



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUDIO DISTRIBUIDO DE VOLTAJE
CONSTANTE AUTOMATIZADO PARA LA SEDE QUERI
DE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniera de Sonido y Acústica

Profesor Guía
MSc. Héctor Ferrández Motos

Autora
Diana Berenice Campo Góngora

Año
2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Héctor Ferrández Motos

Master en Postproducción Digital de Audio y Video

569477

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Diana Berenice Campo Góngora

1724466089

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Jorge y Sara por su amor y apoyo incondicional, sin ustedes nada de esto sería posible. A mis hermanos Jordan y Sofia, quienes me inspiran a ser mejor cada día. A Marcelo, Héctor y Gabriel, por su guía en el desarrollo de este proyecto. A Andrés por su amor, paciencia y comprensión que han sido muy importantes en este proceso. Y a toda la familia y amigos que me alentaron para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos, familia y amigos.

Y a todos quienes deseen aprender.

RESUMEN

Este proyecto de titulación tiene como objetivo principal el diseño de un sistema de audio de voltaje constante automatizado para los bloques 1, 3, 4 y 6 la sede Queri de la Universidad de Las Américas.

La automatización del sistema consta de tres fases:

- a) Sectorización o zonificación.
- b) Variación del nivel de reproducción del sistema en función del nivel de ruido de fondo.
- c) Interconexión del sistema de emergencia con el sistema de audio distribuido para la emisión de mensajes de voz.

La sectorización o zonificación se consigue con el uso de un módulo de automatización por cada sector o zona. Por otra parte, la variación del nivel de reproducción es posible con el uso de un micrófono que capta la señal del ruido de fondo y pasando por un proceso de amplificación o atenuación automática a través del TDA7284. Finalmente, para la interconexión del sistema de emergencia con el sistema de audio distribuido se simula el detector de humo, empleando un pulsador, el tratamiento de la señal de emergencia se procesa con la placa ARDUINO UNO R3, cuando se presiona el pulsador el sistema se unifica, es decir que todas las zonas emiten el mensaje de emergencia.

Para diseñar el sistema es indispensable la evaluación de las condiciones acústicas iniciales de los recintos, lo que nos proporciona una valiosa información al momento de calcular los puntos de ubicación de los altavoces.

Los resultados obtenidos de la investigación e implementación del prototipo, nos indican que es posible automatizar un sistema de audio distribuido de voltaje constante de acuerdo a las necesidades de cada recinto.

ABSTRACT

This titling project's main objective is the design of an audio system automated constant voltage for blocks 1, 3, 4 and 6 Queri headquarters of the University of the Americas.

The automation system consists of three phases:

- a) Sectorization or zoning.
- b) Change the playback level of the system depending on the level of background noise.
- c) Interconnection emergency system with distributed audio system delivering voice messages.

Sectorization or zoning is achieved with the use of an automation module for each sector or zone. Moreover, the change in the level of reproduction is possible with the use of a microphone that picks up the signal from background noise and going through an automatic process of amplification or attenuation through TDA7284. Finally, for the interconnection of the emergency system with the distributed audio system it is simulated a smoke detector using a pushbutton, treating emergency signal is processed with the ARDUINO UNO R3 board, when the button is pressed the system unifies, that means that all areas emit the emergency message.

For the design of the system, is essential to evaluate the initial acoustic conditions of the enclosures, giving us valuable information for the calculation of the speaker placement points.

The results of the research and implementation of the prototype indicate that it is possible to automate a distributed audio system constant voltage according to the needs of each block.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Sistemas de voltaje constante	5
1.1.1. Transformador.....	5
1.1.2. Altavoces con transformadores acoplados.....	6
1.1.3. Amplificador de potencia de audio	6
1.1.4. Amplificador de voltaje constante.....	7
1.1.5. Funcionamiento de los sistemas de voltaje constante	7
1.1.6. Tipos de sistemas de voltaje constante.....	9
1.1.7. Cables	9
1.2. Altavoces.....	11
1.2.1. Características eléctricas y acústicas de los altavoces	11
1.2.1.1 Sensibilidad	11
1.2.1.2. Potencia nominal	12
1.2.1.3. Respuesta de frecuencia	12
1.2.1.4. Impedancia	14
1.2.1.4.1 Impedancia Nominal	14
1.2.1.5. Directividad	15
1.2.1.5. Factor de directividad Q.....	16
1.2.2. Métodos de conexión de carga	17
1.2.2.1. Conexión en serie.....	17

1.2.2.2. Conexión en paralelo	18
1.2.2.3. Conexión serie-paralelo	18
1.2.3. Arreglos y espaciamiento de altavoces	19
1.2.3.1 Arreglo en línea	19
1.2.3.2. Arreglo en forma de abanico.....	20
1.2.3.3. Espaciamiento cuadrado y hexagonal	22
1.2.3.4. Arreglo cuadrado y hexagonal	25
1.3. Micrófonos	27
1.3.1. Características de los micrófonos	27
1.3.1.1. Sensibilidad	27
1.3.1.2. Respuesta de frecuencia	27
1.3.1.3. Direccionalidad	28
1.3.1.4. Impedancia	28
1.3.2. Clasificación de los micrófonos	28
1.3.2.1. Micrófonos piezoeléctricos	28
1.3.2.2. Micrófonos electrodinámicos	29
1.3.2.3. Micrófonos capacitivos	29
1.4. Fundamentos acústicos	29
1.4.1. Tiempo de reverberación	29
1.4.2.1. %ALCons y STI	31
1.4.3. Atenuación por distancia	33
1.5. Sistema de automatización.....	34

1.5.1. ARDUINO UNO R3	34
1.5.1.1. Características.....	35
1.5.1.2. Configuración.....	36
1.5.1.3. Aplicaciones.....	36
1.5.2. TDA7284	36
1.5.2.1. Características.....	38
1.5.2.2. Aplicaciones.....	38
1.6. Distribución de los bloques de la sede Queri de la Universidad de Las Américas	39
1.7. Sistemas de emergencia empleados en la sede Queri de la Universidad de Las Américas	40
1.7.1. Guía docente 2013-2014.....	40
1.7.2. Guía estudiantil 2014-2015	41
1.7.3. Guía docente 2014-2015.....	43
2. DISEÑO DE SISTEMA DE AUDIO DISTRIBUIDO DE VOLTAJE CONSTANTE AUTOMATIZADO	49
2.1. Mediciones acústicas.....	50
2.1.1. Equipo de medición.....	52
2.1.2. Medición de Tiempo de reverberación	53
2.1.2.1. Ubicación de puntos de medición de tiempo de reverberación.....	57
2.1.2.2. Resultados obtenidos	64

2.2. Diseño del programa de automatización del sistema de audio	64
2.2.1. Interconexión del sistema de emergencia con el sistema de audio distribuido	64
2.2.2. Circuito de automatización que permite la variación del nivel en función del nivel de ruido de fondo.....	65
2.3. Identificación de los puntos de ubicación de los altavoces	65
2.4. Determinación de los cables.....	74
2.5. Interconexión.....	74
2.6. Tendencias de los sistemas de audio	77
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	77
4. ANÁLISIS ECONÓMICO	78
5. PROYECCIONES	80
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
6.1. Conclusiones.....	82
6.2. Recomendaciones.....	84
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Partes de un transformador.....	5
<i>Figura 2.</i> Curvas de respuesta de frecuencia.....	13
<i>Figura 3.</i> Curvas de impedancia y fase.....	14
<i>Figura 4.</i> Curvas de directividad.....	15
<i>Figura 5.</i> Conexión en serie.....	17
<i>Figura 6.</i> Conexión en paralelo.....	18
<i>Figura 7.</i> Conexión en serie-paralelo.....	18
<i>Figura 8.</i> Arreglo en línea con altavoces angulados.....	19
<i>Figura 9.</i> Arreglo en forma de abanico, vista superior.....	20
<i>Figura 10.</i> Altavoz empotrado en el techo.....	21
<i>Figura 11.</i> Espaciamiento cuadrado de altavoces.....	23
<i>Figura 12.</i> Espaciamiento hexagonal de altavoces.....	24
<i>Figura 13.</i> Arreglos para un patrón cuadrado.....	25
<i>Figura 14.</i> Arreglos para un patrón hexagonal.....	25
<i>Figura 15.</i> Respuesta de frecuencia.....	27
<i>Figura 16.</i> Patrón polar.....	28
<i>Figura 17.</i> Placa electrónica ARDUINO UNO versión R3.....	34
<i>Figura 18.</i> Esquema Interno del TDA7284.....	37
<i>Figura 19.</i> Conexión de módulos de automatización.....	39
<i>Figura 20.</i> Bloque 1. Planta Alta.....	43
<i>Figura 21.</i> Bloque 1, Planta Baja.....	44

<i>Figura 22.</i> Bloque 3, Planta Alta.....	44
<i>Figura 23.</i> Bloque 3, Planta Baja.....	45
<i>Figura 24.</i> Bloque 4, Planta Alta.....	45
<i>Figura 25.</i> Bloque 4, Planta Baja.....	46
<i>Figura 26.</i> Bloque 4, Subsuelo.....	46
<i>Figura 27.</i> Bloque 6, Planta Baja.....	47
<i>Figura 28.</i> Bloque 6, Piso 1.....	47
<i>Figura 29.</i> Bloque 6, Piso 2.....	48
<i>Figura 30.</i> Bloque 6, Piso 3.....	48
<i>Figura 31.</i> Bloque 4, Planta Baja.....	49
<i>Figura 32.</i> Bloque 4, Planta Alta.....	49
<i>Figura 33.</i> Bloque 6, Planta Baja.....	50
<i>Figura 34.</i> Sede Queri de la Universidad de las Américas.....	51
<i>Figura 35.</i> Bloque 6. Piso 2. Vista Superior.....	52
<i>Figura 36.</i> Diagrama de conexiones para medir tiempo de reverberación.....	53
<i>Figura 37.</i> Medición respuesta de impulso en el software ARTA.....	54
<i>Figura 38.</i> Grabación del sonido impulsivo parte 1.....	54
<i>Figura 39.</i> Grabación del sonido impulsivo parte 2.....	55
<i>Figura 40.</i> Grabación del sonido impulsivo parte 3.....	55
<i>Figura 41.</i> Pestaña Análisis del software ARTA.....	56
<i>Figura 42.</i> Parámetros Acústicos de la norma ISO3382-2.....	56
<i>Figura 43.</i> Datos desplegados de T60.....	57

<i>Figura 44.</i> Nomenclatura	57
<i>Figura 45.</i> Bloque 1. Planta Baja.....	58
<i>Figura 46.</i> Bloque 1. Planta Alta.....	58
<i>Figura 47.</i> Bloque 3. Planta Baja.....	59
<i>Figura 48.</i> Bloque 3. Planta Alta.....	59
<i>Figura 49.</i> Bloque 4. Subsuelo.	60
<i>Figura 50.</i> Bloque 4. Planta Baja.....	60
<i>Figura 51.</i> Bloque 4. Planta Alta.....	61
<i>Figura 52.</i> Bloque 6. Planta Baja.....	61
<i>Figura 53.</i> Bloque 6. Piso 1.	62
<i>Figura 54.</i> Bloque 6. Piso 2.	62
<i>Figura 55.</i> Bloque 6. Piso 3.	63
<i>Figura 56.</i> Nomenclatura de ubicación de altavoces y micrófonos.....	67
<i>Figura 57.</i> Altavoces y micrófono en el Bloque 1. Planta Baja.	68
<i>Figura 58.</i> Altavoces en el Bloque 1. Planta Alta.....	68
<i>Figura 59.</i> Altavoces y micrófono en el Bloque 3. Planta Baja.	69
<i>Figura 60.</i> Altavoces en el Bloque 3. Planta Alta.....	69
<i>Figura 61.</i> Altavoces en el Bloque 4. Subsuelo.	70
<i>Figura 62.</i> Altavoces y micrófono en el Bloque 4. Planta Baja.	70
<i>Figura 63.</i> Altavoces en el Bloque 4. Planta Alta.....	71
<i>Figura 64.</i> Altavoces y micrófono en el Bloque 6. Planta Baja.	71
<i>Figura 65.</i> Altavoces en el Bloque 6. Piso 1.....	72

<i>Figura 66.</i> Altavoces en el Bloque 6. Piso 2.....	72
<i>Figura 67.</i> Altavoces en el Bloque 6. Piso 3.....	73
<i>Figura 68.</i> Diagrama de conexiones del prototipo.....	74
<i>Figura 69.</i> Circuito del módulo de automatización principal.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Longitud máxima de cable para sistemas de 70[V].	10
Tabla 2. Distancia entre altavoces.	26
Tabla 3. Cantidad de altavoces.	26
Tabla 4. Constantes de separación rectangular.	26
Tabla 5. T60 óptimo.	30
Tabla 6. Nivel de presión sonora y tiempos de reverberación.	31
Tabla 7. Relación entre %ALCons, STI/RASTI.	33
Tabla 8. Tiempo de reberveración e inteligibilidad de la palabra obtenidos de las mediciones realizadas	64
Tabla 9. Cálculo de la distancia entre altavoces en arreglo cuadrado límite con límite	66
Tabla 10. Cálculo del número de altavoces y longitud del cable en función del arreglo cuadrado límite con límite.	67
Tabla 11. Total de horas empleadas para el desarrollo y ejecución del proyecto	78
Tabla 12. Descripción de elementos empleados para el diseño del prototipo del sistema	78
Tabla 13. Presupuesto de implementación del sistema	80

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El uso de voltaje constante dentro de los sistemas de audio distribuido comenzó aproximadamente en 1920. Este tipo de sistemas usan altavoces empotrados en techo o paredes. En la mayoría de los casos, el montaje requiere el uso de grandes extensiones de cable ya que son utilizados para abarcar áreas extensas como centros comerciales y aeropuertos, es decir, lugares de gran aforo, generalmente empleados para la transmisión de mensajes de emergencia, publicidad y música de fondo.

La implementación de los sistemas de voltaje constante surgió bajo el mismo concepto del tendido eléctrico, que abastece de forma homogénea la energía eléctrica, independientemente del número de conexiones y de la distancia entre estas. De esta forma es posible diseñar sistemas de audio distribuido evitando grandes pérdidas de potencia, además el voltaje permanece constante, sin importar la cantidad de altavoces que se agreguen a este, mientras que el parámetro que varía es la corriente. Los sistemas tradicionales de audio distribuido, presentaban complicaciones al momento de calcular la impedancia de carga en función de la cantidad de altavoces a usar en el sistema, mientras que con este método no se requiere impositivamente conexiones serie-paralelo de los altavoces, necesarias para controlar que la impedancia de carga no disminuya de manera considerable y afecte en el funcionamiento de los altavoces y amplificador de potencia.

A través de los avances de la tecnología y de la automatización, los sistemas de audio distribuido han sido aplicados en domótica e inmótica con la finalidad de brindar confort a los usuarios de este tipo de sistemas.

El objetivo de la domótica e inmótica es el mismo, pero su campo de aplicación es lo que las diferencia. La inmótica es un término que hace referencia a la automatización y control de las instalaciones con las que cuenta un edificio. Y

es conocido también como “*building management system*”, ya que ayuda a mejorar el ambiente de trabajo de los empleados.

La domótica es la automatización y control de tecnologías usadas en el hogar, con el objetivo de disminuir el uso de energía y brindar confort a través de la iteración entre el sistema y el usuario.

El apareamiento de la domótica se dio con el desarrollo de los sistemas de automatización basados en la tecnología X-10, aunque los primeros sistemas eran muy limitados. Cuando se introdujeron los sistemas de cableado estructurado se dio lugar al control de varios dispositivos con una sola estación de trabajo. Actualmente los sistemas de domótica permiten obtener información de los sensores de entrada y, dependiendo del objetivo que se quiera lograr, enviar señales hacia las salidas.

Actualmente en mercado se encuentran sistemas que permiten implementar la automatización de dispositivos usados en el hogar. No obstante estos sistemas no cuentan con la opción de variar el nivel de reproducción en función del ruido de fondo presente. Por lo que resulta necesario el uso de circuitos electrónicos, que dan la opción de diseñar un sistema de automatización en función de las necesidades del usuario y de las características de los dispositivos.

ALCANCE

El proyecto de titulación contempló el diseño de un sistema de audio distribuido de voltaje constante de 70,7 volts, que interconectó los bloques que conforman la sede Queri de la Universidad de Las Américas de Quito. El diseño propuesto puede ser empleado en cualquier espacio que requiera la comunicación entre los bloques o zonas que lo conforman. Para el desarrollo se presentaron algunos parámetros a tomar en cuenta detallados a continuación:

- Condiciones acústicas iniciales: tiempo de reverberación, inteligibilidad de la palabra, pérdida de articulación de las consonantes, distribución uniforme del sonido, ruido de fondo.

- Análisis del comportamiento de transformadores de distinto voltaje al ser usados en sistemas de 70,7 volts.
- Amplificadores de voltaje constante.
- Impedancia.
- Características acústicas y electroacústicas de los altavoces: sistemas empotrados en paredes y techos, respuesta de frecuencia, sensibilidad, ángulos de cubrimiento y valor de Q óptimo para la propagación.
- Ubicación y montaje de altavoces.

Para el diseño del sistema de automatización se contemplaron las siguientes opciones: microcontroladores, controladores de audio o PLC's. El uso de un determinado dispositivo dependió de la versatilidad brindada, accesibilidad a la programación y de la optimización de los recursos a ser usados.

JUSTIFICACIÓN

El ruido es un factor que influye considerablemente en la transmisión de mensajes y música. Resulta necesario contar con un sistema que permita realizar correcciones de manera automática en el nivel de reproducción, en función de nivel de ruido presente en el recinto.

El diseño de este sistema evalúa las condiciones acústicas iniciales de los recintos, puesto que parámetros como la falta de inteligibilidad de la palabra y pérdida de articulación de consonantes, afectan considerablemente la comunicación entre las personas que se encuentran dentro del recinto. Por otro lado, la presente propuesta dispone de un solo sistema de audio distribuido que controla varios bloques separados, lo que conlleva a la optimización de recursos y tiempo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un sistema de audio de voltaje constante automatizado para la sede Queri de la Universidad de Las Américas de Quito.

Objetivos específicos

- Describir el funcionamiento de los sistemas distribuidos de voltaje constante aplicados al audio.
- Realizar un diagnóstico de las condiciones acústicas iniciales de los bloques de la sede Queri que se contemplan en el diseño del sistema.
- Diseñar un circuito de automatización que permita la sectorización y que en función del nivel de ruido de fondo, varíe el nivel de reproducción del sistema.
- Diseñar la interconexión del sistema de emergencia con el sistema de audio distribuido para la emisión de mensajes de voz.
- Elaborar una referencia que se constituya una herramienta para el diseño de sistemas de audio distribuido de voltaje constante automatizados.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Sistemas de voltaje constante

1.1.1. Transformador

Es un transductor electromagnético diseñado para modificar el valor del voltaje en un circuito eléctrico y esta formado por dos bobinas devanadas sobre un núcleo. A diferencia de los transformadores de potencia, los transformadores de audio trabajan en un rango de frecuencias más amplio de 20 [Hz] a 20k [Hz]. Por esta razón es que su diseño es más complejo, ya que aquellos materiales y procedimientos que tienen un buen rendimiento en bajas frecuencias no son la mejor opción en el rendimiento de altas frecuencia. (Ballou, 2005, p. 235).

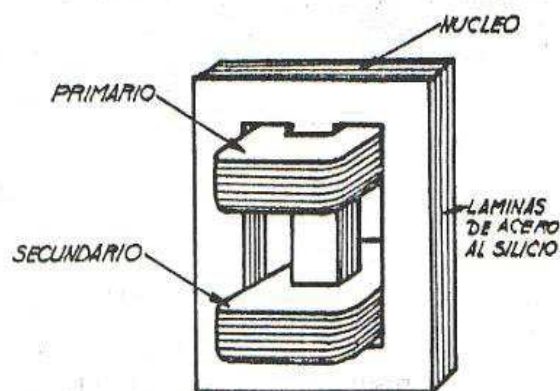


Figura 1. Partes de un transformador.

Tomado de Maturana, 2009.

Para obtener la máxima transferencia de energía de un circuito a otro, se debe lograr que estos tengan una adaptación de impedancia óptima. Una forma de hacerlo de la relación que existe entre el número de espiras y las bobinas del transformador.

Un transformador ideal es aquel que no presenta pérdida de potencia y no tiene fugas magnéticas. Este concepto permite analizar el comportamiento de cualquier transformador en función del número de espiras a través de la siguiente relación.

$$Z_s = Z_l * \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

(Ecuación 1)

Donde:

Z_s : Impedancia de salida

Z_l : Impedancia de entrada

N_1 : Embobinado primario

N_2 : Embobinado secundario

Se cumplen las siguientes condiciones:

$N_1 < N_2$: el voltaje aumenta y la corriente disminuye

$N_1 > N_2$: el voltaje disminuye y la corriente aumenta

$N_1 = N_2$: el voltaje y la corriente se mantienen constantes

1.1.2. Altavoces con transformadores acoplados

Estos altavoces son desarrollados para trabajar en sistemas de voltaje constante. Poseen un transformador reductor que reduce el voltaje para que reciban la potencia adecuada; este tipo de transformadores cuentan con varios bobinados que permiten seleccionar la potencia que se desea recibir de la línea; en este caso se dispone de un selector de potencia de y están marcados con sus correspondencias a 70 [V] y 100 [V]. En ocasiones hay una posición adicional que puentea el transformador y permite usar el altavoz como si no llevara transformador, lo que resulta útil a la hora de ampliar las aplicaciones del transductor.

1.1.3. Amplificador de potencia de audio

Amplifica las señales de audio de baja potencia a un nivel adecuado para el manejo de los altavoces. Es la etapa electrónica final en una cadena de reproducción de audio típica.

1.1.4. Amplificador de voltaje constante

Los amplificadores de voltaje constante no desarrollan siempre un voltaje constante en su salida como se asumiría, depende de si está o no trabajando en su máxima capacidad admisible. Si entrega la máxima potencia es porque a su entrada el voltaje está en los niveles óptimos para generar máxima transferencia de potencia y así optimizar al equipo. Si en su entrada no se tienen niveles óptimos de voltaje, el amplificador no tendrá en su salida un voltaje constante, sino que este variará de forma proporcional a la señal de entrada, lo que a largo plazo disminuye la vida útil del equipo.

Los amplificadores de voltaje constante utilizan un transformador elevador acoplado que generalmente cuenta con varios bobinados para obtener 70 [V] ó 100 [V] en su salida. El objetivo del transformador elevador es disminuir la corriente que circula en el cableado, obteniendo como resultado una pérdida de potencia mucho menor. Frecuentemente los amplificadores cuentan también con una salida directa, sin pasar por el transformador, para cargas de baja impedancia.

Existen otros amplificadores que generan exclusivamente 70 [V] ó 100 [V] directamente sin ayuda de transformador.

1.1.5. Funcionamiento de los sistemas de voltaje constante

Los sistemas de audio distribuido de voltaje constante nacen bajo el concepto del tendido eléctrico tradicional desarrollado por empresas de energía eléctrica. En él se abastece a todo el sistema, de acuerdo a las necesidades y abarca grandes extensiones.

Cuando se traslada energía de un lugar a otro, atravesando largas distancias de cable, es posible minimizar la pérdida de potencia elevando el voltaje y disminuyendo la corriente debido a la resistencia del cable, pero hay que tomar en cuenta que en estos sistemas se distribuye potencia, no diferencia de potencial.

$$P(t) = I(t) * V(t)$$

(Ecuación 2)

Donde:

$P(t)$: Potencia eléctrica [W]

$I(t)$: Corriente eléctrica [A]

$V(t)$: Diferencia de potencial [V]

Para que el valor de la potencia sea constante, los valores de corriente y voltaje deben variar proporcionalmente, es decir, si se desea que la potencia sea 10[W], el voltaje puede ser 10 [V] y la corriente 1 [A], o bien el voltaje puede ser 5 [V] y la corriente 2 [A], etc.

Para evitar la pérdida de potencia generada por la resistencia que presenta el cable conductor frente al paso de corriente, las compañías eléctricas implementaron el uso de un transformador elevador de corriente en la salida del amplificador y un transformador reductor de forma previa a cada altavoz del sistema.

Los sistemas de voltaje constante se basan también en el teorema de Thevenin y Norton que establece que la relación entre la impedancia salida y la impedancia de carga debe ser $1:\infty$, debido a que es un caso ideal, en audio se aplica la relación de 1:10 tomando en cuenta que es el mínimo aceptable, si se tiene una relación mayor es mejor ya que se optimiza la transferencia de potencia. La combinación del transformador y el altavoz presentan una impedancia más alta para el amplificador que el altavoz por si solo. La relación de voltaje y corriente aumenta, ocasionando que menos potencia se pierda a lo largo del cableado, permitiendo usar un calibre de cable mucho menor que el empleado en otras aplicaciones.

En sistemas de audio distribuido el oyente es un receptor móvil, es decir no se ubica en un sólo punto dentro del recinto donde se instalará el sistema, por lo que se distribuyen varios altavoces, frecuentemente a través de largas distancias, en las áreas donde el oyente puede ubicarse. Actualmente se emplean de manera comercial y residencial, donde la idea principal es centralizar el sistema para controlar las distintas zonas que lo componen. Adicionalmente se puede interconectar con sistemas de seguridad permitiendo

establecer jerarquías en las entradas (mensajes de emergencia, música y publicidad).

1.1.6. Tipos de sistemas de voltaje constante

Existen tres tipos de sistemas de audio distribuido que trabajan con voltaje constante: 25, 70,7 y 100 [V]

- 25 [V]: Se usaban principalmente en sistemas de comunicación institucionales donde la baja impedancia reducía las posibilidades de interferencia entre el sistema de portero automático y el sistema de comunicación ya que son sistemas de baja tensión. En la actualidad no se emplean estos sistemas debido a la estandarización de estos.
- 70,7 [V]: Estandarizado en julio de 1949 por *American Radio Manufacturer's Association*.

Se obtiene del cálculo del voltaje RMS de 100 [V] pico. Actualmente se emplean en recintos de gran aforo como instituciones, aeropuertos, centros comerciales, etc. Es común que se simplifique el nombre de estos sistemas empleando la nomenclatura de 70 [V].

- 100 [V]: Es el estándar establecido para sistemas distribuidos en Europa. Sus aplicaciones son las mismas que los sistemas de 70,7 [V].

1.1.7. Cables

El caso ideal en sistemas de audio de voltaje constante es ubicar el amplificador de potencia lo más cercano posible a los altavoces para evitar pérdida de potencia generada por el cableado de línea. En ciertos casos esto no es posible, y debe calcularse la pérdida correspondiente al flujo de corriente.

Debido a que los cables son conductores eléctricos, poseen resistencia, que contribuye a la pérdida de potencia eléctrica (se considera despreciable en distancias cortas). En audio se interpreta como pérdida de presión sonora. Hay que tomar en cuenta que en los sistemas de voltaje constante se envían señales de voltaje alto y corriente baja, permitiendo que la sección de cable a usar sea más pequeña, por lo tanto se minimiza la pérdida de potencia.

En la Tabla 1. Se indican las secciones y longitudes máximas de cable para sistemas de 70[V] de acuerdo a la potencia entregada por el amplificador establecidas en la norma para cables AWG (*American Wire Gauge*).

Tabla 1. Longitud máxima de cable para sistemas de 70[V].

Longitud máxima de cable para sistemas de 70 [V]													
Número de cable AWG	Resistencia por cada 100 metros [Ohms]	Corriente Máxima [A]	Potencia Máxima [W]	Potencia Nominal de Carga									
				10W	15W	20W	30W	40W	60W	100W	200W	400W	1000w
				Máxima distancia en metros [m]									
6	0,3	50	3500	*(1)	*(1)	*(1)	*(1)	2774	1890	1109	555	277	110
8	0,4	35	2450	*(2)	*(2)	*(2)	2377	1737	1189	695	347	174	70
10	0,7	25	1750	*(3)	3018	2225	1524	1128	762	442	223	113	46
12	1,0	20	1400	2774	1890	1402	945	701	488	277	140	70	27
14	1,7	15	1000	1707	1158	853	579	427	290	171	85	43	17
16	2,6	6	420	1097	732	549	366	274	183	113	55	27	N/R
18	4,3	3	210	701	457	335	229	171	113	70	N/R	N/R	N/R
20	6,8	1	70	427	293	216	146	107	73	34	N/R	N/R	N/R
22	10,8	0,5	35	274	183	137	91	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R

Tomado de Vellone, 2006.

