



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROPUESTA DE LABORATORIO VIRTUAL PARA
UN TUTORIAL DE INGENIERÍA DE SONIDO EN
LÍNEA

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

ÁREA
HARDWARE

PRESENTA
FRANCISCO JAVIER MENDOZA GALICIA

DIRECTOR DE TESIS
ING. DANIEL MARTÍNEZ GUTIÉRREZ



MÉXICO, D. F.

2012

DEDICATORIAS

A toda mi familia, por ser siempre símbolo de perseverancia, esfuerzo, dedicación, trabajo y de ese “extra” que se necesita para poder realizar las cosas siempre bien.

En especial a mis padres... José y Luisa. A mis hermanos... Soraya, Monse y Ulises. A mis abuelos... Luciana y Lucas.

A mis amigos de la escuela... los que me han acompañado desde la prepa con su amistad incondicional y a los que en la facultad hicieron feliz mi estancia.

A mis amigos de la música... con los que he compartido mucho de mi tiempo y dedicación.

A mi profesor de guitarra... Ángel, por sus sabias enseñanzas.

Y a todas las personas con las que he compartido parte de mi vida, tiempo, experiencia y conocimiento.

A la UNAM y a su Facultad de Ingeniería por haberme proporcionado la preparación para enfrentar la vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Daniel Martínez Gutiérrez, por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto y por su gran asesoría y enseñanzas.

A Alberto, por su gran ayuda y apoyo como amigo.

A David, por proporcionarme sus conocimientos para el desarrollo web de las aplicaciones virtuales y su apoyo como amigo.

A mis sinodales Juan Carreón Granados, Arturo Haro Ruíz, Gloria Mata Hernández y Salvador Villalobos Pérez por aceptar y brindarme un poco de sus conocimientos.

Y muy en especial a mis padres, ya que sin su apoyo jamás hubiera logrado llegar a estas alturas.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1 - Marco teórico: e-Learning, Ingeniería de Sonido, Experiencias en la Facultad de Ingeniería	3
1.1 e-Learning	4
1.1.1 Definición, Características y Objetivos	4
1.2 Ingeniería de Sonido	7
1.2.1 Definición y Objetivo	7
1.2.2 Conceptos Básicos de Ingeniería de Sonido	9
1.2.3 La Audición y el Oído Humano	24
1.3 Experiencias en la Facultad de Ingeniería	31
1.3.1 Cursos de Ingeniería de Sonido en México	31
1.3.2 Cursos a Distancia o en Línea y Laboratorios Remotos y Virtuales	37
Capítulo 2 - Propuesta de Implementación del Laboratorio Virtual y del Laboratorio Remoto	40
2.1 Virtualización Computacional	41
2.1.1 Definición y Características	41
2.1.2 VirtualBox: Características y Usabilidad	44
2.1.3 LabView: Características y Usabilidad	46
2.2 Aplicaciones de Audio Realizadas en LabView 8.2.1©	49
2.2.1 Conversor de Decibeles	49
2.2.2 Ecuilizador Semiparamétrico	53
2.2.3 Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu	60
2.2.4 Sonómetro Integrador y Calibrador Acústico	66
2.3 Equipo de Audio a Manejar Remotamente	73
2.3.1 Mezcladora Digital 01V96VCM de Yamaha	73
2.3.2 Amplificador con DSP XTi1000 de Crown	76
2.3.3 Interfaz de Audio US-122 de TASCAM	80
2.4 Manejo y Monitoreo del Equipo de Audio	83
2.4.1 Control Remoto de PC Mediante LogMeln	83
2.4.2 Transmisión de las Señales de Mezcla Mediante Streaming y Recepción de la Señal Mezclada por Parte del Usuario	86
2.5 Arquitectura del Laboratorio Virtual y del Laboratorio Remoto	91
2.5.1 Diagrama de Bloques	91

Capítulo 3 - Implantación del Laboratorio Prototipo	92
3.1 Implantación del Laboratorio Virtual	93
3.1.1 Servidor Davinci	93
3.1.2 Moodle Como Sistema de Administración de Contenido de Aprendizaje	94
3.1.3 Instrumentos Virtuales VIs	96
3.2 Implantación del Laboratorio Remoto	97
3.2.1 Creación de la Cuenta en LogMeIn	97
3.2.2 Instalación de VirtualBox en el Servidor Davinci	98
3.2.3 Creación de la Cuenta de Invitado en LogMeIn Para los Usuarios	108
3.2.4 Implementación de Streaming en el Servidor Davinci	109
3.2.5 Instalación del Rack de Audio	112
3.2.6 Planificación y Administración del Laboratorio Remoto	113
Capítulo 4 - Evaluación de Desempeño del Laboratorio Prototipo	114
4.1 Evaluación de Desempeño del Laboratorio Virtual	115
4.1.1 Aplicaciones Realizadas en LabView 8.2.1©	115
4.2 Evaluación de Desempeño del Laboratorio Remoto	119
4.2.1 Control Remoto del Equipo de Audio Mediante LogMeIn y Recepción de la Señal de Audio Mediante Streaming	119
Capítulo 5 - Manual de Referencia Para el Usuario del Laboratorio Prototipo	120
5.1 Manual de Referencia Para el Usuario	121
5.1.1 Requisitos Técnicos Mínimos de Equipo de Cómputo y Software Necesario	121
5.1.2 Utilización del Laboratorio Prototipo	123
Conclusiones	125
Apéndices	128
A – Especificaciones Técnicas de la Mezcladora Digital 01V96VCM de Yamaha	128
B – Compresión MP3	131
Bibliografía y Mesografía	133

Lista de Figuras

Capítulo 1:

Figura 1.1 Subcampos de la Acústica agrupados en tres dominios.

Figura 1.2 Relación entre las áreas de estudio con la acústica.

Figura 1.3 Producción, propagación y percepción del sonido.

Figura 1.4 Cuadro comparativo de los niveles de sonido en dB.

Figura 1.5 Curvas isofónicas de Fletcher y Munson.

Figura 1.6 Límites máximos permisibles de exposición.

Figura 1.7 Proceso de obtención del dBu y dBV.

Figura 1.8 Relación entre dBu y dBm.

Figura 1.9 Niveles de cuantización utilizando tres bits.

Figura 1.10 dBFS para 16 bits.

Figura 1.11 Bloques principales de un sistema de Refuerzo Sonoro.

Figura 1.12 Diagramas polares de directividad del micrófono.

Figura 1.13 Algunos modelos de micrófonos.

Figura 1.14 Algunos modelos de mezcladoras.

Figura 1.15 Algunos modelos de amplificadores.

Figura 1.16 Algunos modelos de altavoces.

Figura 1.17 Sistema de sonido simple.

Figura 1.18 Sistema de sonido complejo.

Figura 1.19 Anatomía del oído.

Figura 1.20 Oído medio.

Figura 1.21 Umbral de sensibilidad auditiva y audición.

Figura 1.22 Cóclea desenrollada.

Figura 1.23 Corte de la sección de la cóclea.

Figura 1.24 Ubicación de la respuesta en frecuencia de la membrana basiliar.

Figura 1.25 El órgano de Corti.

Figura 1.26 Tríptico del Diplomado de Ingeniería de Sonido propuesto en 2007.

Capítulo 2:

Figura 2.1 Tecnologías de virtualización para cada tipo de recurso.

Figura 2.2 Representación de un modelo de máquina virtual.

Figura 2.3 Windows XP corriendo en GNU/Linux.

Figura 2.4 Panel frontal y diagrama de bloques de LabView.

Figura 2.5 Panel frontal del Conversor de Decibeles.

Figura 2.6 Descripción del panel frontal del Conversor de Decibeles.

Figura 2.7 Diagrama de bloques del Conversor de Decibeles.

Figura 2.8 Descripción del diagrama de bloques del Conversor de Decibeles.

Figura 2.9 Rango de frecuencia de algunos instrumentos musicales.

Figura 2.10 Panel frontal del Ecuador Semiparamétrico (Amplitud).

Figura 2.11 Panel frontal del Ecuador Semiparamétrico (Fase).

Figura 2.12 Descripción del panel frontal del Ecuador Semiparamétrico.

Figura 2.13 Diagrama de bloques del Ecuador Semiparamétrico.

Figura 2.14 Descripción del diagrama de bloques del Ecuador Semiparamétrico.

Figura 2.15 Circuito de un VUmetro.

Figura 2.16 Panel frontal de Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu.

Figura 2.17 Descripción del panel frontal de Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu.

Figura 2.18 Diagrama de bloques de Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu.

Figura 2.19 Descripción del diagrama de bloques de Estructura de Ganancia y Ajuste a 0VU o +4 dBu.

Figura 2.20 Panel frontal del Sonómetro Integrador.

Figura 2.21 Descripción del panel frontal del Sonómetro Integrador.

Figura 2.22 Diagrama de bloques del Sonómetro Integrador.

Figura 2.23 Descripción del panel frontal del Sonómetro Integrador.

Figura 2.24 Diagrama de bloques del Calibrador Acústico.

Figura 2.25 Descripción del panel frontal del Calibrador Acústico.

Figura 2.26 Panel frontal y posterior de la 01V96VCM.

Figura 2.27 Panel frontal y posterior del XT11000.

Figura 2.28 Cara derecha, frontal y posterior de la US-122MKII.

Figura 2.29 Arquitectura de red establecida por LogMeIn.

Figura 2.30 Manejo remoto de PC con LogMeIn Free en Internet Explorer y con chat.

Figura 2.31 Arquitectura básica de streaming.

Figura 2.32 Escenario de RTSP para streaming.

Figura 2.33 Arquitectura general del Laboratorio Virtual y del Laboratorio Remoto.

Capítulo 3:

Figura 3.1 Error debido a que “vboxusers” no tiene permisos para el uso de los dispositivos USB.

Figura 3.2 “LabVirtual” con Windows XP corriendo en VirtualBox.

Figura 3.3 LogMeIn corriendo la máquina virtual “LabVirtual”.

Figura 3.4 Equipo “LabVirtual” añadido a la cuenta de administrador en LogMeIn.

Figura 3.5 System Architect.

Figura 3.6 Requerimientos técnicos del USB-MIDI Driver V3.1.2 for Windows 7/Vista(32-bit), V2.3.2 for Windows XP/2000(32-bit)

Figura 3.7 Requerimientos técnicos del 01V96VCM Firmware V2.41 for Win.

Figura 3.8 Requerimientos técnicos del 01V96V2 Editor V2.2.1 for Win.

Figura 3.9 Studio Manager.

Figura 3.10 SATlive.

Figura 3.11 Usuario “user.lab@hotmail.com” añadido a la cuenta de administrador en LogMeIn.

Figura 3.12 Internet DJ Console.

Capítulo 4:

Figura 4.1 “Convertor de Decibeles” ejecutándose en Internet Explorer.

Figura 4.2 “Ecuador Semiparamétrico” ejecutándose en Internet Explorer.

Figura 4.3 “Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu” ejecutándose en Internet Explorer.

Figura 4.4 “Sonómetro Integrador” ejecutándose en Internet Explorer.

Capítulo 5:

Figura 5.1 Carpeta de Componentes Adicionales.

Introducción

El objetivo de esta tesis es realizar una propuesta y su evaluación para implementar un laboratorio virtual para un curso en línea que contenga los aspectos básicos de la Ingeniería de Sonido. Principalmente, el diseño del laboratorio debe estar orientado a desarrollar las habilidades mínimas del participante para la operación del equipo de audio empleado en el refuerzo sonoro de eventos masivos.

Para alcanzar dicho objetivo fué necesario establecer el marco teórico que permite describir y comprender los conceptos presentes en diversas áreas de conocimiento, las cuales son:

- e-Learning
- Ingeniería de Sonido

Incursionando en lo planteado por el director de esta tesis, llegué a la conclusión de que es necesario dejar en claro el concepto de virtualización computacional y manejo remoto (teleoperación). Por este motivo durante el transcurso de esta tesis se hablará de lo virtual y lo remoto por partes separadas.

Con las ideas más claras para llegar al objetivo de esta tesis empecé a organizar la información de la siguiente manera:

En el primer capítulo se presentan los conceptos y fundamentos presentes en el marco teórico.

En el segundo capítulo se presenta la propuesta del laboratorio, haciendo distinción entre la parte virtual y la parte remota, y mencionando a su vez las herramientas disponibles para su realización. Creando de esta forma una arquitectura general la cual se menciona al final del capítulo.

En el tercer capítulo se presenta la implementación tecnológica del laboratorio prototipo, tanto para la parte virtual como para la parte remota. Mencionando los pasos más relevantes a seguir en cada uno ellos, así como de los requerimientos técnicos y de las sugerencias que se deben tomar para una correcta administración.

En el cuarto capítulo se presenta la evaluación de desempeño del laboratorio prototipo, tanto para la parte virtual como para la parte remota.

En el quinto y último capítulo de esta tesis se presenta el manual de referencia para que los participantes puedan hacer un buen uso del laboratorio, destacando aspectos relevantes para un buen desempeño.

