dentro de la sala, por lo que el sistema debe ser distribuido garantizando niveles adecuados de sonido que no repercutan en el funcionamiento del salón principal. Para el sistema de este local podrán emplearse alguno de los recursos del sistema que se remplazará del salón principal, velando siempre por el buen estado técnico de los dispositivos.

Para el sistema de video de este salón concibe el uso de un dispositivo de proyección como elemento terminal del sistema. El uso de este sistema no se restringirá a las señales que se envíen del salón principal sino que se podrán conectar directamente al proyector elementos de reproducción mediante las señales VGA, HDMI o video compuesto.

La proyección se realizará directamente en la pared delantera siempre que sea posible, o se empleará una pantalla de tela donde se valore más adecuado.

Debido a que el sistema de video de este salón no se empleará de forma continua y a que el local se utiliza para muchos eventos, el sistema debe adaptarse a cada evento, permitiendo incluso retirar alguno de los elementos según sea necesario.

## **2.4 Conclusión del capítulo.**

El estudio realizado en esta fase de la confección del proyecto permitió un acercamiento a las características arquitectónicas del inmueble y la identificación de los servicios a proporcionar mediante los sistemas de audio y video.

La búsqueda de las potencialidades y deficiencia que presenta el inmueble para el diseño e instalación de los sistemas de audio y video arrojó criterios que permiten realizar una propuesta de implementación ventajosa y viable.

## **CAPITULO 3. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN. FASE III.**

El presente capítulo corresponde con la tercera fase o implementación del proyecto. Aquí se recoge el desarrollo de la ingeniería del detalle mediante las especificidades técnicas del equipamiento así como el criterio de selección de los mismos. Los conceptos, especificaciones e identificación de problemas y necesidades que son enunciadas en los capítulos anteriores son empleadas en esta fase para dar una solución precisa, acorde con el problema que da origen al proyecto.

La solución propuesta recoge el equipamiento técnico, los detalles de interconexión y montaje y la valoración económica de la solución adoptada. Como forma de apoyo para el análisis y montaje de los sistemas propuestos el capítulo consta de planos, esquemas y cálculos específicos, además de dividir la solución por subsistemas y por locales.

### **3.1 Sistema de audio del salón principal.**

El sistema de audio que se propone para los locales posee la versatilidad necesaria para cubrir las necesidades de cualquier programa o evento que en ellos se acometa. La instalación del mismo sigue las normas establecidas para dicho sistema preservando las características arquitectónicas de los recintos.

La solución de proyecto de audio para el caso del salón principal propone la completa sustitución del sistema actual, dejando los recursos existentes para la solución de otros locales.

#### **3.1.1 Altavoces**

Dentro de la cadena de audio los altavoces son los encargados de la correcta distribución del sonido y de garantizar a los oyentes un adecuado nivel de presión sonora. De la selección y ubicación de estos dispositivos depende la dinámica acústica de la sala.

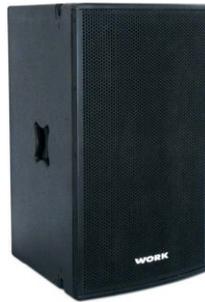
Debido a la variedad de programas que se acogen en este recinto, los altavoces deben garantizar que para los eventos más activos, como son los conciertos, se pueda entregar al auditorio un adecuado nivel de presión sonora.

Para el caso del salón principal se propone la colocación de dos altavoces WORK MINO 12 y cuatro WORK MINO 10. La selección de modelos diferentes de altavoces es determinada

mayormente por la colocación que se le dará a cada uno además de su función, las características técnicas de los altavoces puede ser encontrada en el Anexo I.

Los altavoces WORK MINO 12, mostrados en la figura 3.1, se emplean para la sección delantera del auditorio para garantizar sonorizar el amplio espacio de esta área, teniendo en cuenta que en este sitio no se recibe señal de otros altavoces. Su colocación se efectúa a ambos lados del salón justo por delante de la línea que divide la plataforma del auditorio a una altura de 2,4m sobre el nivel del piso, altura que está determinada por la existencia de una puerta cuyo ángulo de apertura interfiere con una colocación más baja de los altavoces.

Para su sujeción se empleará un brazo metálico sujetado a la pared con expansiones mecánicas que separará al altavoz 0,4m de la pared y que consta con un dispositivo que permita ajustar el ángulo horizontal y vertical del altavoz. Debido a la altura y a que la primera fila de asientos se encuentra prácticamente en línea con los altavoces, se ajustará su posición con una inclinación en el plano vertical y en el plano horizontal. Los ángulos de inclinación serán tales que concentren la mayor radiación sonora a la sección delantera del salón, evitando gran incidencia del sonido en la viga de la platea superior. Los ángulos se ajustarán en el momento del montaje permitiendo realizar pruebas de sonido de forma que se pueda lograr la posición más proporcionada y conveniente.



**Figura 3.1.** Altavoz WORK MINO 12. [Fuente: 20]

Los altavoces para reforzar el sonido en la parte posterior de la sección baja, dos WORK MINO 10, mostrados en la figura 3.2, se colocarán de forma horizontal aprovechando el ancho de la primera viga de la platea superior para colgarlos, de forma que no interfieran con la visual de los ocupantes de los últimos asientos.

Estos altavoces se colocarán a 0,6 m de las paredes laterales, evitando el cajón acústico que se forma entre la placa, la viga y la pared lateral el cual realza algunas frecuencias,

principalmente los graves que se transmiten por el contorno de superficies como paredes, creando zonas de máximos acústicos indeseados.



Figura 3.2. Altavoz WORK MINO 10. [Fuente: 20]

Los altavoces de la platea superior se instalarán a 1,7m sobre el nivel de planta, la posición de los mismos se verá limitada por el falso techo que se encuentra a 2m del nivel de planta. Se situarán pegados a la pared de modo que no interfieran con la visual de los ocupantes de la platea con la plataforma, realizando ajustes en el ángulo de la rotación horizontal de forma que el sonido se distribuya uniformemente.

Para determinar el nivel de ruido del local se toma en cuenta los criterios de la bibliografía consultada, obteniendo que para el local a plena capacidad de personas más otros ruidos ambientales el nivel de ruido esperado es de 70 dB. El nivel de presión sonora suministrado por los altavoces debe poseer una diferencia mínima de 10dB por encima del ruido del local, a esto se le suman otros 6 dB para lograr una sonorización uniforme y compensar la disminución de la presión sonora experimentada con las variaciones entre el campo de sonorización cercano y lejano. Tomando las consideraciones anteriores en cuenta, el SPL que se suministrará a un espectador en el salón es de 86dB.

Los altavoces propuestos poseen una sensibilidad de 97dB por lo que se realiza el cálculo del SPL que debe entregar el altavoz para lograr un nivel de presión sonora de 86dB en un espectador a la distancia  $d$ .

Se escoge la distancia  $d$  como la separación entre el altavoz hasta el oído de un espectador situado en el campo medio de radiación del altavoz. Debido a que los altavoces se distribuyen de forma equidistante en el auditorio, la separación de un espectador de la primera sección hasta el altavoz delantero será la misma que la de un espectador de la segunda sección hasta el altavoz de reforzamiento.

Para el cálculo del nivel de presión sonora a la salida de los altavoces se emplea la ecuación (3.1).

$$SPL = SLP_d + 20 \log d/d_0 \quad (3.1)$$

Donde:

$SPL$ : Nivel de presión sonora a la potencia nominal.

$SPL_d$ : Nivel de presión sonora a la distancia  $d$ .

$d = 3,5m$ : Distancia del altavoz al espectador de campo medio.

$d_0$ : Distancia de referencia a 1m

$$SPL = 86dB + 20 \log 3,5/1$$

$$SPL = 86dB + 10,9dBA$$

$$SPL = 96,9dBA$$

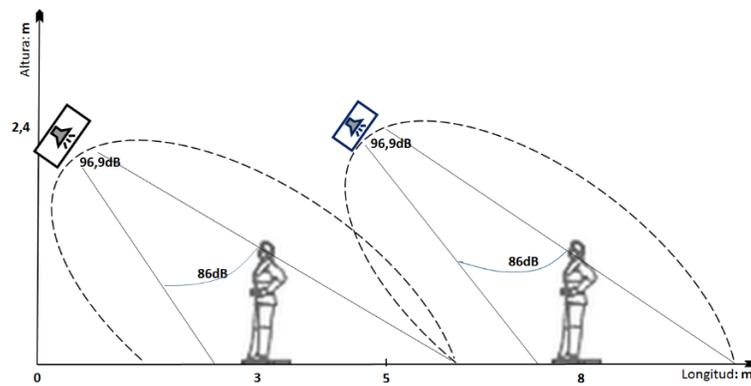


Figura 3.3 Distribución del nivel de presión sonora en el salón. [Fuente: Imagen de autor]

### 1.1.1 Amplificadores de potencia.

La selección de los amplificadores se realiza tomando en cuenta los criterios que garantizan su correcto funcionamiento y el de los altavoces. Primero se tuvo en cuenta que la potencia máxima que entreguen los amplificadores no supere la potencia RMS máxima de los altavoces, de modo que no importando la posición del control de volumen del amplificador se garantice la integridad física de los altavoces. Se recomienda que la posición del control de volumen no supere nunca 3/4 de su capacidad total. Otro factor a considerar es los

canales que manejan (configuración mono y estéreo) y los valores de impedancia que soporta a la salida, de ello depende la potencia que entregar a la carga.