- a) N/R: No recomendado
- b) (1) De 0 a 2774 metros
- c) (1) De 0 a 2377 metros
- d) (1) De 0 a 3018 metros

El número de cable AWG tiene una relación inversamente proporcional a la sección de cable y transmisión de corriente, es decir, mientras mayor sea el

número de cable AWG, menor será la sección de cable al igual que la capacidad de transmitir corriente eléctrica.

La pérdida de potencia viene determinada por:

$$L_W = 20 * \log \left[\frac{R_L + 2R_C}{R_L} \right]$$

(Ecuación 3)

Donde:

L_W : Pérdida de potencia [dB]

R_L : Impedancia de carga [Ohms]

R_C : Impedancia del cable [Ohms]

Tomando en cuenta la Ecuación 3 podemos determinar que la pérdida de potencia se debe a la carga conectada al amplificador, es decir la cantidad de altavoces conectados a este, su método de conexión de carga, el cable AWG empleado, así como la cantidad de cable empleado (ya que la impedancia del cable es proporcional a la longitud).

1.2. Altavoces

Un altavoz es un transductor electromecanoacústico, es decir, un dispositivo que permite convertir energía eléctrica en energía acústica que se radia al medio en el que se encuentra.

1.2.1. Características eléctricas y acústicas de los altavoces

1.2.1.1 Sensibilidad

Relacionado a la eficiencia del transductor, en el caso de un altavoz se asocia al Nivel de Presión Sonora (NPS) radiado a 1 metro, con una cierta potencia o

voltaje de alimentación dependiente de la impedancia del altavoz. Se expresa en dB/Wm.

$$v = \sqrt{W * Z} \text{ [v]}$$

(Ecuación 4)

Donde:

v : Voltaje [V]

W : Potencia aplicada al altavoz 1[w]

Z : Impedancia del altavoz [Ohms]

Para el caso de altavoces de 8 [Ohms] el voltaje empleado para medir sensibilidad es de 2,83 [V].

1.2.1.2. Potencia nominal

Es la máxima potencia que un altavoz puede mantener y trabajar por un período de tiempo prolongado sin cambios permanentes en su desempeño acústico, mecánico o eléctrico.

1.2.1.3. Respuesta de frecuencia

Es la capacidad que posee un altavoz para reproducir audio en forma óptima dentro de un rango de frecuencias en particular. Generalmente acompañando a esta respuesta existe un rango de tolerancia dado por un número en decibeles [dB] que indica cuan plana es esta.

Debido a la incapacidad de los altavoces de reproducir todo el espectro audible, en forma plana, se suelen dividir en distintos tipos:

- Subwoofer: es un altavoz designado a la reproducción de frecuencias por debajo de los graves, estas representan el rango de 20 [Hz] a 100 [Hz].

- Woofer: es un altavoz designado a la reproducción de frecuencias bajas constituidas entre los 50 [Hz] y 800 [Hz]. El rango varía de acuerdo al tamaño del altavoz.
- Mid range (squakers): reproducen fielmente frecuencias entre 250 [Hz] a 5k [Hz].
- Tweeters: es un altavoz destinado para reproducir frecuencias altas comprendidas entre 1k [Hz] a 20k [Hz].
- Super tweeters: reproducen altas frecuencias en el rango de 4k [Hz] a 25k [Hz] o más.
- Horn-drivers: reproducen frecuencias entre los 500 [Hz] a los 25 [kHz], de acuerdo a lo que determine el fabricante.

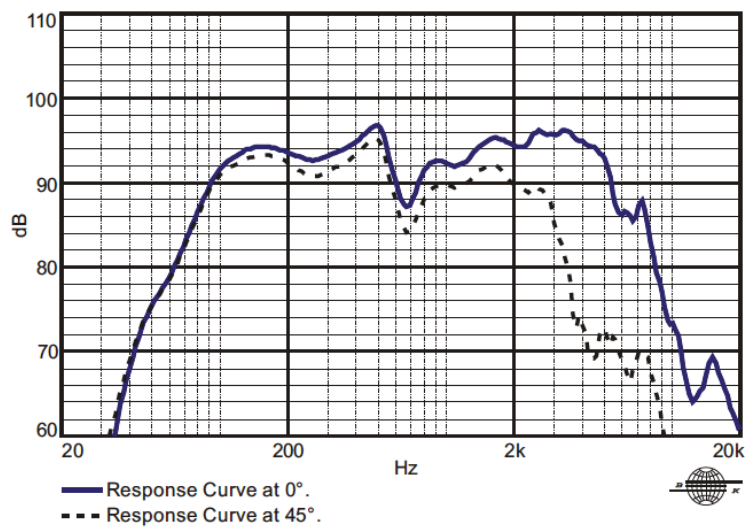


Figura 2. Curvas de respuesta de frecuencia.

Tomado de Selenium, s.f.

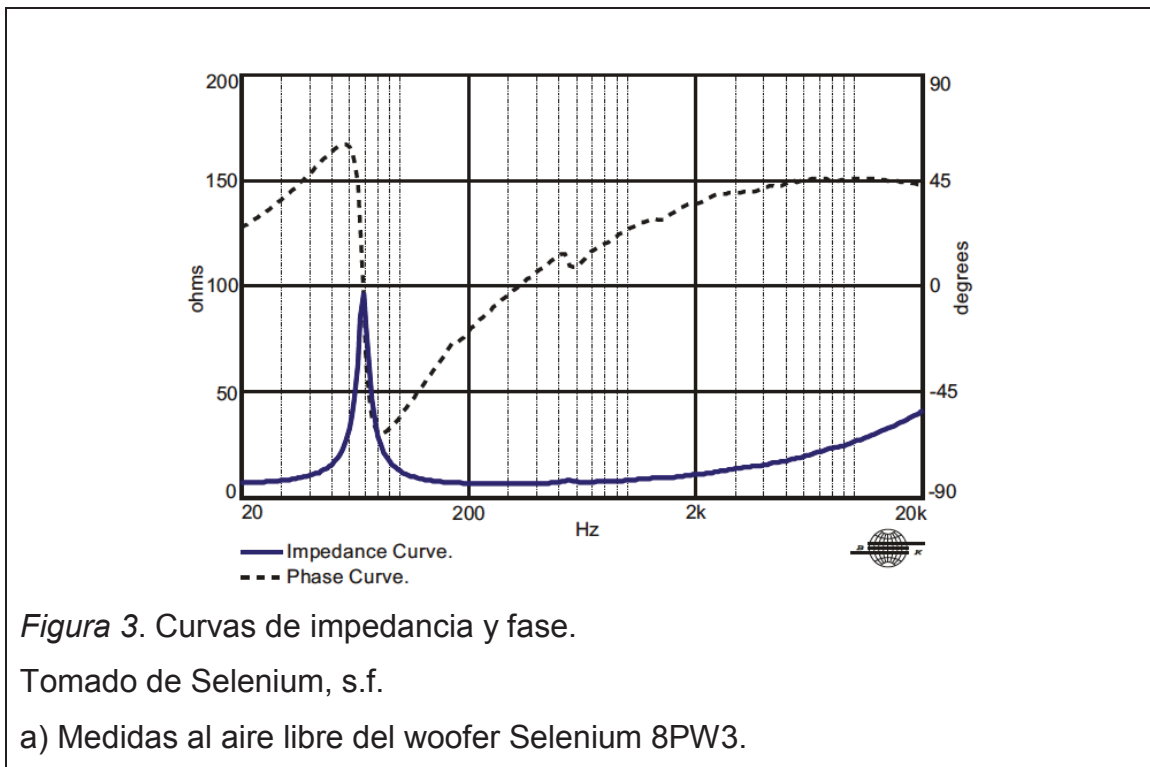
a) Respuesta de frecuencia del woofer Selenium 8PW3 (0° y 45°) en un recinto de prueba dentro de una cámara anecoica, 1W/1m: 70 [Hz] a 8 [kHz].

1.2.1.4. Impedancia

Es la oposición al paso de corriente alterna.

Para el caso de altavoces la impedancia varía de acuerdo a la frecuencia, por lo que los fabricantes entregan una gráfica de curvas de impedancia, donde se indican la impedancia nominal, impedancia mínima y valores de resonancia del altavoz; los valores de resonancia del altavoz varían de acuerdo a la ubicación del altavoz, ya sean al aire libre como en cajas acústicas.

En la Figura 3 se indica la curva de impedancia de un altavoz al aire libre descrita por la curva azul, la curva negra segmentada representa la fase del altavoz.



1.2.1.4.1 Impedancia Nominal

Son los valores que vienen en las especificaciones de los altavoces con valores comunes como: 2, 4, 8 y 16 [Ohms], los cuales se usan para trabajar y hacer cálculos pertinentes de acuerdo a la configuración de ubicación y conexión de los transductores.

1.2.1.5. Directividad

Es un parámetro que muestra la distribución energética emitida por un altavoz y se la define como el ángulo en el cual el nivel de presión sonora decae 6 dB, de forma general se representa a través de diagramas polares.

Los altavoces tienen la característica de ser más direccionales en alta frecuencia, razón por la cual el ángulo de cobertura de estas es más estrecho que el de las frecuencias medias. Se clasifica en:

Omnidireccional: radia sonido en todas las direcciones, es decir 360°.

Bidireccional: emite sonido tanto por delante como por detrás, mientras que en los laterales es casi nulo.

Cardioide: radian sonido por la parte frontal y tienen un mínimo de sensibilidad en su parte posterior, donde se produce una atenuación gradual.

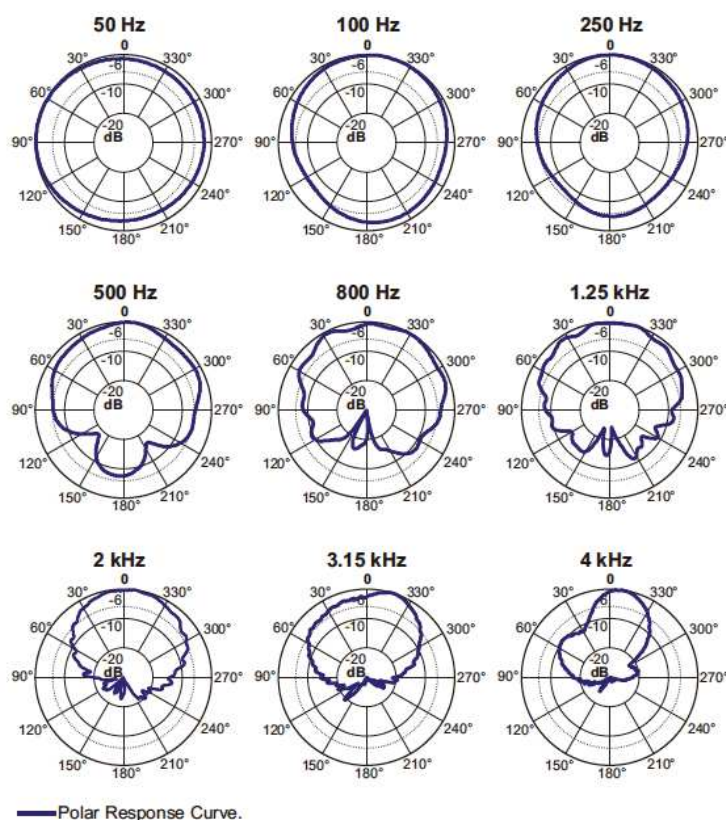


Figura 4. Curvas de directividad.

Tomado de Selenium, s.f.

a) en función de la frecuencia del woofer Selenium 8PW3.

En la Figura 4 se puede apreciar que para la frecuencia de 50 [Hz] tiene un patrón direccional omnidireccional, la frecuencia de 500 [Hz] tiene un patrón direccional cardioide

1.2.1.5. Factor de directividad Q

Se define como la razón entre dos intensidades sonoras o presiones donde el numerador es la presión medida en una dirección y distancia determinada, mientras que el denominador es la presión promedio en todas las direcciones a la misma distancia.

Mientras más direccional sea una fuente, más alto será su factor de directividad. Las fuentes omnidireccionales poseen un valor de $Q = 1$. Una fuente omnidireccional colocada sobre una superficie como el techo posee un $Q = 2$.

La Ecuación 5 nos permite obtener un valor aproximado de Q , ya que relaciona los ángulos de cubrimiento con el factor de directividad.

$$Q = \frac{180^\circ}{\sin^{-1} \left[\sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) * \sin \left(\frac{\beta}{2} \right) \right]}$$

(Ecuación 5)

Donde:

Q : Factor de directividad

α : Ángulo de cubrimiento horizontal del altavoz [°]

β : Ángulo de cubrimiento vertical del altavoz [°]

1.2.2. Métodos de conexión de carga

La conexión de varios altavoces al mismo amplificador tiene variantes en función de la cantidad de altavoces y la impedancia de cada uno.

Es conveniente emplear altavoces de la misma marca y modelo para que la impedancia nominal y potencia sean las mismas; de esta forma el cálculo se facilita y la potencia del amplificador será repartida por igual a cada uno de los altavoces, siendo este el caso más idóneo.

1.2.2.1. Conexión en serie

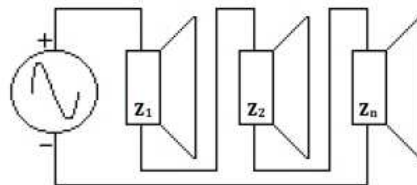


Figura 5. Conexión en serie.
a) de n altavoces a un canal del amplificador.

Z_1 corresponde a la primera carga y Z_n a la última carga de n número de altavoces.

Las conexiones en serie se caracterizan porque el primer altavoz va conectado con el siguiente y así sucesivamente, siendo el último altavoz el que cierra el circuito directamente con el amplificador.

La forma de calcular la impedancia total del sistema viene dada por:

$$Z_{eq} = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$$

(Ecuación 6)

1.2.2.2. Conexión en paralelo

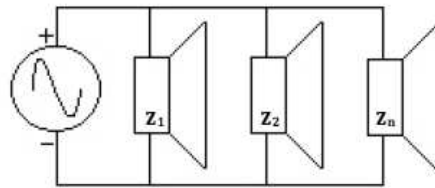


Figura 6. Conexión en paralelo.
a) de n altavoces a un canal del amplificador.

La característica de las conexiones en paralelo es que cada carga va conectada directamente a los terminales positivo y negativo del canal del amplificador, por lo tanto la corriente llega de forma simultánea a cada altavoz

La forma de calcular la impedancia total del sistema viene dada por:

$$Z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n}}$$

(Ecuación 7)

1.2.2.3. Conexión serie-paralelo

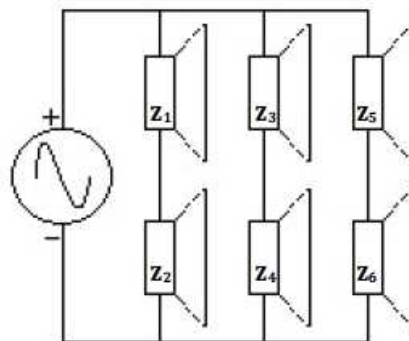


Figura 7. Conexión en serie-paralelo.
a) de 6 altavoces a un canal del amplificador.

Este tipo de conexiones, como su nombre indica combina conexiones en serie y paralelo para obtener la impedancia deseada, aunque su cálculo se vuelve tedioso, es útil cuando los altavoces no poseen la misma impedancia nominal y se debe conseguir un valor determinado para ser conectado al altavoz.

La forma de calcular la impedancia total del sistema viene dada por:

$$Z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{Z_1 + Z_2} + \frac{1}{Z_3 + Z_4} + \frac{1}{Z_5 + Z_6}}$$

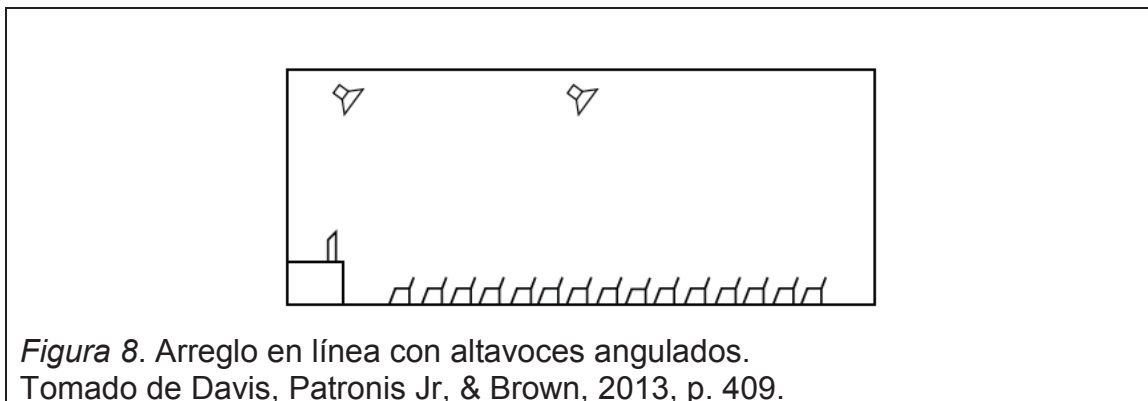
(Ecuación 8)

1.2.3. Arreglos y espaciamiento de altavoces

Los sistemas de audio distribuido se emplean en espacios de gran aforo por lo que la inteligibilidad de la palabra debe ser óptima. Se emplean distintas configuraciones de ubicación de los altavoces, dependiendo de las características del recinto, para que los oyentes perciban de forma adecuada el mensaje transmitido.

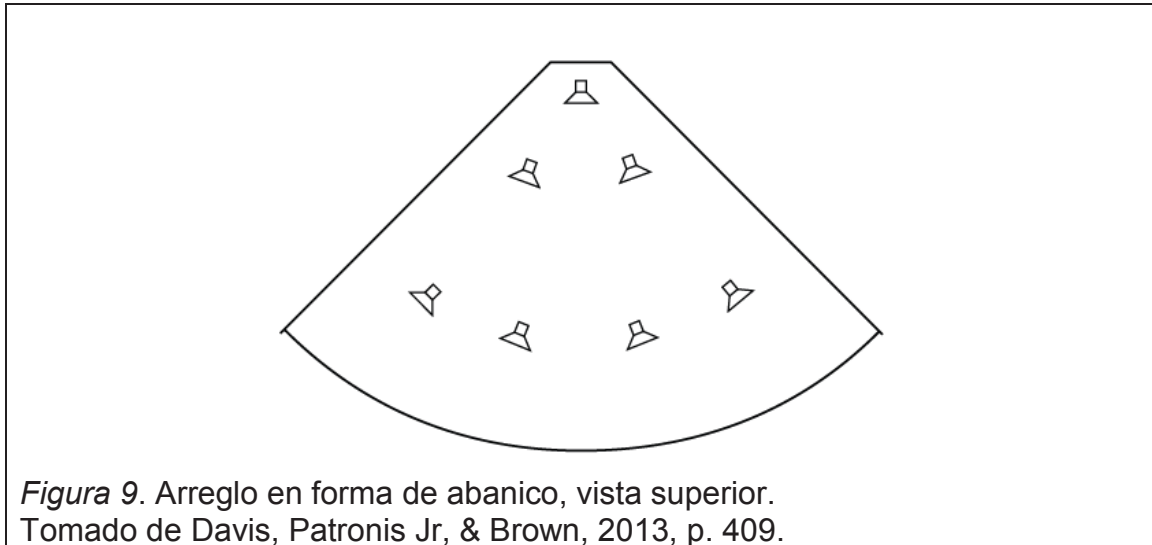
1.2.3.1 Arreglo en línea

En espacios donde el área de escucha es larga con ancho pequeño, un sistema en línea de dos o más altavoces iguales distribuidos a lo largo del eje central es la primera alternativa.



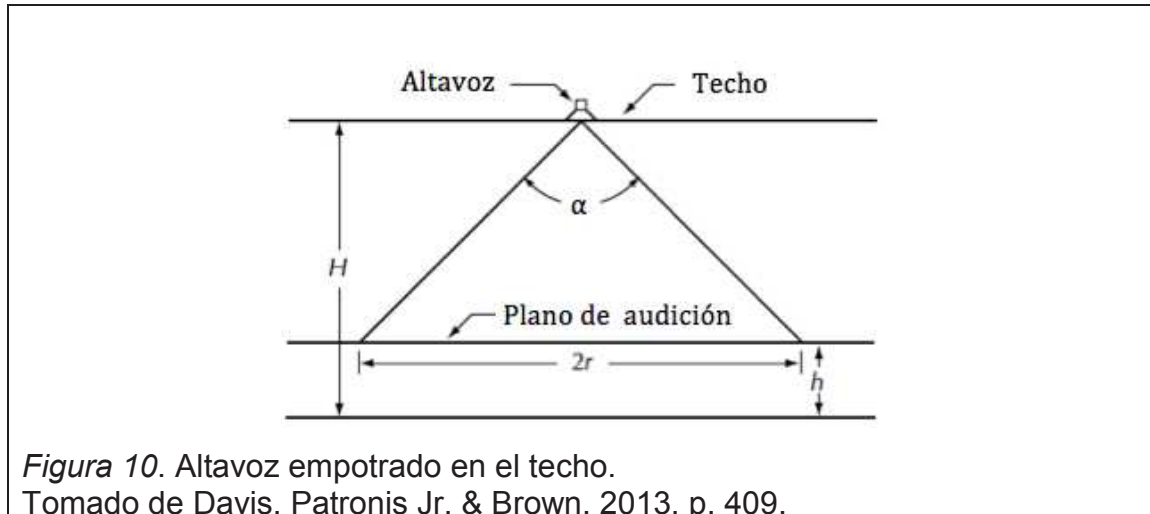
1.2.3.2. Arreglo en forma de abanico

Para el caso donde el área de escucha tenga forma de abanico, el sistema necesita una fuente central reforzada por fuentes ubicadas en arcos radiales sucesivos. En este caso es importante programar tiempo de retardo de los altavoces para que el oyente escuche la información de audio de manera simultánea independientemente de su ubicación.



En recintos con alturas comprendidas entre 2,5 y 8 metros y de gran extensión, los sistemas de audio distribuido emplean altavoces empotrados o suspendidos desde el techo, por lo tanto radian en dirección al suelo. En estos casos hay que tomar en cuenta la geometría del patrón de cobertura a seguir, el ángulo de cobertura del altavoz y el plano de audición.

La mayoría de los altavoces empleados en los sistemas mencionados, poseen patrones de cobertura cónica, la Figura 10 nos indica cómo calcular el radio de audición para este tipo de patrones.



El radio de la estampa circular de un altavoz en el plano de audición se calcula con:

$$r = (H - h) * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(Ecuación 9)

Donde:

r : Radio de la estampa circular en el plano de audición [m]

H : Altura piso-techo [m]

h : Altura del plano de audición [m]

α : Ángulo de cobertura del altavoz [°]

Las configuraciones de altavoces suspendidos o empotrados en el techo se basan en las propiedades geométricas de los cuadrados y hexágonos, ya que logran un cubrimiento uniforme en un área establecida.

Las dimensiones de la grilla básica empleada dependen de la radio del patrón de cobertura altavoz individual y la elección de solapamiento. Límite con límite es la elección más económica con respecto al número de altavoces, aunque se

dejen espacios en la cobertura global. Las instalaciones de excelente calidad emplean arreglos de solapamiento mínimo o centro a centro.

1.2.3.3. Espaciamiento cuadrado y hexagonal

Lo primordial en el diseño es el número de altavoces por unidad de área. Esto puede ser explicado de manera general de la siguiente forma:

Alrededor de cada altavoz se debe construir un área rectangular que se entrelace con las áreas rectangulares los altavoces adyacentes.

Determinar el área de este rectángulo en términos de distancia entre altavoces.

El número de altavoces será entregado por las fórmulas correspondientes de cada espaciamiento.

Espaciamiento cuadrado:

$$N_R = \frac{A_C}{S^2}$$

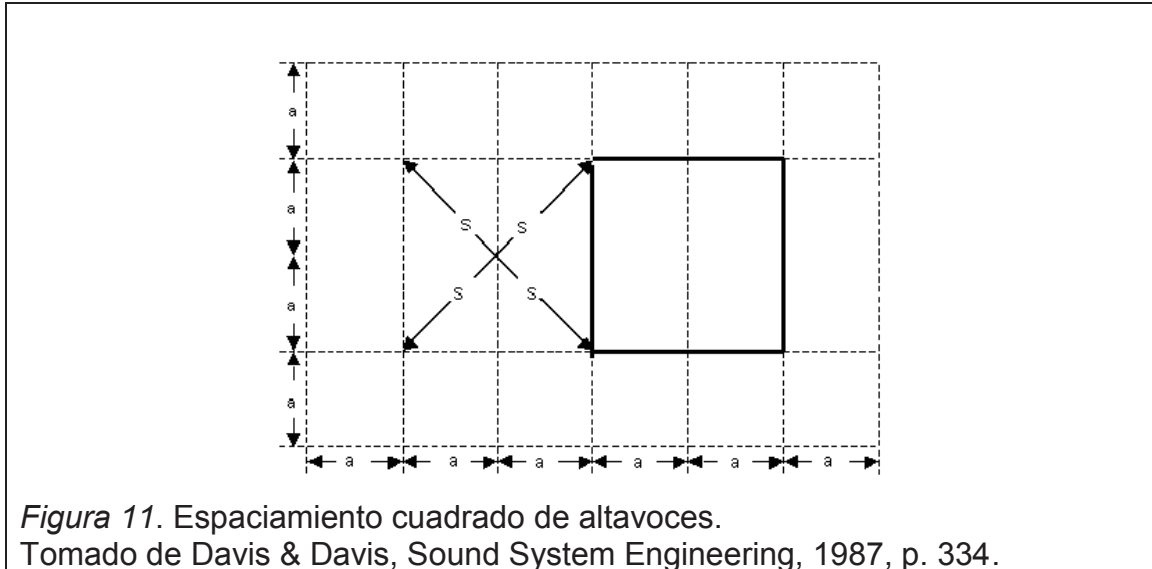
(Ecuación 10)

Donde:

N_R : Número de altavoces para espaciamiento cuadrado

A_C : Área cubierta [m²]

S : Distancia entre los altavoces [m]



De la Figura 11 obtenemos:

$$a = \frac{S}{\sqrt{2}}$$

(Ecuación 11)

Donde a es la constante de separación rectangular en espaciamento cuadrado.

Espaciamento Hexagonal:

$$N_H = \frac{2 \times A_C}{\sqrt{3} \times S^2}$$

(Ecuación 12)

Donde:

N_H : Número de altavoces para espaciamento hexagonal

A_C : Área cubierta [m²]

S : Distancia entre los altavoces [m]

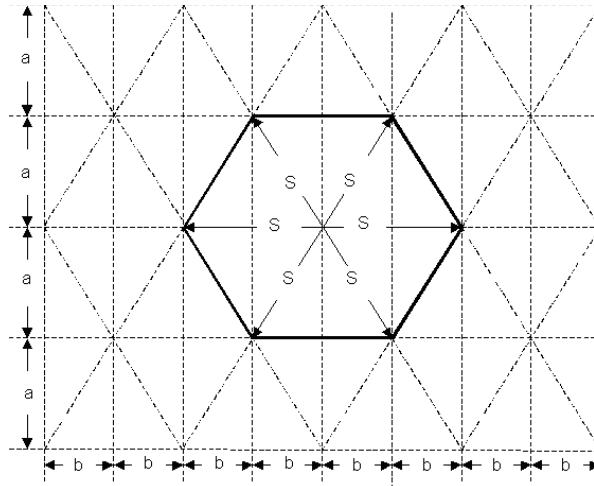


Figura 12. Espaciamiento hexagonal de altavoces.
Tomado de Davis & Davis, *Sound System Engineering*, 1987, p. 334.