Es importante mencionar que esta tesis es la documentación del prototipo del laboratorio para ser implementado en un servidor de la Facultad de Ingeniería, y tomando en consideración la parte virtual con las aplicaciones en LabView, ya que es necesario contar con un conocimiento especializado para poder realizarlas, por lo que mi propósito es seguir con el desarrollo de más aplicaciones una vez que este proyecto haya sido presentado y aprobado.

El futuro de este proyecto depende principalmente del desarrollo tecnológico de Internet, así como de su funcionamiento y practicidad para beneficio de la comunidad de la Facultad de Ingeniería.

Javier Mendoza

Capítulo 1

Marco teórico: e-Learning, Ingeniería de Sonido, Experiencias en la Facultad de Ingeniería

1.1 e-Learning

1.1.1 Definición, Características y Objetivos

La educación a distancia sentó las bases para el desarrollo del e-Learning, el cual viene a resolver algunas dificultades en cuanto a tiempos, sincronización de agendas, asistencia y viajes, problemas típicos de la educación tradicional.

Aunque e-Learning tiene diversas definiciones debido a la perspectiva y al enfoque que se le dé, en este caso y desde el punto de vista ingenieril se puede decir que e-Learning es el aprendizaje basado en tecnología, principalmente computadoras conectadas a través de Internet, es decir que se apoya en las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones para establecer la enseñanza-aprendizaje.

El término viene dado de los vocablos “electronic” o su contracción “e” (electrónico) y de “Learning” (aprendizaje) por lo cual la traducción literal sería “aprendizaje electrónico”; pero sin embargo es una traducción inapropiada.

Con esto se puede señalar que e-Learning comprende fundamentalmente los siguientes aspectos: [1]

1. **El tecnológico:** Referido a la Tecnología de la Información y la Comunicación, mediante la selección, diseño, personalización, implementación, alojamiento y mantenimiento de soluciones en donde se integran tecnologías propietarias y de código abierto (Open Source).
2. **El pedagógico:** Referido a la Tecnología Educativa como disciplina de las ciencias de la educación, vinculada a los medios tecnológicos, la psicología educativa y la didáctica.

Esto quiere decir que es necesaria para esta modalidad educativa la correcta conjunción entre ambas dualidades, la tecnológica y la pedagógica, para que así a través de esta forma educativa a distancia la formación llegue a un mayor número de personas.

Entre las características más destacadas de e-Learning están:

1. **Desaparecen las barreras espacio-temporales.** Los estudiantes pueden realizar un curso en su casa o lugar de trabajo, estando accesibles los contenidos cualquier día y a cualquier hora. Pudiendo de esta forma optimizar al máximo el tiempo dedicado a la formación.
2. **Formación flexible.** La diversidad de métodos y recursos empleados, facilita la adaptación a las características y necesidades de los estudiantes.
3. **El alumno es el centro** de los procesos de enseñanza-aprendizaje y participa de manera activa en la construcción de sus conocimientos,

¹ e-ABC. (2010). Consultado en 2011 de <http://www.e-abclearning.com/definicion-e-learning>

teniendo capacidad para decidir el itinerario formativo más acorde con sus intereses.

4. **El profesor**, pasa de ser un mero transmisor de contenidos a un tutor que orienta, guía, ayuda y facilita los procesos formativos.
5. **Contenidos actualizados**. Las novedades y recursos relacionados con el tema de estudio se pueden introducir de manera rápida en los contenidos, de forma que las enseñanzas estén totalmente actualizadas.
6. **Comunicación constante** entre los participantes, gracias a las herramientas que incorporan las plataformas e-Learning (foros, chat, correo electrónico, redes sociales, etc.).

El objetivo primordial del e-Learning es el de romper con las limitaciones de los salones de clase comunes facilitando así una educación continua de manera síncrona o asíncrona en la que el alumno gestione su propio aprendizaje con la ayuda de tutores o maestros externos, convirtiendo así al e-Learning en una nueva forma enriquecida para adquirir conocimiento.

Pero como cualquier método o modalidad educativa, e-Learning presenta ventajas y desventajas, pudiendo citar las siguientes: [2]

Ventajas

- Reducción llamativa de costos respecto de la formación presencial.
- Actualización inmediata y permanente de los contenidos.
- Facilitan el tratamiento, presentación y comprensión de cierto tipo de información.
- Personalización de los cursos: Nivel, ritmo de aprendizaje y diseño de planes formativos específicos para cada persona.
- Trabajo en colaboración entre personas distantes geográficamente. Se facilita la colaboración entre estudiantes por el hecho de compartir, no el mismo computador, sino el mismo ambiente virtual y los recursos disponibles en él. Esto propicia el uso de metodologías en que los alumnos, además de resolver problemas por sí mismos se ayudan entre sí y comparten información.
- Mayor satisfacción de los estudiantes en cuanto al ahorro de tiempo de traslado, libros, materiales, etc.
- Creación de hábitos de uso de nuevas tecnologías, que son aplicables posteriormente en el trabajo diario.
- Permite la presentación del contenido por más de un canal de comunicación.

² Cordero, H. *e-Learning*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica – Sede del Atlántico.

- **Centrado en el usuario:** Una de las características básicas del e-Learning es su enfoque “user-centric” o centrado en el usuario. A diferencia de la formación tradicional, en la que o bien el tutor o bien el contenido son los elementos centrales, el e-Learning pone al usuario en el centro del proceso de aprendizaje, convirtiéndolo en motor y protagonista de su propia experiencia educativa.
- **Flexibilidad horaria:** El usuario puede adaptar el aprendizaje a su tiempo y horario disponible puesto que los cursos y servicios están disponibles 24 horas, los 7 días.
- **Independencia geográfica:** Resulta especialmente adecuado para formar a grupos geográficamente dispersos, aprovechando la accesibilidad a través de Internet.
- **Sin desplazamiento:** Por el mismo motivo, evita pérdidas de horas de trabajo u ocio al poder recibir la formación en el puesto de trabajo o en el domicilio.

Desventajas

- Pasividad, pues se percibe como un medio “fácil”.
- Inexistencia de estructura pedagógica en la información y multimedia.
- Hay profesores y administradores educativos que piensan en cambios radicales: Todo debe trabajarse ahora en forma virtual. Esto lleva a malos usos; no es conveniente utilizar una tecnología cara, poco disponible y más compleja, para una acción que se puede realizar con la misma eficacia usando medios más sencillos.
- Abuso y uso inadecuado: Aparición de tecnofóbicos y tecnófilos, personas que se aficianan en exceso con uso de las tecnologías, o que desarrollan temores excesivos ante ellas.
- El acceso desigual en la población.
- Fallas técnicas que pueden interrumpir las clases.
- Alto costo del material de los equipos y de la producción del material.
- Si los materiales no se encuentran bien diseñados y confeccionados el efecto será devastador.
- Puede ser que el educando se aíse y no planifique correctamente sus actividades y horarios.
- No se ofrece el mismo contacto persona a persona que la educación presencial.
- Se requiere un esfuerzo de mayor responsabilidad y disciplina por parte del estudiante.
- No todo se puede aprender del Internet.

1.2 Ingeniería de Sonido

1.2.1 Definición y Objetivo

Primeramente, la acústica (del griego antiguo ακουστός, 'capaz de ser oído') es la ciencia interdisciplinaria que se ocupa del estudio del sonido, ultrasonido e infrasonido de las ondas mecánicas en gases, líquidos, y sólidos.

Y puede definirse a la acústica como la generación, transmisión y recepción de energía en la forma de ondas vibracionales en la materia. [³]

La acústica se ocupa de las diferentes aplicaciones instrumentales y musicales de las leyes físicas del sonido, como su aplicación en construcción de instrumentos y de salas de concierto. La acústica puede dividirse en tres direcciones distintas: física o matemática, fisiológica, aplicada (relación de la ciencia con el arte).

Existen subcampos incontables de la acústica, los más importantes se muestran en la Figura 1.1:

Acústica Física	Acústica Biológica	Ingeniería Acústica
<ul style="list-style-type: none"> • Aeroacústica • Acústica lineal general • Acústica no lineal • Acústica estructural y vibración • Sonido subacuático 	<ul style="list-style-type: none"> • Acústica musical • Acústica fisiológica • Psicoacústica • Comunicación de discurso (producción; opinión; sistemas del proceso y de comunicación) 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas e instrumentación acústicas • Proceso de señal acústica • Acústica arquitectónica • Acústica ambiental • Transducción • Ultrasónicos • Acústica del sitio

Figura 1.1 Subcampos de la Acústica agrupados en tres dominios.

Debido a lo expuesto en la Figura 1.1, la “Ingeniería de Sonido” es a su vez un subcampo de la “Ingeniería Acústica”, siendo una rama de la ingeniería que se encarga del estudio del fenómeno sonoro, en todos los campos de aplicación del mismo, tales como la grabación y producción, fundamentos de acústica y electroacústica, el refuerzo sonoro y el diseño de sistemas electroacústicos. Así como de técnicas matemáticas como ecuaciones, funciones, logaritmos, trigonometría, números complejos, límites, derivadas, integrales, transformadas, etc., por mencionar algunas.

³ Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B. y Sanders J. V. (1988). Fundamentos de Acústica. México: Limusa.

El objetivo de la Ingeniería de Sonido, pero sobre todo de los Ingenieros de Sonido es evaluar, diseñar, optimizar y/o desarrollar productos y soluciones referentes al ámbito del sonido, en los campos de: Acústica, Diseño de Sistemas de Sonido y Producción en Audio dentro de las diferentes áreas de desempeño como son: televisoras, emisoras radiales, sonido en vivo, la ingeniería de diseño acústico, la producción de medios audiovisuales, el diseño de banda sonora; las instituciones gubernamentales encargadas de planes y programas de control ambiental; el contrastismo y la invención y auditoría de obras.

Por otra parte, la “Ingeniería de Audio” es a su vez un subcampo de la Ingeniería de Sonido debido a que se encarga del estudio de los dispositivos electrónicos y transductores electroacústicos asociados a la adquisición, transmisión, almacenamiento y reproducción de señales eléctricas de audio de manera analógica y/o digital.

La Figura 1.2 muestra la relación entre las tres ingenierías antes mencionadas con la acústica:



Figura 1.2 Relación entre las áreas de estudio con la acústica.

1.2.2 Conceptos Básicos de Ingeniería de Sonido

Sonido

El sonido es una onda acústica capaz de producir una sensación auditiva, el cual es producido por la vibración de algún objeto material. Estas vibraciones son captadas por el oído y transformadas en impulsos nerviosos que llegan al cerebro, siendo así el sonido una transmisión de energía y no de masa.

Una onda acústica es la propagación de una vibración en un determinado medio material, por lo cual el sonido no puede propagarse a través del vacío. Sin embargo existen ondas acústicas que no son sonidos, estos se denominan infrasonidos y ultrasonidos, los cuales se encuentran por debajo y por encima, respectivamente, del rango audible del oído humano (20 [Hz] – 20 [kHz]).

La Figura 1.3 muestra la producción, propagación y percepción del sonido:

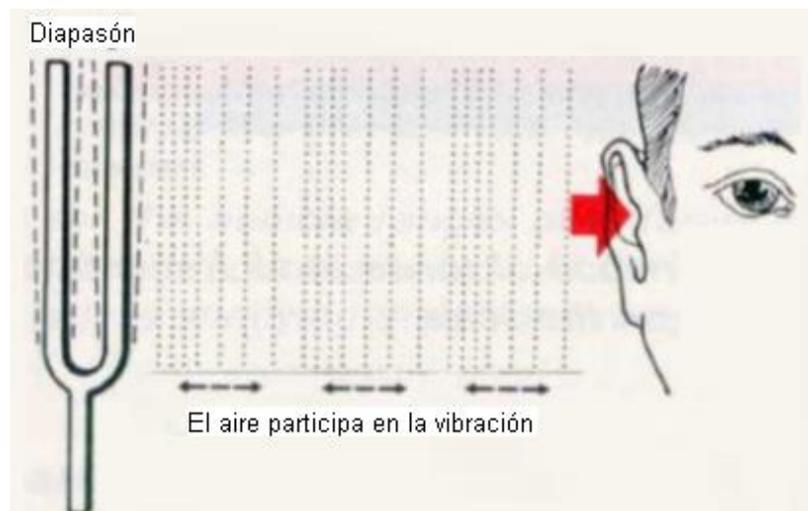


Figura 1.3 Producción, propagación y percepción del sonido. [4]

El afirmar que la propagación del sonido tiene lugar mediante el movimiento ondulatorio se justifica al mostrar que la mayor parte de las propiedades de las ondas las tiene también el sonido, dichas propiedades son las siguientes:

- **Reflexión del sonido:** Es uno de los aspectos más familiares, ya que esta es la que produce el eco y la reverberación. El eco puede ser producido simplemente oponiendo al sonido una barrera suficientemente grande y produciendo un golpe de sonido impulsivo con lo que la onda o una parte de ella regresa. Sin embargo, cuando la barrera es demasiado reflejante el sonido se hace confuso debido a reflexiones múltiples llamadas reverberaciones.
- **Refracción del sonido:** Las ondas pueden “refractarse” cuando la rapidez de propagación de las mismas en dos medios adyacentes no son iguales. La velocidad del sonido en un medio gaseoso depende de muchas

⁴ Diputación de Cádiz. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://www.dipucadiz.es>

variables, incluyendo la temperatura y el peso molecular del gas. Esto explica por qué en un día frío o durante la noche, cuando la capa de aire próxima al suelo está más fría que el aire que está más arriba, la rapidez del sonido cerca de suelo se reduce y la mayor rapidez de los frentes de onda en las capas superiores hace que el sonido se desvíe hacia el suelo, en estas condiciones el sonido se puede escuchar a distancias considerablemente mayores. Una expresión cuantitativa de la refracción es la ley de Snell:

$$n \sin \theta = n' \sin \theta'$$

donde n y n' son los índices de refracción de los medios a un lado y otro de la frontera, y θ y θ' son los ángulos de incidencia y de refracción respectivamente.