Para excitar los altavoces delanteros, WORK MINO 12, se propone el uso del amplificador WORK EXTREME 1100, mostrado en la figura 3.4, cuyas características pueden encontrarse en el Anexo II. Este amplificador clase D permite una gran potencia donde la eficiencia es independiente del volumen. Posee a la entrada un muestreo de alta frecuencia para sus tres modos de funcionamiento: estéreo, paralelo y puente. Su tecnología de funcionamiento brinda una gran capacidad de disipación de calor además de permitir manejar cargas de hasta dos ohm ( $2\Omega$ ). [20]



**Figura 3.4.** Vista trasera del amplificador Work EXTREME 1100. [Fuente: 20]

Para sonorizar los altavoces de distribución o reforzamiento, para ambas plantas de la edificación, se pretende emplear dos amplificadores WORK SP 950, como los mostrados en la figura 3.5. Este amplificador posee gran robustez y fiabilidad manifiesta en su gran relación señal/ruido, consiguiendo una respuesta acústica profesional. Posee tres modos de funcionamiento: Estéreo, puente mono y paralelo mono, que permiten una configuración determinada en función de los requerimientos de ola instalación. Entre sus características adicionales se destaca el filtro subsónico de 30Hz y su sistema anti *clipping*. Posee protección contra cortocircuito y señales externas de RF. Otras características pueden ser consultadas en el Anexo III.



**Figura 3.5.** Parte frontal de cuatro amplificadores Work SP 950. [Fuente: 20]

### **1.1.2 Altavoces de monitoreo. Referencias.**

Debido a que los altavoces del salón están por delante de la plataforma, en esta área se emplean altavoces de referencia, así también los músicos que se sitúan a ambos lados de la misma requieren de referencias para escuchar los instrumentos.

Como criterio de selección se emplea que la potencia acústica entregada por las referencias no supere  $1/3$  de la potencia máxima del salón, esto ayuda a que el sonido entregado por las mismas no contribuya al sonido de la sala.

Debido a que este salón no fue diseñado para la instalación de sistemas de sonorización se cuenta con un espacio reducido para colocar las referencias, esto hace que la posibilidad de realimentación (*feedback*) de los micrófonos sea mayor que en otros recintos por eso es necesaria un estricto ajuste del volumen de la referencia así como de los micrófonos.

Para este caso se proponen cuatro altavoces auto potencia WORK WPL-1A, como el mostrado en la figura 3.6, cuyas características técnicas se recogen en el Anexo IV.

Estos altavoces poseen la ventaja de poseer un amplificador incorporado que hace que solo requieran de la señal de audio correspondientes y alimentación de AC para funcionar. El hecho de que serán colocados en el piso hace que sea sencilla su manipulación, principalmente en el proceso de encendido y apagado. La señal de audio de cada referencia se tomará de la regleta o manguera de conectores de audio de manera independiente.



**Figura 3.6.** Altavoz para referencias WORK WPL-1A (parte frontal y amplificador trasero). [Fuente: 20]

Un error frecuente que se comete con este tipo de altavoces es que son colocados en lugares donde no se tiene acceso a los controles de su amplificador, generalmente situados en la parte trasera del bafle, por lo que para apagarlos y encenderlos se auxilian de la alimentación de AC. Es imprescindible para un buen cuidado del equipo que el control de volumen del amplificador esté en 0 en el momento de encendido y apagado.

### **3.1.2 Ecualizador**

Para ajustar el comportamiento espectral del sonido que entrega la mezcladora a los amplificadores de la sala se empleará el ecualizador WORK QMAX 231. Las características de este equipo pueden consultarse en el Anexo V.



Figura 3.7. Ecuador gráfico de 1/3 de octava WORK QMAX 231. [Fuente: 20]

El ecualizador gráfico, será el encargado de acondicionar las frecuencias de la señal que se les entrega a los amplificadores que excitan los altavoces de la sala. Debido a las características acústicas del local la ecualización debe atenuar o reforzar aquellas frecuencias que resulten necesarias para lograr una mayor calidad acústica. La disposición de la ecualización se deberá realizar teniendo en cuenta las actividades que se acometerán en el local, de modo que se logre mejorar la inteligibilidad.

Una vez lograda la ecualización satisfactoria para el local, esta debe sufrir la menor cantidad de variaciones posibles. Las señales con componentes de frecuencias indeseados son ecualizadas mediante el EQ de la mezcladora.

### 3.1.3 Mezcladora de sonido.

La mezcladora es el elemento que combina las diferentes señales de dispositivos como micrófonos, instrumentos y reproductores, permitiendo acondicionarlas para entregar una mezcla precisa a la tapa de amplificación y salida.

En la selección de la mezcladora se toma en cuenta que para el mayor de los eventos que se acometan en el salón se cuente con las entradas y canales necesarios, teniendo en cuenta el número de las entradas de baja impedancia para micrófonos, de las entradas de línea, así como las entradas mono y estéreos. Resulta útil conocer la cantidad de mezclas adicionales que puede ofrecer la mezcladora mediante los auxiliares, la cantidad de subgrupos, las características de la etapa de ecualización (EQ) así como la posibilidad del uso de *phantom power*.

El análisis realizado en la fase II del proyecto arrojó la necesidad de una mezcladora con un mínimo de 24 canales. De las mezcladoras de estudio comercializadas por Copextel se propone la adquisición de la *SOUNDCRAFT LX7 II 24*, mostrada en la figura 3.4.

*SOUNDCRAFT LX7 II* es una mezcladora de grandes prestaciones siempre que se realice una correcta distribución de sus entradas y salidas. Aunque la configuración de las entradas

y las salidas depende en gran parte de las utilidades que desee darle el sonidista para tener mayor comodidad a la hora de realizar la mezcla a continuación se propone una configuración de interconexión. Las principales características de la mezcladora pueden consultarse en el Anexo VI.



Figura 3.8 - Mezcladora Soundcraft LX7 II 24. [Fuente: 14]

SOUNDCRAFT LX7 II 24 posee los *fader* divididos en dos grupos, del canal 1 al 16 se encuentran a la izquierda de la sección de master y del 17 al 24 a la derecha. Es común que los sonidistas separen los canales que van a controlar las voces del resto de los canales para mejor organización, por ello en este caso los canales del 17 al 24 se destinan para el uso exclusivo de micrófonos para las voces. En los 16 canales que se encuentran a la izquierda se deben distribuir los instrumentos, teniendo en cuenta que los instrumentos que emplean micrófonos como la batería (*drum*), instrumentos de cuerdas acústicos como guitarras y violines, y los instrumentos de viento se deben conectar a entradas balanceadas XLR-3 mientras que los que envían señales con un mayor rango como teclados, guitarras eléctricas o baterías eléctricas se deben conectar a las entradas de línea o alta impedancia.

Esta mezcladora posee selección de alimentación *phantom* de 48 VDC cada cuatro canales, que se emplean para micrófonos de condensador o cajas activas para bajo y guitarras. Las conexiones de los dispositivos que usan *phantom* requieren de líneas correctamente balanceadas, el uso de líneas desbalanceadas o incorrectamente “balanceadas” pueden provocar roturas de los mismos y de la mezcladora.

Las dos entradas estéreo (STEREO1 y STEREO2) serán empleadas para la entrada de la señal proveniente de reproductores como la computadora.

Los canales auxiliares poseen varias utilidades, para sonido en vivo, como es el caso, es frecuente su utilización para las mezclas que se envían a las referencias del escenario y para procesadores de efectos.

La *SOUNDCRAFT LX7 II* posee seis envíos auxiliares que sirven para crear mezclas independientes que se emplean para monitoreo, efectos o grabación, la combinación de todos los envíos auxiliares se mezcla sobre la correspondiente salida auxiliar. Los canales de mezclas auxiliares pueden ser *post-fader* o *pre-fader*, los canales post son aquellos en los que al mover los *fader* se modifica el nivel de las señales en la mezcla, este tipo de auxiliar se emplea generalmente cuando son empleados para efectos, los auxiliares *pre-fader* son ajustados para una mezcla particular y el nivel de la mezcla no es modificada por la acción de los *fader*, su uso más común es para el monitoreo. En esta mezcladora los auxiliares AUX1-AUX2 y AUX3-AUX4 pueden ser conmutados en pares a *post fader* o *pre fader*, los auxiliares AUX5-AUX6 son post de forma predefinida, todos los auxiliares son post- ecualizador a menos que la EQ esté desactivada. [14]

La configuración propuesta emplean cuatro auxiliares para el monitoreo, los auxiliares AUX1, AUX2, AUX3 y AUX4 se emplearán en modo *pre-fader*.

*SOUNDCRAFT LX7 II* está equipada con la posibilidad de conformar cuatro subgrupos. La señal de cada canal puede dirigirse a la mezcla estéreo principal (L-R) o a pares de buses de grupo G1-G2 y G3-G4 pulsando los conmutadores respectivos, enviándose la señal proporcional a la izquierda G1 y G3 y a la derecha G2 y G4 dependiendo de la posición del control panorámico (PAM).

La mezcladora cuenta con una salida mono que se empleará para el envío de la señal de audio hasta el salón anexo.

#### **3.1.4 Compresor.**

En la realización de sonido en vivo los compresores son elementos de gran utilidad ya que permiten acotar el rango dinámico de las señales. Debido al tipo de eventos que se realizan en el local es importante que se puedan comprimir varias de las señales, principalmente las de entrada que llega a la mezcladora, aunque no se descarta la compresión de las señales de salida, esto en gran parte depende de las prestaciones que desee darles el operador de sonido.

Se propone el uso del multi-compresor MULTICOM PRO-XL MDX4600, mostrado en la figura 3.9, cuyas características pueden ser consultadas en el Anexo VII. Este dispositivo es un compresor universal de alta potencia que reúne en cada canal las funciones de un compresor, limitador independiente, expensor, puertas de ruido y un limitador de crestas.