De la Figura 12 obtenemos:

$$a = \frac{S\sqrt{3}}{3}$$

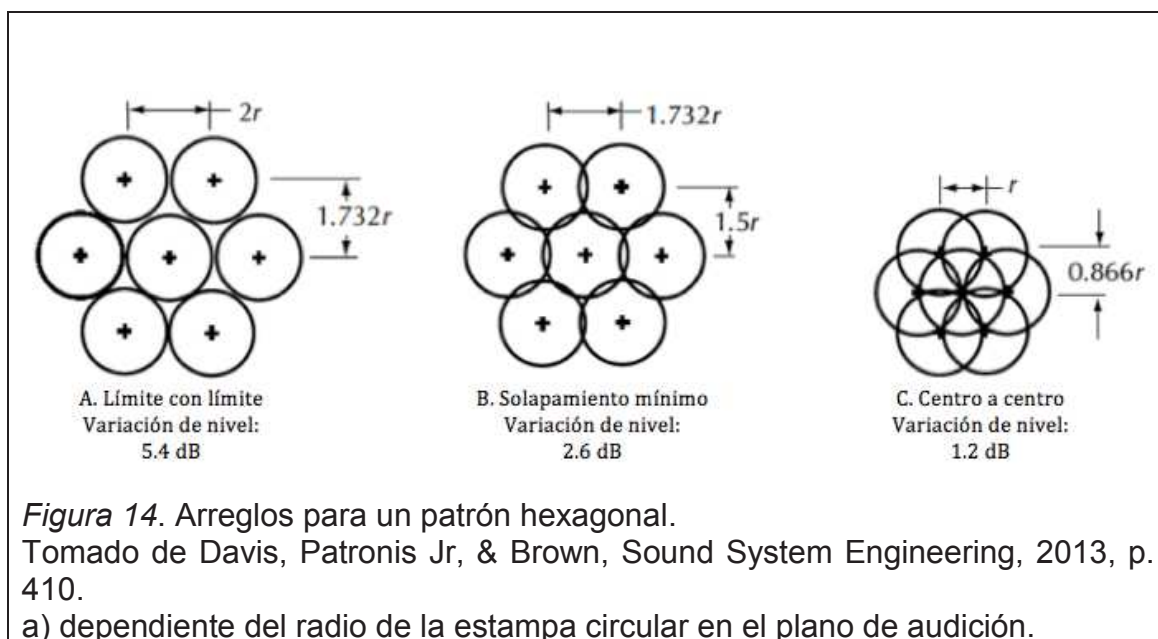
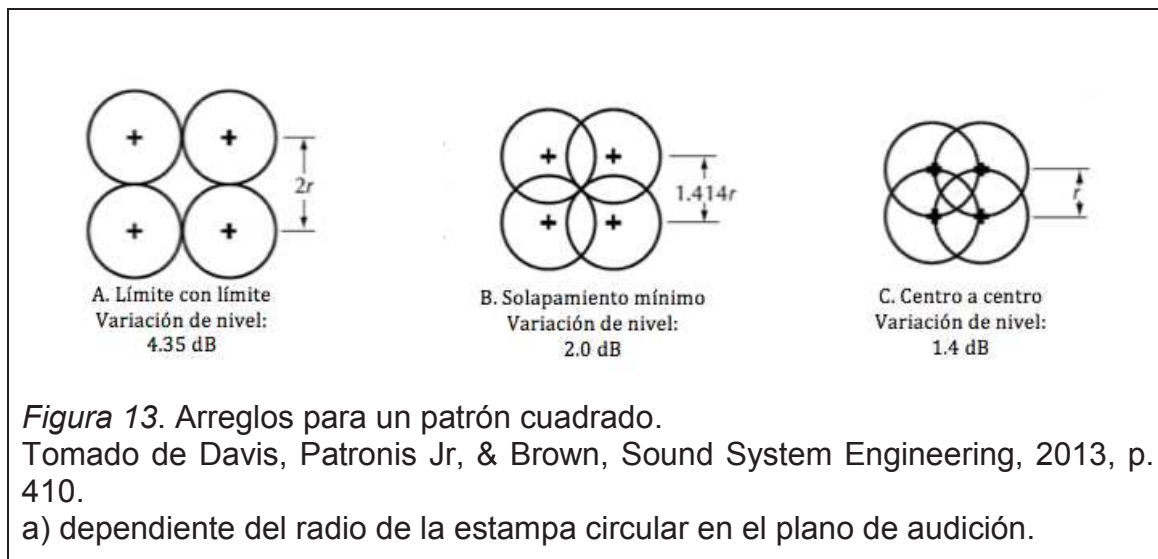
(Ecuación 13)

$$b = \frac{S}{2}$$

(Ecuación 14)

Donde a y b son las constantes de separación rectangular en espaciamiento hexagonal.

1.2.3.4. Arreglo cuadrado y hexagonal



El siguiente procedimiento se usa en áreas geométricas cuyo número de altavoces es superior a 4. Resultados con menor cantidad de altavoces se considera insuficiente para el método y se consideran las opciones de arreglos presentados previamente.

- Determinar las dimensiones del área de cobertura (A_C) y la distancia entre el techo y el plano de audición ($H - h$).

- Seleccionar o determinar el ángulo de cobertura (α).
- Seleccione el patrón de cobertura y determine la distancia entre los altavoces (S).
- Establezca el número de altavoces ($N \geq 4$).
- Determine las constantes de separación rectangular.

Tabla 2. Distancia entre altavoces.

Patrón de cobertura	Distancia entre altavoces - S	
	Arreglo Cuadrado	Arreglo Hexagonal
Límite con límite	a) $S = 2r$	b) $S = 2r$
Solapamiento mínimo	c) $S = \sqrt{2} r$	d) $S = \sqrt{3} r$
Centro a centro	e) $S = r$	f) $S = r$

a) en función al arreglo y patrón de cobertura.

Tabla 3. Cantidad de altavoces.

Número de altavoces		
Patrón de cobertura	En arreglo cuadrado N_R	En arreglo hexagonal N_H
Límite con límite	a) $N_R = \frac{A_C}{4 r^2}$	b) $N_H = \frac{A_C}{2\sqrt{3} r^2}$
Solapamiento mínimo	c) $N_R = \frac{A_C}{2 r^2}$	d) $N_H = \frac{2 A_C}{3\sqrt{3} r^2}$
Centro a centro	e) $N_R = \frac{A_C}{r^2}$	f) $N_H = \frac{2 A_C}{\sqrt{3} r^2}$

a) en función al arreglo y patrón de cobertura.

Tabla 4. Constantes de separación rectangular.

Constantes de separación rectangular	
Patrón	Constantes
Cuadrado	a) $a = \frac{S}{\sqrt{2}}$
Hexagonal	b) $a = \frac{S\sqrt{3}}{3}$ $b = \frac{S}{2}$

a) en función al arreglo y patrón de cobertura.

1.3. Micrófonos

Un micrófono es un transductor electroacústico, es decir, un dispositivo que permite convertir energía acústica en energía eléctrica para tratarla posteriormente por procesos electrónicos (filtraje, amplificación, almacenamiento, etc.).

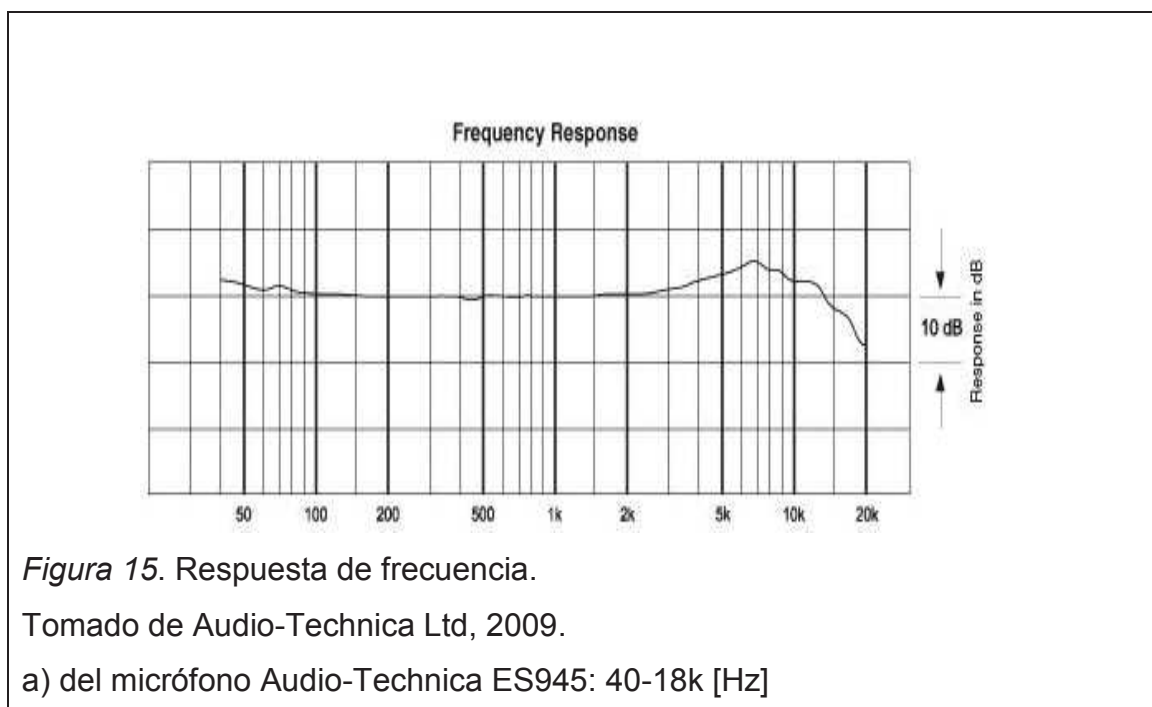
1.3.1. Características de los micrófonos

1.3.1.1. Sensibilidad

Propiedad del micrófono que mide la eficiencia al transformar la energía acústica de entrada, en energía eléctrica a su salida. Generalmente se expresa en una relación de voltaje / presión [mV/Pa].

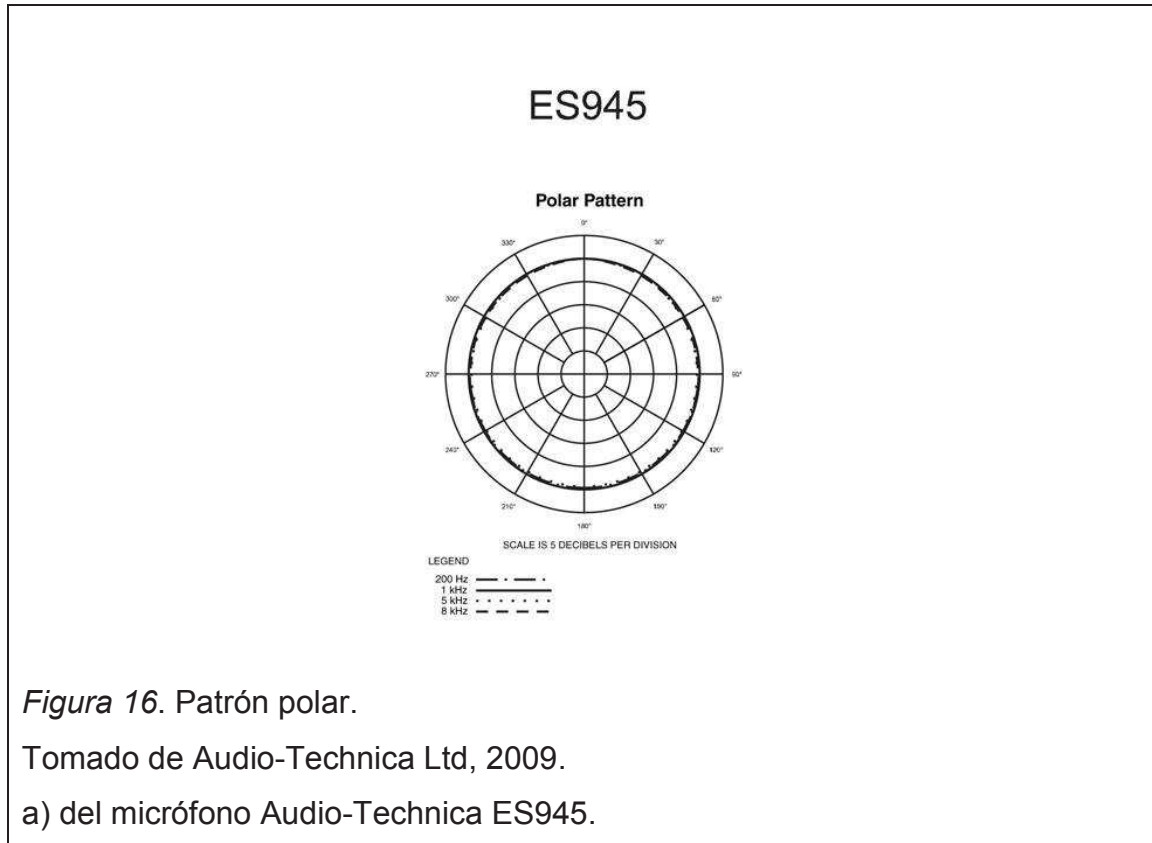
1.3.1.2. Respuesta de frecuencia

Es la respuesta comprendida en un determinado ancho de banda (rango comprendido entre dos frecuencias de corte) y dentro de una determinada tolerancia, donde el micrófono responde de manera óptima.



1.3.1.3. Direccionalidad

Respuesta direccional dada por diagramas polares que representa la magnitud de salida del transductor en decibelios, para distintos ángulo de incidencia.



1.3.1.4. Impedancia

Esta es una medida de la resistencia interna del micrófono en función de la frecuencia.

1.3.2. Clasificación de los micrófonos

1.3.2.1. Micrófonos piezoeléctricos

Estos micrófonos aprovechan la capacidad de los cristales piezoeléctricos de generar diferencia de potencial cuando son deformados por alguna causa mecánica externa. Para su construcción se emplean materiales cerámicos como: plomo, bario, titanio y zirconio.

1.3.2.2. Micrófonos electrodinámicos

La señal eléctrica en estos dispositivos es generada por el movimiento de un conductor (generalmente una bobina móvil) en un campo magnético, lo que genera inducción electromagnética.

1.3.2.3. Micrófonos capacitivos

Cuando se conecta un generador de tensión a dos placas metálicas paralelas separadas por un dieléctrico, provoca que las placas se comporten como un condensador o capacitor y son capaces de almacenar carga.

La cantidad de carga almacenada depende del tamaño de las placas y de la distancia de separación. Si una de las placas vibra con cierta frecuencia, la variación de la carga almacenada se traducirá en una señal eléctrica.

1.4. Fundamentos acústicos

1.4.1. Tiempo de reverberación

Es el tiempo que tarda una señal acústica persistente en una sala, en decaer su energía a una millonésima parte o 60 dB, luego de que la fuente de sonido deja de emitir energía. (Arau, 1999, p. 227).

Wallace Sabine determinó la siguiente expresión matemática que permite calcular el tiempo de reverberación de una sala:

$$T = 0,16 * \left(\frac{V}{A} \right)$$

(Ecuación 15)

Donde:

V : Volumen de la sala [m^3]

A : Absorción de las sala [m^2 Sab]

La reverberación se produce por la presencia de múltiples reflexiones de la señal acústica dentro de un recinto. Su valor puede incrementar o disminuir por factores como: la forma, tamaño, materiales y elementos presentes en la sala.

Un tiempo de reverberación excesivamente alto daña la inteligibilidad, esto se aprecia en recintos de gran tamaño como coliseos, iglesias, galpones industriales, entre otros, donde la capacidad para entender mensajes de voz es muy reducida. Por ello el tiempo de reverberación tiene un profundo impacto en el éxito comercial de estos espacios una vez que se encuentran funcionales.

A través de: estudios de regresión de las propuestas para definir el tiempo de reverberación de una sala y, estudios acústicos realizados a locales ya construidos, el científico español Higinio Arau Puchades en su libro “ABC de la Acústica Arquitectónica” deduce una relación logarítmica para condiciones de sala llena y un volumen de aire determinado, el tiempo de reverberación medio o T60mid óptimo (valor promedio de los valores de T60 de 500 y 1000 Hz) debe estar ubicado entre un valor mínimo y máximo para una aplicación concreta, en la Tabla 5 se detalla esta relación:

Tabla 5. T60 óptimo.

Relacion entre T60 y volumen de la sala		
Salas de lenguaje: teatro, conferencia	T60mid optimo min:	$0.264 * V^{0.1394}$
	T60mid optimo max:	$0.368 * V^{0.1505}$

Tomado de Arau, 1999, p. 249.

a) para salas de lenguaje y volumen de aire de la misma.

De acuerdo a la Norma AS/NZS 2107 vigente en Australia y Nueva Zelanda los niveles de presión sonora y tiempos de reverberación recomendados para el diseño espacios interiores en edificaciones, incluyendo edificios educativos, son los siguientes:

Tabla 6. Nivel de presión sonora y tiempos de reverberación.

Tipo de Espacio	NPS máximo [dB(A)]	Tiempo de reverberación [s]
Arte / Actividad práctica	45	0,6 - 0,8
Aulas, primaria	40	0,4 - 0,5
Aulas, secundaria	40	0,50 - 0,6
Laboratorios informáticos	45	0,4 - 0,6
Pasillos	50	0,6 - 0,8
Estudios de teatro	35	0,7 - 0,8
Centros de aprendizaje temprano	35	0,4
Gimnasios	55	0,8 - 1
Centro de recursos Biblioteca	40	0,4 - 0,6
Salas Multipropósito	40	0,7 - 0,8
Salas de ensayo de música	45	0,5 - 0,7
Estudios de música	35	0,7 - 0,8
Oficinas	45	0,4
Áreas de aprendizaje abiertas	45	0,4 - 0,5
Laboratorios de ciencias	40	0,5 - 0,7
Habitaciones Seminario / retiro	35	0,6 - 0,7
Zonas comunes de personal	45	0,4
Estudios técnicos talleres	45	-

Tomado de Asset Policy & Projects, 2008.

a) de acuerdo a la Norma AS/NZS 2107.

1.4.2.1. %ALCons y STI

Estos parámetros son los más utilizados para cuantificar la inteligibilidad de la palabra dentro de una sala, el parámetro STI (“Speech Transmission Index”) permite cuantificar el grado de inteligibilidad de la palabra entre los valores de 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima). El STI se calcula a partir de la reducción de los diferentes índices de modulación “m” de la voz debida la existencia de reverberación y ruido de fondo en la sala. Se recomienda que el valor calculado del STI sea mayor a 0,65.

%ALCons (“Articulation Loss of Consonants”) cuantifica la pérdida de entendimiento de las consonantes que se tiene en el mensaje hablado en

diferentes puntos de la sala, se puede calcular conociendo el tiempo de reverberación y la diferencia entre los niveles sonoros del campo directo/reverberante del recinto en estudio. Considerando que este parámetro cuantifica pérdidas de inteligibilidad es preferible que los valores obtenidos matemáticamente sean lo más pequeños posibles con un valor máximo de 5%.

Higuini Arau, en el libro ABC de la acústica arquitectónica, nos muestra una expresión para obtener el %Alcons, que están en función de la distancia entre la fuente y el receptor.

$$R = \frac{S \tilde{\alpha}}{1 - \tilde{\alpha}}$$

(Ecuación 16)

$$\%Alcons = \frac{200 * d^2 * (T_{60})^2}{VQ} \quad \text{para } d \leq 3.16 r_c$$

(Ecuación 17)

$$\%Alcons = 9 R * T_{60} \quad \text{para } d \geq 3.16 r_c$$

(Ecuación 18)

Donde:

d : distancia fuente-receptor [m]

T_{60} : Tiempo de reverberación [s]

V : Volumen del Recinto [m^3]

Q : Factor de directividad

R : Constante de la sala

r_c : Radio de reverberación [m]

S : Superficie total del recinto [m^2]

$\tilde{\alpha}$: Coeficiente de absorción medio

Tabla 7. Relación entre %ALCons, STI/RASTI.

%ALCons	STI/RASTI	Valoración Subjetiva
1.4% - 0%	0.88 - 1	Excelente
4.8% - 1.6%	0.66 – 0.86	Buena
11.4% - 5.3%	0.5 – 0.64	Aceptable
27% - 12%	0.36 – 0.49	Pobre
46.5% - 27%	0.24 – 0.34	Mala

Tomado de Carrión, 1998, p. 69.

a) con su valoración subjetiva del grado de inteligibilidad.

1.4.3. Atenuación por distancia

Es imprescindible tener en cuenta la atenuación del sonido, fenómeno que se presenta debido a que la energía acústica se dispersa en el medio en el cual es emitida al irse incrementado la distancia entre la fuente y el receptor. Parámetros físicos como el tiempo, la temperatura y la frecuencia, influyen también en la magnitud de la atenuación. El sonido se propaga de distinta forma dependiendo del lugar en que sea generado. Se analizarán los casos para campo libre y recinto cerrado.

La relación matemática para obtener el decaimiento en campo libre es conocida como la ley del inverso cuadrado. Samir Gerges dice que en esta ley al duplicarse la distancia desde la fuente el sonido decae en 6 dB para una onda esférica.

$$NPS_1 = NPS_2 - 20 * \log \frac{r_1}{r_2}$$

(Ecuación 19)

Donde:

NPS_1 : NPS en el punto de medición [dB]

NPS_2 : NPS en el la distancia de referencia [dB]

r_1 : Distancia de referencia [m]

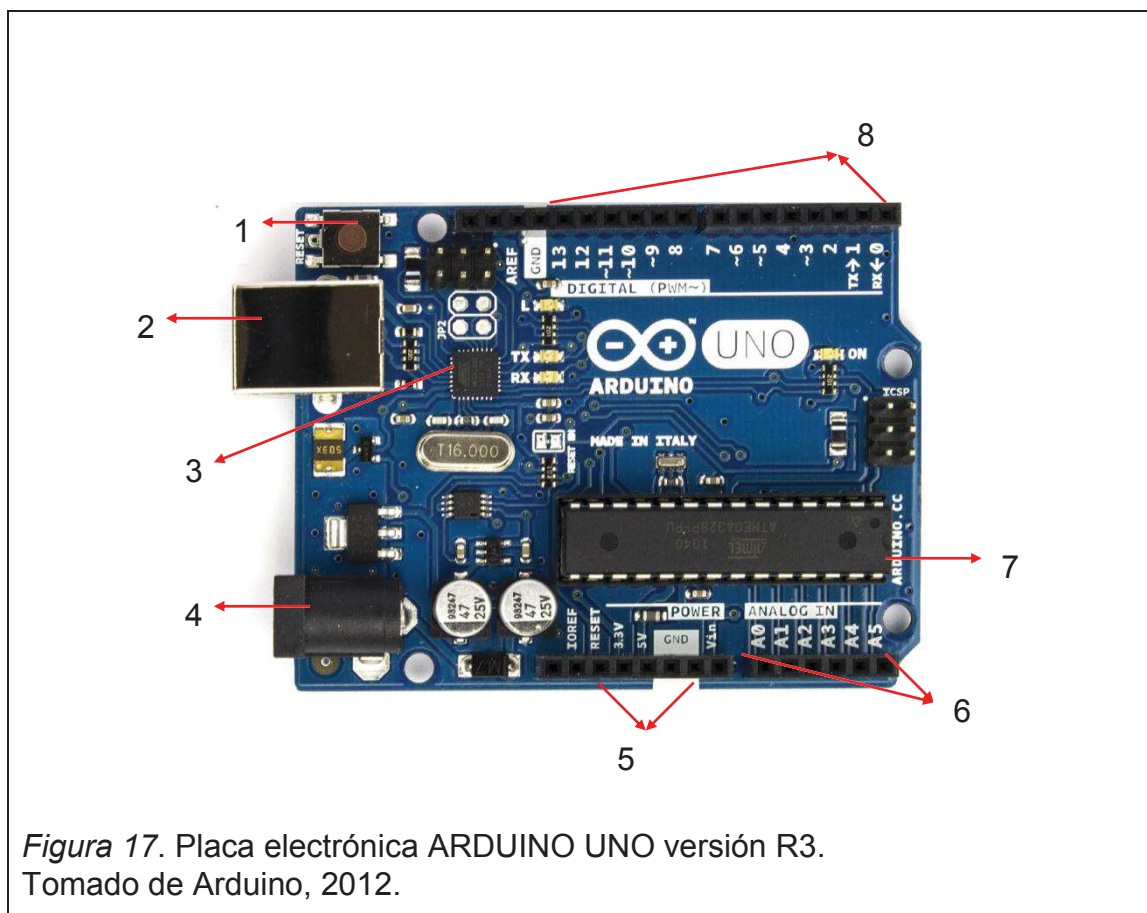
r_2 : Distancia de medición [m]

1.5. Sistema de automatización

1.5.1. ARDUINO UNO R3

La placa electrónica Arduino UNO R3 está basada en el microprocesador Atmega328. Cuenta con 14 pines digitales de entrada y salida, 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; para empezar trabajar con este, hay que conectarlo a un ordenador con un cable USB o bien a la energía eléctrica con un adaptador o la batería AC/DC.

Cuenta con el chip Atmega16U2 programado como convertidor de USB a serie.



1. Botón RESET
2. Puerto USB
3. Chip Atmega16U2

4. Alimentación a través de un adaptador AC/DC
5. Conectores de alimentación de energía
6. Entradas analógicas
7. Microprocesador Atmega328
8. Entradas y salidas digitales

1.5.1.1. Características

- Microcontrolador ATmega328
- Voltaje de funcionamiento 5 [V]
- 14 pines de entrada y salida digital (de los cuales 6 proporcionan modulación por ancho de pulsos, PWM)
- 6 pines de entrada analógica
- 40 [mA] de corriente continua por pin digital
- 50 [mA] de corriente continua por pin analógico
- Memoria Flash de 32 [kB], de los cuales 0,5 [kB] son utilizados por el gestor de arranque
- 2 [kB] de memoria estática de acceso aleatorio, SRAM
- 1 [kB] de memoria de lectura programable y borrada eléctricamente, EEPROM
- Velocidad de reloj 16M [Hz]

Alimentación de energía

El Arduino Uno puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

La alimentación externa puede venir con un adaptador de AC/DC o desde una batería. El adaptador se puede conectar enchufando un conector de 2,1 mm de centro positivo en el conector de alimentación de la placa. Los cables desde

una batería se pueden insertar en los encabezados de pin GND y VIN del conector de alimentación.

Entrada y salida

Cada uno de los 14 pines digitales se puede utilizar como una entrada o salida, dependiendo de la programación. Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia de pull-up de 20-50k [Ohms].

1.5.1.2. Configuración

El Arduino Uno se puede programar con el software de Arduino.

El microcontrolador ATmega328 de la placa Arduino UNO viene programado con un gestor de arranque que le permite cargar nuevo código a la misma sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo original STK500.

1.5.1.3. Aplicaciones

El Arduino UNO se emplea para varias aplicaciones electrónicas como: osciloscopios, controladores MIDI, control de relé, teléfonos móviles, etc.

1.5.2. TDA7284

Es un microcontrolador que posee un circuito de control automático de nivel. Controla los picos de la señal que son dinámicos, es decir, están en constante cambio y luego varía la ganancia del circuito promedio en un rango muy amplio para mantener una amplitud de salida sin distorsión y prácticamente constante. Cuando el nivel de salida se eleva, el TDA7284 responde automáticamente, y reduce la ganancia para mantener constante el nivel pero sin la distorsión de la

salida. Del mismo modo, cuando la salida cae, se convierte en ganancia hasta mantener constante el nivel de salida.

Compresión

Generalmente depende de la configuración del circuito que acompaña al TDA7284, pero en pruebas de laboratorio se logra alrededor de 40 [dB] de compresión, y esta puede ser fija o variable.

Ampificación

Al igual que la compresión, la ganancia depende del circuito complementario. En pruebas de laboratorio se logra alrededor de 60 [dB] de ganancia, y también puede ser fija o variable.

Interruptores internos

Interruptores de CC controlados de manera opcional, pueden activar o desactivar de forma remota el control automático de nivel, silenciar la salida, o cambiar la ganancia del circuito.