- **Difracción del sonido:** Es la propiedad de las ondas que las hace contornear un obstáculo y seguir su recorrido, esto explica por qué las puertas herméticas son buenas barreras contra el sonido, ya que una puerta ligeramente entreabierta forma una excelente abertura de difracción que permitirá la dispersión de las ondas en forma apreciable después de pasar por la abertura.
- **Efecto Doppler:** Ocurre cuando la fuente de sonido se aleja o se acerca al observador; o el observador se aleja o se acerca a la fuente; o ambos, el observador y la fuente están en movimiento relativo alejándose o acercándose entre sí. En cualquier caso el efecto es que se produce un cambio en la altura o tono del sonido, es decir, en su frecuencia. Por ejemplo, la policía calcula la rapidez de un auto en carretera midiendo el efecto Doppler de las ondas de radar (ondas electromagnéticas de menor frecuencia que la luz y de mayor frecuencia que las ondas de radio).
- **Interferencia:** Puede realizarse una combinación de dos ondas cualquiera mediante la superposición de dos ondas. Se produce "interferencia" cuando se combinan dos ondas de la misma frecuencia para dar como resultante una sola onda. Cuando la amplitud de la onda resultante es mucho mayor que la suma de las amplitudes de las dos ondas componentes que la originaron y si el ángulo de fase entre las dos ondas es 0° , entonces ocurre una interferencia constructiva. Cuando la amplitud de la onda resultante es mucho menor que la suma de las amplitudes de las dos ondas componentes que la originaron y si existe un defasamiento entre las dos ondas, entonces ocurre una interferencia destructiva. En una interferencia destructiva total la amplitud de las dos ondas componentes es la misma y el ángulo de defasamiento entre ellas es de 180° , lo cual implicaría una cancelación del sonido.
- **Ondas estacionarias:** Pueden formarse cuando dos trenes idénticos de ondas armónicas simples recorren el mismo trayecto en un medio con la misma velocidad, pero en direcciones opuestas. Como consecuencia hay zonas en el que el sonido es máximo (crestas) y otras donde es mínimo (nodos).

- **Pulsación o Batimiento:** Es producido cuando dos ondas que se propagan en el mismo medio tienen frecuencias que difieren poco entre sí. Como estas ondas viajan a la misma velocidad en el medio, y como difieren ligeramente en longitud de onda, si se hallan inicialmente en fase, a medida que se alejan del punto se defasan más y más. Finalmente, resulta un lugar donde las fases de las dos ondas se defasan 180° , es decir, resulta una interferencia destructiva.

Intensidad y Presión Acústica, Niveles de Intensidad (dBs) y Sonoridad

La intensidad acústica se define como la energía acústica que pasa por una unidad de tiempo y unidad de área, en dirección perpendicular al área. Por ello, las unidades posibles para la intensidad son el $\text{Joule/s/m}^2 = \text{Watt/m}^2$.

En el oído humano, el intervalo de la intensidad acústica en el umbral mínimo audible por un lado, y el umbral de dolor por el otro, es tan grande, que la mejor escala descriptiva es una escala logarítmica.

Se usa la escala en decibels para cubrir este intervalo tan extenso y para expresar los niveles de intensidad acústica. Por definición, el bel = $\log(I/I_0)$, donde I_0 es la intensidad acústica de algún patrón arbitrario, I es la intensidad que se compara I_0 .

Se toma arbitrariamente a I_0 como $10^{-12} \text{ [W/m}^2\text{]}$, a 1000 [Hz] porque esta energía es muy cercana al umbral de audibilidad en esa frecuencia y representa 0 bel. Un nivel de intensidad de 1 bel es $10^{-15} \text{ [W/cm}^2\text{]}$; $\log(10^{-15}/10^{-16}) = \log(10) = 1 \text{ bel}$.

Por conveniencia, el bel ha sido dividido en 10 partes, llamadas cada una, el “decibel”, abreviado dB; por ello:

$$\text{dB} = 10 \log \frac{I}{I_0}, \text{ donde } I_0 \text{ es la misma que se indicó.}$$

En la Figura 1.4 se utilizan los niveles de intensidad acústica en dB para comparar algunos sonidos:

Umbral de audición	0 dB
Biblioteca	20 dB
Conversación	40 dB
Tren	80 dB
Tráfico vial	90 dB
Taladro	100 dB
Concierto	110 dB
Umbral de dolor (promedio)	140 dB

Figura 1.4 Cuadro comparativo de los niveles de sonido en dB.

La presión acústica se define como la diferencia entre la presión en un punto cualquiera por el que atraviesa una onda sonora y la presión estática del medio en ese punto. Por ello, las unidades posibles para la presión son el Pascal.

El nivel de presión acústica o sonora (SPL, Sound Pressure Level) determina la intensidad acústica que genera una presión sonora instantánea P en relación a un nivel de referencia P_0 . Se mide en dB y varía de 0 dB (umbral de audición) y 140 dB (umbral de dolor o molestia), se puede medir haciendo uso de un sonómetro.

Se toma como nivel de referencia a $P_0 = 20$ [$\mu\text{Pa}_{\text{RMS}}$] ya que es la presión sonora en el umbral de audición, también P debe estar expresado en su valor RMS, por ello:

$$\text{dB}_{\text{SPL}} = 20 \log \frac{P}{P_0}, \text{ donde } P_0 \text{ es el mismo que se indicó.}$$

Es decir, el nivel de presión acústica se expresa como 20 veces el logaritmo decimal de la relación entre una presión acústica y una de presión de referencia determinada.

Los niveles de intensidad son entonces magnitudes físicas medibles y necesitan instrumentos para su evaluación.

La sonoridad, intensidad auditiva o nivel auditivo de un tono es una medida subjetiva, por lo cual debe ser determinada con sujetos humanos. Se fundamenta en la ley psicofísica de Weber-Fechner, que establece una relación logarítmica entre la intensidad física del sonido que es captado, y la intensidad física mínima audible por el oído humano.

Dado que iguales sensaciones sonoras se producen a diferentes niveles de intensidad acústica, ha sido propuesta una unidad de intensidad auditiva llamada "fon". Es decir, el fon describe sonidos que son igualmente fuertes auditivamente y es ello una medida subjetiva.

La relación existente entre la frecuencia y la intensidad acústica de dos sonidos para que éstos sean percibidos como igual de fuertes por el oído se representan mediante "curvas isofónicas", con lo que todos los puntos sobre una misma curva isofónica tienen la misma sonoridad.

Así, si 0 fon corresponden a una sonoridad con una intensidad de 0 dB con una frecuencia de 1 [kHz], también una sonoridad de 0 fon podría corresponder a una sonoridad con una intensidad de 60 dB con una frecuencia de 70 [Hz].

Las primeras curvas de igual sonoridad fueron establecidas por Fletcher y Munson en 1930, las cuales se muestran en la Figura 1.5:

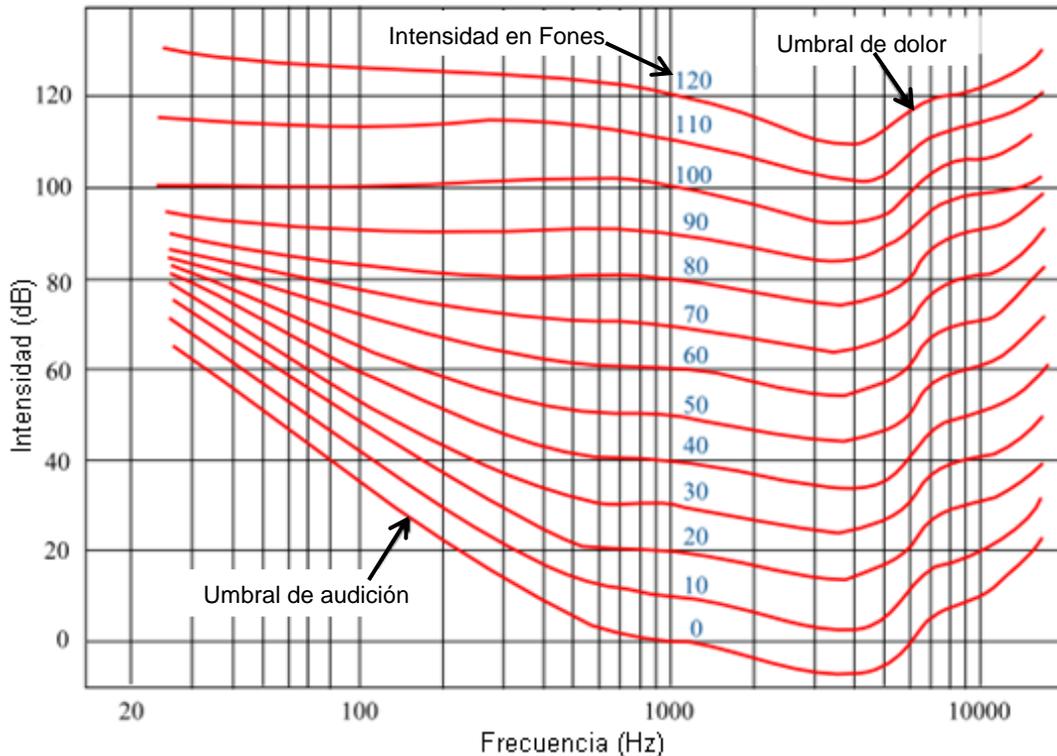


Figura 1.5 Curvas isofónicas de Fletcher y Munson.

En estas curvas isofónicas se observa como a medida que aumenta la intensidad acústica, las curvas se hacen, cada vez, más planas. Esto se traduce en que la dependencia de la frecuencia es menor a medida que aumenta el nivel de intensidad acústica, lo que significa que si disminuye la intensidad acústica, los últimos sonidos perceptibles en desaparecer serían los agudos (altas frecuencias).

Por tratarse de una medida subjetiva debe emplearse con cautela, ya que es falso afirmar que el nivel de intensidad auditiva de 40 fones es el doble de fuerte que el nivel de 20 fones. Utilizando nuevamente sujetos humanos se determinó que un aumento en el nivel de intensidad auditiva en la frecuencia de 1 [kHz] es de 10 dB para notar el doble de sonoridad, y ahí corresponde a 10 fones.

Por lo cual se ideó otra unidad para la resonancia subjetiva llama "son", el cual describe o se refiere a sonidos de diferentes intensidades auditivas. Para ello se toma arbitrariamente para un son 40 fones a cualquier frecuencia. Entonces, dos sones son el doble de fuerte que uno solo, medio son es la mitad de fuerte, etc.

Ruido

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, el ruido son los sonidos cuyos niveles de presión acústica, en combinación con el tiempo de exposición de los trabajadores a ellos, pueden ser nocivos a la salud del trabajador.

Sin embargo la diferencia entre sonido y ruido es muy subjetiva ya que un sonido no molesto puede ser perjudicial y por otra parte un mismo sonido puede resultar molesto (ruido) para una persona, pero no para otra (sonido).

Un tipo de ruido es el “ruido ambiental” el cual el sonido exterior no deseado o nocivo es generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte público y privado, por el tráfico aéreo y por las actividades industriales.

Este tipo de ruido se considera como contaminación acústica, el cual ocasiona severos problemas a la salud, los cuales pueden ser:

- **Enfermedades fisiológicas:** Se pueden producir en el trabajo o ambientes sonoros en torno a los 100 decibeles, algunas tan importantes como la pérdida parcial o total de la audición.
- **Enfermedades psíquicas:** Producidas por exceso de ruido, se pueden citar el estrés, las alteraciones del sueño, disminución de la atención, depresión, falta de rendimiento o agresividad.
- **Enfermedades sociológicas:** Alteraciones en la comunicación, el rendimiento, etc.

Debido a esta problemática se necesitan normas que regulen los niveles de ruido en el ambiente, es por esto que en México se estableció el “Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruido” publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de diciembre de 1982 durante el mandato de José López Portillo.