Cada dispositivo cuenta con cuatro canales independientes, por lo que se expone la necesidad de tres de estos multi-compresores para un total de doce canales de compresión. [3]



Figura 3.9 Vista frontal y trasera del MULTICOM PRO-XL MDX4600 [Fuente: Manual del multi-compresor]

Para la interconexión de los compresores y la mezcladora en el caso de las señales de entrada, principalmente voces de cantantes e instrumentos como teclados, guitarras eléctricas y bajos eléctricos, se emplearan las conexiones INSERT, cuyo esquema se presenta en la figura 3.10, tanto de la mezcladora como de los compresores, permitiendo la salida y entrada de la señal mediante un conector *jack* macho balanceado.

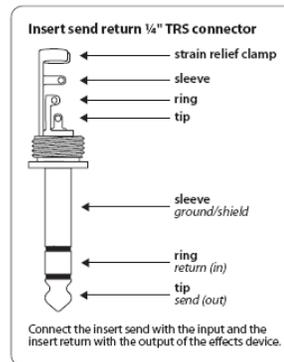


Figura 3.10. Conector Jack macho 6,3mm estéreo para cable de INSERT. [Fuente: 14]

### 3.1.5 Cajas de inyección directa

Para la interconexión de la guitarra eléctrica y el bajo eléctrico con la mezcladora de forma directa se empleará la caja de inyección directa pasiva de alto rendimiento Behringer DI600P, esta permite la conversión de la señal de alta impedancia que envían estos instrumentos a baja impedancia, permitiendo una mejor mezcla y la protección de la mezcladora.

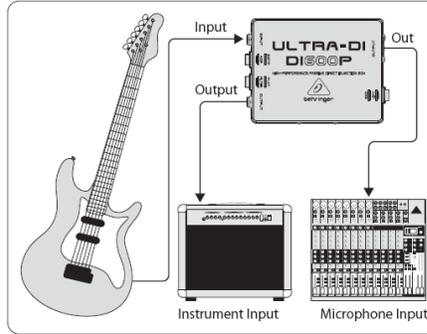


Figura 3.11. Esquema de interconexión de la DI600P. [Fuente: Manual de usuario DI600P]

Estas cajas son muy económicas y fácil de manejar ya que al no ser activas no requieren de alimentación por batería o *phantom power*, solo poseen en su interior un transformador que permite la adaptación de impedancia.

La DI600P de Behringer posibilita la conexión de un monitor por la salida paralela dos, como se muestra en la figura 3.11, la cual no presenta atenuación con respecto a la entrada. Las características de este dispositivo pueden consultarse en el Anexo VIII.

Es preciso mencionar que el uso de este dispositivo solo se hace necesario cuando se van a conectar los instrumentos directamente a la mezcladora, pero también se puede optar por usar técnicas de microfonéo a los monitores personales de las guitarras y bajos o usar una combinación de microfonéo y señal directa. El uso de técnicas combinadas permite lograr efectos acústicos especiales, ajustando la posición de los micrófonos se producirán cambios en el timbre percibido y este sonido al ser mezclado con el que entrega el DI produce sonidos mejor logrados.

### 3.1.6 Micrófonos

Debido a la variedad de las actividades que se acometen en este local y a la variedad de uso que se les debe dar a los micrófonos es necesario contar con una variedad de micrófonos en dependencia de su empleo.

A modo de propuesta se tiene la adquisición de los siguientes dispositivos:

- 10 micrófonos SHURE PG58.

La figura 3.12 muestra el micrófono dinámico PG58 diseñado para aplicaciones vocales, con un patrón de captación unidireccional cardioide, rango de frecuencia de trabajo entre los 60 – 15 000 Hz, impedancia de salida 300 ohm y conector XLR-3 balanceado.



**Figura 3.12.** Micrófono para aplicaciones vocales Shure PG-58. [Fuente: 22]

- 6 micrófonos SHURE PG57.

La figura 3.13 muestra el micrófono dinámico PG57, diseñado para uso en instrumentos musicales acústicos. Posee excelentes características para su uso en instrumentos de viento, instrumentos de cuerdas y de percusión, pudiendo ser empleados para técnicas de microfonéo de referencias de bajos y guitarras. Posee un patrón de captación unidireccional cardioide con un rango de frecuencias de trabajo entre 50 – 15 000 Hz y una impedancia de salida de 200 ohm y conector XLR-3 balanceado.



**Figura 3.13.** Micrófono de uso instrumental Shure PG-57. [Fuente: 22]

- 2 micrófonos SHURE BLX288/PG58.

La figura 3.14 muestra el micrófono inalámbrico con dispositivo transmisor cuya cápsula o transductor es del modelo PG-58. Posee las mismas características y utilidades del PG-58 pero con la diferencia que la transmisión de la señal se realiza de forma inalámbrica.

El equipo receptor está equipado con dos canales que permiten el empleo de dos micrófonos independientes.



Figura 3.14 Micrófono inalámbrico Shure BLX288/PG58. [Fuente: 22]

### 3.1.7 Dispositivo de reproducción, grabación y masterización.

Para agrupar estas funciones en un solo equipo es necesario el empleo de una computadora de altas prestaciones, dígase alta capacidad y velocidad de procesamiento, gran capacidad de memoria y gran capacidad de almacenamiento, además de los dispositivos periféricos necesarios.

Para esta función se sugiere la computadora con las características mostradas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Especificación de elementos que conforman la computadora.

Parte	Especificidades
Monitor	SAMSUNG LCD 18.5" S19A300N
Motherboard	P7H55-M-LX
CPU	INTEL CPU I5-760 2.80GHZ
Memoria RAM	2 MEMORY DDR3 2GB 1333MHZ CL9
HDD	2 HDD SATA 1TB 7200rpm ST3100528ASFY946UT
Fuente	CasePowerSupply True 600 W ACEPOWER
Tarjeta de Sonido	PCI Cmi8738

El funcionamiento de la computadora depende en gran manera del operador del sistema de sonido, sin embargo se darán algunas sugerencias para aprovechar al máximo los recursos.

No importa cuán buena sea la computadora si no se emplean el *software* adecuado para las funciones a realizar, esto sugiere que es importante el uso de *software* de audio profesional que permitan explotar al máximo las prestaciones de la misma.

*Protool* es el *software* de audio profesional más empleado a nivel mundial para la mezcla y masterización de audio, proporciona una plataforma de grabación, edición y mezcla multipista de audio y midi, que integra *hardware* y *software*. Puede funcionar como *software*

independiente con la tarjeta de sonido u operar usando convertidores externos y tarjetas de audio internas PCI, PCI-X o PCIe.

BPM Studio es un *software* de reproducción de audio profesional, multipistas de altas prestaciones, ampliamente empleado para sonido en vivo y radio difusión.

*Adobe Auditions* es una aplicación en forma de estudio de sonido destinado para la edición de audio digital de *Adobe Systems Incorporated* que permite tanto un entorno de edición mezclado de ondas multipista no-destructivo como uno destructivo.

Aunque pueden elegirse otros programas, estos son los más empleados en el ámbito profesional siendo de fácil adquisición. Una de las utilidades de estos programas es que poseen generadores de ruido (ruido rosa, ruido blanco, ruido marrón, etc.) además de posibilitar realizar barridos de frecuencias seleccionables y generación de tonos puros. Estas herramientas pueden ser de gran utilidad en el momento de las pruebas y calibración del sistema instalado para cada local.

### **3.1.8 Accesorios**

Existen varios componentes que permiten complementar e interconectar el sistema de audio. De la correcta selección de estos dispositivos depende en gran manera la versatilidad y correcta interconexión de los equipos del sistema de audio.

- **Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).**

Los equipos que conforman el sistema de audio son sensibles a las variaciones en su voltaje de alimentación y aún más a los cortes del suministro de energía. Debido a que estos fenómenos son frecuentes e impredecibles es necesario proteger los equipos del sistema, caracterizados por ser costoso.

El dispositivo propuesto cumple con dos funciones elementales, primero regular el nivel de voltaje de AC de la línea entregada a los equipos y segundo proporcionar energía eléctrica a los equipos en caso de apagón eléctrico de forma que permita la entrada en funcionamiento del generador auxiliar local o ejecutar los pasos de apagado del sistema.

Se propone el empleo del APC Back-UPS ES650, mostrada en la figura 3.15. Las características de este equipo pueden consultarse en el Anexo IX.



**Figura 3.15.** Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS) APC Back-UPS ES650. [Fuente: Manual de APC Back-UPS ES650]

La UPS propuesta proporcionará al sistema del tiempo necesario para apagar los equipos correctamente en caso de falta de suministro de la corriente de red o permitir que entre en funcionamiento el sistema de respaldo de energía de la institución, también protegerá el sistema de las fluctuaciones de voltaje de la línea.

En este dispositivo se conectarán los equipos del sistema de audio, excepto la computadora que cuenta con un sistema de respaldo propio. Se tendrá en cuenta para su montaje la carga energética que representan los equipos, por lo que la conexión de dispositivos innecesarios a este sistema puede provocar la caída del sistema.

- **Cables de audio**

Para la conexión tanto de los micrófonos, las líneas de instrumentos y la interconexión entre los equipos se empleará cable de audio de dos vías y malla, útiles por evitar el acople de ruidos y otras interferencias. Estos cables se emplearán tanto para la configuración balanceada como desbalanceadas. Para la conformación de los cables se tendrá en cuenta la configuración necesaria para cada equipo, usando siempre la malla para la conexión de tierra, y los conductores para las señales en diferencia de fase en el caso balanceado y en el caso desbalanceado usar solo uno de los conductores o ambos en paralelo.