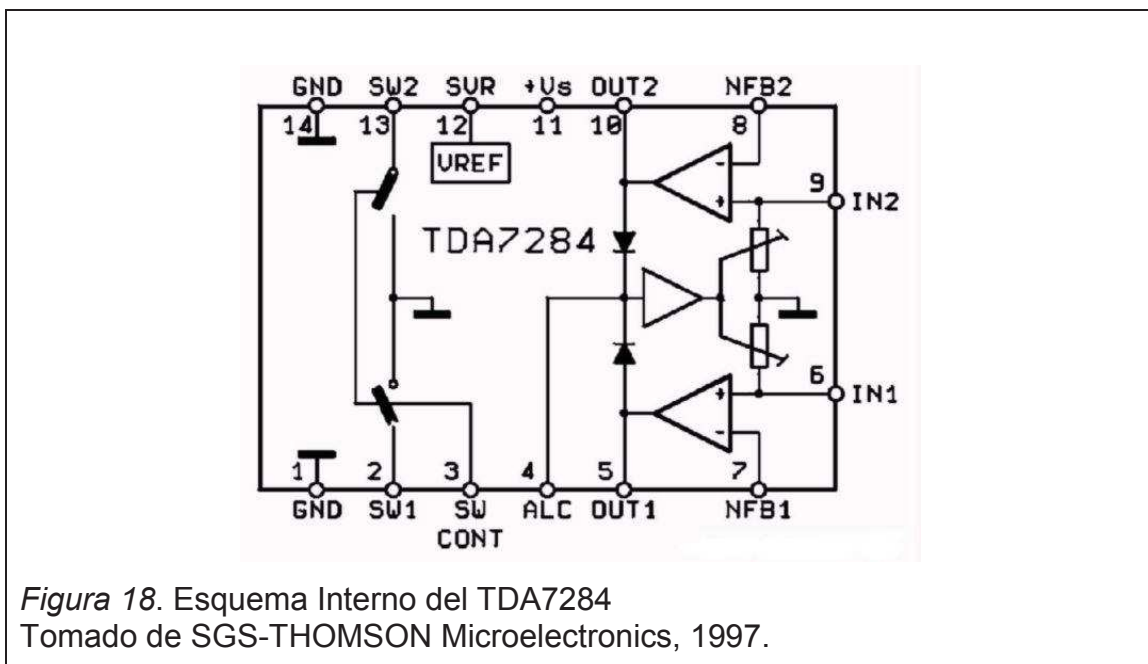


Figura 18. Esquema Interno del TDA7284
Tomado de SGS-THOMSON Microelectronics, 1997.

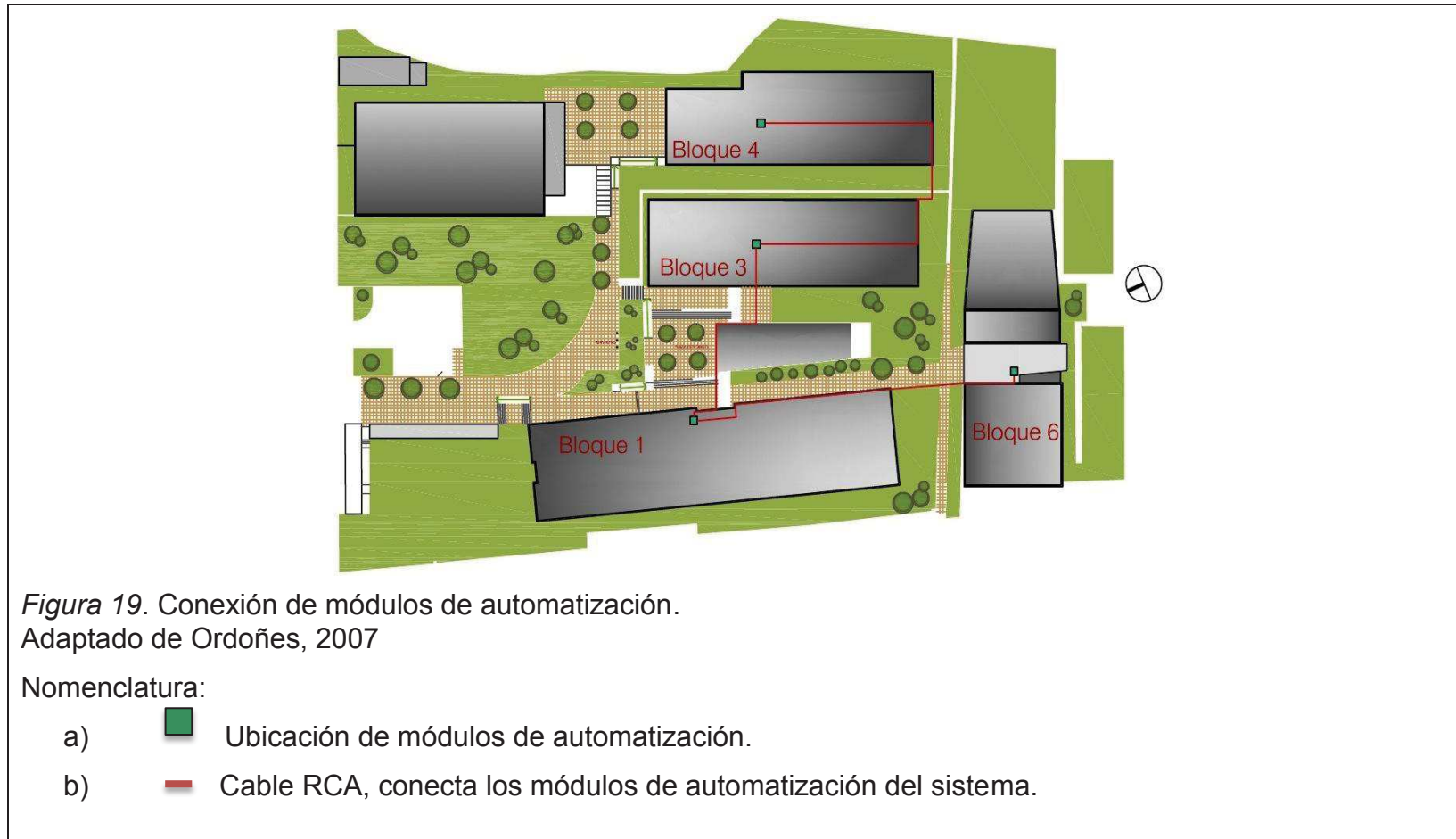
1.5.2.1. Características

- Ruido de entrada: $1,2\mu$ [V]
- Rango dinámico de compresión: 47 [dB]
- Rango dinámico de amplificación: 60 [dB]
- Suministro de voltaje individual para cada pin: 3 [V] a 12 [V]

1.5.2.2. Aplicaciones

- La primera vez que se empleó este microcontrolador fue en reproductores de casetes de auto.
- Reconocimiento de voces.
- Perfecto para los circuitos de grabación, donde los niveles de entrada varían enormemente.
- Reducir los efectos de la decoloración en radio de onda corta usando el TDA7284 como un pre-amplificador de audio.
- Uso en intercomunicadores y teléfonos de altavoz.

1.6. Distribución de los bloques de la sede Queri de la Universidad de Las Américas



1.7. Sistemas de emergencia empleados en la sede Queri de la Universidad de Las Américas

Existen detectores de humo que no poseen un sistema centralizado, y palancas manuales para activar la alarma contra incendios. Por el momento los mensajes de evacuación e indicaciones son transmitidos a través de un megáfono. Sin embargo la Universidad posee varios planes de emergencia que se detallan a continuación:

1.7.1. Guía docente 2013-2014

¿Qué debe hacer el docente?

Recuerde que el docente es el máximo referente y la máxima autoridad en el aula, de su comportamiento se derivará el comportamiento de los alumnos, así que el docente debe ser ecuánime, mantener la calma y ser el ejemplo en cada una de las circunstancias organizacionales, más aún en una emergencia o durante su práctica, ejercicio o simulacro.

Al escuchar la alarma

- 1.- Contar el número de alumnos presentes en su sala de clases.
- 2.- Verificar si algún alumno pidió permiso para salir del aula ej. Al baño.
- 3.- Esperar si hay orden de evacuación o información de falsa alarma.
- 4.- En caso de falsa alarma, continuar con las labores normales.

Si se recibe la orden de evacuar el aula

- 1.- Informar al grupo que se mantenga lo más cerca del docente y que se dirija a los sitios de encuentro establecidos en cada Campus.

- 2.- Salir con el grupo por el lugar indicado, en dirección a la zona de encuentro definida.
- 3.- Motivar a que su grupo salga ordenadamente, sin correr, por su lado derecho (las ayudas a las emergencias ingresan por su derecha).
- 4.- Una vez en el área de seguridad, verificar que todo su grupo haya llegado completo e informar al brigadista que así lo requiera.
- 5.- En caso de falta de algún alumno, indicar en qué bloque, qué piso y qué aula se encontraban, para buscar al alumno extraviado.
- 6.- Esperar en el sitio de encuentro hasta recibir la orden de evacuación total del área o el reingreso al edificio. (Universidad de Las Américas, 2013, p. 84)

1.7.2. Guía estudiantil 2014-2015

¿Qué hacer en caso de una emergencia?

Nunca actuar solo, en todos los casos solicitar ayuda o compartir responsabilidades al actuar. Si soy el primero en detectarla, tomo las siguientes acciones:

- Activo la alarma (pulsadores de emergencia)
- Desarrollo la primera intervención (manejo de extintores, ayuda a evacuación de mi grupo, etc.)
- Colaboro con los brigadistas (conozco a los brigadistas de mi área, y les brindo soporte)
- Sigo las indicaciones dadas por los brigadistas

Si escucho la alarma:

- Verifico el número de estudiantes o personas cercanas.
- Estoy alerta al comunicado de los brigadistas o los servicios de vigilancia.

- En caso de evacuación hacerla en orden, transmitiendo tranquilidad a mi grupo.
- Me dirijo al punto seguro de encuentro
- Verifico la presencia de todos los estudiantes o miembros de mi grupo
- Reporto ausencias en caso de haberlas.
- Regreso con el grupo una vez finalizada la emergencia.

¿Qué hacer en caso de un incendio?

Si es el primero en ver el fuego:

- Conserve la calma, procure tranquilizar a sus compañeros, no fomente el pánico.
- Active la alarma, si es posible corte el suministro de energía eléctrica y gas del área afectada.
- Acuda con el extintor siguiendo las instrucciones de uso,
- Colabore con los brigadistas si así lo disponen.

En caso de evacuación, no corra, no grite, no empuje, utilice su derecha para evacuar, no pierda tiempo buscando objetos personales.

- Diríjase a la puerta de salida más alejada del fuego.
- Si hay gases y humo en la ruta de salida, desplácese a gatas y tápese la nariz y boca con un paño húmedo.
- Ayude a salir a las personas de la tercera edad, con discapacidad y embarazadas.
- Si se incendia la ropa de alguien, hágale rodar por el piso o cúbrale con una manta para apagar el fuego.
- Informe a las brigadas de auxilio si hay personas atrapadas o perdidas.
- En otros casos siga las instrucciones de los brigadistas.

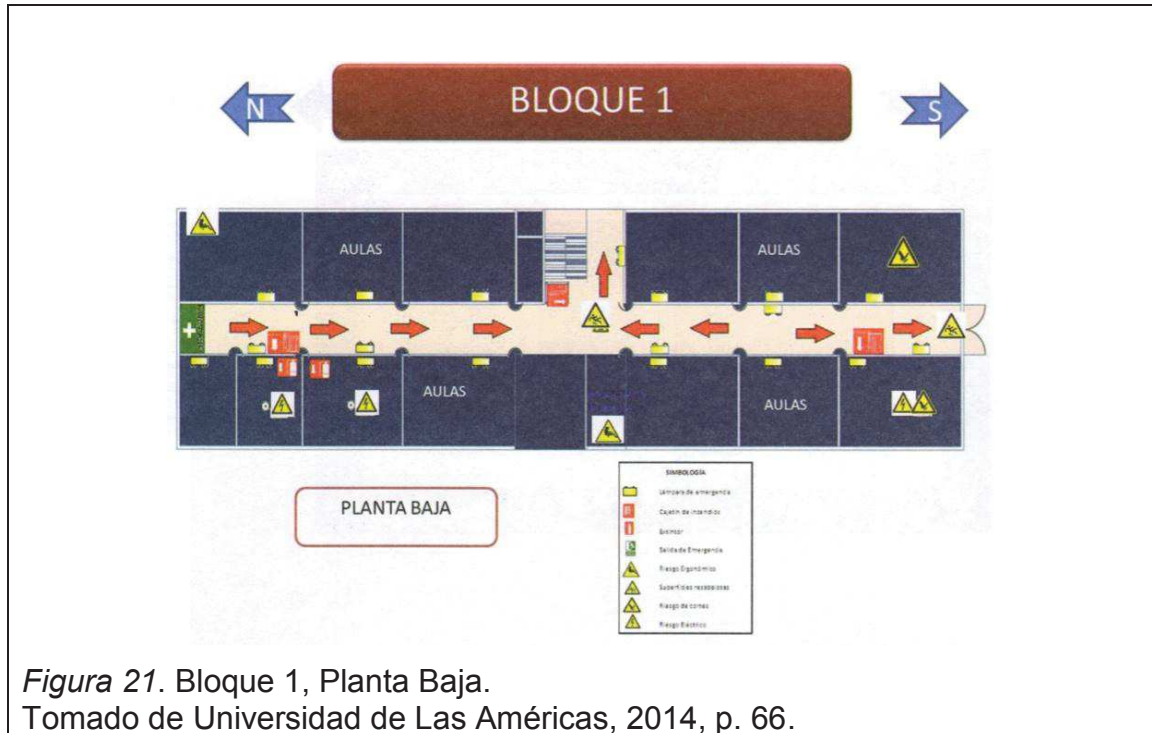
¿Qué hacer en caso de sismo?

En zona abierta, aléjese de cables, edificios, ventanas, postes, árboles y busque un lugar seguro. En un edificio, busque columnas, aléjese de ventanas, no permanezca en las gradas, siga las instrucciones. Si se encuentra en la planta baja evacue de inmediato las instalaciones. Si se encuentra en pisos altos inicie la evacuación en cuanto pase el primer temblor. (Universidad de Las Américas, 2014, p. 32)

1.7.3. Guía docente 2014-2015

Plano de evacuación en caso de emergencias. Campus Queri





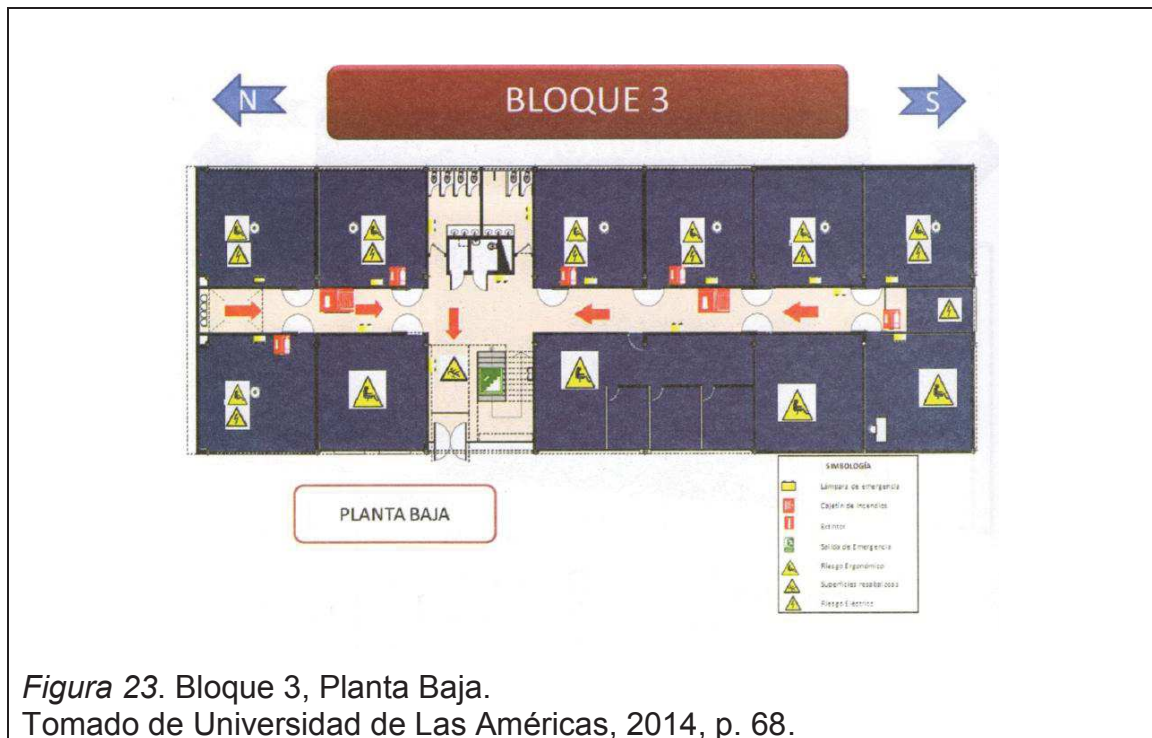


Figura 23. Bloque 3, Planta Baja.
Tomado de Universidad de Las Américas, 2014, p. 68.

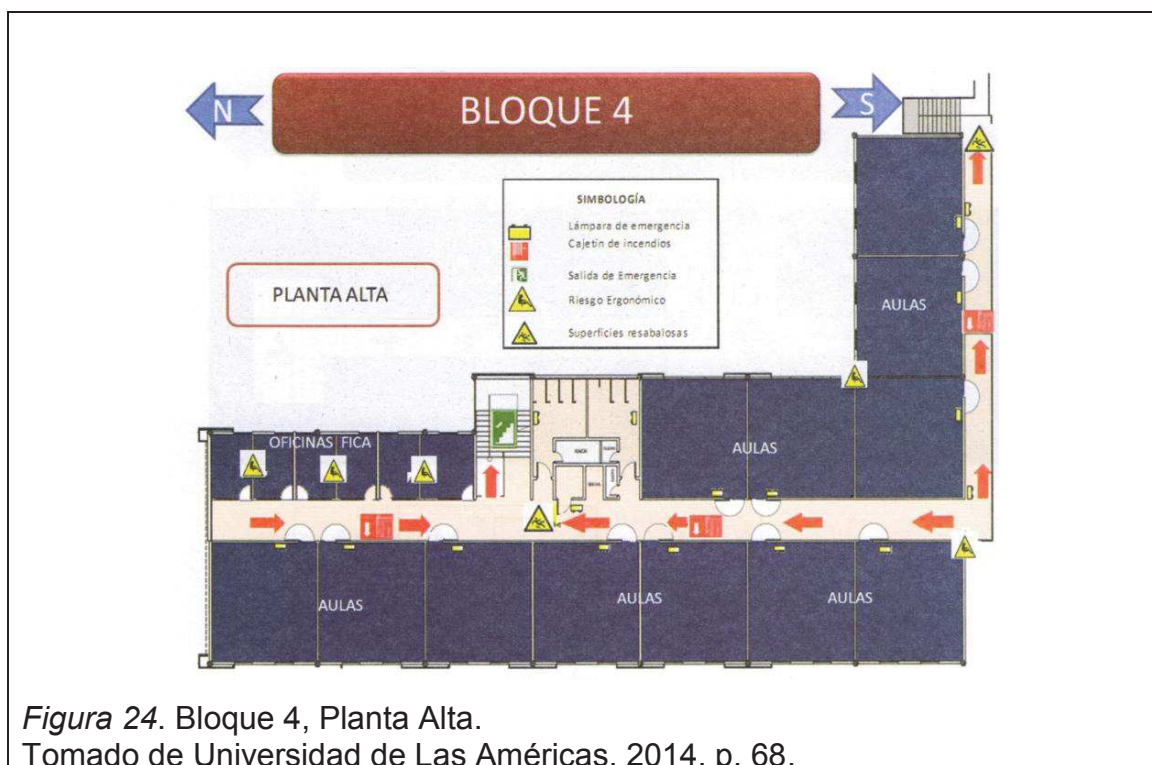
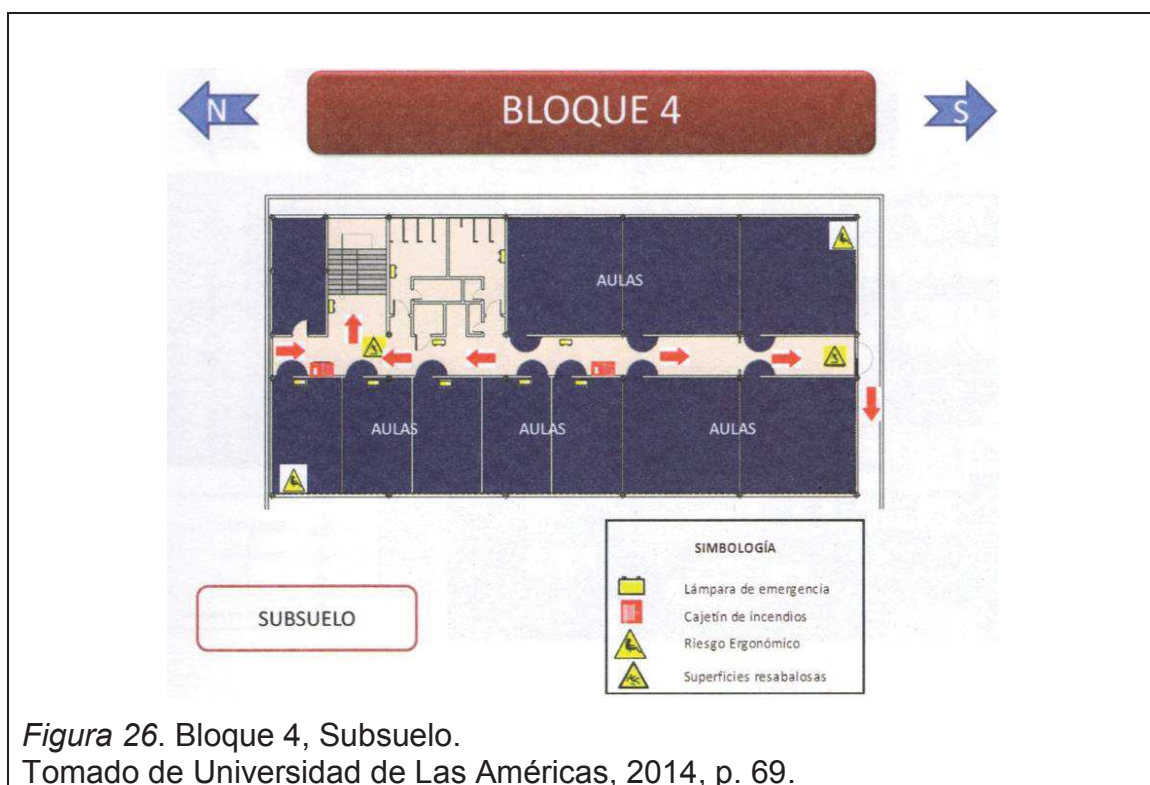
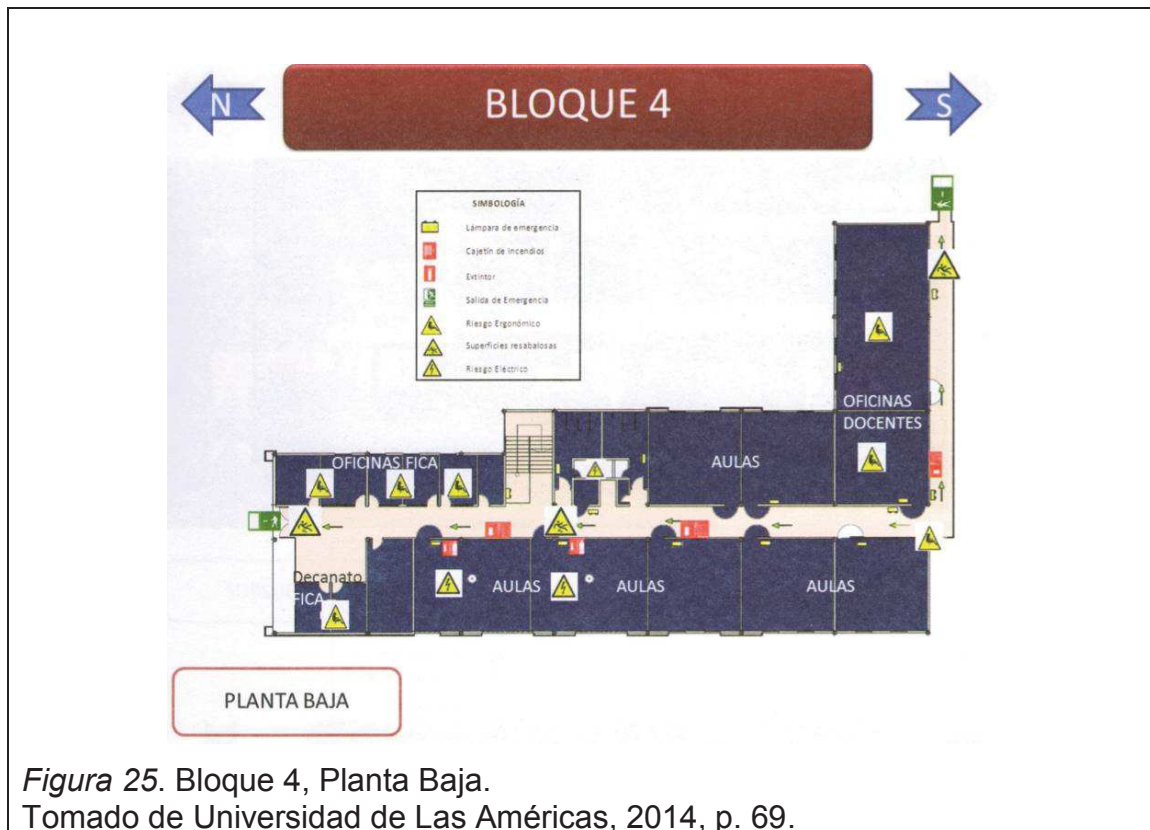
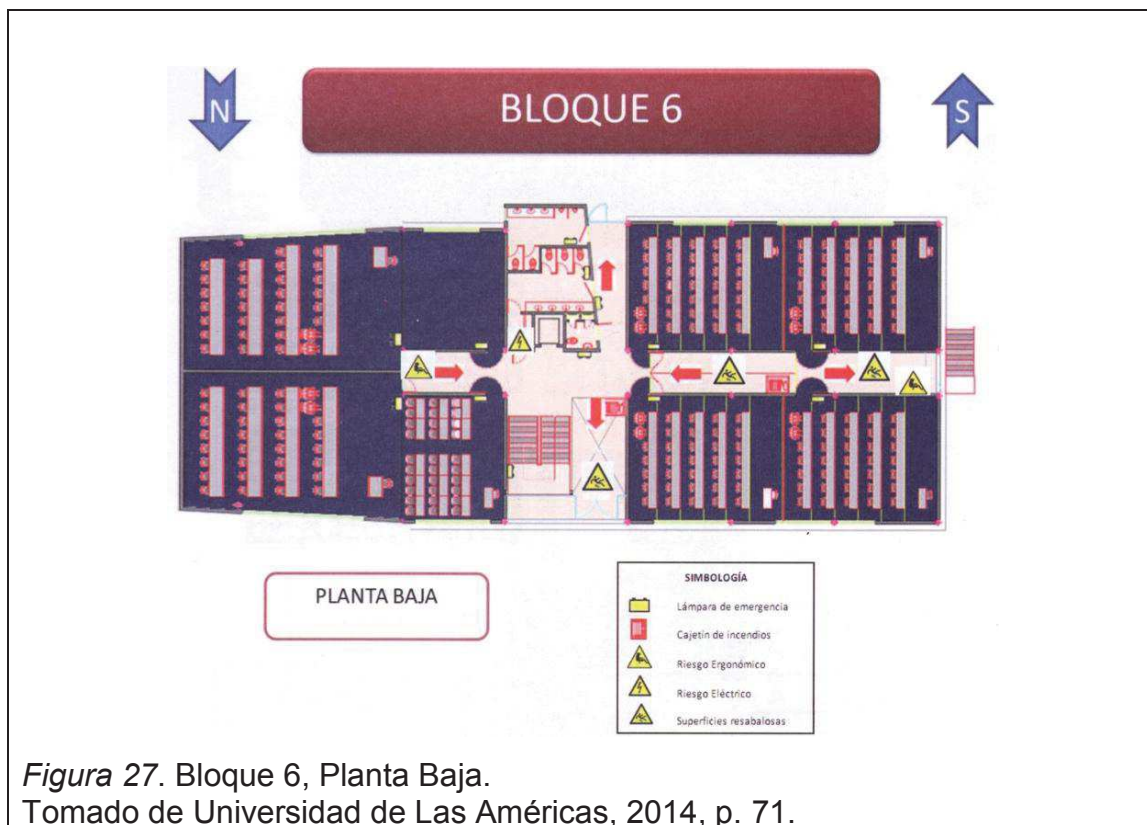
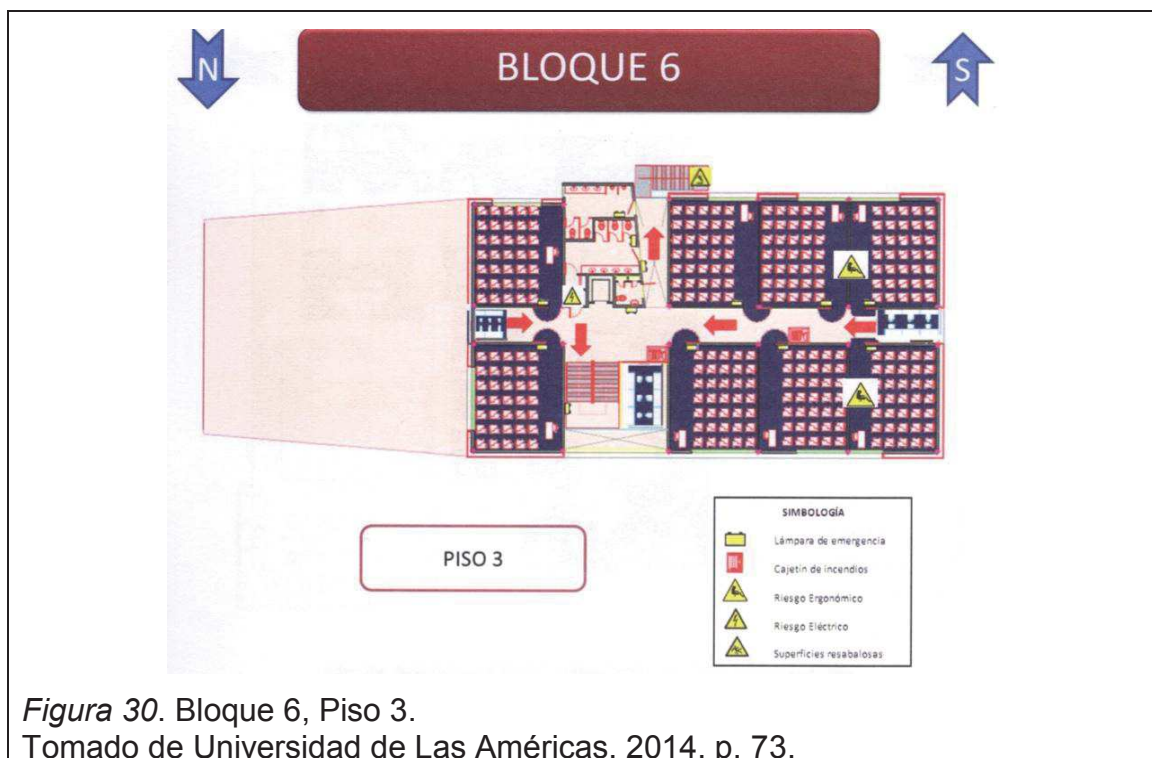
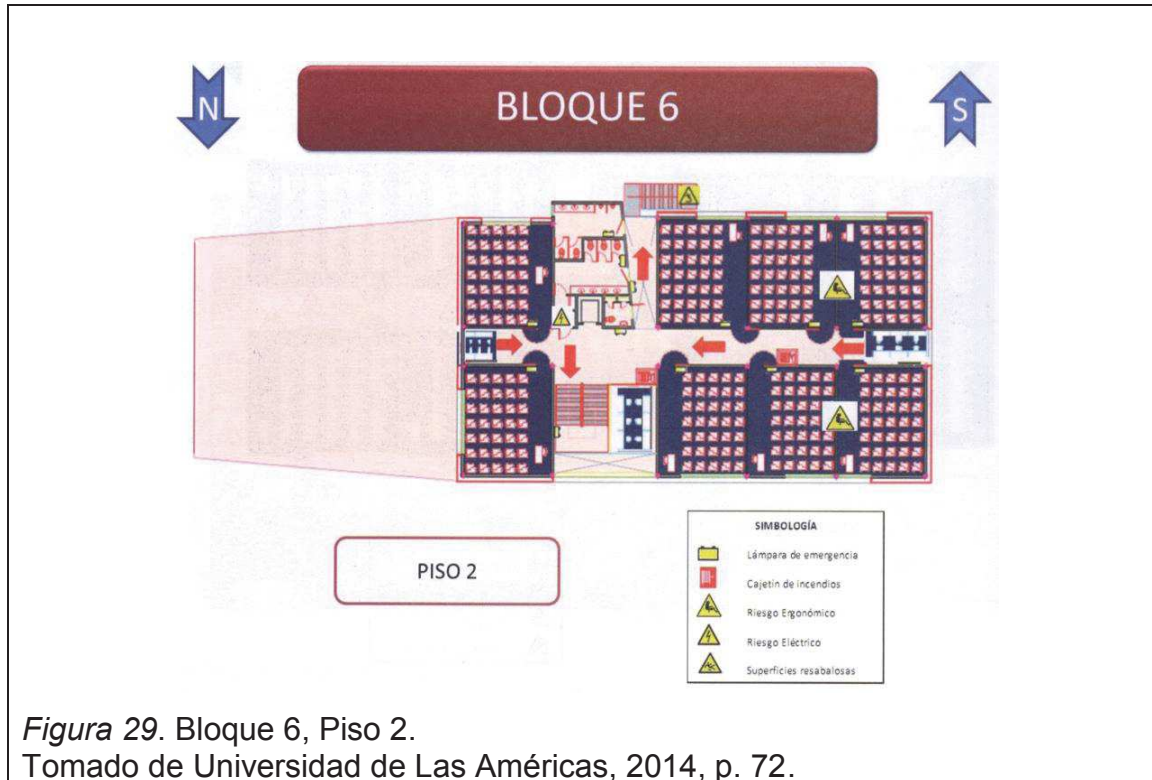