El cual señala en el Artículo 11° de su Capítulo III.- De la Emisión de Ruido:

“El nivel de emisión de ruido máximo permisible en fuentes fijas es de 68 dB (A) de las seis a las veintidós horas, y de 65 dB de las veintidós a las seis horas. Estos niveles se medirán en forma continua o semicontinua en las colindancias del predio, durante un lapso no menor de quince minutos, conforme a las normas correspondientes.” [5]

A su vez en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido, publicada el 17 de Abril de 2001 por la Secretaría de Trabajo y previsión Social, se establecen los límites máximos permisibles de exposición de los trabajadores a ruido durante el ejercicio de sus labores.

⁵ SEGOB. (2009). Consultado en 2011 de <http://www.ordenjuridico.gob.mx>

La Figura 1.6 muestra los límites permisibles:

NER	TMPE
90 dB(A)	8 HORAS
93 dB(A)	4 HORAS
96 dB(A)	2 HORAS
99 dB(A)	1 HORA
102 dB(A)	30 MINUTOS
105 dB(A)	15 MINUTOS

Figura 1.6 Límites máximos permisibles de exposición. [6]

Electroacústica

La electroacústica es la parte de la acústica que se ocupa del estudio, análisis, diseño de dispositivos que convierten energía eléctrica en acústica y viceversa, así como de sus componentes asociados y empleando a su vez la tecnología de semiconductores y la tecnología digital en general.

Entre estos se encuentran los micrófonos, acelerómetros, altavoces, amplificadores, excitadores de compresión, audífonos, calibradores acústicos y vibradores, pero siendo los micrófonos y altavoces sus máximos representantes.

Existen otros niveles de intensidad, pero referidos al empleo de dispositivos electroacústicos (eléctricos o digitales), en los eléctricos se encuentran el dBu, dBV, dBm y dBW; y en los digitales se encuentran los dBFS; los cuales se describen a continuación.

El dBu o dBv expresa el nivel V de señal generado por la etapa de amplificación de un micrófono debido a una presión sonora (RMS), el cual está referido a $V_0 = 0.775 [V_{RMS}]$, así:

$$dBu = 20 \log \frac{V}{V_0}, \text{ donde } V_0 \text{ es el mismo que se indicó.}$$

Por otra parte el dBV expresa el mismo nivel V , pero referido a $V_0 = 1 [V_{RMS}]$, así:

$$dBV = 20 \log \frac{V}{V_0}, \text{ donde } V_0 \text{ es el mismo que se indicó.}$$

⁶ SEGOB. (2009). Consultado en 2011 de <http://www.ordenjuridico.gob.mx>

En Figura 1.7 se muestra la obtención del dBu y dBV:



Figura 1.7 Proceso de obtención del dBu y dBV.

La sensibilidad del micrófono viene dada por el voltaje V generado antes de la etapa de amplificación debido a la presión sonora, de esta forma:

$$S = \frac{V}{P} \frac{V}{Pa}$$

El dBm expresa el nivel de potencia W disipado en forma de calor por una impedancia de 600Ω , el cual está referido a $W_0 = 1 \text{ [mW]}$, así:

$$\text{dBm} = 10 \log \frac{W}{W_0}, \text{ donde } W_0 \text{ es el mismo que se indicó.}$$

Por otra parte el dBW expresa el mismo nivel W , pero referido a $W_0 = 1 \text{ [W]}$, así:

$$\text{dBW} = 10 \log \frac{W}{W_0}, \text{ donde } W_0 \text{ es el mismo que se indicó.}$$

La Figura 1.8 muestra la relación del dBu y dBm:



Figura 1.8 Relación entre dBu y dBm.

De aquí que el voltaje de referencia para los dBu sea $V_0 = \sqrt{600 \Omega * (1 \text{ mW})} \approx 0.775 \text{ [V}_{\text{RMS}}]$.

Los dBFS (decibeles “Full-Scale” o “Escala Completa”) se obtienen de la cuantización en una conversión analógica-digital.

En el procesamiento digital de señales se utiliza la cuantización PCM (Pulse Code Modulation), la cual es una cuantización uniforme en la que cada muestra de la señal es cuantizada a 2^L niveles de amplitud, donde L es el número de bits usados para representar a cada muestra y 2^L son el número de niveles de cuantización.

La Figura 1.9 muestra los niveles de cuantización utilizando tres bits:

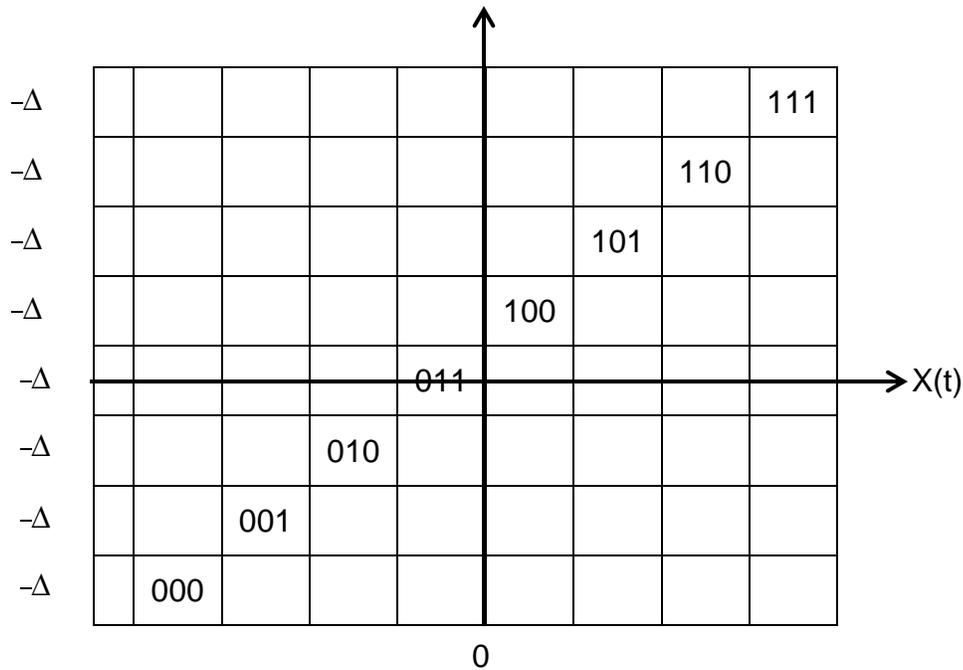


Figura 1.9 Niveles de cuantización utilizando tres bits. [7]

Donde Δ representa al paso de cuantización, el cual es la diferencia entre dos niveles binarios consecutivos.

Existe un error llamado “error de cuantización” $e_{Q(n)}$, el cual viene dado por:

$$e_{Q(n)} = X(n) - X_{Q(n)}$$

Donde $X(n)$ es el dato real o muestreado y $X_{Q(n)}$ es el dato cuantizado.

Si $X(n)$ ocupa la escala binaria completa de L bits, entonces $X(n)$ es máxima, por lo tanto la resolución viene dada por:

$$R = \frac{X(n)_{\max}}{2^L - 1}$$

Lo que significa que R es valor mínimo que se puede representar, y es la diferencia entre dos niveles de cuantización consecutivos.

La aproximación de $X_{Q(n)}$ a $X(n)$ puede ser realizada de dos formas:

- 1. Por truncamiento:** Se desprecia la parte fraccionaria, $X_{Q(n)} = \text{INT}(X(n))$, dando como resultado un $e_{Q(n)} \approx 1$ (un paso de cuantización Δ , error de un bit).

⁷ Escobar, L. H. (2009). *Conceptos Básicos de Procesamiento Digital de Señales*. México: Facultad de Ingeniería UNAM.

- 2. Por redondeo:** Aproxima $X(n)$ al nivel $X_{Q(n)}$ más cercano, $X_{Q(n)} = \text{INT}(X(n) + 0.5)$, dando como resultado un $e_{Q(n)} \approx 0.5$ (medio paso de cuantización $\frac{\Delta}{2}$, error de medio bit).

De este modo los dBFS quedan definidos como:

$$\text{dbFS} = 20 \log \frac{A}{B}$$

Donde A es una $X_{Q(n)}$ cualquiera y B es la referencia, el cual es la $X_{Q(n)\text{max}}$ de la $X(n)_{\text{max}}$, por lo tanto 0 dBFS representa el valor máximo de la Escala Completa o Full-Scale, siendo negativas las demás intensidades.

La Figura 1.10 muestra algunos valores para niveles de intensidad dbFS a 16 bits con formato numérico de punto fijo:

Valor a 16 bits	Valor Fraccionario	Nivel de Intensidad
0.1111111111111111	1.000000	0.000 dBFS
0.000110011001101	0.100009	-19.999 dBFS
0.000000101001000	0.010010	-39.991 dBFS

Figura 1.10 dBFS para 16 bits. [8]

Refuerzo Sonoro

El refuerzo sonoro es el término que se refiere al uso de sistemas electrónicos para realizar la amplificación de sonido en vivo, con el objeto de que éste pueda ser percibido por una mayor cantidad de oyentes. Estos sistemas pueden variar desde muy sencillos (por ejemplo en un discurso de un orador) hasta extremadamente complejos (en el caso de un concierto masivo). [9]

Para tener una audición adecuada es preciso atender a los siguientes principios básicos:

- El nivel acústico percibido debe ser superior al ruido ambiental (10 dB).
- El sonido reverberado no altere el mensaje original.
- La cadena acústica no provoque distorsiones.

El Refuerzo Sonoro está compuesto por tres bloques principales para un sistema de sonido simple, el cual consta del bloque de entrada el cual involucra el captador-micrófono; el bloque de procesamiento de la señal que consta de la mezcladora y amplificador de potencia; y el bloque de salida que involucra al altavoz.

⁸ Dunn, J. (2004). *Measurement Techniques for Digital Audio*. Estados Unidos: Audio Precision, Inc.

⁹ La Página del Profe Ignacio Arriagada. (2008). Consultado en 2011 de <http://profeignacio.com>

La Figura 1.11 muestra los tres bloques principales de un sistema de Refuerzo Sonoro:

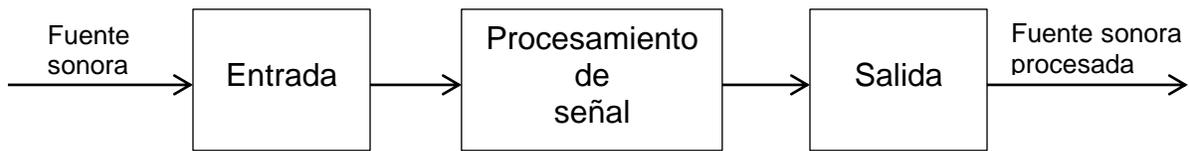


Figura 1.11 Bloques principales de un sistema de Refuerzo Sonoro.

Los componentes de dichos bloques se describen a continuación:

1. Los captadores-micrófonos: Transforma la señal emitida por la fuente en señal eléctrica, y se escogen según su direccionalidad y utilización:

- ❖ De mano para hablar o cantar.
- ❖ De corbata (Labalier) para recoger sonidos estables.
- ❖ De sobremesa para conferencias.
- ❖ Micrófonos sin hilos (HF).
- ❖ De cañón para captar sonidos lejanos.
- ❖ Tipo Boom con pértiga para cine, spots, etc.
- ❖ Para captar sonido en teatro, tipo condensador.
- ❖ Integrados en instrumentos musicales.
- ❖ Etc.

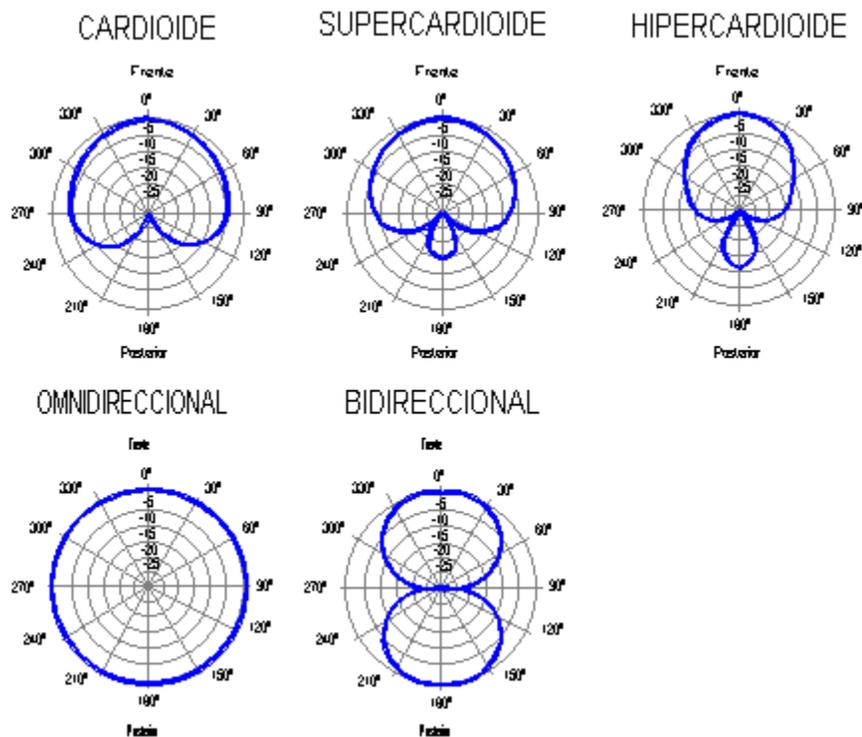


Figura 1.12 Patrones polares de recepción del micrófono.