En el caso de los altavoces, como son pasivos y los amplificadores se encuentran en el cuarto de audio, se tendrán en cuenta la atenuación provocada por los cables así como la impedancia equivalente de cable más altavoz a la salida de los amplificadores. Para las conexiones amplificador-altavoz se empleará el cable *Royal Cord* para aplicaciones de audio y control, calibre doce con dos vías.

Este cable de altavoz profesional, mostrado en la figura 3.16, con cubierta flexible para los amplificadores de potencia de hasta 1000 vatios permite cumplir con los requisitos de los campos más comunes de aplicación y el grado deseado de flexibilidad. Posee una

excelente relación coste-eficacia y aun así muy flexible, de construcción redonda y estable, con tamaño medio del hilo de 0,25mm de cobre desnudo que conforman dos conductores de 45 hilos con cubierta negro y rojo de diámetro 3,2mm. En el Anexo X se muestra la tabla que contiene las longitudes máximas de los cables de audio en dependencia de su diámetro e impedancia.



**Figura 3.16.** Cable Royal Cord de dos vías para aplicaciones de audio, calibre 12. [Fuente: 23]

Este cable posee una impedancia de 0,99ohm por cada 100m lo que lo hace idóneo para esta instalación.

En el caso de los altavoces delanteros la longitud del cable será de 20m desde el cuarto de sonido a cada altavoz, para su colocación se empleará el falso techo de la sala y mini-canaletas para llevarlos desde el falso techo hasta los altavoces.

Los altavoces bajo placa de la sección trasera requieren de cables de 12m de longitud los cuales se colocarán siguiendo la estructura de la viga delantera, resguardados por mini canaletas, de forma que quedan prácticamente imperceptibles a la vista.

Así mismo, los altavoces de la platea superior, requieren de cables de 15m que se ubicarán por encima del falso techo.

Para las conexiones a los amplificadores es necesario conocer la impedancia resultante del cable y los altavoces, para ello se realiza el cálculo  $(\frac{2*longitud\ del\ cable}{100} + impedancia\ de\ altavoz)$ , tomando la impedancia del cable como un ohm cada 100m. En ninguno de los casos, la longitud de los cables presupone un aumento en la impedancia de más de  $\frac{1}{2}$  ohm a la impedancia del altavoz por lo que es despreciable su aporte a las impedancia, no obstante se sugiere en el momento de la instalación medir la impedancia de los cables conectados a los altavoces en el extremo que se conecta a los amplificadores debido a que las conexiones pueden causar cierta variación en la impedancia.

Es importante garantizar que la longitud de los cables hasta cada pareja de altavoces sea la misma, de no suceder esto ocurrirá que existirá cierta diferencia de fase entre las señales

que llega a cada altavoz, que en este caso producto de las cortas distancias puede ser imperceptibles, además de existir un desbalance de las cargas en las salidas del amplificador lo que si puede representar un problema más notable.

**Tabla 3.2. Accesorios auxiliares.**

<b>Dispositivos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificidades</b>
Manguera de audio	30 m	32 vías (24 envíos y 8 retornos)
Pie de micrófonos	16 u	Equipados con boom
Cable de audio	200 m	Dos vías y malla, grafitado negro
Cable de <i>Royal Cord</i>	100 m	Calibre 12, 2 vías
Audífono de estudio	1 u	Sony, MDR-7509HD
Conector XLR-3 macho	26 u	Aéreo, cromado
Conector XLR-3 hembra	20 u	Aéreo, cromado
Conector Jack 6,3 mm macho	20 u	Estéreo, cromado.
Conector Jack 6,3 mm macho	10 u	Mono, cromado
Conector XLN-4 macho	6u	Aéreo

### **3.1.9 Estructura del sistema de audio propuesto para el salón principal.**

En la figura 3.17 se muestra el esquema de interconexión del sistema de audio para el salón principal.

La configuración de conexión de las entradas a la mezcladora varía en dependencia del programa y el operador del sistema de sonido. Para un uso más eficiente de las salidas se recomienda la sugerida en los epígrafes anteriores. La interconexión de los equipos se realizará empleando las configuraciones y conectores especificados en los manuales de cada producto.

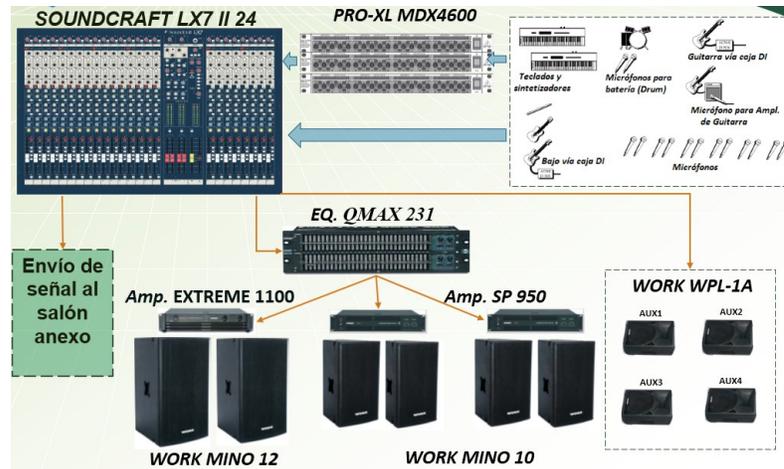


Figura 3.17. Estructura del sistema de audio propuesto para el salón principal. [Fuente: Imagen de autor]

### 3.2 Sistema de audio del salón anexo.

El salón adyacente al templo, empleado en actividades menos formales y de menor magnitud, requiere de un sistema de audio con menor nivel de requerimiento tecnológico, lo que no implica un funcionamiento menos eficiente.

La forma alargada y estrecha de este local requiere una distribución equitativa del sonido, logrando que con niveles de potencia reducidos se tenga un sonido inteligible distribuido de manera equitativa en todo el salón. El diseño del sistema debe lograr que con ambos locales funcionando a la par en actividades diferentes la interferencia del sonido de uno y otro salón sea la mínima posible de manera que no se pierda inteligibilidad.

El sistema de audio de este local contará con algunos de los elementos de los que se empleaban en el sistema de audio sustituido del salón principal.

#### 3.2.1 Altavoces.

Para sonorizar este local se dispondrán los altavoces en dos secciones a lo largo del salón a cada lado del mismo logrando una configuración estereofónica.

Se empleará en la primera sección los altavoces Pioneer retirados del antiguo sistema de audio. Estos altavoces poseen una potencia RMS de 250W y una impedancia de 4Ω.

La segunda sección empleará dos altavoces WORK MINO 12, de elevada calidad sonora partiendo de sus componentes de elevada calidad, con transductores de excelentes respuestas de frecuencias montados sobre recintos de madera contrachapada de alta

resistencia a golpes y excelente respuesta acústica, con forma trapezoidal que permite una dispersión del sonido en ambos ejes, haciéndolo ideal para aplicaciones fijas.

Las características de estos altavoces pueden ser encontradas en el Anexo I.

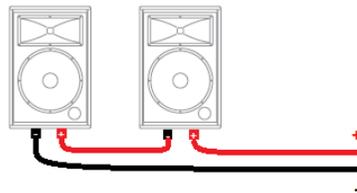
Ambas parejas de altavoces se situarán a una altura de 2,1m sobre el nivel del piso, con una ligera inclinación en el plano vertical de manera que enfoquen el sonido hacia las personas. Los altavoces de un mismo canal se conectarán en serie como se muestra en la figura 3.18, manteniendo una distribución estereofónica en el local.

- **Cables de conexión**

Para las conexiones de los altavoces se empleará el cable *Royal Cord* para aplicaciones de audio y control, calibre doce con dos vías, mostrado en la figura 3.16.

La distancia desde el amplificador al altavoz más lejano es de 15m, tomando esto en cuenta se podrá calcular la impedancia del cable a la salida del amplificador.

El cable propuesto posee una impedancia de  $0,99\Omega$  por cada 100m, tomando la impedancia como  $1\Omega$  se puede calcular que a la salida del amplificador la impedancia es:  $\left(\frac{2 * longitud\ del\ cable}{100}\right) + impedancia\ 1^{er}\ altavoz + impedancia\ 2^{do}\ altavoz$  lo que es aproximadamente  $12,3\Omega$ .



**Figura 3.18.** Conexión de altavoces en serie. [Fuente: Imagen de autor]

Los cables a los altavoces se colocarán a 3,2m del piso, por debajo de las vigas laterales, protegidos por canaletas. Se tomará en cuenta para la instalación, que las longitudes de los cables para ambos canales (canal izquierdo L y canal derecho R) sea la misma, evitando desbalances de cargas.

### 3.2.2 Mezcladora y amplificador.

Para estas funciones se empleara el mezclador amplificado YAMAHA EMX-212s, parte del sistema de audio retirado.

El EMX-212s es un mezclador estéreo de doce canales. Posee ocho entradas de micrófonos, los canales del 1 - 4 poseen un selector que permite cambiar las entradas de micrófono a línea, los restantes canales poseen entradas de micrófonos independientes de los canales de línea. Posee una mezcla de auxiliar *pre-fader* que es mezclada de manera independiente en la salida controlada por el master de auxiliar, tanto la salida auxiliar como el máster general poseen un ecualizador gráfico de siete bandas. Posee un procesador de efectos incorporado con doce efectos seleccionables que pueden ser incorporados a cada canal. Las entradas para micrófonos se pueden seleccionar para que trabajen con alimentación *phantom* de +48 VDC. El amplificador interno estéreo maneja una potencia en cada canal de 200W, y maneja a la salida impedancias en el orden de 4-16Ω.