Figura 24. Bloque 4, Planta Alta.
Tomado de Universidad de Las Américas, 2014, p. 68.

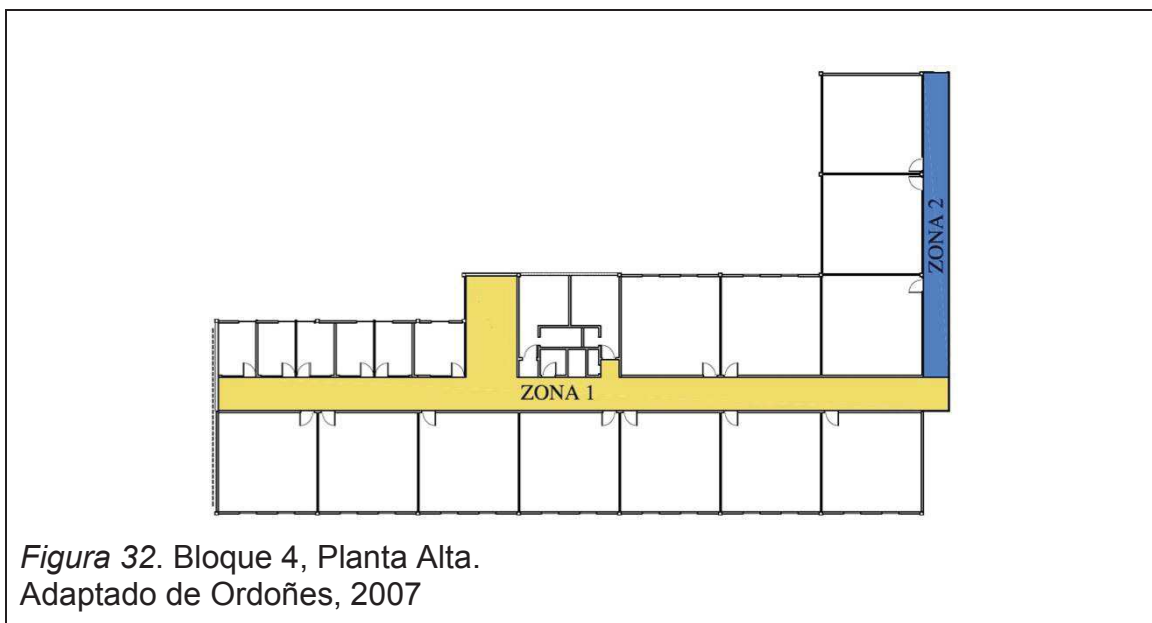
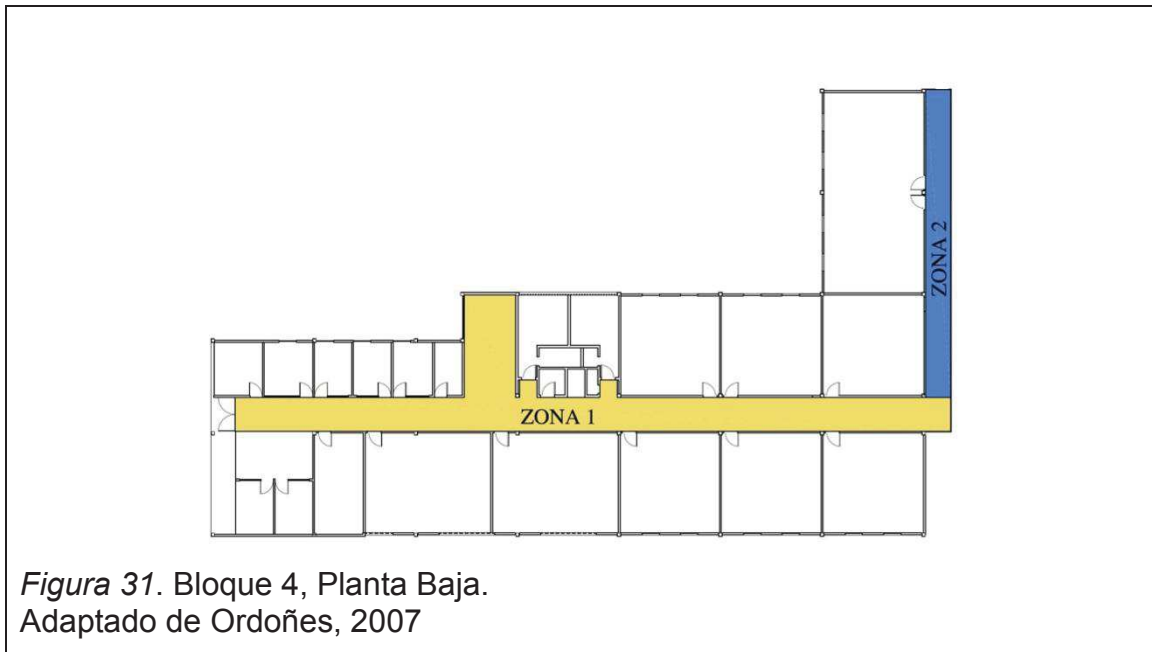


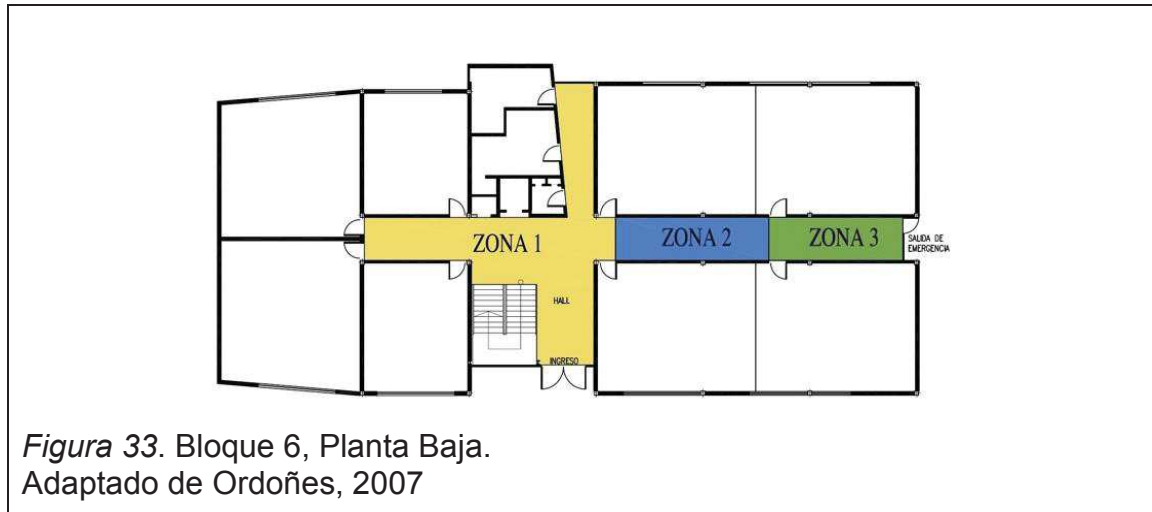




2. DISEÑO DE SISTEMA DE AUDIO DISTRIBUIDO DE VOLTAJE CONSTANTE AUTOMATIZADO

Para el diseño del sistema, es necesario considerar la altura del techo. Como en algunos bloques la altura no es fija, sino que varía a lo largo del pasillo, se optó por dividir en zonas los pisos los bloques 4 y 6 que poseen estas características.





2.1. Mediciones acústicas

La sede Queri de la Universidad de las Américas en el momento del estudio contaba con 4 bloques funcionales, construidos con características similares en cuanto a materiales y distribución de aulas y pasillos.

El diseño del sistema de voltaje constante está enfocado a las áreas de circulación de los estudiantes, en este caso los pasillos de cada uno de los pisos que conforma cada bloque. Por esta razón es necesario evaluar las condiciones acústicas iniciales de los pasillos tales como inteligibilidad de la palabra, tiempo de reverberación y distancia crítica.



Figura 34. Sede Queri de la Universidad de las Américas

Adaptado de Google Maps, 2015.

a) Los números indican la ubicación de los bloques considerados para el diseño del sistema

Los pasillos tienen distribución geométrica similar en todos los pisos de los bloques de edificios. No son completamente rectangulares ya que los accesos a los pisos, puertas de accesos a baños y puertas de emergencia modifican esta distribución.

La mampostería está elaborada por paneles de cartón yeso, recubiertas por una capa de estuco, sobre el cual se encuentra una capa de pintura blanca. Al no tratarse de un estudio de aislamiento acústico, los elementos de las particiones brindan un aporte insignificante. Además, de la mampostería es importante mencionar que, al tratarse de edificaciones destinadas a la enseñanza, cada piso cuenta con puertas de acceso a aulas, laboratorios, oficinas administrativas, baños y puertas de emergencia. Así como ventanas

ubicadas en la parte superior de las paredes, para aportar a la iluminación. El número varía en función del área y de la función que tengan destinada.

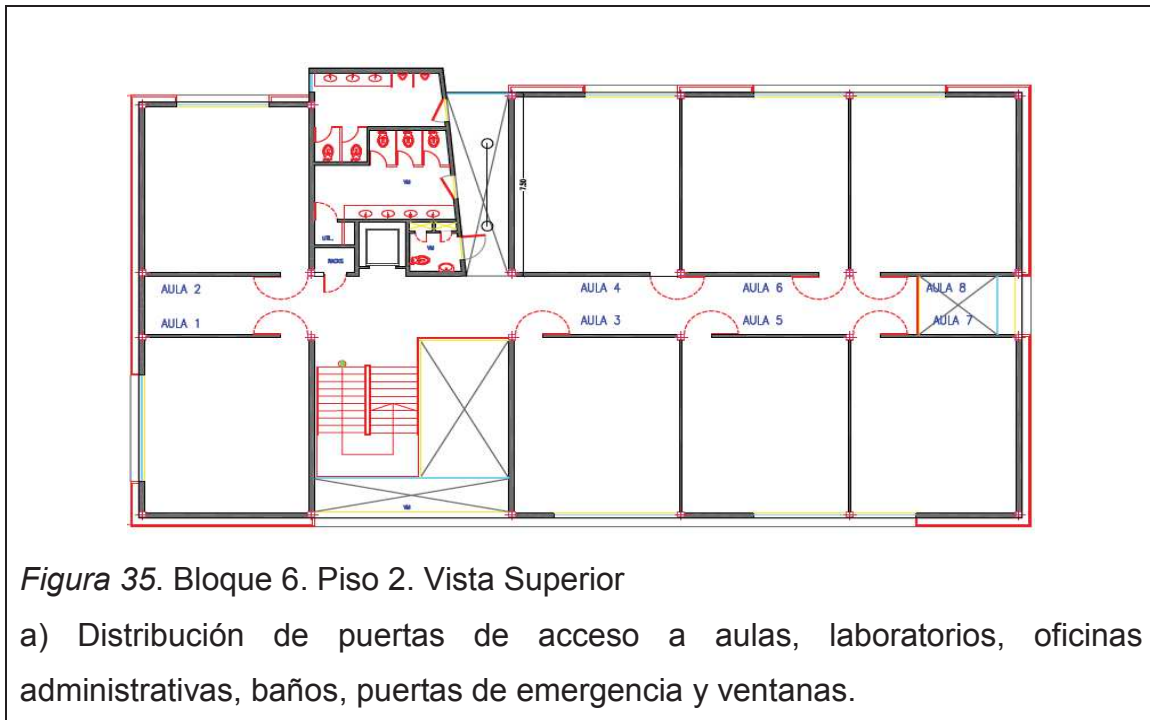
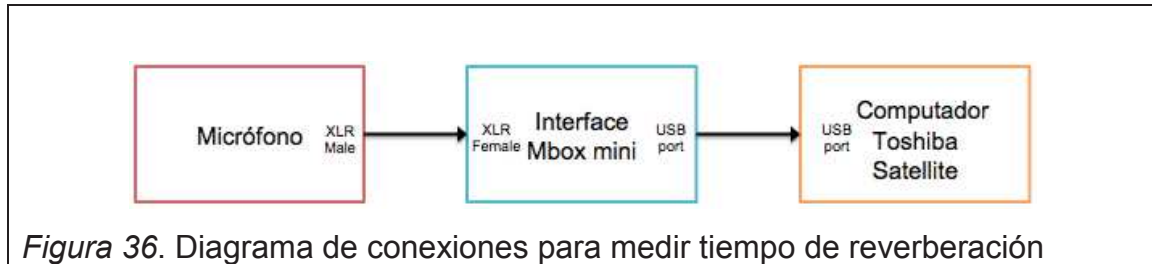


Figura 35. Bloque 6. Piso 2. Vista Superior

a) Distribución de puertas de acceso a aulas, laboratorios, oficinas administrativas, baños, puertas de emergencia y ventanas.

2.1.1. Equipo de medición

- Micrófono de medición Behringer ECM8000
- Interface de audio Mbox® Mini USB de Avid®.
- Computador portátil Toshiba Satellite A505 SP6021L
- Arta versión 1.7.1, software de análisis acústico, que almacena la señal de audio proveniente del micrófono y permite procesarla, para obtener parámetros acústicos de evaluación.
- Calibrador acústico Cal 21-01 dB, que genera un tono puro de 1k [Hz] a 94 [dB] de presión sonora.
- Pedestal de micrófono
- Cables XLR₃
- Globos



2.1.2. Medición de Tiempo de reverberación

El proceso experimental de recopilación de datos para el tiempo de reverberación se basó en la normativa UNE - EN ISO 3382-2: “Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios”. Aplicando el método de ingeniería, en el cual por lo menos se deben tener dos posiciones de fuente y dos posiciones de micrófono, obteniendo 6 muestras de las posibles combinaciones fuente-micrófono para evaluar el tiempo de reverberación se utilizó el módulo “*Acoustical Energy Decay*” del software Arta. Se utilizó el método de respuesta impulsiva, a través de la explosión de globos, capaces de generar niveles de presión sonora que permiten evaluar el tiempo de reverberación por encima del ruido de fondo.

Procedimiento de medición:

- Determinar las posiciones de micrófono (la altura determinada para todos los puntos es de 1,5 [m]).
- Determinar las posiciones de fuente.
- Activar la función de medición de respuesta de impulso en el software ARTA.



Figura 37. Medición respuesta de impulso en el software ARTA.

- Generar el sonido impulsivo a través de explosión de un globo.
- Guardar el archivo generado por el software para su posterior procesamiento.

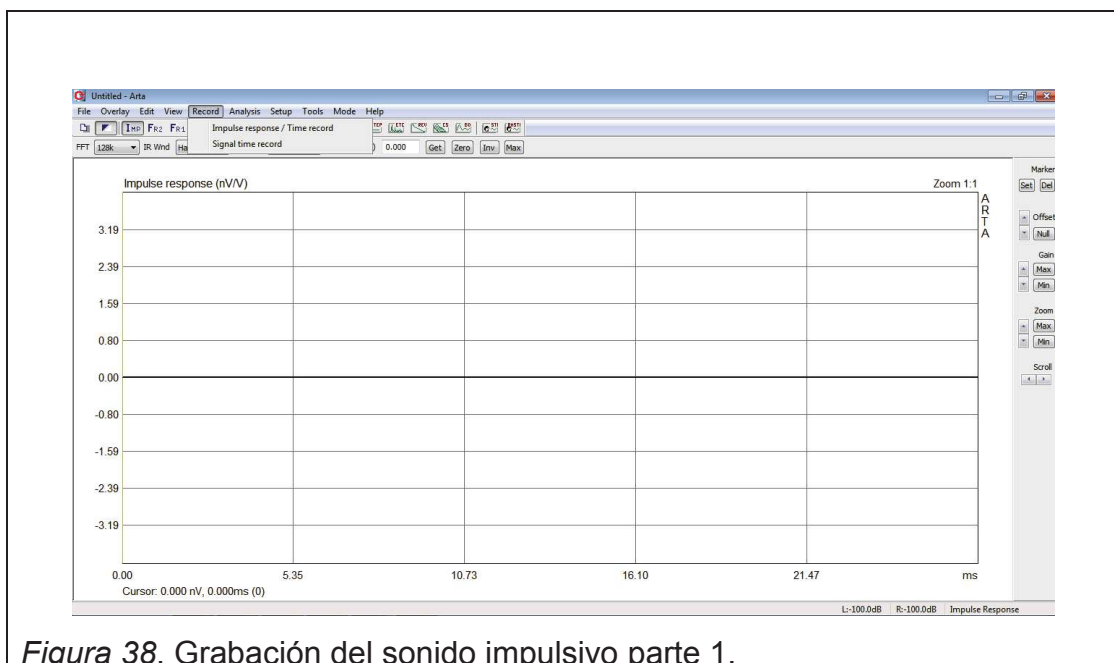


Figura 38. Grabación del sonido impulsivo parte 1.

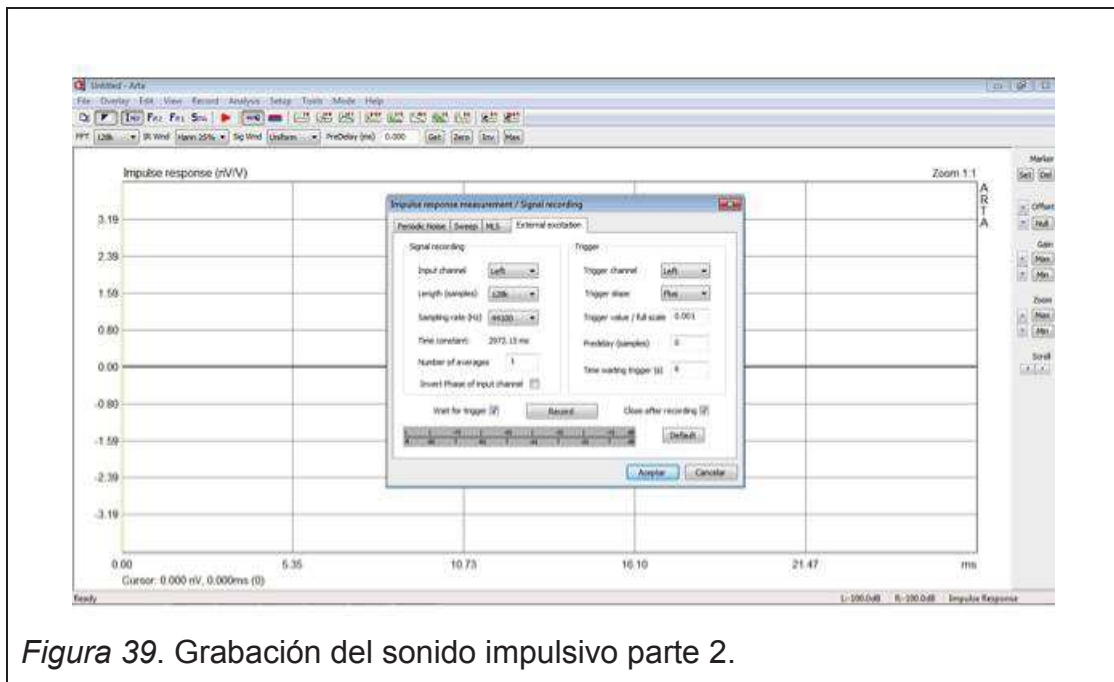


Figura 39. Grabación del sonido impulsivo parte 2.

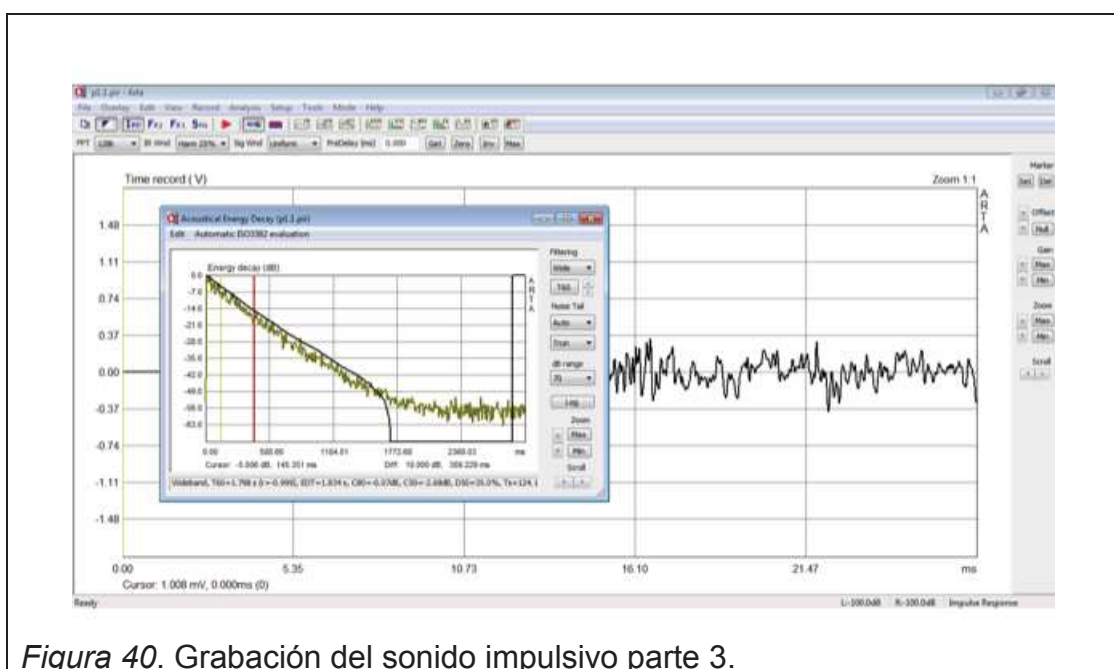


Figura 40. Grabación del sonido impulsivo parte 3.

Procesamiento en el software ARTA:

- En la pestaña de Análisis en el software, se escoge la opción ISO3382-parámetros acústicos.

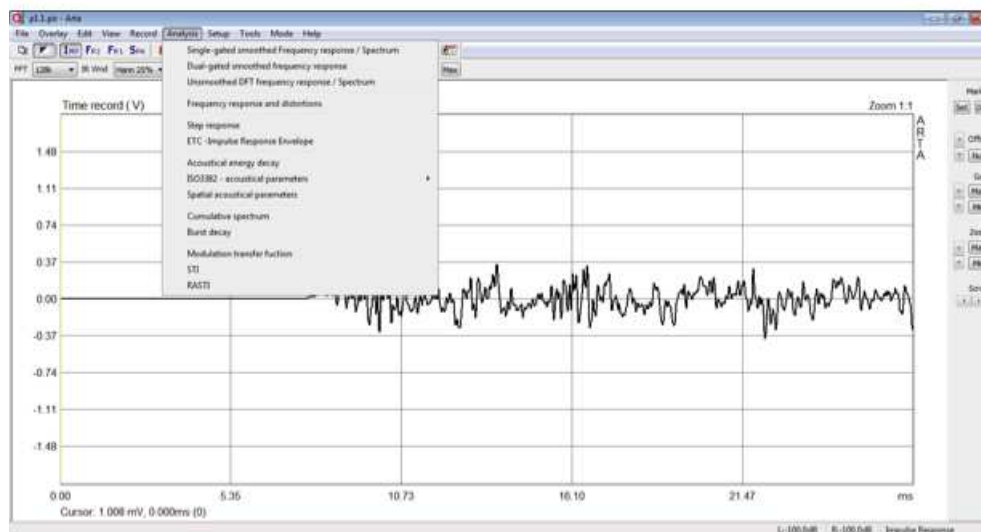


Figura 41. Pestaña Análisis del software ARTA.