Figura 1.13 Algunos modelos de micrófonos.

2. Las mezcladoras y los amplificadores de potencia:

a. **El mezclador, mezcladora o consola de mezcla:** Su función es la de combinar, distribuir (enrutar), y cambiar el nivel, el tono y/o la dinámica de las señales eléctricas. Las señales modificadas son sumadas para producir las señales mezcladas. Pueden ser analógicas o digitales, y de acuerdo a su topología y diseño se consideran cuatro categorías importantes:

- ❖ Consolas de difusión.
- ❖ Consolas para sonido en vivo.
- ❖ Consolas de grabación y producción.
- ❖ Consolas de mezcla para cine.



Figura 1.14 Algunos modelos de mezcladoras.

b. **El amplificador de potencia:** Transforma las pequeñas señales eléctricas surgidas de los captadores o de las señales mezcladas en señales eléctricas de potencia, necesarias para el funcionamiento de los altavoces. Su principal característica es la potencia expresada en Volts RMS. Este tipo de amplificadores pueden entregar en su salida toda la señal de entrada o una parte de la misma; atendiendo a esta característica, los amplificadores de potencia, se pueden clasificar de la siguiente forma:

- ❖ Amplificadores de clase A.
- ❖ Amplificadores de clase B.
- ❖ Amplificadores de clase AB.
- ❖ Amplificadores de clase C.



Figura 1.15 Algunos modelos de amplificadores.

3. **Los altavoces:** Transforman la potencia eléctrica suministrada por los amplificadores en nivel de presión acústica, se escogen según su uso específico y por sus características como son el rendimiento, banda de frecuencia, potencia nominal, directividad y de acuerdo su utilización:

- ❖ Pantallas acústicas compactas o de banda ancha de potencia.
- ❖ Altavoces empotrables en techos falsos.
- ❖ Altavoces suspendidos.
- ❖ Altavoces de cámara de compresión.
- ❖ Columnas de altavoces.
- ❖ Proyector de sonido de baja o de alta potencia.
- ❖ Etc.



Figura 1.16 Algunos modelos de altavoces.

La Figura 1.17 ilustra los bloques y componentes principales de un sistema de sonido simple:

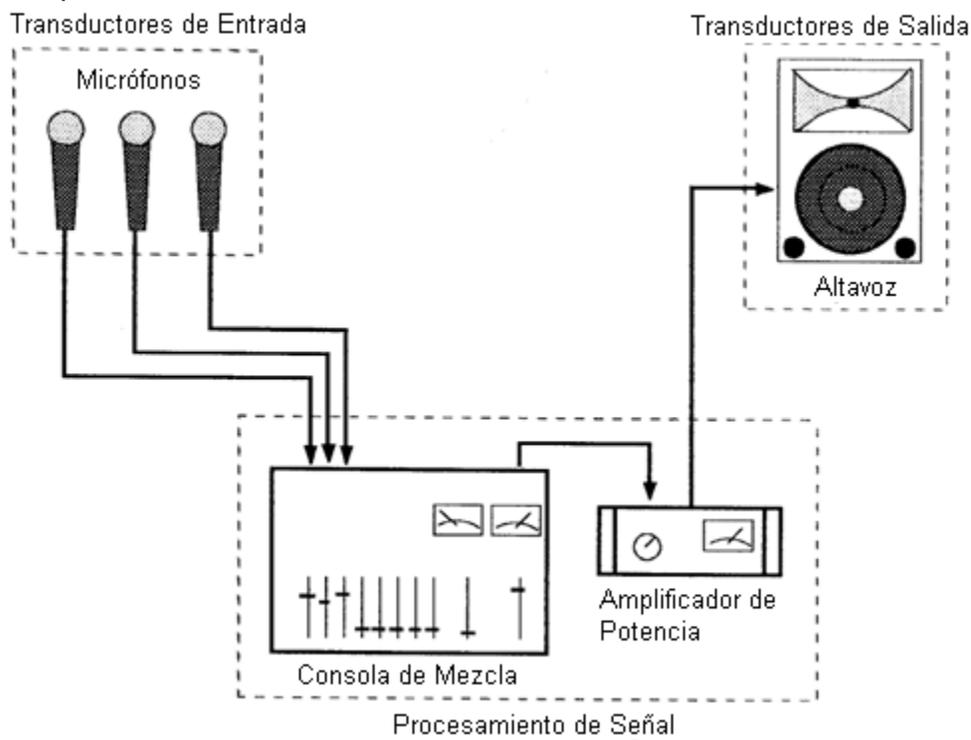


Figura 1.17 Sistema de sonido simple. ^[10]

Como ya se mencionó, los sistemas de refuerzo sonoro pueden llegar a ser muy complejos, esto es añadiendo más componentes y por ende más conexiones, pero sin embargo el esquema general se sigue manteniendo con los tres bloques principales.

¹⁰ Davis, G. y Jones, R. (1990). *Sound Reinforcement Handbook* (2a. ed.). Estados Unidos: Yamaha Corporation.

La Figura 1.18 muestra un sistema de sonido complejo:

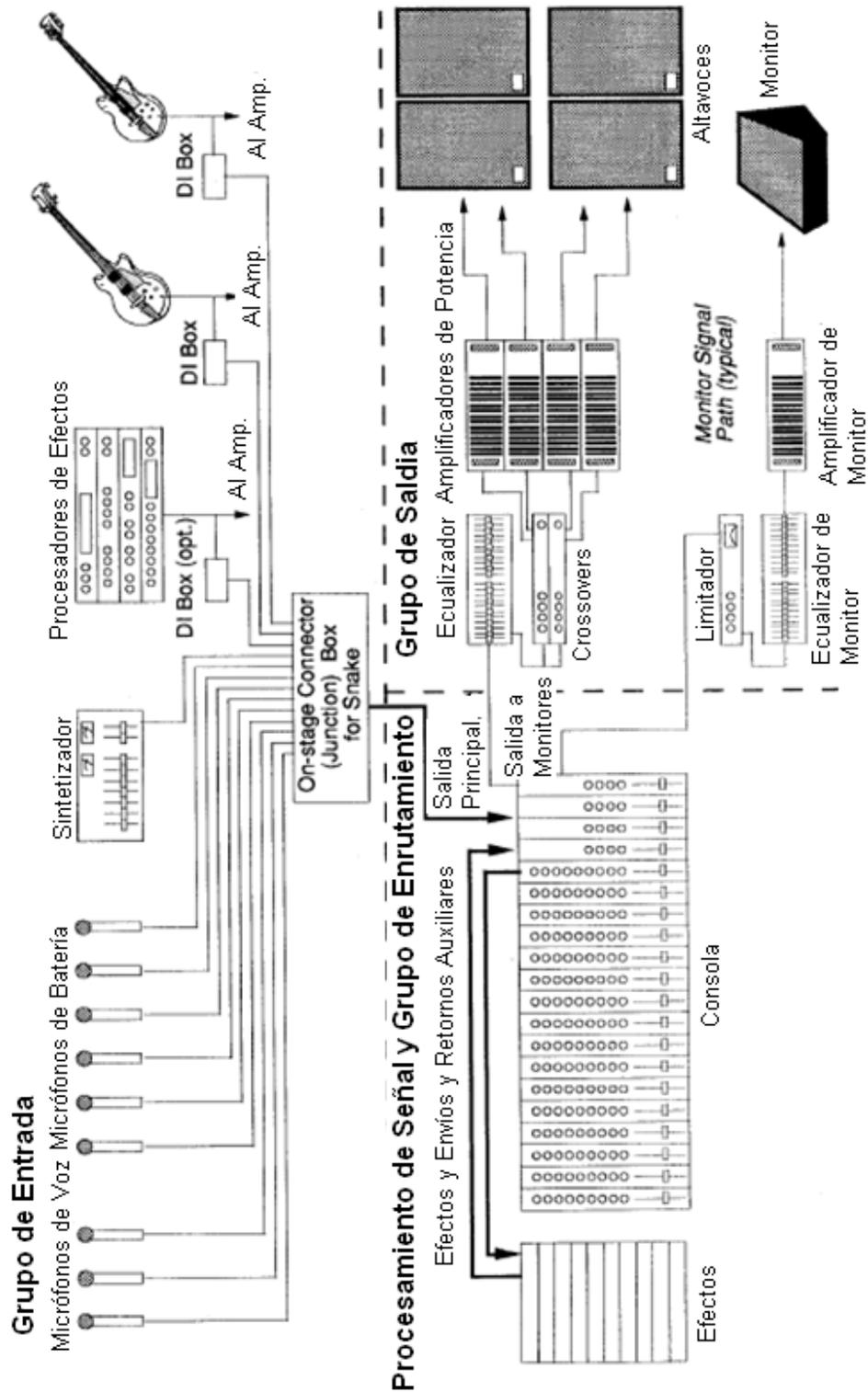


Figura 1.18 Sistema de sonido complejo. [11]

¹¹ Davis, G. y Jones, R. (1990). *Sound Reinforcement Handbook* (2a. ed.). Estados Unidos: Yamaha Corporation.

1.2.3 La Audición y el Oído Humano

Para poder entender el proceso de audición se necesita primeramente un conocimiento básico de la anatomía y la fisiología del oído humano.



Figura 1.19 Anatomía del oído.

Anatómicamente, el oído humano consta de tres secciones: oído externo, oído medio y oído interno.

Anatomía y Fisiología del Oído Humano

1. **Oído externo:** Tiene como sobresaliente el pabellón, localizado lateralmente en la cabeza. La función de este es recibir la cantidad de sonido que llega hasta la membrana del tímpano por la vía del canal del oído. Por ejemplo, en algunos animales el pabellón es largo y capaz de recibir más sonido a comparación de otros con pabellones pequeños.

2. **Oído medio:** Está compuesto del conducto auditivo o “meatus”, membrana del tímpano y osículos.

El meatus es parecido a un tubo de órgano con un extremo cerrado, tiene una longitud de 2.7 [cm], aproximadamente, y un diámetro promedio de 0.7 [cm]. Se produce una onda estacionaria cuya longitud de onda fundamental es cuatro veces la longitud del meatus, o alrededor de 10.8 [cm]. Teniendo en cuenta que la velocidad del sonido a la temperatura del cuerpo es de 354 [m/s], la frecuencia correspondiente a 10.8 [cm] es $f = (354 \text{ m/s}) / (0.108 \text{ m}) =$ alrededor de 3280 [Hz]. Pero en realidad este cálculo se hace suponiendo que el meatus es cilíndrico cuando en realidad es cónico, por esta causa, el canal produce una amplificación de 5-10 dB para frecuencias entre 2000 a 5000 [Hz] y este intervalo de frecuencias es la región de mayor sensibilidad del oído. Otras funciones del canal son las de proteger la membrana del tímpano de los daños exteriores, proporcionar una temperatura constante (temperatura del

cuerpo) y de humedad para la membrana del tímpano, e impedir la entrada al polvo, polen y otros cuerpos extraños a las partes interiores del oído medio. El meatus secreta una sustancia cerosa que atrapa pequeños objetos extraños, los cuales son arrojados luego al exterior por secreciones posteriores de cera.

El tímpano del oído o membrana del tímpano actúa en forma parecida al diafragma de un micrófono y se mueve por las variaciones de presión del aire creadas por los sonidos. Es un cono asimétrico que tiene un ángulo apical de aproximadamente 125° y 135° . El área de este cono está comprendida entre 0.52 y 0.90 [cm²]; su diámetro vertical promedio es de 11.8 [mm] y el promedio horizontal de 8.9 [mm]. Tiene un espesor de aproximadamente 0.1 [mm] y consta de tres capas de tejido. La punta del cono está fija de tal modo que apunta alejándose del meatus y cierra el extremo de éste en un ángulo de alrededor de 70° , con el superior del cono contiguo al exterior del meatus, tal como se muestra en la Figura 1.20. Se han realizado estudios de conos de poca profundidad para determinar sus varios modos de vibración, para conos de papel casi planos, tales como los que se hallan en los altavoces, se encontraron nodos circulares con centro en el vértice, por lo tanto, el modelo de los altavoces es tan solo una aproximación de cómo vibra el tímpano del oído.