En la mezcladora, las dos últimas entradas de línea, con conectores RCA, serán destinadas a la señal proveniente del salón principal y a la entrada de un dispositivo de reproducción. Las restantes entradas se podrán emplea para los micrófonos y algún instrumento que para determinada actividad se emplee en el local.

### 3.2.3 Accesorios

Tabla 3.3. Accesorios complementarios del sistema de audio.

Dispositivos	Cantidad	Especificidades
Manguera de audio	30 m	20 vías, 14 envíos y 6 retornos. (Parte del sistema sustituido)
Micrófonos	6u	Shure C606 (Parte del sistema sustituido)
Pie de micrófonos	6 u	Equipados con boom
Cable de audio	100 m	Dos vías y malla.
Cable de Royal Cord	50 m	Calibre 12, 2 vías
Conector XLR-3 macho	12 u	Aéreo, cromado
Conector XLR-3 hembra	10 u	Aéreo, cromado
Conector Jack 6,3 mm macho	10 u	Estéreo, cromado.
Conector XLN-4 macho	2u	Aéreo

### 3.2.4 Estructura del sistema de audio propuesto para el salón anexo.

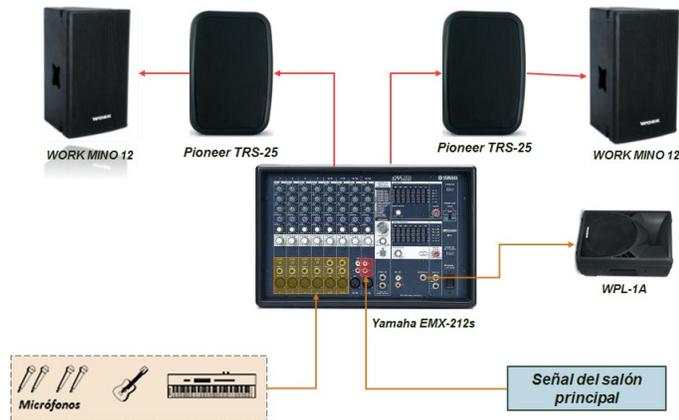


Figura 3.19. Estructura del sistema de audio propuesto para el salón anexo. [Fuente: Imagen de autor].

### 3.2.5 Cableado de los salones.

En el diseño de los sistemas de audio de cada uno de los salones se especifica la colocación de los cables de distribución de señal.

Para la interconexión entre los salones se empleará cable de audio de dos conductores y maya, similar al que se emplea para la conexión de micrófonos, por poseer un buen rechazo al ruido y las interferencias externas. En el salón principal el cable saldrá del cuarto de audio por encima del falso techo, hasta salir a la sala de recepción donde se llevará dentro de canaleta hasta la pared trasera del salón anexo donde pasará al cuarto de equipos de este local.

En el Anexo XI puede encontrarse el esquema de cableado de los salones.

## 3.3 Sistema de video.

El sistema video facilita que todos los asistentes a los programas realizados en el salón principal puedan visualizar lo ocurrido en la plataforma desde cualquier lugar del salón, además de proporcionar una herramienta para proyectar la letra de los coros congregacionales así como otros materiales audiovisuales pertinentes. El sistema permite interconectar ambos salones para eventos de gran envergadura.

### 3.3.1 Dispositivos generadores de señal.

Como dispositivo principal se encuentra la computadora ubicada en la cabecera de la red. Esta computadora posee elevadas prestaciones debido a que manejará toda la información que posteriormente se modulará y transmitirá.

La computadora manejará toda la información multimedia que se transmita para apoyar los programas, además de manejar las señales de videos provenientes de cámaras situadas el salón.

Para esta función se sugiere la computadora con las características sugeridas en la tabla 3.4:

*Tabla 3.4 Características técnicas de la computadora.*

<b>Parte</b>	<b>Especificidades</b>
Monitor	SAMSUNG LCD 18.5" S19A300N
<i>Motherboard</i>	P7H55-M-LX
CPU	INTEL CPU I5-760 2.80GHZ
Memoria RAM	2 MEMORY DDR3 2GB 1333MHZ CL9
HDD	2 HDD SATA 1TB 7200rpm ST3100528ASFY946UT
Fuente	CasePowerSupply True 600 W ACEPOWER
Tarjeta de video	ASUS a9250/TD/128M/A.
Tarjeta de captura de video	IMAGINGOURCE DFG/SV1

Conjuntamente con las señales que se generen en la computadora también se emplearán señales provenientes de dos cámaras que se situarán convenientemente en el salón de forma que se tenga una buena captura de los sucesos de la plataforma. Aunque la posición de las cámaras puede variar, se propone situar una en la platea superior y la otra en la platea inferior para poseer diferentes perspectivas.

Para capturar las señales provenientes de las cámaras se empleara la tarjeta de video IMAGINGOURCE DFG/SV1 añadida a la computadora, que permite la entrada de dos señales de video compuesta, sus especificidades técnicas se recogen en el Anexo XII.



**Figura 3.20.** Tarjetas de video. De izquierda a derecha: Captura: IMAGINGOURCE DFG/SV1 / Salida: ASUS a9250/TD/128M/A. [Fuente: 24]

Como herramienta opcional se propone el *software Easy Worship*, una herramienta creada especialmente para el trabajo de sistemas audiovisuales en iglesia. Este *software* permite integrar en una sola herramienta los dispositivos periféricos de entrada y salida de video con los programas de reproducción de video y diapositivas. Con la configuración correcta permite la conmutación de las señales de video de las cámaras, permitiendo pre-visualizar cada canal de manera independiente a la salida en tiempo real, además de proyectar textos sobre las imágenes, entre muchas otras posibilidades.

### 3.3.2 Cámaras

La función de las cámaras será recoger las incidencias en tiempo real del salón principal y enviarlas a la computadora de la cabecera, aunque también se emplearán para grabar sucesos y eventos de interés, para su posterior edición y reproducción. Para estas tareas se emplearán dos cámaras Panasonic GZ-HD320B, mostrada en la figura 3.21. Esta cámara de video digital semi-profesional, posee grandes prestaciones y calidad de imagen.



**Figura 3.21** Videocámara Panasonic GZ-HD320B. [Fuente: Catálogo de cámaras Panasonic 2010]

La cámara digital de alta definición Panasonic GZ-HD320B, está equipada con un lente HD con *zoom* óptico de 25X y *zoom* digital de 500X, permite grabación de alta velocidad, de 24Mbps y resolución de 1920x1080. Posee una capacidad de almacenamiento interno de

120Gb y entrada para tarjeta SD/SDHC. Está equipada con salidas de video digital HDMI, y salidas analógicas de audio y video compuesto con conectores RCA.

Como soporte para las cámaras se emplearán dos trípodes KIT 7701x2, como se muestra en la figura 3.22 con cabeza fluida de un paso con dos pasos de balanceo, y trípode tubular de tres tramos. Posee un peso de 6Kg y una altura efectiva de trabajo de hasta 1,95m. Para su conexión con la cabecera se empleará la salida analógica de video compuesto.



**Figura 3.22** Trípode KIT 7701x2. [Fuente: Catálogo ViproSur 2012, Trípodes].

### **3.3.3 Modulador.**

El proceso de modulación de la señal de video a RF garantiza no se degrade producto las distancias a recorrer. Por ello se propone el modulador PLM860SAW, mostrado en la figura 3.23, que tomará la señal de video compuesta entregada por la computadora y las adecuará para su posterior transmisión. Este modulador permite seleccionar entre un rango de canales, del cual se empleará el canal 3 cuya frecuencia central es de 61MHz. Las características técnicas pueden ser consultadas en el Anexo XIII.



**Figura 3.23.** Modulador de Canal Pico Macom PLM860SAW. [Fuente: 25]

Este modulador fijo de audio/video con filtro SAW está controlado por un microprocesador y es usado en sistemas con gran carga de canales. Su control de frecuencia PLL y el alto grado de filtración que presenta aseguran una gran estabilidad, salida libre de señales espurias y reduce al mínimo la interferencia entre canales adyacentes. Aunque el sistema propuesto solo emplea la señal de video, el modulador también recibirá las señales de audio de los conectores RCA de salida de la mezcladora, esto permitirá que la señal pueda llevarse hasta otros locales que en un futuro deseen habilitarse y emplear un televisor para su visualización.

### 3.3.4 Amplificador de señal.

Debido a la necesidad de amplificar la señal de radiofrecuencia para su transmisión a través de la red se debe emplear un amplificador de distribución para evitar que las pérdidas provocadas por las líneas de transmisión y los equipos utilizados en la red. Para este sistema se propone el amplificador CA-30/550, mostrado en la figura 3.24, el cual posee una ganancia de 30dB que permite una excelente relación señal/ruido de la señal portadora, entre otras características que pueden ser consultadas en el Anexo XIV.



Figura 3.24. Amplificador de video Pico Macom CA-30/550. [Fuente: 25]

### 3.3.5 Derivadores o splitter

Debido a que la señal se distribuirá a ambos salones se empleará el derivador SUV-3 que se muestra en la figura 3.25 que posee tres salidas con atenuación fija en 3,5dB y 7dB. Para las señales que se enviarán a los salones se emplearán las salidas con atenuación de 7dB dejando la otra para aplicaciones que se deseen implementar más adelante.



Figura 3.25. Derivador SUV-3. [Fuente: 25]

### 3.3.6 Acoplador direccional.

Para conectar la señal que llega al salón anexo al receptor se empleará el acoplador direccional TSC-12SB, mostrado en la figura 3.26. La salida con atenuación de 12dB se empleará para la señal del receptor y la salida TAP, en la que la única atenuación que sufre la señal es la provocada por la pérdida de inserción, se reservará para una futura expansión del sistema a otros locales de esa sección.