- Dentro de esta opción se escoge presentación de tabla por 1/3 de octava.

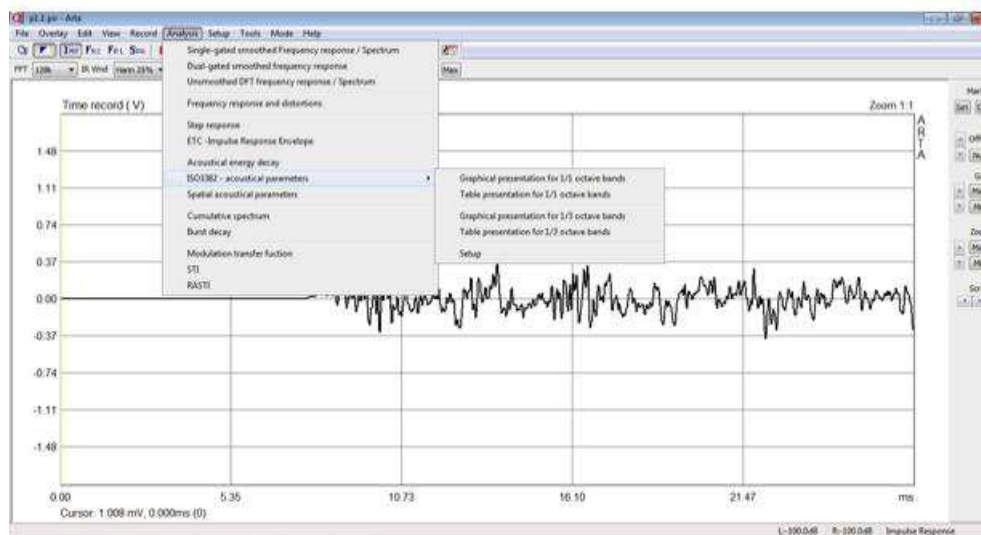


Figura 42. Parámetros Acústicos de la norma ISO3382-2.

- Se despliegan los datos

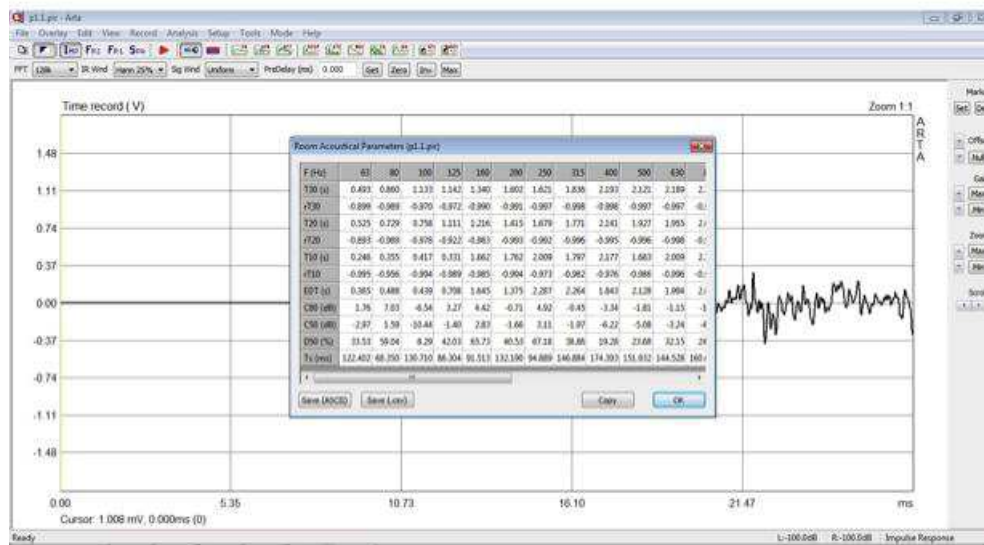


Figura 43. Datos desplegados de T60.

- Finalmente se realiza el análisis pertinente.

2.1.2.1. Ubicación de puntos de medición de tiempo de reverberación

- Posición del micrófono.
- Posición de la fuente.

Figura 44. Nomenclatura

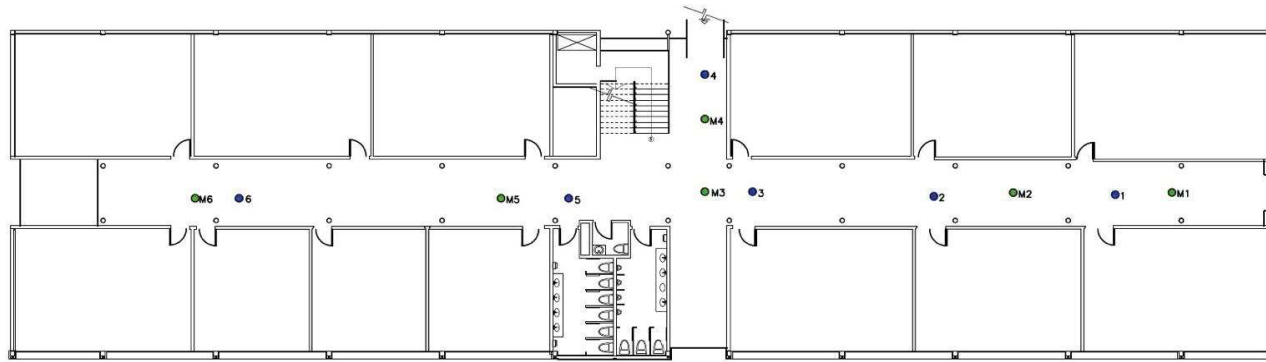


Figura 45. Bloque 1. Planta Baja.
Adaptado de Ordoñez, 2007

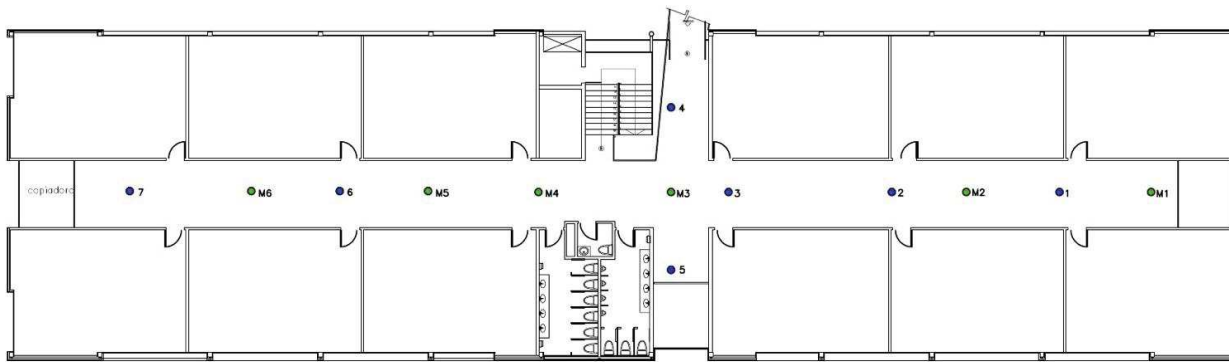


Figura 46. Bloque 1. Planta Alta.
Adaptado de Ordoñez, 2007

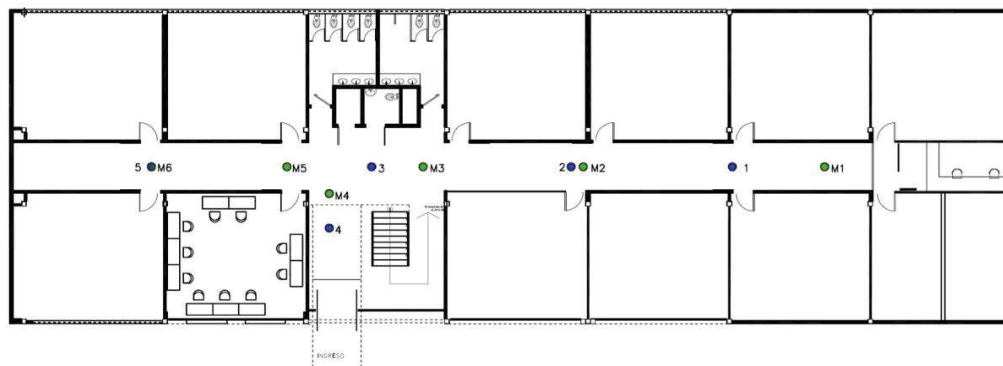


Figura 47. Bloque 3. Planta Baja.
Adaptado de Ordoñez, 2007

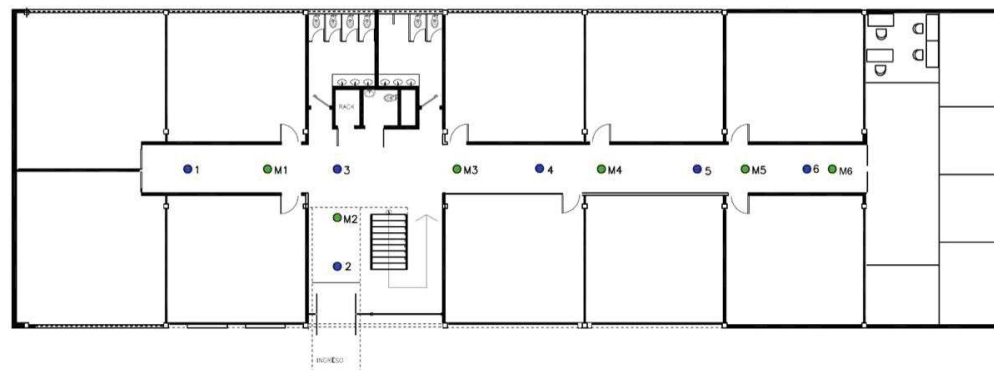


Figura 48. Bloque 3. Planta Alta.
Adaptado de Ordoñez, 2007

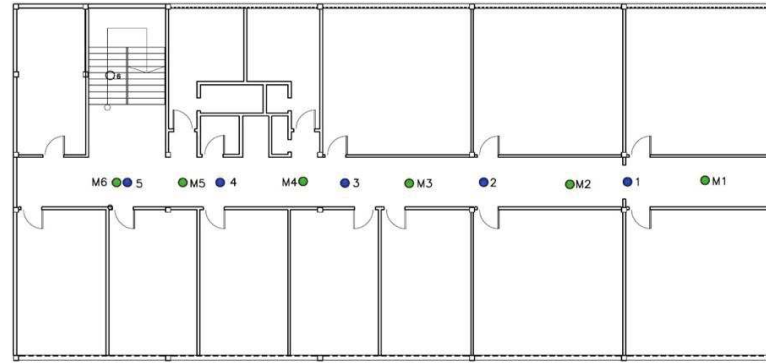


Figura 49. Bloque 4. Subsuelo.
Adaptado de Ordoñez, 2007

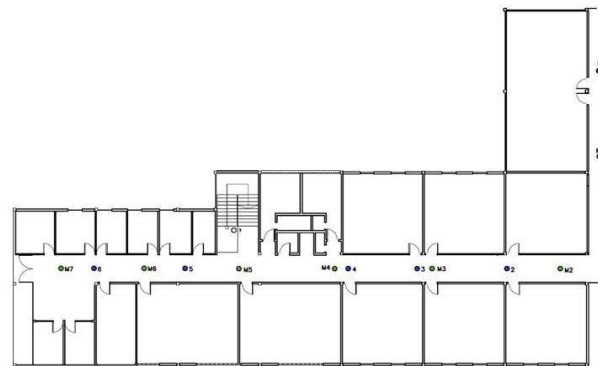


Figura 50. Bloque 4. Planta Baja.
Adaptado de Ordoñez, 2007

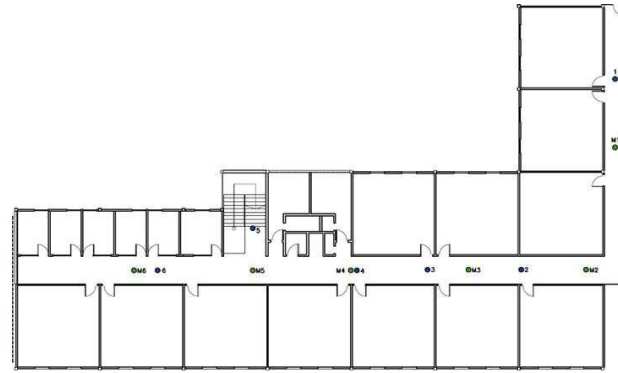


Figura 51. Bloque 4. Planta Alta.
Adaptado de Ordoñez, 2007



Figura 52. Bloque 6. Planta Baja.
Adaptado de Ordoñez, 2007



Figura 53. Bloque 6. Piso 1.
Adaptado de Ordoñez, 2007

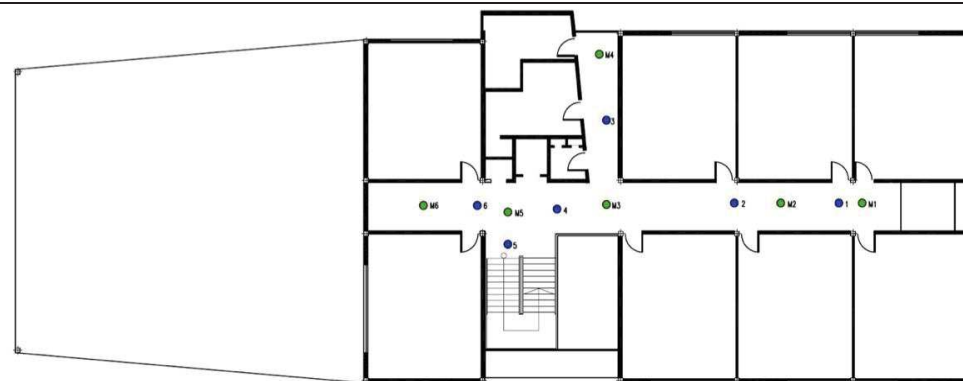


Figura 54. Bloque 6. Piso 2.
Adaptado de Ordoñez, 2007



Figura 55. Bloque 6. Piso 3.
Adaptado de Ordoñez, 2007

2.1.2.2. Resultados obtenidos

Tabla 8. Tiempo de reverberación e inteligibilidad de la palabra obtenidos de las mediciones realizadas

		Tiempo de reverberación [s]	Inteligibilidad de la palabra			
		T60	%Alcons Zona 1	%Alcons Zona 2	%Alcons Zona 3	Valoración Subjetiva
Bloque 1	Planta baja	1,56	1,15			Excelente
	Planta alta	1,79	1,02			Buena
Bloque 3	Planta baja	1,94	2,73			Aceptable
	Planta alta	2,15	2,81			
Bloque 4	Subsuelo	1,84	4,29			Referencia: Tabla 7. Relación entre %ALcons, STI/RASTI con su valoración del grado de inteligibilidad.
	Planta baja	1,69	2,21	3,88		
	Planta alta	0,97	0,37	1,44		
Bloque 6	Planta baja	1,09	0,83	5,28	7,62	
	Primer Piso	1,00	0,46			
	Segundo Piso	0,88	0,37			
	Tercer Piso	0,93	0,36			

2.2. Diseño del programa de automatización del sistema de audio

2.2.1. Interconexión del sistema de emergencia con el sistema de audio distribuido

El sistema de emergencia se interconecta con el sistema de audio a través de la placa ARDUINO UNO R3.

La programación de la placa se realizó en el software Arduino.

El programa cuenta con 3 partes esenciales: definición de constantes, procesos y cierre del programa, los comandos empleados tienen las siguientes funciones:

```
// Definición de constantes
```

```
const int buttonPin = 1; // Pin 1 funciona con un pulsador
```



```

const int ledPin = 3;    // Pin 3 funciona como LED

int buttonState = 0;    // Variable que lee el estado del pulsador

// Procesos
void setup() { //Inicio del programa
pinMode(ledPin, OUTPUT); // Inicia el Pin de led como salida
pinMode(buttonPin, INPUT); // Inicia el Pin de pulsador como una entrada
}

void loop(){
buttonState = digitalRead(buttonPin); // Lee el valor de estado del pulsador

if (buttonState == LOW) // Verifica si el pulsador ha sido presionado
  // Si ha sido presionado, el estado del pulsador es HIGH
  {
digitalWrite(ledPin, LOW); // Si no ha sido presionado el pulsador, el programa
no envía señal de cambio de estado

//Cierre del programa
}
else
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // Si ha sido presionado el pulsador, el programa
envía señal de cambio de estado
}
}

```

2.2.2. Circuito de automatización que permite la variación del nivel en función del nivel de ruido de fondo

La automatización en función del ruido de fondo se realiza a través del microcontrolador TDA7284, como este dispositivo ya integra control automático de nivel no fue necesaria su programación, únicamente se configuró mediante distribución de resistencias y capacitores.

2.3. Identificación de los puntos de Altavoces

Para la ubicación de los altavoces, se tomó en consideración el ancho de los pasillos de cada bloque, por lo que se empleó la teoría de arreglo cuadrado de altavoces límite con límite.

Empleando la Ecuación 9 y tomando en cuenta que el ángulo de cubrimiento, de los altavoces seleccionados DAS CL-6T, es de 110 [°], se obtiene la distancia entre los altavoces.

La altura promedio del plano de audición es de 1,65 [m].

Tabla 9. Cálculo de la distancia entre altavoces en arreglo cuadrado límite con límite

		Distancia piso-techo [m]			Radio del plano de audición [m]			Distancia entre los altavoces - Arreglo cuadrado límite con límite [m]		
		H Zona 1	H Zona 2	H Zona 3	r Zona 1	r Zona 2	r Zona 3	S Zona 1	S Zona 2	S Zona 3
Bloque 1	Planta baja	3,1			2,1			4,2		
	Planta alta	3,0			1,9			3,9		
Bloque 3	Planta baja	3,0			2,0			3,9		
	Planta alta	3,0			1,9			3,9		
Bloque 4	Subsuelo	3,2			2,3			4,5		
	Planta baja	3,0	3,0		2,0	2,0		3,9	3,9	
	Planta alta	3,0	3,0		1,9	1,9		3,7	3,7	
Bloque 6	Planta baja	2,8	3,4	4,4	1,6	2,5	3,9	3,3	3,5	5,6
	Primer Piso	2,8			1,6			3,3		
	Segundo Piso	2,8			1,7			3,4		
	Tercer Piso	2,7			1,5			3,1		

Tabla 10. Cálculo del número de altavoces y longitud del cable en función del arreglo cuadrado límite con límite.

		Longitud del pasillo [m]				Número de Altavoces			
		L Zona 1	L Zona 2	L Zona 3	Longitud de cable [m]	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Total
Bloque 1	Planta baja	58,9			118,91	14			29
	Planta alta	60,0				16			
Bloque 3	Planta baja	43,9			80,25	11			20
	Planta alta	36,4				9			
Bloque 4	Subsuelo	34,9			182,03	8			47
	Planta baja	49,3	23,6			13	6		
	Planta alta	50,8	23,6			14	6		
Bloque 6	Planta baja	14,6	8,4	7,5	113,01	4	2	2	35
	Primer Piso	27,6				8			
	Segundo Piso	27,4				8			
	Tercer Piso	27,4				9			
Total:					494,20	Total:			131

- Altavoces DAS CL-6T.
- Micrófono AudioTechnica ES945.

Figura 56. Nomenclatura de ubicación de altavoces y micrófonos.

a) Las distancias marcadas entre los altavoces son equidistantes, excepto en la Planta Baja del Bloque 6.

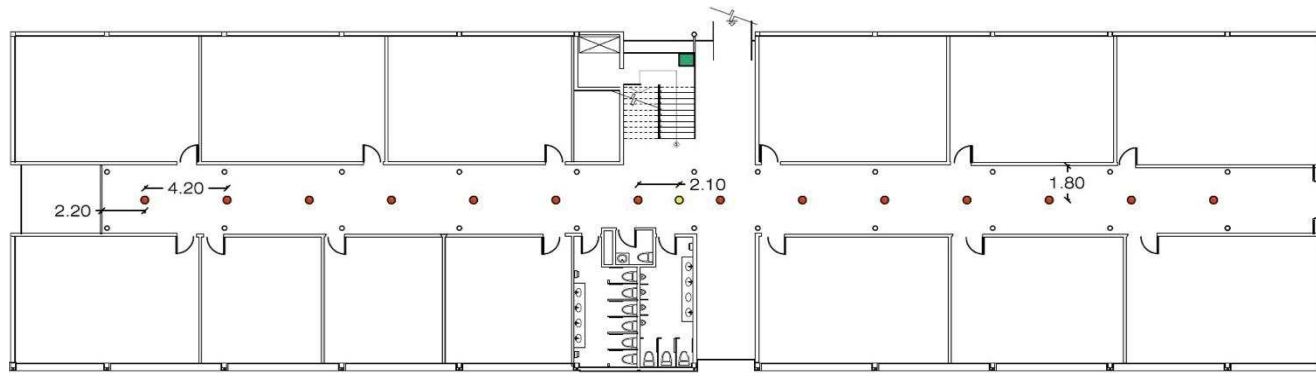


Figura 57. Altavoces y micrófono en el Bloque 1. Planta Baja.
Adaptado de Ordoñez, 2007

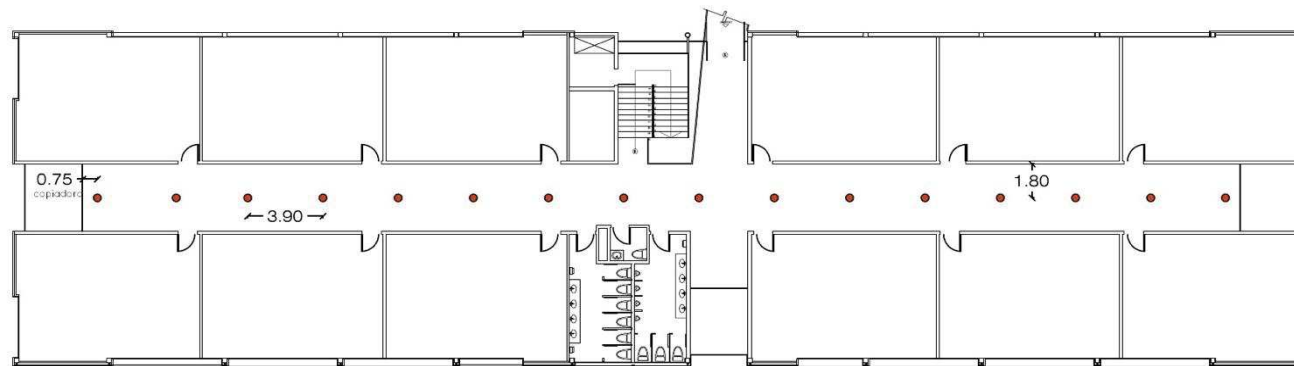


Figura 58. Altavoces en el Bloque 1. Planta Alta.
Adaptado de Ordoñez, 2007

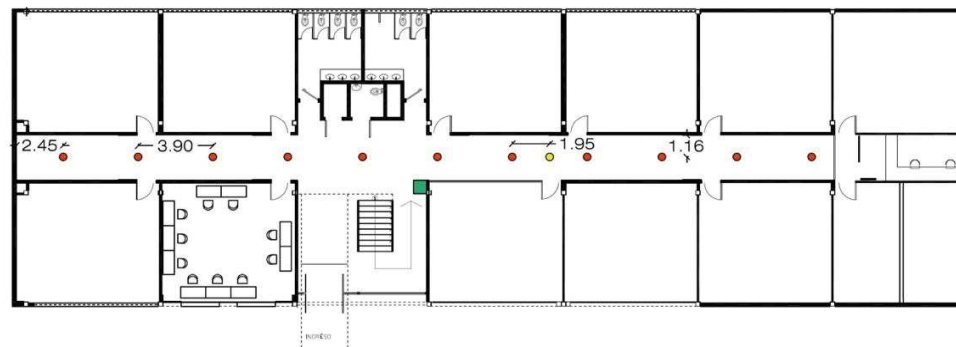


Figura 59. Altavoces y micrófono en el Bloque 3. Planta Baja.
Adaptado de Ordoñez, 2007

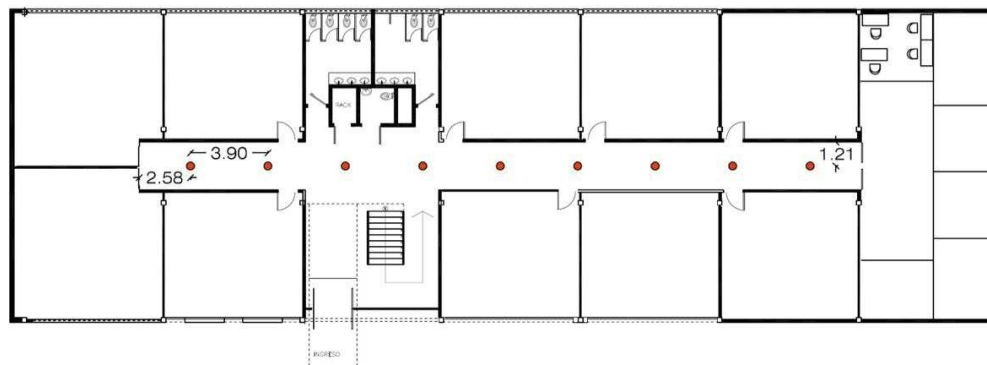


Figura 60. Altavoces en el Bloque 3. Planta Alta.
Adaptado de Ordoñez, 2007

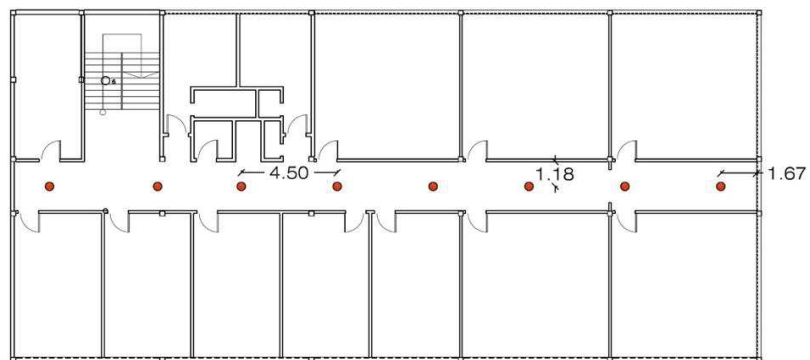


Figura 61. Altavoces en el Bloque 4. Subsuelo.
Adaptado de Ordoñez, 2007

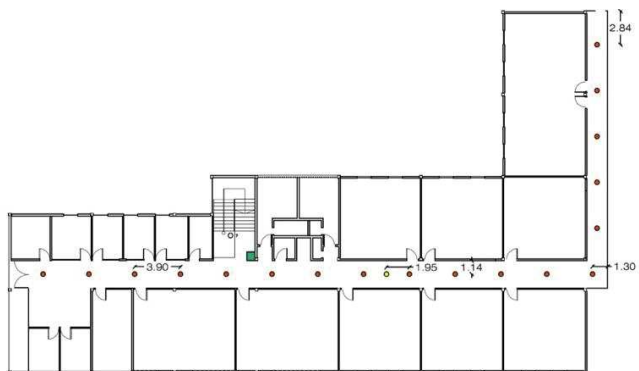


Figura 62. Altavoces y micrófono en el Bloque 4. Planta Baja.
Adaptado de Ordoñez, 2007

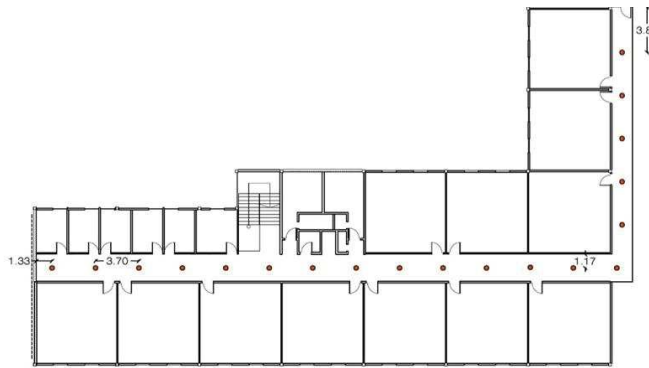


Figura 63. Altavoces en el Bloque 4. Planta Alta.
Adaptado de Ordoñez, 2007

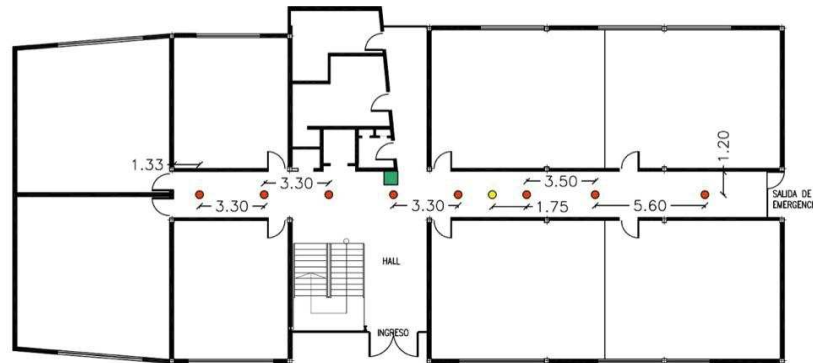


Figura 64. Altavoces y micrófono en el Bloque 6. Planta Baja.
Adaptado de Ordoñez, 2007

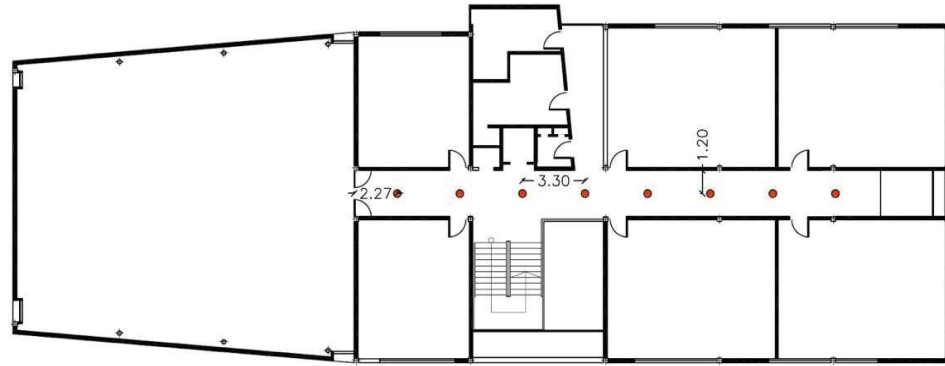


Figura 65. Altavoces en el Bloque 6. Piso 1.
Adaptado de Ordoñez, 2007



Figura 66. Altavoces en el Bloque 6. Piso 2.
Adaptado de Ordoñez, 2007



Figura 67. Altavoces en el Bloque 6. Piso 3.
Adaptado de Ordoñez, 2007

2.4. Determinación de los cables

Para el diseño del sistema se consideró un amplificador FoneStar FS-4200E que entrega 200 [W] por canal.