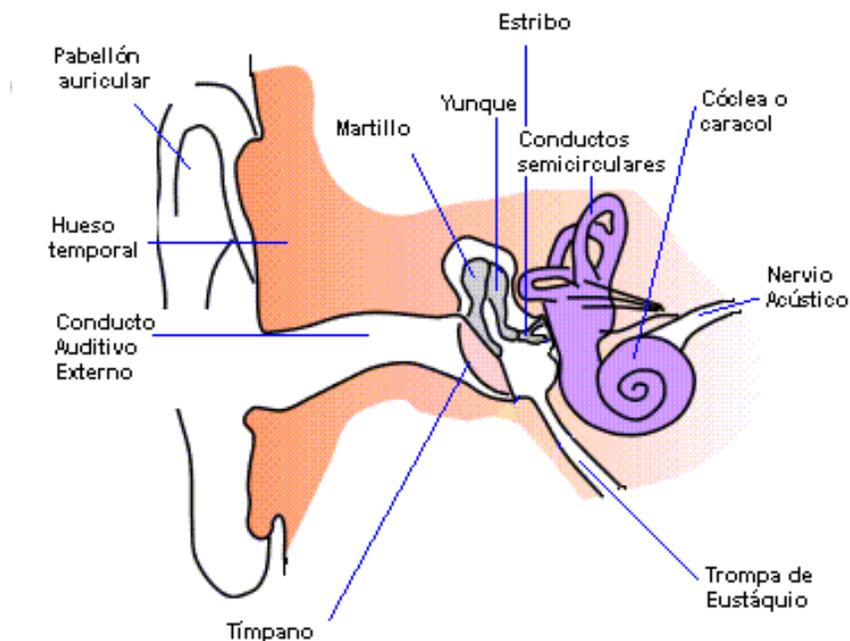


Figura 1.20 Oído medio.

El desplazamiento del tímpano fue medido, entre otros, por Von Békésy, quien halló que a una presión de 693 [Pa_{RMS}] (153.8 dB_{SPL}, un nivel de presión sonora extremadamente grande), el desplazamiento del tímpano es de alrededor de 0.2 a 0.4 [mm], que causa un cosquilleo llamada el “umbral” de sensibilidad. Debido a esto, a una presión de sonido mayor, se producen sensaciones dolorosas que pueden perjudicar tanto a la membrana como a partes del oído interno.

En la Figura 1.21 se representa el umbral de sensibilidad auditiva y límite superior de intensidad tolerable, en función de la frecuencia:

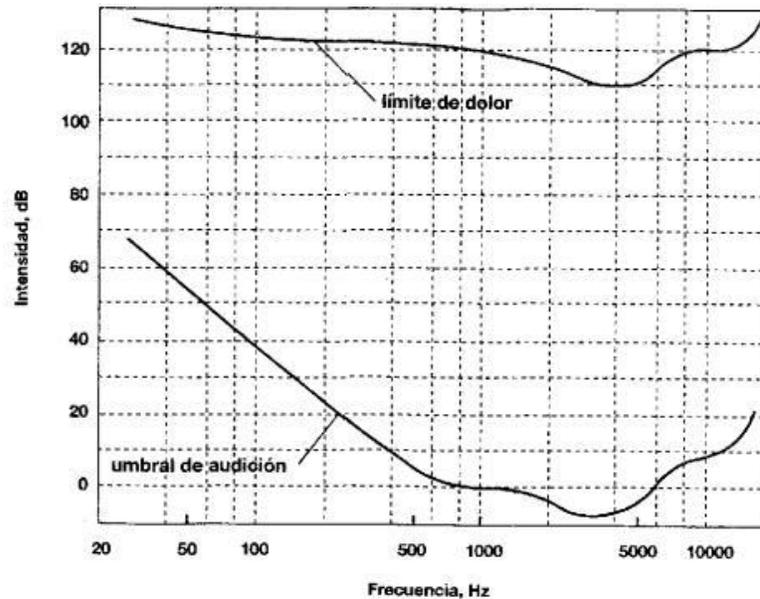


Figura 1.21 Umbral de sensibilidad auditiva y audición. [12]

Von Békésy también estimuló al oído con sonidos fuertes de poca duración y de este modo pudo mostrar que el tímpano está casi críticamente amortiguado. Específicamente, para una frecuencia de 1400 [Hz] se efectúa un amortiguamiento completo en 4 ms, y durante este tiempo y a esta frecuencia, la membrana del tímpano puede experimentar aproximadamente seis oscilaciones antes de detenerse. Sin embargo, esto significa que el oído, en su conjunto, sea amortiguado tan rápidamente, ya que otras estructuras también entran en vibración y deben recurrir un tiempo mayor para detenerse completamente, después de que han comenzado a vibrar.

La función de los osículos es transferir al fluido coclear en el oído interno la energía que activa la membrana del tímpano. La transferencia se hace por medio de los tres huesecillos: martillo, yunque y estribo. Existe una analogía con un sistema hidráulico en el cual una presión pequeña ejercida sobre un área extensa (membrana del tímpano) se convierte en una presión mayor ejercida sobre un área pequeña (base del estribo). La conversión es efectuada en los huesecillos mediante una acción de palanca que posee una razón de aproximadamente, 1:15. Estos huesecillos se localizan en la cavidad que conduce a la garganta a través del tubo o trompa de Eustaquio, que cuando se encuentra cerrada en su estado normal, sella la cavidad. El tubo puede ser abierto al tragar, al bostezar, para permitir la entrada o salida de aire, pudiendo igualarse así las presiones en los dos lados de la membrana del tímpano, por lo cual es conveniente tragar aire o bostezar cuando se experimenta un cambio rápido en la presión.

¹² Jess, J. J. (1967). *La Física del Sonido Musical*. México: Reverté Mexicana.

El músculo tensor o tensor del tímpano proporciona la tensión para estirar a la membrana y le da sus características de forma cónica. También actúa para aumentar o disminuir la unión entre el martillo y el yunque, debido a esto si se producen grandes variaciones de presión sobre el tímpano, se origina un reflejo que provoca la contracción del tensor; de esta manera, se hace más débil la unión y se protege al oído contra cualquier aumento peligroso de la presión del aire, con lo cual el efecto es cambiar el equilibrio entre las frecuencias altas y bajas mediante la atenuación de las frecuencias bajas cuando el músculo está en tensión. Por el contrario, cuando el músculo tensor no puede mantener la tensión, lo cual sucede en el envejecimiento del organismo, disminuye el acoplamiento fuerte y, con ello, la sensibilidad para los sonidos de alta frecuencia.

El estribo es puesto en movimiento por el yunque y su movimiento es oscilatorio alrededor de uno de los extremos de la base plana. La frecuencia natural de vibración de este conjunto de huesos se halla en las proximidades de 1300 [Hz]; su movimiento es altamente amortiguado.

3. **Oído interno:** Es adyacente al estribo, el cual provee de la mayoría de los estímulos acústicos. En el oído interno los estímulos mecánicos se convierten en impulsos nerviosos que son recogidos por el nervio acústico y luego ser transmitidos al cerebro. El oído interno consta de dos partes que son anatómicamente adyacentes pero fisiológicamente independientes, estas son el apófisis vestibular y la cóclea.

La apófisis vestibular consiste en tres canales semicirculares colocados de tal modo que forman ángulos rectos el uno respecto del otro y están orientados de modo que se hallan en tres planos mutuamente perpendiculares. Debido a que dichos canales no se utilizan en el proceso auditivo, la apófisis vestibular no se estudia en este rubro. Esto fué descubierto por Galtz desde 1870, que la apófisis vestibular sirve para el mantenimiento de equilibrio direccional del cuerpo (entre otras funcionalidades) y que no tiene relación con la audición.

La cóclea es una estructura que tiene la función de oír, esta es un tubo ligeramente cónico, retorcido, semejante al caparazón de un caracol. El tubo con un diámetro medio de alrededor de 1.5 [mm], tiene $2\frac{3}{4}$ vueltas, y una longitud total de 35 [mm]. La cóclea está dividida en dos canales llenos de "fluido perilinfo", dichos canales se denominan galerías superior e inferior, o rampa del vestíbulo y rampa del tímpano, la única forma por la cual el fluido puede comunicarse entre la galería superior y la inferior es mediante un pequeño orificio llamado "helicotrema", cuya área es aproximadamente 0.3 [mm²] y está localizada en el extremo pequeño de la cóclea. El extremo abierto de las galerías superior e inferior está cerrado por las ventanas oval y redonda respectivamente.

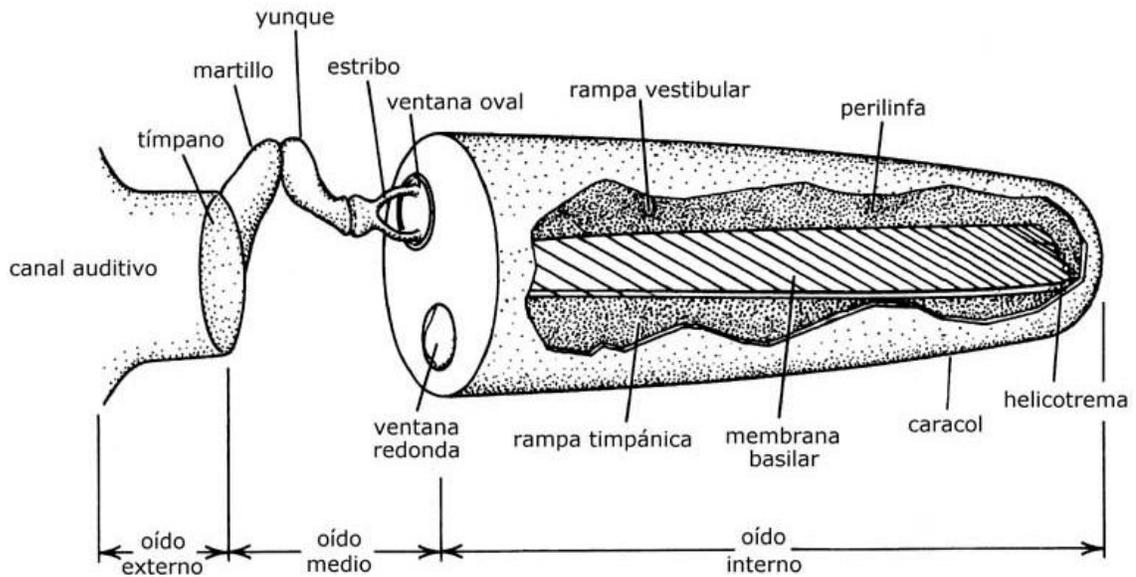


Figura 1.22 Cóclea desenrollada.

La separación auricular entre las galerías es una estructura compleja formada por tres membranas: la inferior (membrana basiliar), la intermedia (membrana tectórea) y la superior (membrana de Reissner) y está llena de una sustancia altamente viscosa llamada “endolinfa”.

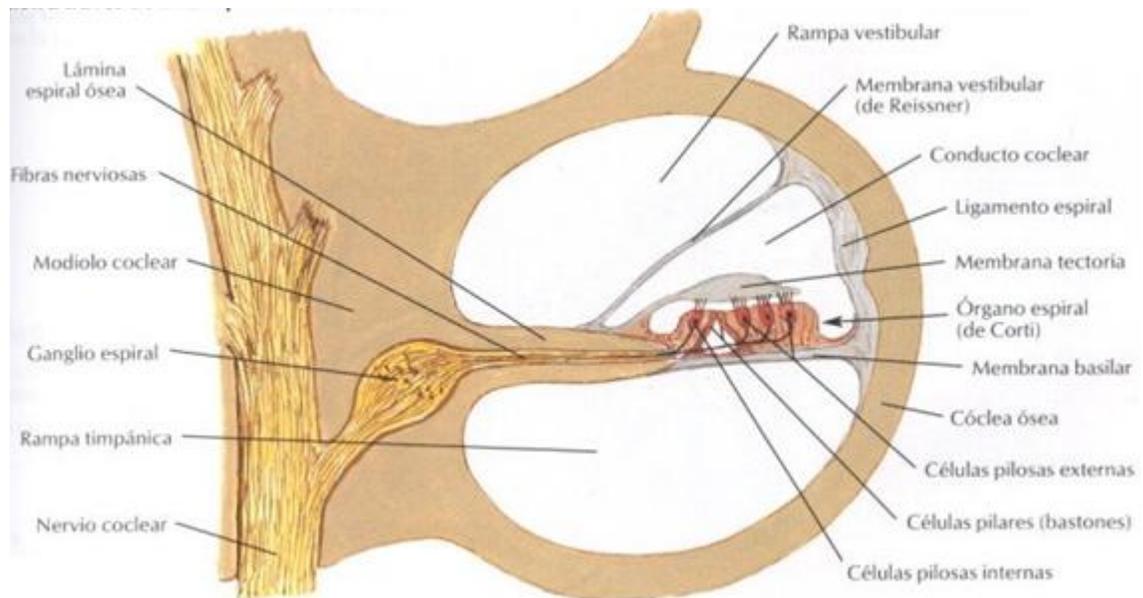


Figura 1.23 Corte de la sección de la cóclea.

La membrana basiliar no llega hasta el final de la cóclea dejando un pequeño espacio u orificio, el helicotrema. La membrana basiliar se deforma como producto del fluido linfático dentro de la cóclea.

Las presiones que pudiera recibir la ventana redonda, por los impulsos que recibe el fluido perilinfa (característicos de los golpes fuertes de baja

frecuencia), quedan eliminados al ser amortiguados en el helicotrema. Los golpes de alta frecuencia no producen un movimiento de masa de la perilinfa, pero ponen en movimiento a la membrana basilar, dicha membrana se deforma junto con otras estructuras (órgano de Corti).