Figura 3.26. Acoplador direccional (TAP) TSC-12SB. [Fuente: 25]

### 3.3.7 Atenuador fijo.

En el salón principal se recurrirá a un dispositivo pasivo de atenuación fija para adecuar la señal que llega al receptor, para ello se empleará el atenuador FAM-12, mostrado en la figura 3.27, de 12dB de atenuación con 1% de tolerancia. Este dispositivo se usará debido a que en este salón no es necesario salidas adicionales para otra aplicación, además que por sus sencillas características se puede conectar directamente a la entrada del receptor siendo prácticamente imperceptible.

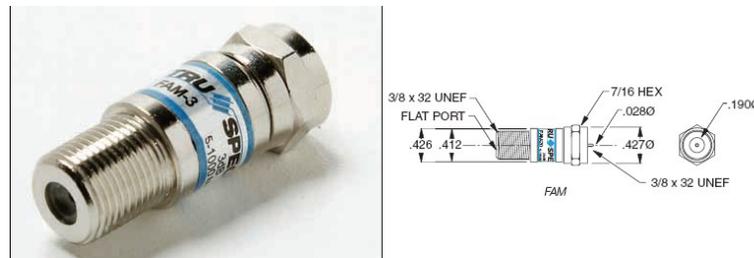


Figura 3.27 Atenuador fijo FAM12. [Fuente: 25]

### 3.3.8 Carga tope.

Se sugiere utilizar las resistencias de terminación F-59T mostrada en la figura 3.28 en cada una de las salidas libres o no utilizada en un dispositivo de distribución, con esto se evita el efecto negativo que introducen las señales reflejadas por la falta de matcheo de impedancia. En este caso se debe conectar una en la salida del derivador SUV-3 que queda sin emplearse, así como en el terminal TAP del TSC-12SB, así también en el caso del salón secundario cuando no se emplee el sistema de video y se retire el dispositivo receptor se conectará una de estas terminaciones. Es importante garantizar que cuando exista cualquier salida libre, producto a la desconexión de un dispositivo por rotura, mantenimiento u otra razón y se pretenda utilizar el sistema deben conectarse las cargas tope a todas estas salidas.



*Figura 3.28. Resistencia de terminación F-59T. [Fuente: 25]*

### **3.3.9 Sistema de alimentación ininterrumpida.**

Debido a la sensibilidad de los equipos del sistema de video frente a variaciones y pérdidas de la corriente de alimentación se propone el uso del Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS) APC Back-UPS ES650, mostrado en la figura 3.15.

### **3.3.10 Cables y conectores.**

Básicamente se emplearán dos cables para la interconexión de los equipos de todo el sistema, el cable comercial de conectores RCA mostrado en la figura 3.29, para la señal de las tarjetas de video de la computadora hasta el modulador, así como el audio proveniente de la mezcladora.



*Figura 3.29. Cable comercial de interconexión RCA.*

Para las señales de las cámaras al cuarto de equipamiento se empleará cable coaxial RG-59 con conectores RCA macho que transportará la señal de video compuesto.

Para la señal RF que se envía a los receptores se emplea el mismo cable con conectores F.

El Anexo XV muestra las características de los principales cables coaxiales para aplicaciones de video.

El cable coaxial RG-59, recomendado para distancias inferiores a los 150m es idóneo para este sistema por sus características mecánicas que hacen un buen compromiso costo-utilidad-fortaleza.



**Figura 3.30.** Derecha: Conector F59 / Izquierda: Conversor de conector F a RCA. [Fuente: 25]

### 3.3.11 Receptores.

Debido a que las imágenes que se pretenden enviar deben ser vistas por todos los espectadores de los salones con un gran nivel de claridad, se optó por el uso de proyectores digitales de video los cuales brindan la posibilidad emplear de grandes pantallas con una excelente calidad de imagen. El proyector propuesto para ambos salones es el BENQ DS550 de tecnología de proyección DLP, mostrado en la figura 3.31 de los cuales ya se cuenta con uno en la entidad.



**Figura 3.31.** Proyector digital BENQ DS550. [Fuente: Manual de usuario BENQ DS550]

Este proyector posee la ventaja de poseer un módulo con selector de canal integrado que permite la conexión de señales RF, además de una lámpara de 150 W que permite el uso de la unidad en espacios con gran luminosidad manteniendo la calidad de imagen.

En el salón principal el proyector se situará del lado derecho a una distancia de la pared delantera de 4m y a una altura de 2,3m en un soporte fijado a la pared, lo que permitirá una pantalla entre las 89-116 pulgadas. La proyección se ajustará en la pared del frente, logrando un correcto ángulo de visión para los espectadores de ambas plantas. En el Anexo XVI se muestran los tamaños de la pantalla proyectada en dependencia de la distancia del proyector.

Para el salón secundario se situará el proyector a 3m de la pared delantera permitiendo una pantalla entre las 68-88 pulgadas.

### 3.3.12 Estructura del sistema de video propuesto.

En la figura 3.32 se ilustra la estructura propuesta para el sistema de video. El esquema muestra la interconexión de los equipos con las variaciones que introducen en el nivel de la señal y el tamaño de pantalla que brinda el proyector a la distancia propuesta.

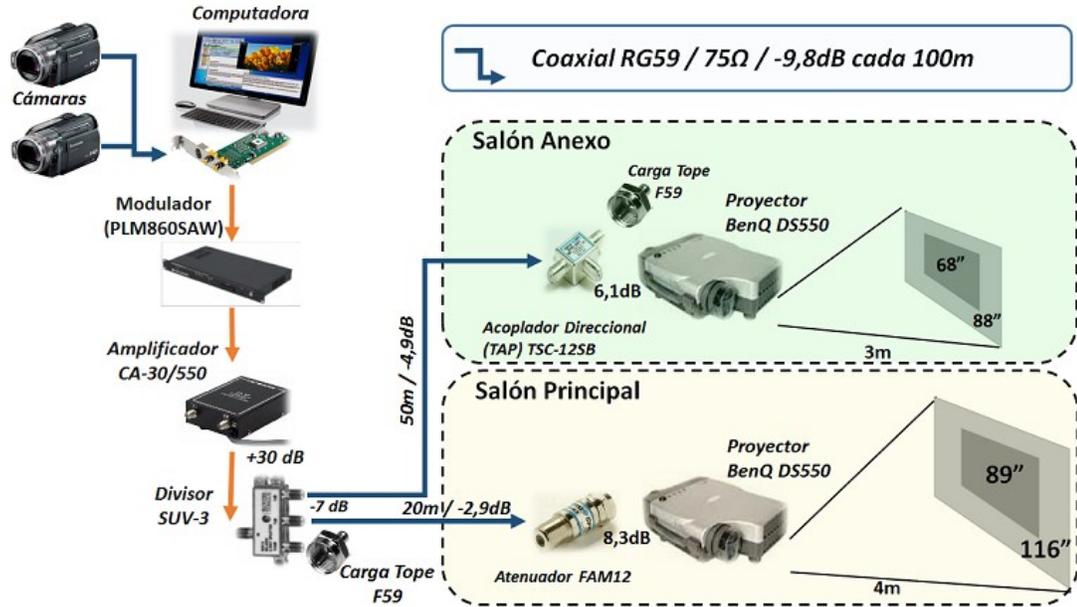


Figura 3.32. Estructura del sistema de video propuesto. [Fuente: Imagen de autor]

El sistema propuesto toma en cuenta las longitudes de los cables y las atenuaciones producidas por estos, de modo que las ganancias y atenuaciones que introducen los dispositivos del sistema se garantiza a la entrada de cara receptor una señal entre los 5 y 10 dB.

### 3.4 Valoración económica.

Para la valoración económica se emplearon los precios de la oficina comercial de la empresa COPEXTEL así como los del mercado internacional.

Debido a los elevados montos a los que asciende el proyecto, puede ser útil su segmentación por áreas y sistemas, permitiendo realizar las inversiones en plazos de tiempos convenientes para la entidad.

La reutilización de algunos de los equipos ya existentes en la entidad para la confección del proyecto logró una disminución significativa para el costo total del proyecto.

El desglose de costos del equipamiento para los sistemas puede ser consultado en el Anexo XVII.

El proyecto en su totalidad posee un monto aproximado de \$14.112,80 CUC de equipamiento, desglosados en \$11.353,68 CUC en el sistema de audio y \$2.759,12 CUC en el sistema de video.

## **CONCLUSIONES.**

- Se realizó el estudio y análisis de los fundamentos teóricos de los sistemas de audio y video que se incluyeron en el desarrollo de la propuesta de solución de proyecto.
- Se diseñó un sistema de audio en cada salón que se ajusta a las peculiaridades de funcionamiento y estructuración individuales.
- Se diseñó la estructura del sistema de video, logrando interconectar ambos salones.
- La identificación de potencialidades y deficiencias para la instalación de los sistemas permitió seleccionar el equipamiento idóneo para lograr un diseño eficiente para cada uno de los servicios.