El número máximo de altavoces que se emplean en un bloque es de 47, y la longitud máxima requerida de cable dentro del mismo es de 182,03 [m]; si a cada transductor se alimenta con una potencia de 2,5 [W], se obtiene potencia total de 115 [W] que es necesaria para sustentar un bloque completo.

Tomando en cuenta las consideraciones expuestas previamente y la Tabla 1. Determinamos que para una potencia nominal de carga de 200 [W], la distancia máxima que contiene la distancia necesaria para el diseño, es de 223 [m] que corresponde al cable AWG 10.

2.5. Interconexión

A continuación se detalla la diagramación y conexión del prototipo del sistema de automatización.

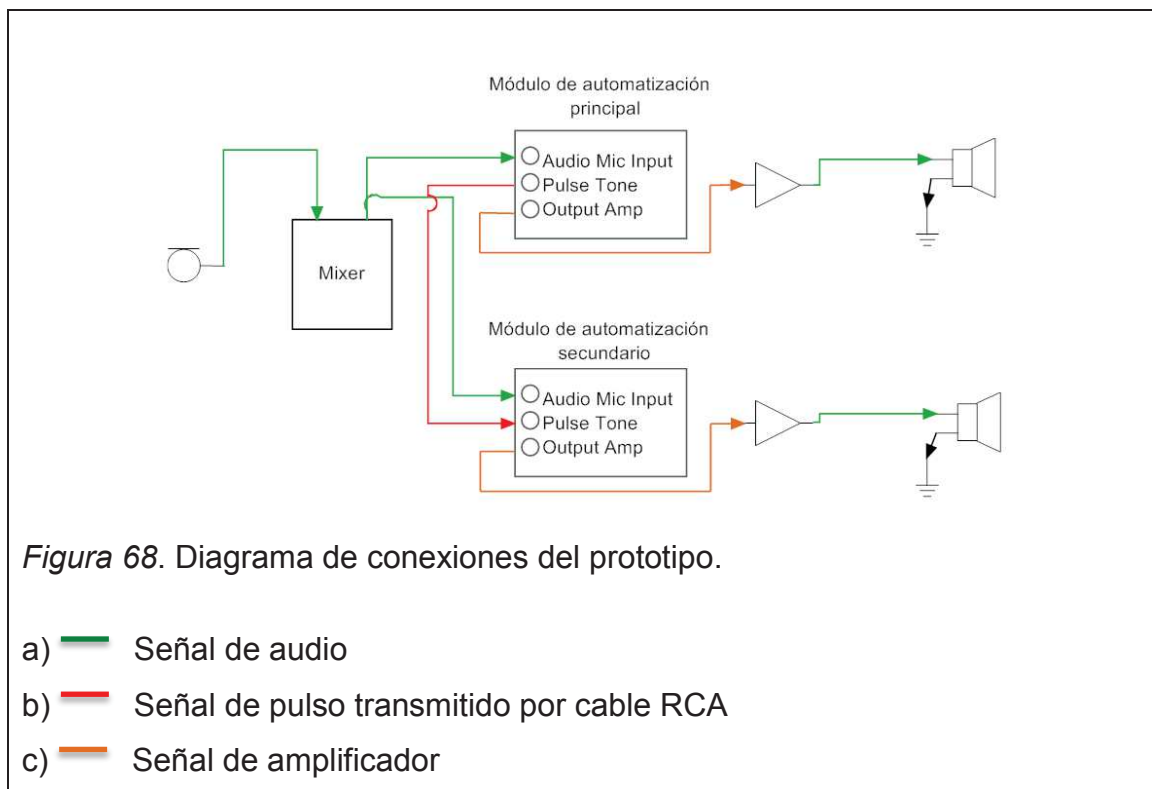


Figura 68. Diagrama de conexiones del prototipo.

Zonificación o sectorización

Por cada zona es necesario un módulo de automatización (posee su propio reproductor de música) y un amplificador, de esta manera es posible amplificar una señal independiente en cada zona.

Detección de nivel

En el circuito de detección TDA 7284 ingresan dos señales:

- 1) La señal de ruido de fondo. Esta es captada a través del micrófono y es amplificada por la consola para posteriormente ingresar a la entrada "Audio Mic Input".
- 2) La señal del reproductor de música.

El TDA 7284 amplifica la señal de audio del reproductor si aumenta el nivel de ruido de fondo, o la atenúa si disminuye el nivel de ruido de fondo. Este proceso es válido en los dos módulos de automatización.

Emisión mensaje de emergencia

Para la implementación del prototipo, se reemplazó el detector de humo (sistema de emergencia empleado en la Universidad) por un pulsador implementado en el módulo de automatización principal. Cuando este es presionado, envía un mensaje de cambio de estado al ARDUINO UNO R3, el cual a su vez, envía una señal de pulso a la salida "*Pulse Tone*". Esta señal de pulso ingresa también en el puerto "*Pulse Tone*" del módulo de automatización secundario, con lo que se consigue unificar el sistema de automatización. La señal de pulso en los dos módulos de automatización genera en el reproductor de música un mensaje de cambio de pista para que así se reproduzca el mensaje de emergencia a través de todo el sistema. Para que finalice la reproducción de este mensaje de emergencia es necesario presionar nuevamente el pulsador.

El módulo de automatización principal posee internamente la circuitería descrita en la Figura 60. Por otra parte, el módulo de automatización secundario posee toda la circuitería excepto el ARDUINO UNO R3, en su lugar, tiene un circuito que funciona como fuente de alimentación para el módulo.

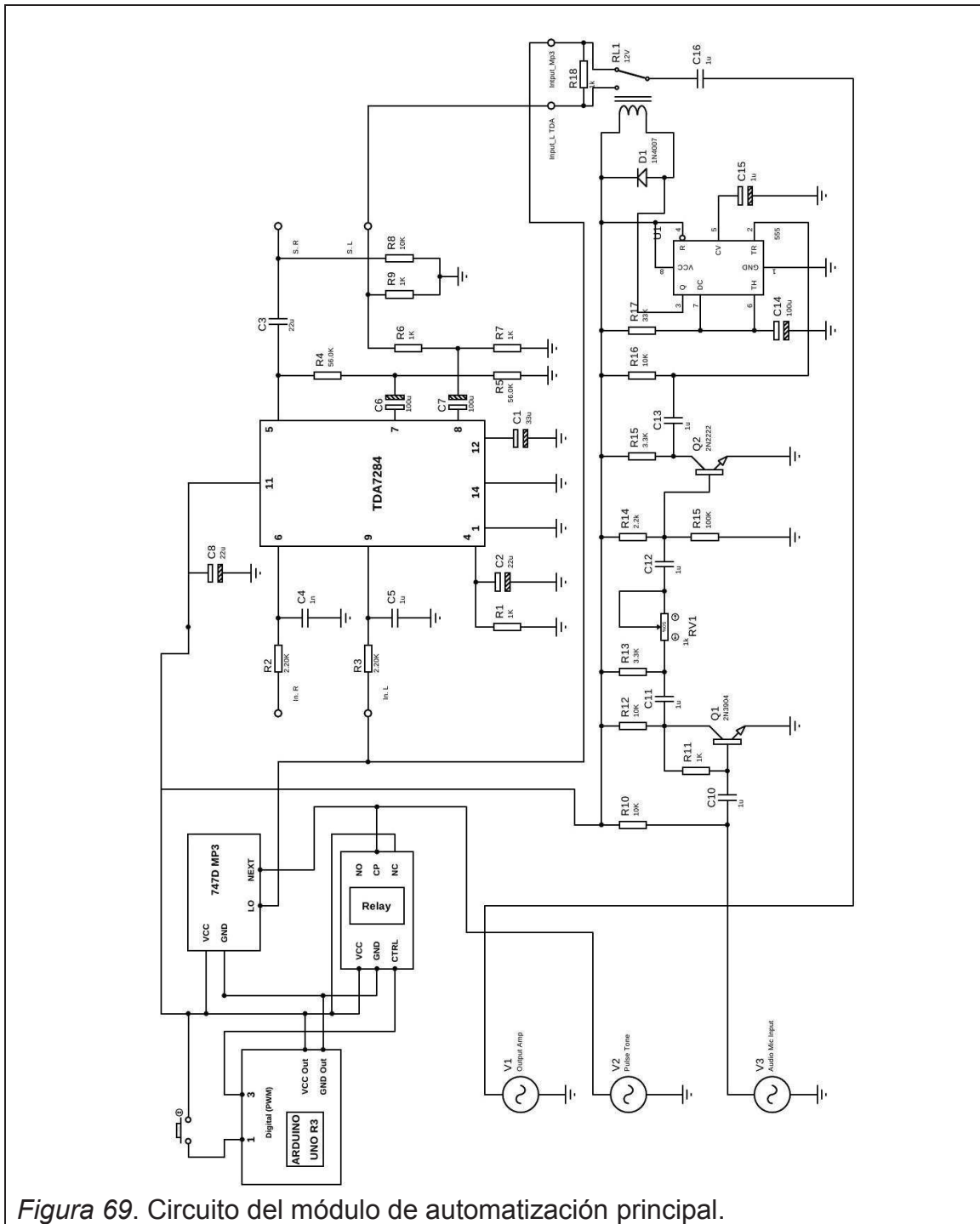


Figura 69. Circuito del módulo de automatización principal.

2.6. Tendencias de los sistemas de audio

En el mercado existen amplificadores que cuentan ya con distribución de zonas, permitiendo un máximo de seis. Si se necesitan más zonas, es posible encadenar varios dispositivos y así cubrir la demanda de los recintos a sonorizar. Sin embargo, no se encuentra un sistema que tome en cuenta la variación del ruido de fondo para controlar el nivel de reproducción.

Estos sistemas tienen protocolos de comunicación RJ45 (Ethernet), RS232 (Puerto Serial) cómo el dbx Zonepro 1260, con un precio de 1.899,95 dólares americanos en la página oficial de la marca.

Existen también sistemas de sonorización que poseen controles remotos táctiles, los cuales permiten la selección de listas de reproducción desde plataformas de distribución de audio en línea como soundcloud.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El tiempo de reverberación obtenido en las mediciones de los pasillos de los bloques que conforman la sede Queri no cumple con los márgenes recomendados por la Norma AS/NZS 2107: tiempos entre 0,6 y 0,8 segundos. Esto es debido a que la mayoría de pasillos no cuentan con un cielo raso absorbente, como en el caso de la planta alta del Bloque 4 y todos los pasillos del Bloque 6, donde es más evidente la influencia de la absorción aportada por el cielo raso (como se muestra en la Tabla 8).

Teniendo en cuenta que el tiempo de reverberación influye directamente en la inteligibilidad de la palabra, se puede observar en la Tabla 8 que, en aquellos pasillos donde el tiempo de reverberación es mayor a 1,8 segundos, la valoración subjetiva del %Alcons es buena. Sin embargo, en los pasillos donde la altura es mayor, la valoración subjetiva se califica solo como aceptable.

Hay que tener en cuenta que la altura es un factor importante en el diseño de sistemas de sonorización. Cuando esta aumenta, se requiere un menor número de altavoces para cubrir el área del recinto. Por esta razón se debe lograr un

equilibrio en el cual el recinto disponga de una altura mayor a tres metros y su tiempo de reverberación no supere un segundo.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

En esta sección se detallan los recursos empleados para la ejecución del proyecto.

Debido a que la investigación teórica, simulación, ensamble y evaluación del circuito son responsabilidad del investigador, no se tiene en cuenta para el análisis económico.

Tabla 11. Total de horas empleadas para el desarrollo y ejecución del proyecto

Horas empleadas en el proyecto	
Investigación Teórica	768
Consultoría	10
Simulación, ensamble y evaluación del circuito	1142
TOTAL	1920

Tabla 12. Descripción de elementos empleados para el diseño del prototipo del sistema

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
6	Capacitores cerámicos	0,10	0,60
2	Transistores 2N2222	0,35	0,70
1	Relé 5 [V]	1,00	1,00
2	Potenciómetros	0,75	1,50
5	Cable dual para altavoces [m]	0,35	1,75
2	Filas espadines hembras	0,90	1,80
4	Conectores Jack TS	0,50	2,00
8	Transistores 2N3904	0,25	2,00
5	Borneras de 3 pines	0,45	2,25
6	Capacitores electrolíticos	0,40	2,40
3	Filas espadines macho	0,90	2,70
6	Conectores Plug TS	0,50	3,00

10	Diodos 1N4007	0,30	3,00
1	Socket 9x2	4,00	4,00
15	Estaño	0,30	4,50
5	Ácido férrico	0,90	4,50
1	Cautín	5,00	5,00
1	Baquelita perforada	5,00	5,00
12	Borneras de 2 pines	0,45	5,40
1	Flux	6,00	6,00
12	Resistencias	0,50	6,00
10	Cable para micrófono [m]	1,50	15,00
80	Pernos 1/8	0,20	16,00
1	Fuente de 5 [V]	17,00	17,00
2	Baquelita A4	9,00	18,00
1	Cable RS232 USB	22,00	22,00
1	Módulo relé compatible con Arduino	25,00	25,00
2	Módulos mp3	14,00	28,00
2	Cajas metálicas	15,00	30,00
1	Arduino ONE R3	45,00	45,00
4	Serigrafiado placas	15,00	60,00
2	Cajas de acrílico	50,00	100,00
1	Micrófono Audio Technica ES945	100,00	100,00
10	Horas de consultoría	10,00	100,00
2	Altavoces DAS CL6T	64,96	129,92
2	Amplificador de voltaje constante	250,00	500,00
		TOTAL:	1271,02

El micrófono fue importado de forma independiente, por lo que su costo real en el mercado es el doble del indicado en la Tabla 12.

Para el cálculo del presupuesto de implementación del sistema se aproximaron los valores de cable y número de altavoces para dejar un rango de corrección.

La mano de obra no se consideró ya que la propia Universidad cuenta con personal capaz de prestar este servicio.

Tabla 13. Presupuesto de implementación del sistema

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
4	Módulos de automatización	500,00	2.000,00
4	Amplificadores de potencia FoneStar FS-1240	414,90	1.659,60
140	Altavoces de cielo raso DAS CL-6T	72,00	10.080,00
55	Metros de cable de micrófono	1,75	96,69
6	Rollos de 100 metros de cable AWG 10	69,00	414,00
4	Micrófonos AudioTechnica ES945	200,00	800,00
30	Conectores XLR y TS (Jack y Plug)	1,80	54,00
	Subtotal 1		15.104,29
	Imprevistos 10%		1.510,43
	Ganancia 25%		4.153,68
	Subtotal 2		20.768,40
	IVA 12%		2.492,21
	TOTAL		23.260,60

Adicional al costo total de la implementación del sistema presentado en la tabla anterior, se debe tomar en cuenta un presupuesto para imprevistos del 10% y la ganancia correspondiente al 25%. Por lo que el costo total de la implementación del sistema es de 23.260,60 dólares americanos.

5. PROYECCIONES

- No todos los criterios que exige la norma UNE-EN60849 han sido incluidos en el diseño del sistema, por lo tanto, la principal proyección consiste en cumplir el resto de ellos:

El sistema deberá ser capaz de emitir una primera señal de alerta antes de pasados 3 [s] desde que es puesto en modo de emergencia por el

operador, o de forma automática al recibir una señal de fuego o de cualquier otro sistema de detección. En este último caso, el periodo de 3 [s] incluye el tiempo de reacción del sistema de detección desde el momento en que la emergencia es detectada hasta que se produce la señal de alarma. (Asociación Española de Normalización y Certificación , 2002, p. 8).

El operador deberá poder recibir en cualquier momento, por medio de un sistema de monitorización, indicaciones del funcionamiento correcto del sistema de emergencia o bien de sus componentes más importantes. (Asociación Española de Normalización y Certificación , 2002, p. 8).

Si el sistema de alarma de voz es capaz de operar en modo totalmente automático deberá estar disponible siempre una instalación para controlar:

- a) el tipo de mensaje pregrabado que es emitido;
- b) la difusión de mensajes a diferentes zonas;
- c) instrucciones en tiempo real o información a los ocupantes a través del micrófono de emergencia (si lo hubiera).

Deberán proporcionarse medios para la intervención manual que anulen cualquier función programada automáticamente. Esto será de aplicación tanto para la naturaleza del mensaje emitido como para las formas de difusión del mensaje. Así pues, se proporcionarán controles manuales en el punto central de control (así como en puntos de control remotos) para permitir:

- a) inicio y fin de mensajes de alarma pregrabados;
- b) selección de mensajes de alarma pregrabados apropiados;
- c) encendido y apagado de zonas de altavoces seleccionadas;

d) emisión de mensajes en directo a través del micrófono de emergencia (si lo hubiera). (Asociación Española de Normalización y Certificación , 2002, p. 9)

- El mensaje de emergencia del sistema debe estar almacenado en una memoria dentro del circuito y cuando se presione el pulsador que simula al detector de humo, el programa llamaría a la memoria y emitiría el mensaje, garantizando así que el este se reproduzca sin ningún contratiempo.
- El sistema debe tener una fuente de energía adicional como un generador eléctrico en caso de corte de energía, ya que debe estar totalmente disponible en el caso de que se produzca una emergencia durante el fallo.
- Implementar un circuito de protección al sistema, en el caso de pasar de una fuente primaria (energía eléctrica tradicional) a una fuente auxiliar (ejemplo: generador eléctrico) o viceversa, permitiendo que el sistema funcione automáticamente después de la conmutación.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Es posible diseñar un sistema de audio de voltaje constante automatizado para la sede Queri de la Universidad de Las Américas mediante circuitos electrónicos y microcontroladores. En este proyecto se han aprovechado las prestaciones técnicas de la placa ARDUINO UNO R3 y del microcontrolador TDA7284.
- La mayoría de los pasillos de los bloques de la sede Queri que se contemplan en el diseño del sistema no cumplen con los tiempos de reverberación recomendados en la Norma AS/NZS 2107. Sin embargo, a los indicadores de inteligibilidad (%Alcons) se les atribuye una

valoración subjetiva de excelente. La excepción se produce en las Zonas 2 y 3 de la Planta Baja del Bloque 6, donde la valoración subjetiva tan sólo se califica como aceptable.

- Cuanto más alto es el techo, son necesarios menos altavoces para cubrir las mismas superficies. Pero se debe tener en cuenta que, a medida que aumenta el volumen, también lo hace el tiempo de reverberación y esto influye negativamente sobre la inteligibilidad de la palabra.
- La sectorización del sistema se logra a través de los módulos de automatización. Cada uno de estos posee un reproductor de música independiente, se conecta a un amplificador y a sus altavoces correspondientes. La variación del nivel de reproducción del sistema en función del nivel de ruido de fondo se realiza tomando como referencia la señal de salida de un micrófono conectado con el microcontrolador TDA7284. En función del nivel de la señal, se amplifica o atenúa el nivel de reproducción de la música o del mensaje de emergencia.
- La interconexión del sistema de emergencia con el sistema de audio distribuido para la emisión de mensajes de voz se logra a través de la placa ARDUINO UNO R3, que identifica la señal de entrada del detector de humo (implementado como un pulsador en el módulo de automatización). Cuando hay una señal de entrada (si se ha presionado el pulsador), se emite un comando de cambio de estado, lo que provoca la reproducción del mensaje de emergencia grabado previamente. Para detener la reproducción del mensaje de emergencia es necesario volver a presionar el pulsador.
- El procedimiento para la elaboración de los módulos de automatización puede servir como una referencia para el diseño de sistemas de audio distribuido de voltaje constante, ya que no es común encontrar sistemas que permitan la variación del nivel de reproducción en función del ruido de fondo

- La variación de nivel de reproducción en función del ruido de fondo es muy útil para la emisión de los mensajes de emergencia. Pero no es recomendable que esta variación se aplique en la música ambiental, ya que en el contexto de un centro educativo los resultados pueden causar molestias y fatiga auditiva.

6.2. Recomendaciones

- El sistema debe ser capaz de abarcar todos los bloques que comprenden la sede Queri y considerar zonas independientes, pero centralizadas para el sistema de emergencia y de control.
- Cada planta de cada bloque debe ser considerada como una zona, actualmente el diseño contempla cada bloque como una zona.
- Es importante tomar en cuenta para un diseño completo del sistema, las áreas de concentración masiva, como los auditorios y las salas de profesores.
- Diseñar un programa de control remoto inalámbrico para el sistema.
- Mejorar el aspecto estético de los módulos de automatización para que puedan resultar atractivos en el mercado y competir con el resto de modelos.

REFERENCIAS

- Arau, H. (1999). ABC de la acústica arquitectónica. Barcelona: Ceac.
- Arduino. (2012). Arduino Uno. Recuperado el 11 de 01 de 2015, de Arduino: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- Asociación Española de Normalización y Certificación . (2002). Sistemas electroacústicos para servicios de emergencia. Norma Española UNE-EN 60849 , 25. Madrid, España: AENOR.
- Asset Policy & Projects. (2008). Acoustic Performance Standards for Learning Areas.
- Audio-Technica Ltd. (2009). Audio-Technica. Recuperado el 11 de enero de 2015, de audio-technica always listening: <http://eu.audio-technica.com/en/products/product.asp?catID=2&subID=7&prodID=289>
- Bogen Communications Inc. (s.f.). Loudspeaker Installation Methods and Connection Techniques. Ramsey, New Jersey, United States.
- Bogen. (2014). System Design Guide & Buying Guide.
- Bohn, Dennis; Rane Corporation. (1997). Constant-Voltage Audio Distribution Systems: 25, 70.7 & 100 Volts.
- Cando Moreno, C. V., & Utreras Venegas, E. P. (2007). Estudio, planificación y diseño de sonorización del Instituto Geográfico Militar. Quito, Ecuador.

- Carrión, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Barcelona, España: Edicions UPC.
- Crown Engineering staff. (s.f.). Guide to Constant-Voltage Systems.
- Crown. (2001). Guía de Aplicación para Amplificadores. 33. Indiana, Estados Unidos.
- Davis, D., & Davis, C. (1987). Sound System Engineering (2nd ed.). Illinois: Howard W. Sams & Co.
- Davis, D., Patronis Jr, E., & Brown, P. (2013). Sound System Engineering (4th ed.). Indianapolis, Indiana: Focal Press.
- Eargle, J. (1999). Manual de Referencia para el Diseño de Sistemas de Sonido.
- Eargle, J. (2002). Electroacoustical Reference Data (1 ed.). New York, United States: Springer Science+Business Media.
- Eargle, J. (2003). Loudspeaker Handbook (2nd ed.). New York, United States: Springer Science+Business Media New York.
- García Martínez, P. C., & Vivas Padilla, J. M. (2011). Diseño de un sistema de audio distribuido, basado en un sistema de voltaje constante para los laboratorios de la ESIME Zacatenco. México D.F., México.
- Google Maps. (2015). Google Maps. Recuperado el 12 de enero de 2015, de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/@-0.169114,-78.4717755,421m/data=!3m1!1e3?hl=es>
- Kamlet, R. (2006). Distributed Speaker Systems 101. Northridge. United States.

Maturana, J. L. (2009). mailxmail. Recuperado el 12 de diciembre de 2014, de Soldadura por arco manual o eléctrico. Fundamentos: <http://www.mailxmail.com/curso-soldadura-arco-manual-electrico-fundamentos/maquinas-soldar-transformador>

Optimax System. (s.f.). Sistema de megafonía y alarma por voz.

Ordoñez, J. (2007). Quito.

QSC. (1999). Contractor Amplifiers CX Application Guide.

Reyes, M. (2009). Sistemas de alarma por voz para aplicaciones de evacuación.

Rivera Delgado, S. A., & Vega Beltrán, C. (2010). Anteproyecto de diseño de un sistema de megafonía para el laboratorio de acústica. México D.F., México.

Selenium. (s.f.). PROFESIONAL Line - Woofer 8PW3 / 8PW3-SLF. Canoas, Brasil: [s.n].

Self, Brice, Duncan, Hood, Sinclair, Singmin, y otros. (2009). Audio Engineerins know it all (1 ed.). Newnes.

SGS-THOMSON Microelectronics. (1997). TDA7284. Record/Playback Circuit with ALC . Malaysia.

Tapia Banda, J. C., & Vizcaino Freire, J. A. (2013). Diseño, simulación y construcción de un arreglo lineal de altavoces que permite controlar el patrón de directividad. Quito, Ecuador.

Toledo Rodriguez, F. J. (2005). Sistemas de Audio Distribuido de Voltaje Constante. Valdivia, Chile.

Universidad de Las Américas. (2013). Guía Docente 2013-2014. Quito, Ecuador.

Vellone, J. (2006). Multimedia Solutions for System Integrator. Recuperado el 8 de Noviembre de 2014, de Vellone Communication: <http://www.vellone.com/support/70vlength/>

ANEXOS

ANEXO 1. Glosario

Capacitancia: es la propiedad de un circuito eléctrico de oponerse al cambio en la magnitud de tensión a través del circuito. También capacitancia se refiere a la característica de un sistema que almacena carga eléctrica entre sus conductores y un dieléctrico, almacenando así una energía en forma de campo eléctrico.

Devanado: componente de un circuito eléctrico formado por un hilo conductor aislado y enrollado repetidamente, en forma variable según su uso.

Inductancia: es el campo magnético que crea una corriente eléctrica al pasar a través de una bobina de hilo conductor enrollado alrededor de la misma que conforma un inductor. Un inductor puede utilizarse para diferenciar señales cambiantes rápidas o lentas. Al utilizar un inductor con un condensador, la tensión del inductor alcanza su valor máximo a una frecuencia dependiente de la capacitancia y de la inductancia.

Resistencia: es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

Teorema de Norton: Cualquier red compuesta por resistores lineales, fuentes independientes y fuentes dependientes puede ser sustituida, en un par de nodos, por un circuito equivalente formado por una sola fuente de corriente y un resistor en paralelo.

La resistencia se calcula (igual que para el equivalente de Thevenin) anulando las fuentes independientes del circuito (pero no las dependientes) y reduciendo el circuito resultante a su resistencia equivalente vista desde el par de nodos considerados.