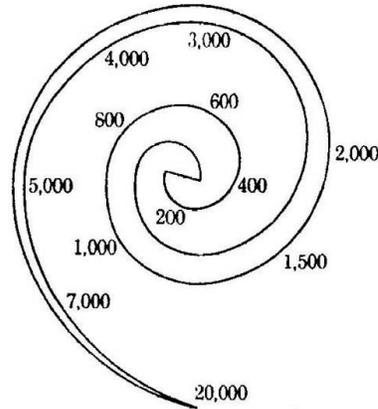


Figura 1.24 Ubicación de la respuesta en frecuencia de la membrana basilar.

El órgano de Corti contiene células de filamentos sensoriales (células ciliares) que se dirigen a la membrana basilar. La flexión de estas células filamentosas transmiten un impulso al nervio auditivo y de ahí al cerebro. Puede haber hasta cinco filas de células ciliares, constando las más largas de unas 12,000 células en fila. La cantidad de células ciliares estimuladas (deformadas) y la magnitud de dicha deformación determinarán la información acerca de la intensidad del sonido.

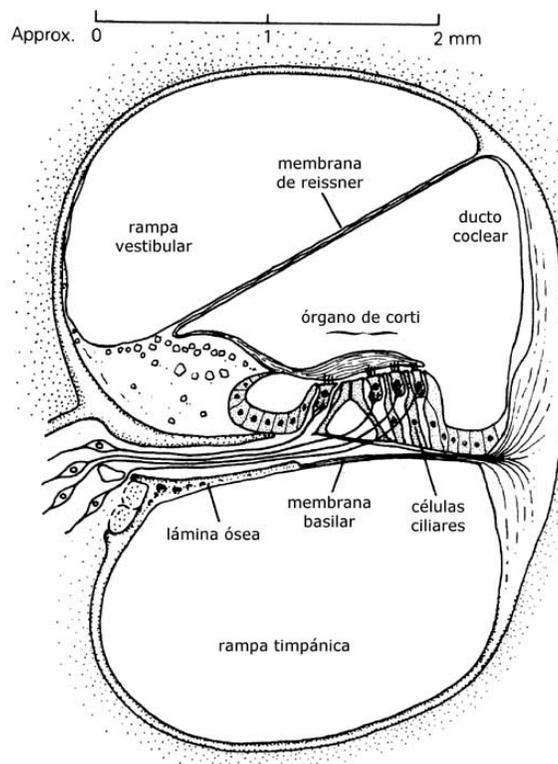


Figura 1.25 El órgano de Corti.

Enmascarado y Localización del Sonido, Fatiga y Persistencia Auditiva

El oído a diferencia del ojo, tiene la capacidad de separar los componentes de un sonido. Es por esto que cuando se escucha a una orquesta es posible reconocer cada uno de los instrumentos que la componen. Sin embargo, cuando un sonido es débil, es imperceptible en un cuarto ruidoso, se dice entonces que el sonido débil ha sido “enmascarado” por el ruido. El grado de enmascaramiento depende de la intensidad acústica y la frecuencia del tono enmascarado.

Este grado es definido como el aumento necesario en dB de la intensidad de la señal enmascarada, de tal modo que sea justamente perceptible en presencia del tono del sonido perturbador. [¹³]

Se ha encontrado que los sonidos de baja frecuencia son, en general, más efectivos para enmascarar que los de alta frecuencia. Es por esta razón que el ruido producido por un avión a reacción y los camiones, son muy eficaces para anular otros sonidos.

Muchos directores de orquesta, por ejemplo, saben que los sonidos masivos tienden a reducir la estructura tonal, debida al enmascaramiento. Al tocar una orquesta los pasajes más fuertes, una melodía realizada por algún instrumento resulta casi completamente ocultada o enmascarada.

Se ha visto que la elevación del umbral auditivo se efectúa cuando ha habido un estímulo auditivo anterior, generalmente se refiere a este fenómeno como “fatiga auditiva”, que puede ser temporal o permanente. Los factores que intervienen son la frecuencia, la intensidad y la duración de dicho estímulo, así como el lapso transcurrido después del estímulo. Los tonos que son más efectivos para causar cansancio o fatiga auditiva están sobre los 500 [Hz]. Los efectos de la fatiga ocurren para señales estimulantes de baja intensidad.

El fenómeno por el cual los sonidos familiares y los ruidos no poseen las cualidades esperadas después que se ha escuchado una serie de sonidos agudos se denomina “persistencia auditiva”. Este efecto experimentado es causado por sonidos de alta frecuencia relativamente fuertes que sufren repentinos saltos de sonoridad de 100 [Hz].

Cuando las ondas de gran longitud de un sonido se encuentran con un obstáculo, lo contornean por difracción, así ocurre con la cabeza humana, por ello es que se escuchan los sonidos más graves con intensidad similar por ambos oídos. A longitudes de onda pequeña la intensidad en los dos oídos difieren, siendo de esta forma más fácil ubicar la dirección de la fuente. Se ha determinado también que la “localización del sonido” es menos exacta para frecuencias intermedias alrededor de 1500 [Hz], esto debido que es muy baja para producir diferencias en intensidad, y muy altas para permitir la localización por diferencias de fase.

¹³ Jess, J. J. (1967). *La Física del Sonido Musical*. México: Reverté Mexicana.

1.3 Experiencias en la Facultad de Ingeniería

1.3.1 Cursos de Ingeniería de Sonido en México

En México existen una gran variedad de Cursos de Ingeniería de Sonido, sin embargo muchos de esos cursos o diplomados no cuentan con validez oficial, siendo la gran mayoría impartidos por escuelas privadas como G Martell, Escuela de Música DIM, por mencionar algunas de las más populares.

En la UNAM no existe la carrea, curso o diplomado de Ingeniería de Sonido, sin embargo en 2007 se propuso un diplomado para ser impartido en la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería y debido a que los interesados solicitaban beca el diplomado fue suspendido debido a que no se cubrían los fondos necesario para su impartición.



Figura 1.26 Tríptico del Diplomado de Ingeniería de Sonido propuesto en 2007.

En la Facultad de Ingeniería son impartidos cursos intersemestrales de Ingeniería de Sonido por los ingenieros y expertos en contenidos Daniel Martínez Gutiérrez y Abel Villanueva Peña, pero dichos cursos no son de manera constante ni con un valor curricular, ya que estos cursos son promovidos por los mismos profesores y no por parte de la facultad.

En 2010 los ingenieros Daniel y Abel proporcionaron los contenidos para la propuesta de tesis de Abiel Tomás Parra Hernández, la cual lleva el nombre de “Implementación de un Tutorial de Ingeniería de Sonido en Línea”, dichos contenidos se presentan a continuación: [¹⁴]

MÓDULO I “PRINCIPIOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y SEÑALES”

1. Electricidad.
 - 1.1 Dispositivos eléctricos (resistor, capacitor, inductor) y conductores.
 - 1.2 Circuito eléctrico: Serie y paralelo.
 - 1.3 Sistemas eléctricos y análisis de circuitos (Ley de Ohm, Leyes de Kirchoff).
 - 1.4 Corriente alterna. Valor pico, valor promedio, valor eficaz y factor de forma.
 - 1.5 Concepto de impedancia. Acoplamiento de impedancias y fasores.
 - 1.6 Máxima transferencia de potencia eléctrica, potencia real, potencia aparente y potencia reactiva.
 - 1.7 Aplicación práctica: Diseño de centros de carga.
2. Electrónica.
 - 2.1 Conductores, semiconductores y aisladores.
 - 2.2 Dispositivos electrónicos (diodo, transistor, amplificador operacional, amplificador de potencia, circuitos integrados, CAD, CDA, memorias, microprocesador y DSP).
 - 2.3 Fuentes de alimentación (CD y CA).
 - 2.4 Análisis cualitativo de circuitos electrónicos.
 - 2.5 Verificación de los dispositivos electrónicos.
 - 2.6 Electrónica digital.
 - 2.7 Aplicación práctica: Operación de un amplificador de potencia.
3. Sistemas y señales.
 - 3.1 Sistemas continuos y discretos.
 - 3.2 Señales continuas y discretas (Fundamentales).
 - 3.3 Representación de sistemas en tiempo continuo y análisis con Transformada de Laplace.
 - 3.4 Representación de sistemas en tiempo discreto y análisis con Transformada Z.
 - 3.5 Transformada de Fourier en tiempo continuo y discreto: Espectro en frecuencia.
 - 3.6 Ventaneo.
 - 3.7 Transformada rápida de Fourier (FFT).
 - 3.8 Teorema de Nyquist: Muestreo, cuantización, etc.
 - 3.9 Aplicación práctica: Analizar la respuesta impulso y señal periódica en un sistema dado de 1^{er} y 2^{do} orden.

¹⁴ Parra, A. T. (2010). *Implementación de un Tutorial de Ingeniería de Sonido en Línea*. México.

MÓDULO II “FUNDAMENTOS DE ACÚSTICA Y ELECTROACÚSTICA”

1. Acústica.
 - 1.1 Naturaleza y física del sonido.
 - 1.2 Tipos de fuentes sonoras (voz e instrumentación acústica).
 - 1.3 Ondas: Amplitud, longitud de onda y frecuencia.
 - 1.4 Intensidad y presión sonora. Ley del inverso cuadrado.
 - 1.5 Velocidad del sonido.
 - 1.6 Energía e intensidad acústica.
 - 1.7 Impedancia acústica. Impedancia característica.
 - 1.8 Fenómenos ondulatorios (reflexión y refracción del sonido, interferencia y difracción del sonido, efecto Doppler, onda de choque).
 - 1.9 Aplicación práctica: Fuentes sonoras.
2. Acústica.
 - 2.1 Decibeles: dB, dBu, dBV, dBm, dBW, dBFS (Escala).
 - 2.2 Principios de transductores acústicos.
 - 2.3 Analogías electroacústicas.
 - 2.4 Digitalización de una señal de audio.
 - 2.5 Indicadores de nivel. Polaridad.
 - 2.6 Aplicación práctica. Conversión y aritmética de decibeles (Red Resistiva).

MÓDULO III “TEORÍA Y OPERACIÓN DE EQUIPO DE AUDIO PROFESIONAL 1”

1. Cadena de audio básica.
2. Cables y conectores: Caja directa y Snake.
3. Micrófonos.
 - 3.1 Tipos de micrófonos.
 - 3.2 Conexión: ¿Balanceada o desbalanceada?
 - 3.3 Polarización.
 - 3.4 Técnicas de microfonéo.
4. Consola mezcladora.
 - 4.1 Strip channel.
 - 4.2 Ruteo de señal: LR, FX, AUX, MATRIX.
 - 4.3 Ajuste a 0 VU o + 4 dBu.
 - 4.4 Diferencias entre mezcladora analógica y mezcladora digital.
 - 4.5 Mezcladora digital.
 - 4.6 Aplicación práctica: Operación básica de una consola.
5. Práctica de sonorización: Consola mezcladora análoga y consola mezcladora digital.

MÓDULO IV “TEORÍA Y OPERACIÓN DE EQUIPO DE AUDIO PROFESIONAL 2”

1. Procesadores.
 - 1.1 Ecualizador gráfico.
 - 1.2 Ecualizador paramétrico.
 - 1.3 Compuertas, compresores y limitadores.
 - 1.4 Procesadores de efectos.
 - 1.5 Crossover.
 - 1.6 Procesador de PA.
2. Amplificadores: Parámetros y ajustes.
3. Altavoces y gabinetes: Teoría y tipos.
4. Estructura de ganancia.
5. Feedback y su control.
6. Práctica de sonorización: Curva de monitores y curva de sala.

MÓDULO V “MEDICIÓN Y ALINEACIÓN DE SISTEMAS DE SONORIZACIÓN”

1. Operación de un RTA (Real Time Analyzer). Tipos.
 - 1.1 Analizador por filtros.
 - 1.2 Analizador por FFT.
 - 1.3 Micrófono de medición, preamplificador y polarización.
 - 1.4 Aplicación práctica: Operar un RTA.
2. Software para medición y alineación de sistemas.
 - 2.1 Respuesta al impulso.
 - 2.2 Función de transferencia.
 - 2.3 Espectro en frecuencia.
 - 2.4 Coherencia.
 - 2.5 Señales de prueba: ¿Ruido o MLS?
 - 2.6 Delay.
 - 2.7 Aplicación práctica: Alineación de sistemas de sonorización.

MÓDULO VI “MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL CON EL CRITERIO DE DAÑO AUDITIVO”

1. Presión e intensidad sonora y su medida.
2. Fisiología del oído.
3. Curvas de igual sonoridad y ponderación.
4. Nivel equivalente, percentiles y medidas más usuales.
5. Uso del sonómetro.

6. Interpretación de las normatividades.
7. Dosis de ruido recomendado con el criterio de daño auditivo.
8. Aplicación práctica: Medición de ruido ambiental con sonómetro y cuidado auditivo.