## **RECOMENDACIONES**

- Emplear el informe de este proyecto conjuntamente con los manuales de los equipos durante todo el montaje de los sistemas.
- Una vez culminada la instalación del sistema de sonido realizar los ajustes y pruebas necesarias, de ser posible con ayuda de un ingeniero en sonido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Curso de conexiones e instalación., «Libro de texto para diseño acústico.,» 2010. [En línea]. Available: [http://www.auvycom.es/localhost/epdm/wp-content/uploads/2012/01/curso\\_megafonia.pdf](http://www.auvycom.es/localhost/epdm/wp-content/uploads/2012/01/curso_megafonia.pdf).
- [2] Manual de Referencia para el Diseño de Sistemas de Sonido.
- [3] D. I. Garrido Rodríguez, «Clases de la Asignatura de Audio.,» de *Acústica*, Santiago de Cuba, 2014.
- [4] A. C. Isbert., *Diseño acústico de espacios arquitectónicos.*, Cataluña. España., 2006.
- [5] «Acústica Básica.,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=165>.
- [6] SHURE, «Sonido en vivo: Técnicas de micrófonos.,» 2011. [En línea]. Available: [http://es.shure.com/publications/pdf\\_dl\\_es\\_mic\\_techniques\\_live\\_sound.pdf](http://es.shure.com/publications/pdf_dl_es_mic_techniques_live_sound.pdf). [Último acceso: enero 2015].
- [7] T. Vear, «Guía de Sistemas de Audio para Casas de Adoración.,» SHURE, 2008.
- [8] L. E. Mora Cheza y M. Ceballos Villacreses, «Diseño de Salas de Locución y Acondicionamiento Acústico.,» 2010. [En línea]. Available: [http://acusticaweb.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=98&Itemid=79](http://acusticaweb.com/index.php?option=com_content&task=view&id=98&Itemid=79). [Último acceso: enero 2015].
- [9] Optimus, «Catalogo de Megafonía.,» 2012.
- [10] C. Lee, «Evaluación de altavoces para sonorización profesional.,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.asajiaudio.com/esp/publicaciones/files/FEVALUACION%2520DE%2520ALTAVOCES.pdf>. [Último acceso: febrero 2015].
- [11] F. Miyara, «Ecuallizadores.,» 2004.

- [12] Facultad de Bellas Artes UNLP., «Clase 5, Compresores.,» Buenos Aires, Argentina., 2013.
- [13] J. E. Martín, «Mezcla y masterización.,» de *Clase 5 Compresores*, 2010.
- [14] Soundcraft, «Spirit LX7, Manual de usuario.,» 2010.
- [15] F. T. Ruiz, Sistemas audiovisuales, Universidad Politécnica de Cataluña: Edicions UPC, 2000.
- [16] D. I. Garrido Rodríguez, «Fundamentos de la Televisión.,» de *Televisión por cable.*, Santiago de Cuba, 2014.
- [17] Universidad Tecnológica de Pereira., «Basis for the design of the an closed circuit television.,» Agosto 2009..
- [18] John Watkinson, «Convergence in Broadcast and Communications Media,» 2010.
- [19] «Sonido. Tema 1: Acústica, calculos y parámetros,» 2010. [En línea]. Available: [http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/SONIDO%20STI\\_.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/SONIDO%20STI_.pdf). [Último acceso: abril 2015].
- [20] WORK, «Catálogo General Work,» EQUIPSON, 2008.
- [21] Behringer, «Manual de uso Multicom PRO-XL MDX 4600,» 2010.
- [22] SHURE, «Product Specifications. PG58 Cardioid Dynamic Vocal Microphone,» LEGENDARY, 2008.
- [23] TELCO, «Audio Video e Iluminación S.L,» 2014. [En línea]. Available: <http://telcoavi.es/index.php>. [Último acceso: abril 2015].
- [24] DIRECT Industry, «The Imaging Source,» 2014. [En línea]. Available: <http://pdf.directindustry.es/pdf/the-imaging-source-europe-gmbh-58486.html>. [Último acceso: mayo 2015].
- [25] Pico Macom, «Integreted Solutions. Product Catalog,» 2010.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- AUX:** Siglas empleadas en los equipos de audio para referirse a los canales auxiliares.
- CBCOr:** Convención Bautista de Cuba Oriental.
- DLP:** *Digital Light Processing* o Procesamiento Digital de Luz es una tecnología usada en proyectores y televisores de proyección.
- EQ:** Siglas empleadas en los equipos de audio para referirse al ecualizador.
- Feedback:** Realimentación producida por la captación por el micrófono de la señal proveniente del altavoz de forma directa o a través de reflexiones en el entorno
- RF:** Término referido a las señales radiofrecuencia (3kHz – 300 GHz).
- SPL** Nivel de presión sonora.
- PAM:** Siglas empleadas en los equipos de audio para referirse al control de panorama o estereofonía.
- Phantom :** Alimentación que introducen algunas mezcladoras de audio, que puede ser 12, 24 o 48 VDC, por las entradas balanceadas de baja impedancia XLR-3, para alimentar micrófonos de condensador y cajas de inserción activas.
- UPS:** Sistema de alimentación ininterrumpida.

**ANEXOS**

**Anexo I Características de los altavoces WORK MINO 10 y MINO 12.**

<b>Característica*</b>	<b>Especificidades WORK MINO 12</b>	<b>Especificidades WORK MINO 10</b>
Componentes	1x12" woofer, 1x3"	1x10" woofer, 1x1,7"
Potencia RMS	300W	200W
Rango de frecuencia	60Hz – 20 000Hz	60Hz – 20 000Hz
Dispersión (H x V)	80° x 50°	100° x 55°
Impedancia nominal	8 Ω	8 Ω
Sensibilidad	97 dB	97 dB
Conectores	XLN4 x 2	XLN4 x 1
Material del cajón	Madera contrachapada	Madera contrachapada
Dimensiones	397 x 370 x 600	330 x 308 x 502
Peso	25 Kg	15 Kg

**Anexo II Características del amplificador de audio WORK EXTREME 1100**

<b>Característica*</b>	<b>Especificidades</b>	<b>Valor</b>
Potencias de salida	*8 ohm modo estéreo	*300W x 2canales
	4 ohm modo estéreo	500W x 2canales
	2 ohm modo estéreo	700W x 2canales
	8 ohm modo puente	750W
	4 ohm modo puente	1000W
Sensibilidad		0,775V (+1dBu)
Conectores	Entrada	XLR-3 hembra
	Link	XLR-3 macho/jack
	Salida	XLN-4
Alimentación	Selector de VAC	99-121VAC/198-242VAC
	Modo	Conmutación

**Anexo III- Características del amplificador de audio Work SP 950.**

<b>Característica*</b>	<b>Especificidades</b>	<b>Valor</b>
Potencias de salida	*8 ohm modo estéreo 4 ohm modo estéreo 2 ohm modo estéreo 8 ohm modo puente 4 ohm modo estéreo	*200W x 2canales 300W x 2canales 480W x 2canales 560W 800W
Sensibilidad		1,15V (+3,4dBu)
Conectores	Entrada  Salida	XLR-3 hemb. Balanceado, Jack 1/4, 6,3mm desbalanc. XLN-4/ Bornes roscados.
Alimentación		150/230 VAC

**Anexo IV Características de altavoz auto potencia WORK WPL-1A. [20]**

<b>Característica*</b>	<b>Especificidades</b>
Configuración	Dos vías rango completo
Componentes	1x12" woofer, 1x1" driver
Potencia del amplificador	300W graves + 100W agudos RMS
Rango de frecuencia	50Hz – 18 000Hz
Dispersión (H x V)	90° x 60°
SLP máxima	124dB
Impedancia nominal	600 Ω
Sensibilidad	1,15V (3,4 dBu)
Conectores	2 x XLR-3 balanceado.
Material del cajón	Plástico inyectable ABS.
Peso	24 Kg

**Anexo V Características del ecualizador Work QMAX 231. [20]**

<b>Característica*</b>	<b>Especificidades</b>
Voltaje de AC	110-220V – 50/60Hz
Potencia de consumo máxima	12W
Entradas de audio	XLR y Euroblock balanceados.
Bandas de frecuencias	2x 31 bandas, 1/3 de octava, ISO
Respuesta en frecuencia	20Hz - 20 kHz, +0,5 dB
Separación de canales	>50dB/60dB
Nivel máximo de salida	+18dBm (balanceado), +22dBm (desbalanceado)

**Anexo VI. Características de la mezcladora Soundcraft LX/ II 24. [14]**

<b>Característica*</b>	<b>Especificidades</b>
Canales	24 canales mono, 2 canales estéreos
Entradas de retorno	2 estéreos
Mezclas auxiliares (AUX)	2 auxiliares <i>post-fader</i> , 4 auxiliares con selector de <i>post-fader pre-fader</i> por cada dos canales
Subgrupos	4
Alimentación <i>Phantom</i>	+48 VDC con selector cada 4 canales
Ecualizador (EQ)	Semi-paramétrico de 4 bandas, con selección de las frecuencias medias-altas y medias-bajas
Impedancia de entrada de micro	18 k $\Omega$
Impedancia de entrada de línea	10 k $\Omega$
Impedancia de entradas estéreo	8,6 k $\Omega$
Respuesta en frecuencia	20Hz - 20 kHz, +0,5 dB

**Anexo VII Características técnicas del Multicompresor PRO-XL [21]**

<b>Característica*</b>	<b>Especificidades</b>
Voltaje de AC	120V – 60Hz
Potencia de consumo máxima	18W
Entradas de audio	Conector XLR-3 y conector Jack hembra de 6,3mm, servo balanceado
Salidas de audio	Conector XLR-3 y conector Jack hembra de 6,3mm, servo balanceado
Respuesta en frecuencia	0,35 Hz hasta 200 kHz +0/-3 dB
Canales	4
Salida de compresores	-20 dB a +20dB