El valor de la fuente de corriente es igual a la corriente que circula en un cortocircuito que conecta los dos nodos.

Teorema de Thevenin: Cualquier red compuesta por resistores lineales, fuentes independientes y fuentes dependientes, puede ser sustituida en un par de nodos por un circuito equivalente formado por una sola fuente de voltaje y un resistor serie.

Por equivalente se entiende que su comportamiento ante cualquier red externa conectada a dicho par de nodos es el mismo al de la red original (igual comportamiento externo, aunque no interno).

La resistencia se calcula anulando las fuentes independientes del circuito (pero no las dependientes) y reduciendo el circuito resultante a su resistencia equivalente vista desde el par de nodos considerados. Anular las fuentes de voltaje equivale a cortocircuitarlas y anular las de corriente a sustituirlas por un circuito abierto.

El valor de la fuente de voltaje es el que aparece en el par de nodos en circuito abierto.

ANEXO 2. Especificaciones del altavoz DAS CL-6T

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

D.A.S. Audio agradece la confianza depositada en la elección de Ceiling Loudspeakers para realizar sus instalaciones.

Le recomendamos que lea atentamente las instrucciones de este manual antes de instalar y usar el producto.

1.2 Características

- Los altavoces para empotrar en techo de D.A.S. Audio (Ceiling loudspeakers) aportan innovación tanto en los materiales empleados como en el diseño técnico, para ofrecer altas prestaciones con un producto sencillo y compacto. Además ofrecen un campo sonoro abierto con eficiente reproducción de medias y altas frecuencias, hecho que contribuye a una mayor inteligibilidad del mensaje sonoro emitido por la fuente.
- Los circuitos magnéticos de alta inducción incorporados en el producto permiten la reproducción tanto de mensajes de voz como música sin distorsión ni fatiga.
- Las membranas empleadas en el diseño del altavoz están fabricadas con polipropileno, para evitar que con el paso del tiempo puedan deteriorarse debido a factores como el calor y la humedad ambiental.
- La serie consta de siete modelos: **CL-5, CL-6, CL-8, CL-5T, CL-6T, CL-8T y CL-6TB**.
- Especificaciones técnicas: se detallan a continuación las especificaciones de los modelos básicos:

MODELO	Impedancia nominal (ohmios)	Sensibilidad en el eje 1W/1m	Potencia media (RMS)	Rango de frecuencia	Peso (g)	F _c (Hz)
CL-5	8	89dB SPL	20W	70Hz-20KHz	725	68
CL-6	8	90dB SPL	40W	60Hz-20KHz	1190	53
CL-8	8	90dB SPL	60W	50Hz-20KHz	1575	48

MODELO	Sensibilidad en el eje 1W/1m	Potencia media (RMS)	Rango de frecuencia	Tensión de línea (V)
CL-5T	89dB SPL	3-6-X W	70Hz-20KHz	100
		1.5-3-6 W		70.7
CL-6T	90dB SPL	5-10-15 W	60Hz-20KHz	100
		2.5-5-7.5 W		70.7
CL-8T	90dB SPL	10-20-30 W	50Hz-20KHz	100
		5-10-15 W		70.7
CL-6TB	90dB SPL	5-10-15 W	70Hz-20KHz	100
		2.5-5-7.5 W		70.7

La posición marcada con X no se debe emplear.

- Cada modelo de la serie posee una rejilla protectora desmontable, en la que se encuentra el anagrama de D.A.S. Audio, y que permite acceder por la parte frontal a cada uno de los componentes que constituye el producto; para retirarla se precisa un objeto puntiagudo que pueda ser introducido en cualquiera de los orificios. Para más detalles acerca del procedimiento para desmontar la rejilla consultar el apartado 3.2. del presente manual.

ATENCIÓN: TENGA PRECAUCIÓN CON EL OBJETO PUNTIAGUDO PARA NO DAÑAR EL ALTAVOZ AL EXTRAER LA REJILLA

- Los terminales de conexión del altavoz son de borna de presión para cable pelado, incluyendo la codificación de colores para cada uno de los polos: rojo para el positivo y negro para el negativo. El modelo con transformador incluye 4 terminales, uno común y 3 más, cada uno de los cuales sirve para seleccionar la potencia a la que va a trabajar el altavoz: para seleccionar la potencia se ha de consultar la etiqueta trasera del modelo CL-5T donde se especifican las potencias en función del terminal seleccionado y del voltaje. No usar el terminal de 6W línea de 100V.
- En la parte posterior del producto existe una etiqueta donde se especifican además del modelo, las principales características técnicas del mismo, y la normativa que cumple.
- Cada modelo se compone de tres partes esenciales: el soporte de plástico, el altavoz y la rejilla. El soporte posee 4 torretas en la parte posterior donde se alojan los 4 tornillos necesarios para fijar el altavoz; además existen otras 4 torretas, de mayores dimensiones que las anteriores, que sirven para fijar el conjunto al techo por medio de unas pestañas giratorias que se aprietan con tornillos desde la parte delantera del conjunto.
- Por tanto, todos los sistemas poseen 8 tornillos, 4 para fijar el altavoz al soporte de plástico (con cabeza alomada y mortaja phillips) y 4 más para desplazar las pestañas que sujetan el conjunto al techo; éstos últimos poseen cabeza avellanada y mortaja phillips.
- Todos los tornillos son accesibles desde la parte frontal del altavoz, es decir, es necesario retirar la rejilla para poder manipularlos.
- Con cada modelo se entrega una plantilla para facilitar la realización del corte circular en el techo. Así como una plantilla circular para poder pintar el soporte de plástico blanco protegiendo el altavoz.

ANEXO 3. Especificaciones del micrófono AudioTechnica ES945

ES945 OMNIDIRECTIONAL CONDENSER BOUNDARY MICROPHONE

engineered sound®



DESCRIPTION

The ES945 is a wide-range condenser microphone with an omnidirectional polar pattern. It is designed for unobtrusive table, ceiling or panel-mounted applications for high-quality sound reinforcement, teleconferencing, professional recording, television and other demanding sound pickup applications.

The ES945 is equipped with UniGuard™ RFI-shielding technology, which offers outstanding rejection of radio frequency interference (RFI).

The microphone should be placed on a flat, unobstructed mounting surface. The small-diameter capsule near the boundary eliminates phase distortion and delivers clear, high-output performance.

The microphone requires 11V to 52V phantom power for operation. The microphone is enclosed in a heavy-duty die-cast case and protected by a two-layer steel mesh grille. The low-profile housing has a low-reflectance black finish. The microphone is also available in white as the ES945W (shown above). Isolators are included with the microphone for optional mechanical isolation from the mounting surface.

INSTALLATION AND OPERATION

Output is low impedance balanced. The balanced signal appears across Pins 2 and 3, while the ground (shield) connection is Pin 1. Output is phased so that positive acoustic pressure produces positive voltage at Pin 2 in accordance with industry convention.

To mount the ES945 in a ceiling or table top **without the isolators**, a $\frac{13}{16}$ " (20.5 mm) diameter hole is required. To mount the ES945 **with the isolators**, a $\frac{1}{2}$ " (23.5 mm) hole is required. Place the isolators on either side of the hole to achieve mechanical isolation from the mounting surface.

While a modern fixed-charge condenser microphone is not unduly sensitive to the environment, temperature extremes can be harmful. Exposure to high temperature can result in gradual and permanent reduction of the output level. Avoid leaving the microphone in the open sun or in areas where temperatures exceed 110° F (43° C) for long periods of time. Extremely high humidity should also be avoided.

ARCHITECTS AND ENGINEERS SPECIFICATIONS

The microphone shall be a fixed-charge condenser designed for use in table, ceiling or panel-mount boundary applications. It shall have a frequency response of 40 Hz to 18,000 Hz and an omnidirectional polar pattern. It shall have a self-contained power module and shall operate from an external 11V to 52V DC phantom power source. It shall offer outstanding rejection of radio frequency interference (RFI). It shall be capable of handling sound input levels up to 142 dB with a dynamic range of 112 dB. Nominal open circuit output voltage shall be 7.9 mV at 1 kHz, 1 Pascal. Output shall be low impedance balanced (200 ohms) from an integral 3-pin XLRM-type connector.

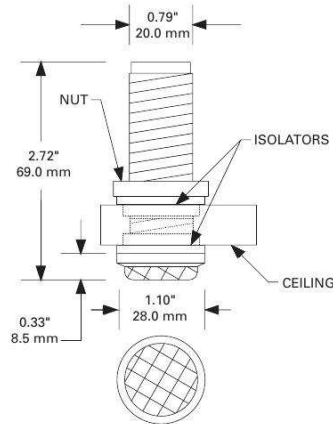
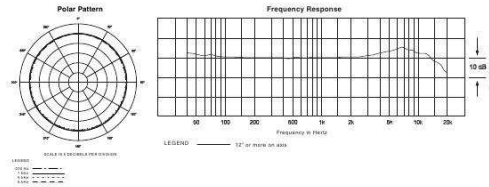
The microphone shall have a maximum diameter of 28.0 mm (1.10") and an overall length of 69.0 mm (2.72"). Weight shall be 63 grams (2.2 oz). The microphone shall be housed in an all-metal case with a two-layer steel mesh grille. Finish shall be low reflectance black [white]. Resilient isolators shall be provided for reduction of mechanical noise transfer from the mounting panel. The Audio-Technica ES945 [ES945W] is specified.

ES945 SPECIFICATIONS*

ELEMENT	Fixed-charge back plate permanently polarized condenser
POLAR PATTERN	Omnidirectional
FREQUENCY RESPONSE	40-18,000 Hz
OPEN CIRCUIT SENSITIVITY	-42 dB (7.9 mV) re 1V at 1 Pa*
IMPEDANCE	200 ohms
MAXIMUM INPUT SOUND LEVEL	142 dB SPL, 1 kHz at 1% T.H.D.
DYNAMIC RANGE (typical)	112 dB, 1 kHz at Max SPL
SIGNAL-TO-NOISE RATIO†	64 dB, 1 kHz at 1 Pa*
PHANTOM POWER REQUIREMENTS	11-52V DC, 2 mA typical
WEIGHT	63 g (2.2 oz)
DIMENSIONS	28.0 mm (1.10") diameter, 69.0 mm (2.72") length
OUTPUT CONNECTOR	Integral 3-pin XLRM-type
ACCESSORY FURNISHED	One pair isolators

†In the interest of standards development, A.T.U.S. offers full details on its test methods to other industry professionals on request.

*1 Pascal = 10 dynes/cm² = 10 microbars = 94 dB SPL
 †Typical, A-weighted, using Audio Precision System One.
 Specifications are subject to change without notice.



 **audio-technica®**

Audio-Technica U.S., Inc., 1221 Commerce Drive, Stow, Ohio 44224
 Audio-Technica Limited, Old Lane, Leeds LS11 8AG England
 www.audio-technica.com

PS1943 ©2007 Audio-Technica U.S., Inc. Printed in Japan

ANEXO 4. Data Sheet TDA7284



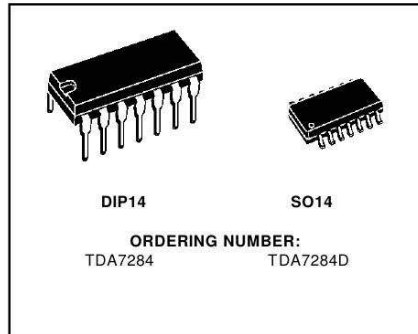
TDA7284

RECORD/PLAYBACK CIRCUIT WITH ALC

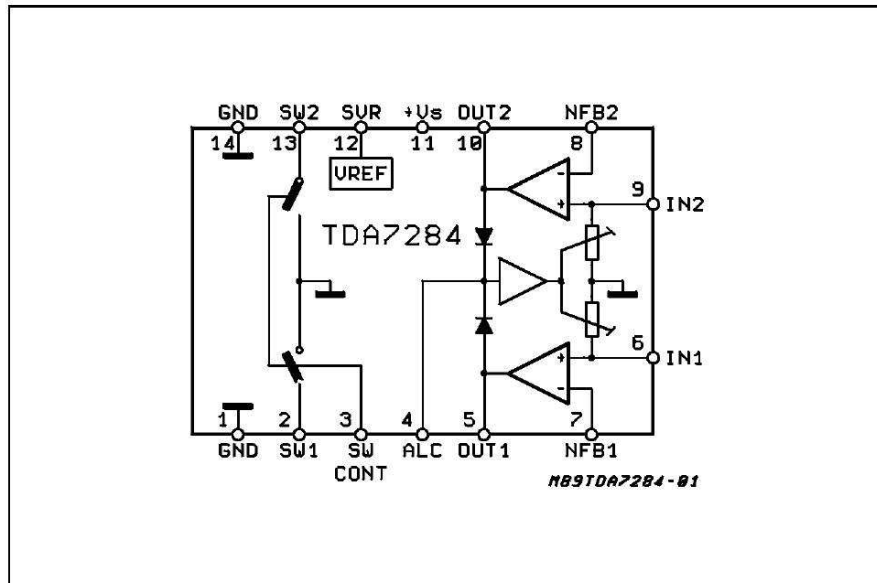
- WIDE OPERATING SUPPLY VOLTAGE (3V to 12V)
- VERY LOW INPUT NOISE ($V_i = 1.2\mu V$)
- INTERNAL COMPENSATION FOR HIGH GAIN APPLICATION (DOUBLE SPEED RECORDING)
- BUILT-IN ALC CIRCUITRY
- GOOD SVR
- DC CONTROLLED SWITCHES FOR MUTE OR EQUALIZATION SWITCHING FUNCTIONS

DESCRIPTION

The TDA7284 is a monolithic integrated circuit in a DIP/SO-14 designed for 6V, 9V and 12V AC/DC portable cassette equipment application.

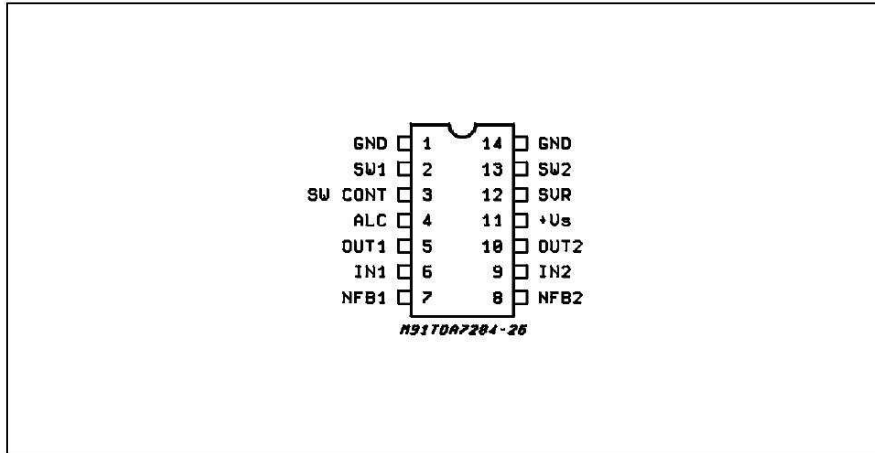


BLOCK DIAGRAM



TDA7284

PIN CONNECTION (Top view)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage	14	V
T_{OP}	Operating Temperature Range	-20 to 70	°C
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature Range	-40 to 150	°C

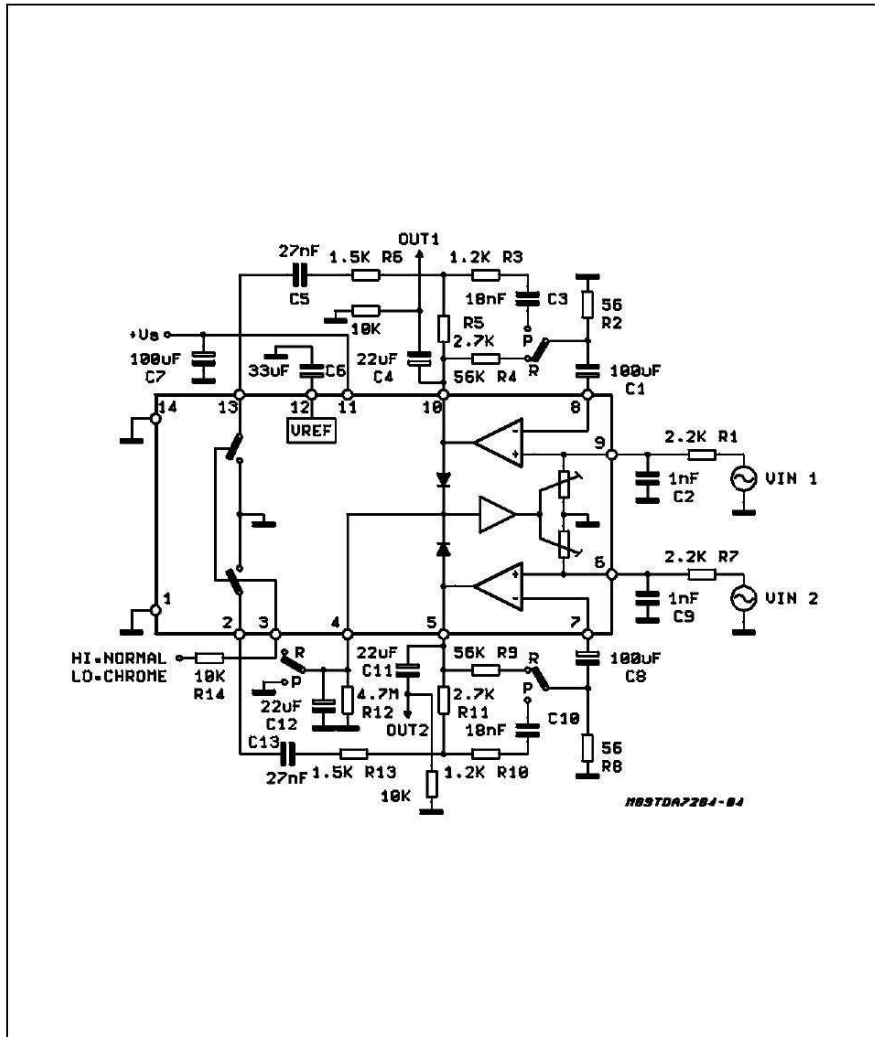
THERMAL DATA

Symbol	Description	Max	S014	DIP14	Unit
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient		200	120	°C/W

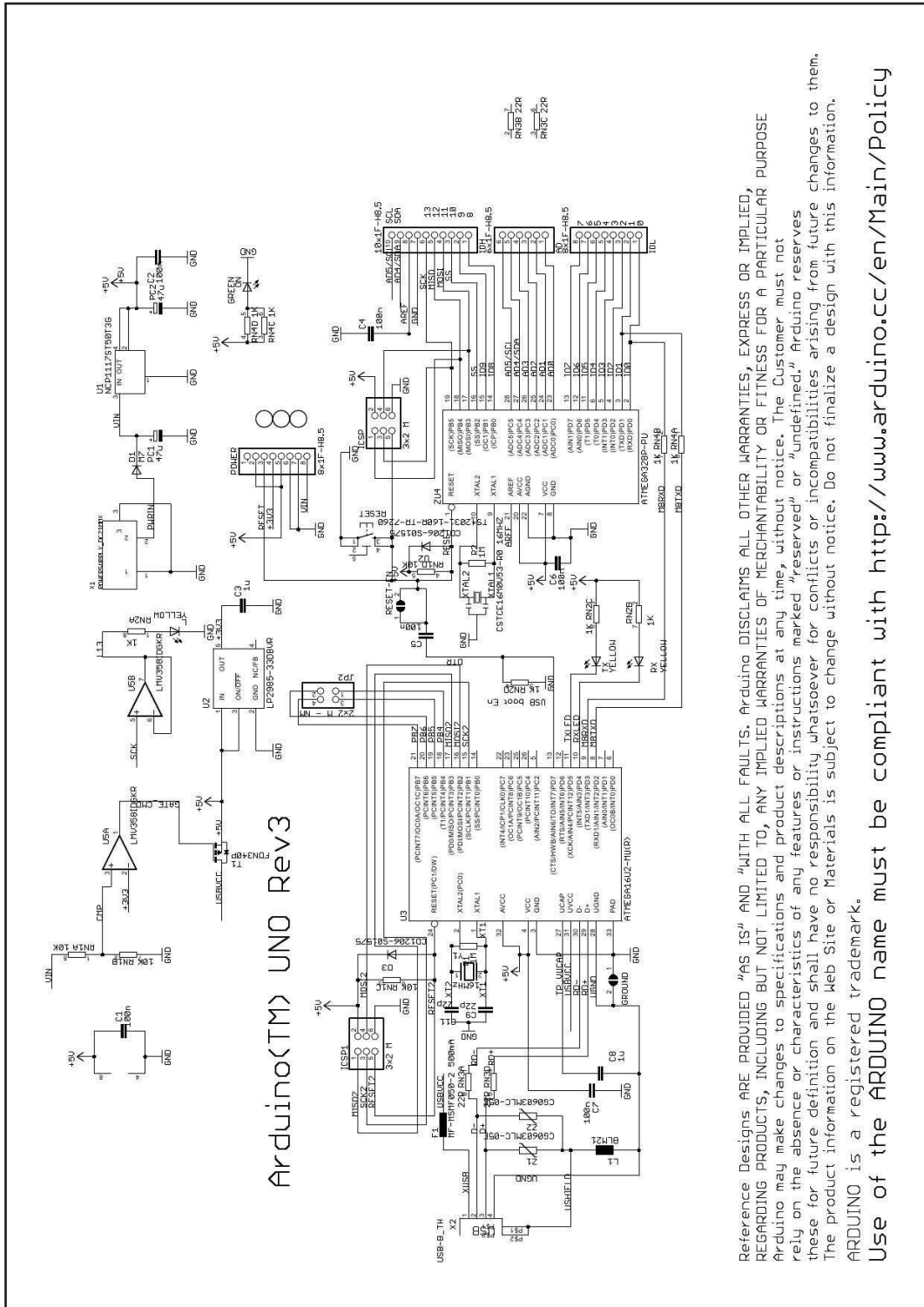
DC CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^\circ$; $V_S = 6V$; $V_i = 0V$; $R_i = 10K\Omega$; ALC = OFF)

Terminal No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Terminal Voltage (V)	0	0	0	0	2.6	0	1.3	1.3	0	2.6	6	4.6	0	0

Figure 1: Test and Application Circuit



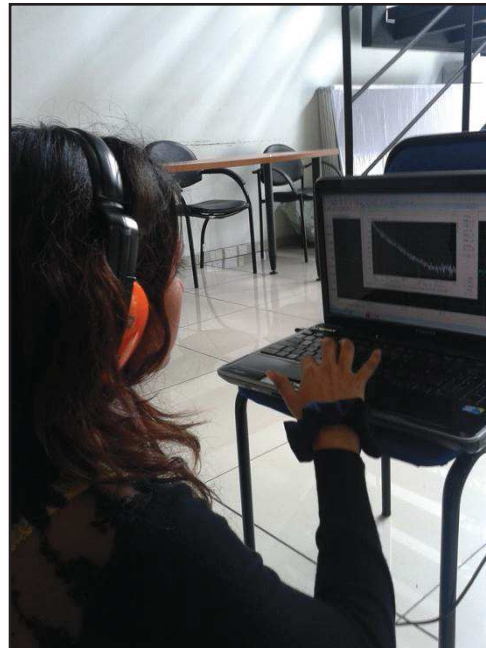
ANEXO 5. Esquema del Arduino UNO R3



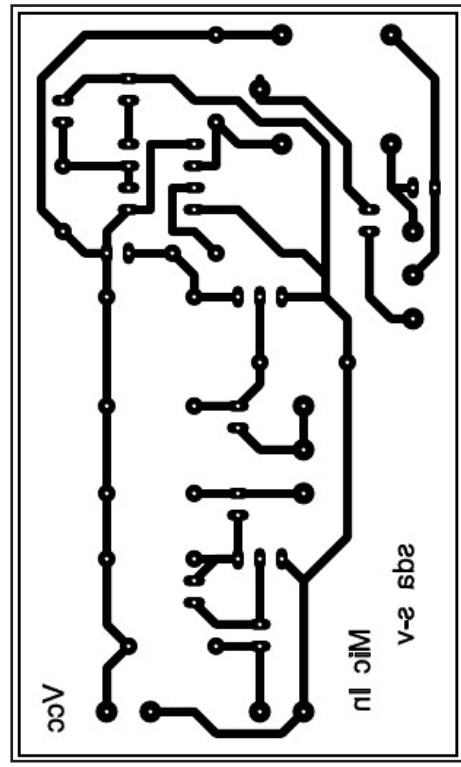
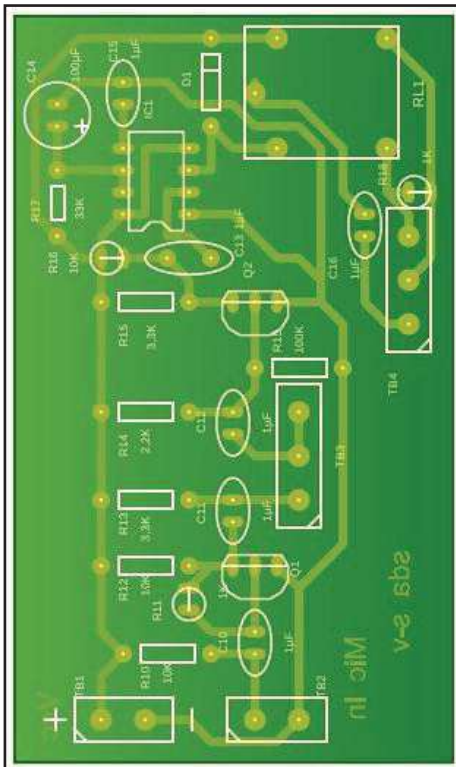
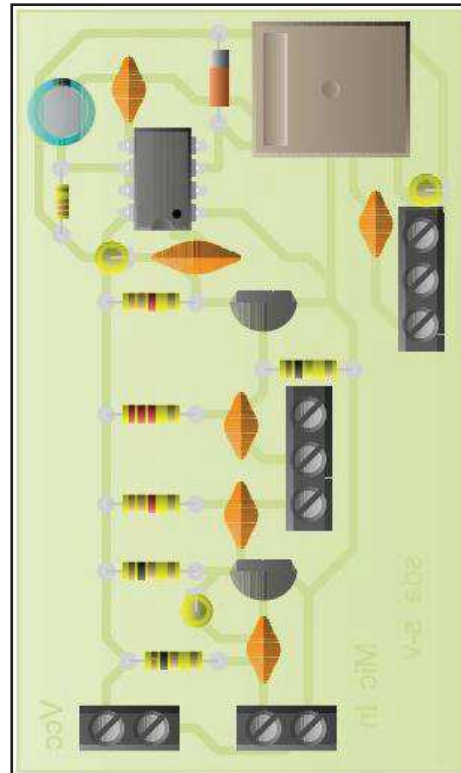
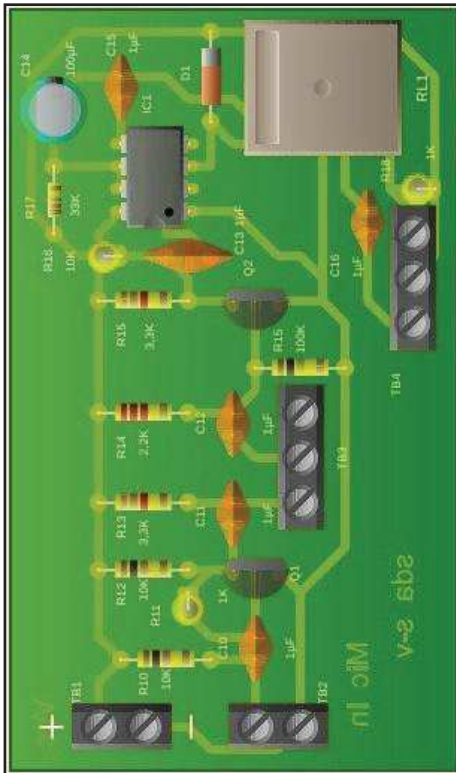
Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS. Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." Arduino reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information. ARDUINO is a registered trademark.

Use of the ARDUINO name must be compliant with <http://www.arduino.cc/en/Main/Policy>

ANEXO 6. Mediciones de tiempo de reverberación



ANEXO 7. Desarrollo del prototipo Circuito Análogo Digital



ANEXO 8. Desarrollo del prototipo Circuito TDA