**Anexo VIII Características técnicas de la caja de inserción directa Behringer DI600P.**

<b>Característica*</b>	<b>Especificidades</b>
Rango de frecuencia	40 Hz(-3dB) 20 kHz
Distorsión (THD+N)	0,003% a1kHz,nivel de entrada +4dBu
Entradas de audio	Jack mono hembra de 6,3mm, no balanceado
Salidas de audio	Conector XLR-3 balanceado
Diferencia de nivel(entrada salida)	-20dB
Conmutador INST/AMP	Atenuación de 30dB
Conmutador FILTER	Filtro pasa bajo
Relación de impedancia	110:1
Dimensiones y peso	35x95x128mm, 0,3kg

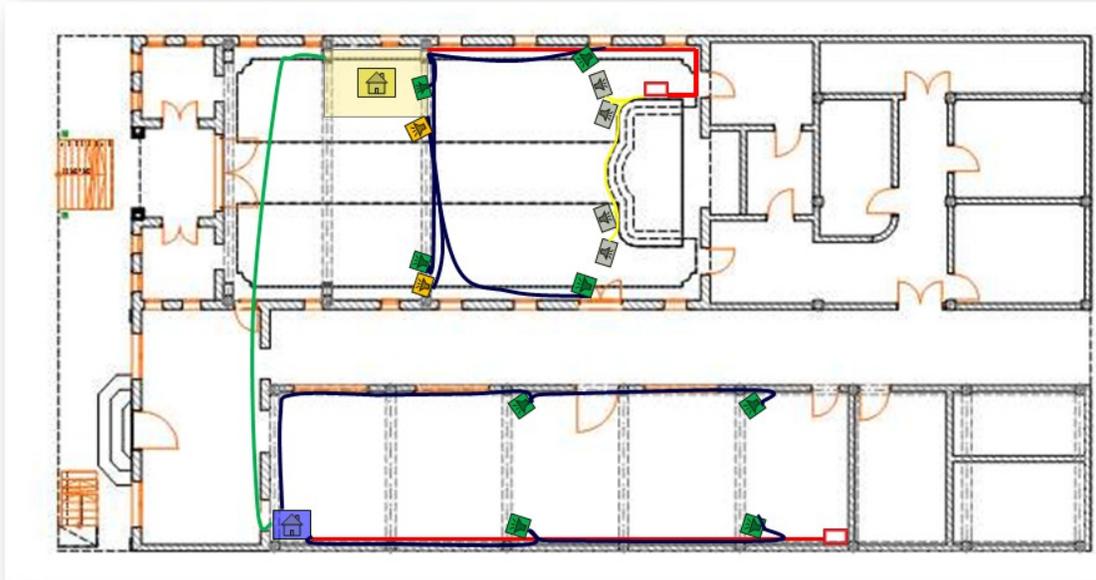
**Anexo IX Características técnicas de APC Back-UPS ES650.**

<b>Características</b>	<b>Especificidades</b>
Voltaje de entrada	120VAC +20%, -25%
Frecuencia de voltaje de entrada.	60Hz +/-10%
Voltaje de salida	120VAC +/-1% onda sinusoidal.
Frecuencia voltaje de salida	60Hz +/-1%
Potencia	650W
Protección	Sobre-voltaje, sobrecarga, infra-voltaje
Salidas	8
Autonomía Full carga	15min.

**Anexo X . Longitudes máximas de los cables de conexión de altavoces**

<b>Sección del cable</b>	<b>Numeración del cable</b>	<b>Resistencia del cable cada 100m</b>	<b>Longitud máxima del cable a la frecuencia</b>			
			<b>125W</b>	<b>250W</b>	<b>500W</b>	<b>1000W</b>
13.30mm	6	0.25	2136	1064	528	260
6.63mm	8	0.49	1065	530	263	130
5.26mm	10	0.62	845	421	209	103
3.31mm	12	0.99	532	265	131	65
2.08mm	14	1.57	334	166	83	41
1.31mm	16	2.49	210	105	52	26
0.82mm	18	3.98	132	66	33	16
0.52mm	20	6.28	84	42	21	10
0.33mm	22	9.89	53	26	13	6

**Anexo XI- Esquema del cableado de audio**



- Cuarto de equipos      Manguera de audio      Cable de referencias
- Cuarto de equipos      Cable para altavoces

**Anexo XII Características técnicas de la tarjeta de captura de video IMAGINGOURCE DFG/SV1. [24]**

Características	Especificidades
Formato de video	PAL/NTSC, RS-170/CCIR
Entradas de video computo	2
Entrada S-Video	1
Formato de color	4:2:2, 4:1:1, RGB 32, RGB 24
Interface Bus	32 bits, PCI

**Anexo XIII Características técnicas del modulador de canal PLM860SAW.**

Características	Especificidades
Banda de frecuencia de salida	54~550MHz
Nivel de señal de salida RF	55dB
Salida de RF	75Ω
Rango de canales	2-13
Entrada de audio	600Ω
Voltaje de alimentación	115VDC

**Anexo XIV Características técnicas del amplificador de video Pico Macom CA-30/550.**

Características	Especificidades
Banda de frecuencia	54~550MHz
Ganancia	30dB
Máxima salida (82ch)	43dBmV
Figura de ruido	4,5dB
Rango de control de ganancia	10dB
Conectores de entrada salida	“F” tipo hembra
Voltaje de alimentación	115VAC 60Hz

**Anexo XV Tabla de características de los principales cables coaxiales.**

Características de los Cables Coaxiales													
Coaxial	Ohm	Factor Veloc	Aislan. Dieléct.	Tensión Máx RMS	pF Por Metro	Atenuación en decibelios por cada 100 mts							
						10 Mhz	50 Mhz	100 Mhz	200 Mhz	400 Mhz	1 Ghz	3 Ghz	Diam. en mm
<b>RG-6</b>	75	0,66	Esp PE	-----	61,60	2,72	6,23	8,85	13,50	19,40	32,15	75,50	8,50
<b>RG-11</b>	75	0,66	Esp PE	4.000	67	2,18	5,25	7,55	10,80	15,80	25,60	54,00	10,30
<b>RG-59</b>	75	0,66	PE	600	69	3,60	7,85	11,20	16,10	23,00	39,40	87,00	6,20

**Anexo XVI Tamaño de la proyección en dependencia de la distancia del proyector BENQ DS 550.**

<b>Tamaño de pantalla</b>	<b>Máx. zoom</b>	30"	44"	59"	74"	88"	102"	116"	131"	145"	203"	300"
	<b>Mín. zoom</b>	23"	34"	45"	57"	68"	79"	89"	101"	112"	154"	225"
<b>Distancia en m</b>		1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	7	10

**Anexo XVII Desglose de los precios del sistema de audio.**

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario CUC</b>	<b>Importe total CUC</b>
Consola de Audio SOUNDCRAFT LX 7ii-24	1	\$1.577,43	\$1.577,43
Altavoces Work Mimo 12	2	\$287,70	\$575,40
Altavoces Work Mimo 10	6	\$246,54	\$1.479,24
Amplificador Work EXTREME 1100.	1	\$210,31	\$210,31
Amplificador Work SP 950	2	\$198,50	\$397,00
Altavoces referencia	5	\$369,00	\$1.845,00
Ecualizador gráfico WORK QMAX 231	1	\$213,16	\$213,16
MULTICOM PRO-XL MDX4600	3	\$293,40	\$880,20
Caja de inserción directa Behringer DI600P	3	\$17,00	\$51,00
Micrófonos SHURE PG58.	10	\$54,65	\$546,50
Micrófonos SHURE PG57.	6	\$53,20	\$319,20
Micrófonos SHURE BLX288/PG58.	2	\$128,30	\$256,60
Computadora	1	\$1.206,32	\$1.206,32
Tarjeta de sonido	1	\$17,50	\$17,50
APC Back-UPS ES650	2	\$160,30	\$320,60
Cables de audio (micrófonos y líneas) [m]	200	\$0,43	\$86,00
Cable Royal Cord para altavoces [m]	150	\$0,63	\$94,50
Audífonos de estudio	1	\$63,20	\$63,20
Conector Jack 6,3 mm macho	20	\$0,43	\$8,60

Conector Jack 6,3 mm macho	10	\$0,43	\$4,30
Conector XLR-3 macho	26	\$0,43	\$11,18
Conector XLR-3 hembra	20	\$0,43	\$8,60
Manguera de audio 32 vías	1	\$451,50	\$451,50
Pie de micrófonos con boom	16	\$32,32	\$517,12
Canaleta [m]	30	\$3,15	\$94,50
Base de mesa para micrófono	16	\$7,42	\$118,72
<b>TOTAL</b>			<b>\$11.353,68</b>

**Anexo XVIII Desglose de los precios del sistema de video.**

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario CUC</b>	<b>Importe total CUC</b>
Cámara de video Panasonic	2	\$187,60	\$375,20
Trípode	2	\$47,00	\$94,00
Computadora	1	\$1.206,32	\$1.206,32
Tarjeta de captura de video IMAGINGOURCE DFG/SV1	1	\$42,71	\$42,71
Tarjeta de video ASUS a9250/TD/128M/A.	1	\$36,32	\$36,32
Modulador Pico Macom PLM860SAW	1	\$112,54	\$112,54
Amplificador CA-30/550	1	\$196,21	\$196,21
Derivador SUV-3.	1	\$1,13	\$1,13
Acoplador direccional (TAP) TSC-12SB	1	\$1,50	\$1,50
Atenuador fijo FAM12	1	\$1,65	\$1,65
Resistencia de terminación F-59T	4	\$0,67	\$2,68
Conector F59	8	\$0,94	\$7,52
Conversor de conector F a RCA.	4	\$1,21	\$4,84
Cable coaxial RG59 [m]	100	\$0,96	\$96,00
Proyector digital BENQ DS550	1	\$420,50	\$420,50
APC Back-UPS ES650	1	\$160,00	\$160,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$2.759,12</b>