MÓDULO VII “TECNOLOGÍAS DE REFUERZO SONORO”

1. Evolución de los sistemas de refuerzo sonoro.
2. Arreglos convencionales.
 - 2.1 Tipos de arreglos.
 - 2.2 Limitaciones.
3. Arreglos lineales.
 - 3.1 Teoría básica de operación.
 - 3.2 Usos recomendados.
4. Sistemas de energía reflejada.
 - 4.1 Teoría básica de operación.
 - 4.2 Usos recomendados.
5. Estudios de caso.
 - 5.1 Arreglos convencionales: Locales pequeños y al aire libre.
 - 5.2 Arreglos lineales: Locales medianos o grandes y al aire libre.
 - 5.3 Sistemas de energía reflejada: Locales de acústica variable.

MÓDULO VIII “DISEÑO DE SISTEMAS DE REFUERZO SONORO”

1. Introducción a la acústica de recintos.
 - 1.1 Reverberación (tiempo de reverberación).
 - 1.2 Absorción, difusión y transmisión del sonido.
 - 1.3 Modos normales de un recinto.
2. Psicoacústica: Aspectos básicos.
 - 2.1 Curvas de Fletcher y Munson.
 - 2.2 Efecto Hass.
 - 2.3 Espacialidad.
 - 2.4 Enmascaramiento.
 - 2.5 Altura, volumen, pitch.
3. Dimensionamiento del sistema.
4. Esquema general de una cadena básica de audio.
5. Ejemplos de diseño.
6. Aplicación práctica: Diseñar un sistema de refuerzo sonoro.

MÓDULO IX “ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE RECINTOS”

Los temas contenidos para este módulo todavía están por ser definidos por los expertos en contenidos.

En el país no existe propiamente la carrera o licenciatura de Ingeniería de sonido, lo más cercano es una ofrecida por el ITESM la cual se llama “Ingeniero en Producción Musical Digital” y otra impartida por la Academia de Música Fermatta con el título de “Licenciatura en Ingeniería y Producción en Música Popular Contemporánea”, dichas carreras tiene validez oficial ante la SEP, otra institución que ofrece una carrera afín es la G Martell con el nombre de “Ingeniería en Audio y Producción” pero ésta aún no cuenta con validez oficial.

No obstante ninguna de las instituciones antes mencionadas tiene la modalidad de llevar dichos cursos en línea o a distancia debido a la problemática en cuanto al manejo del equipo de sonido, siendo la propuesta de esta tesis la pionera en solucionar ese problema para así poder realizar cursos de audio a distancia de forma teórica y también práctica.

1.3.2 Cursos a Distancia o en Línea y Laboratorios Remotos y Virtuales

Los cursos a distancia o en línea son aquellos en los cuales los profesores y alumnos no se encuentran situados en el mismo lugar, por lo cual el proceso enseñanza-aprendizaje se lleva a cabo mediante un conjunto de procedimientos de mediación que se establece entre educandos y profesores a través de la utilización de recursos tecnológicos informáticos y de las telecomunicaciones.

En cuanto al entorno experimental, en este caso no presencial, existen dos tipos de laboratorios, “laboratorios remotos” y “laboratorios virtuales”.

Los “laboratorios remotos” son aquellos en los cuales se lleva a cabo la teleoperación de una planta real y los “laboratorios virtuales” son aquellos en los que se teleopera una planta simulada.

Los laboratorios remotos han sido desarrollados sobre todo en lo concerniente a la automatización, control de procesos o sistemas, instrumentación y robótica; existiendo una gran variedad, como por ejemplo:

- “TeleLab, Laboratorio Remoto de Automatizaciones” implementado por el ITESM. <http://telelab.mty.itesm.mx/>
- “RECOLAB (REmote COntrol LABoratory)” implementado por la Universidad Miguel Hernández, Elche (Alicante), España. http://isa.umh.es/temas/recolab/index_en.html
- “WebPLC” para operar un PLC real a través de Internet desarrollado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad Pontificia de Comillas, Madrid, España. <http://www.dea.icaei.upco.es/jarm/Asignaturas/PLC/Simulador/web/webplc.html>
- Entre muchos otros.

Entre las herramientas más destacadas para el desarrollo de este tipo de laboratorios se encuentran Matlab y LabView, ya que permiten la utilización de interfaces de hardware para la adquisición de datos, las cuales hacen posible la teleoperación de la planta real, y junto con sus librerías y módulos ofrecen las prestaciones para el procesamiento de señal, algoritmos de control y servidores de internet para las aplicaciones remotas.

En cuanto a los laboratorios virtuales, las ramas de estudio son aún más extensas en comparación con los laboratorios remotos, ya que existen laboratorios virtuales de todo tipo, como por ejemplo de física, química, electroquímica, biología, electrónica, circuitos eléctricos, control, psicología, lectura estratégica, etc.; los cuales son una buena alternativa a los laboratorios remotos.

En este caso se usan solo las computadoras para simular el comportamiento de los sistemas a estudiar haciendo uso de modelos matemáticos realistas y complementando con gráficas que muestren la evolución temporal de los sistemas mediante animaciones, las cuales se pueden diseñar haciendo uso de otras

herramientas como por ejemplo Flash, Shockwave, GIF animados, HTML dinámico (con JavaScript), Java (con Java Applets); con el objetivo de que el usuario visualice y entienda mejor el comportamiento del sistema.

Debido a esto, los laboratorios virtuales presentan ventajas importantes con respecto a los laboratorios remotos, entre las cuales se destacan:

1. **Ahorro económico:** Solo se desarrollan las aplicaciones de software que corren en el servidor y no son necesarios hardware específico para la adquisición de datos o demás equipo sofisticado como motores, PLC's, robots, etc.; lo cual siempre resulta bastante costoso.
2. **Ahorro en infraestructura:** No se necesita un lugar espacioso ni grandes instalaciones o instalaciones complejas, solamente una computadora que funja como el servidor y condiciones óptimas en cuanto a humedad y temperatura para su correcta operación.
3. **Fácil implementación:** Los laboratorios remotos se convierten en una tarea más compleja que incluso la implementación de laboratorios presenciales, debido a que se debe construir una infraestructura de acceso remoto que permita integrar la información obtenida a partir de diferentes medios y presentarla a los usuarios dentro de una plataforma amigable y fácil de configurar como pueden ser los navegadores Web.
4. **Ahorro en ancho de banda y rapidez:** Al teleoperar una planta real es necesario monitorear el proceso, por lo regular siempre con una cámara web, micrófonos o con hardware de adquisición de datos, con lo cual se consume un mayor ancho de banda haciendo que se ralentice la operación de la planta ocasionando un pequeño defasamiento entre lo que se está haciendo y entre lo que se está monitorizando.
5. **Mayor concurrencia de usuarios:** Permite que una gran cantidad de usuarios teleopere la planta simulada al mismo tiempo, no siendo así para la teleoperación de la planta real, la cual casi siempre permanece infrautilizada debido a que solo un usuario a la vez puede operarla, lo que conlleva a la asignación de horarios limitados y una atención mayor por parte del personal humano para su administración, o incluso al momento de que el equipo está en mantenimiento.

Por otra parte, los laboratorios remotos no tienden a simplificarse como los laboratorio virtuales con lo cual no se pierde información con respecto al sistema real, y además ofrecen un mayor acercamiento a lo que sería una interacción real o presencial con las plantas físicas, sin embargo, nada puede igualar la experiencia de la interacción directa con el equipo de laboratorio, ya que los usuarios perciben los experimentos con los cinco sentidos lo cual es un valor añadido.

La forma más interesante de llevar un curso teórico-práctico en línea es utilizar los laboratorios virtuales junto a los laboratorios remotos, de forma que los usuarios realizarán primero las prácticas en laboratorios virtuales para pasar posteriormente, cuando el profesor lo considere oportuno, al laboratorio real.

Con lo cual mediante los laboratorios virtuales se consiguen objetivos importantes como son:

1. **Familiarizarse con el experimento:** Asegura que los estudiantes realicen el trabajo previo.
2. **Optimizar el uso de los recursos:** Los estudiantes requieren menos tiempo para realizar las prácticas con lo cual hay mayor disponibilidad del equipo.
3. **Disminución del uso incorrecto del equipamiento:** Para que se usen dentro de las condiciones de trabajo para las que están diseñados.
4. **Comparación del comportamiento de modelos matemáticos frente a dispositivos reales:** Al comparar ambos comportamientos, los estudiantes tienen la posibilidad de extraer conclusiones acerca de la importancia del modelo realizado.
5. **Formar en metodologías de trabajo:** Para que los estudiantes primero construyan los modelos matemáticos como paso previo a la construcción de prototipos.
6. **Manejo de herramientas informáticas actuales:** Si bien no puede ser el objetivo principal del laboratorio, le servirá en muchos ámbitos a los estudiantes en un futuro.
7. **Repetitividad de los experimentos:** Los estudiantes pueden repetir de forma totalmente fidedigna las condiciones bajo las que se realizaron los experimentos, con la seguridad de que el resultado será el mismo que ellos vieron en su momento.
8. **Multiplicidad de experimentos simultáneos:** Como el único recurso necesario para los laboratorios virtuales es un ordenador, potencialmente todos y cada uno de los alumnos podría estar realizando simultáneamente su experimento sin interferir con sus compañeros, eliminando la necesaria secuencia que se le da a los laboratorios reales, tanto presenciales como remotos.

Tomando en cuenta lo anterior es necesario para un curso en línea una buena relación entre el laboratorio virtual y el laboratorio remoto, y en este último, una buena administración para ser operado secuencialmente por los usuarios. Y para evitar infrautilizar el equipo es necesario adecuar los horarios de experimentación para aquellos experimentos que requieran más tiempo de aquellos que no lo necesiten tanto y sean más fáciles de realizar.

Capítulo 2

Propuesta de Implementación del Laboratorio Virtual y del Laboratorio Remoto

2.1 Virtualización Computacional

2.1.1 Definición y Características

Virtual, del latín *virtus* (“fuerza” o “virtud”) es un adjetivo que, en su sentido original, hace referencia a aquello que tiene virtud para producir un efecto, pese a que no lo produce presencialmente.

El concepto está actualmente ligado a lo que tiene existencia aparente y no real o física, muy usual en el ámbito de la informática y la tecnología para nombrar a la realidad construida mediante sistemas o formatos digitales.

En computación, la virtualización es un medio para crear una versión virtual de un dispositivo o recurso, como un servidor, un dispositivo de almacenamiento, una red o incluso un sistema operativo, donde se divide el recurso en uno o más entornos de ejecución. [1]

Los dispositivos, las aplicaciones y los usuarios pueden interactuar con los recursos virtuales como si fueran realmente un recurso único, es decir, la virtualización se encarga de crear una interfaz externa que encapsula u oculta las características físicas de los recursos de información.

Existen diversos tipos o modalidades de virtualización dependiendo del tipo de recurso o tecnología, entre las más importantes junto con sus componentes se encuentran:

Clasificación de la tecnología	Componente de la virtualización
Red Localización de recursos dispersos, dentro y fuera de la red perimetral	<ul style="list-style-type: none"> • VPN (redes privadas virtuales) • VLAN (virtual local area network) y VWAN (virtual wide area network) • Virtualización del aprovisionamiento y seguridad
Hardware (procesadores y capacidad) Permite al hardware cambiar tareas de computación en tiempo real	<ul style="list-style-type: none"> • Intel VT y AMD-V • Computación en cluster y matrices • Computación distribuida o P2P (peer-to-peer)
Almacenamiento Almacenamiento y backup por red	<ul style="list-style-type: none"> • iSCSI • VSAN (virtual storage area network) • Especificación de formato de imagen VHD (Virtual Hard Disk) de Microsoft
Máquina/sistema operativo (servidor y cliente) Una máquina, múltiples sistemas operativos	<ul style="list-style-type: none"> • Uno-a-muchos (sistema operativo de host y sistemas alojados)

¹ ALEGSA. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/virtualizacion.php>

Gestión y administración (servidores y clientes) Gestión y administración de recursos de máquinas virtuales.	• Gestión de máquina virtual (servidor y cliente)
Aplicación Cualquier aplicación en cualquier ordenador bajo demanda, a través de cualquier red	• Virtualización de aplicaciones • Retransmisión de aplicaciones (streaming)
Sesión Una máquina, múltiples sesiones síncronas o asíncronas	• Retransmisión por la red de la sesión o la interfaz del puesto de trabajo

Figura 2.1 Tecnologías de virtualización para cada tipo de recurso. [2]

Para la implementación del Laboratorio Virtual se hará empleo de la virtualización de servidor, virtualización de sistema operativo y virtualización de aplicación.

La virtualización de servidor incluye la virtualización de almacenamiento, de red y de control de carga de trabajo, con lo cual se logra eliminar la infrutilización de servidores haciendo un uso más eficiente de sus recursos, mejorando su disponibilidad, facilitando la recuperación, y descentralizando los servicios de administración.

Es necesaria la utilización de un software por parte del administrador del sistema virtual para la división del servidor físico en entornos visuales aislados. Estos entornos es lo que se conoce técnicamente como “máquinas virtuales” o “emulaciones de sistemas”.

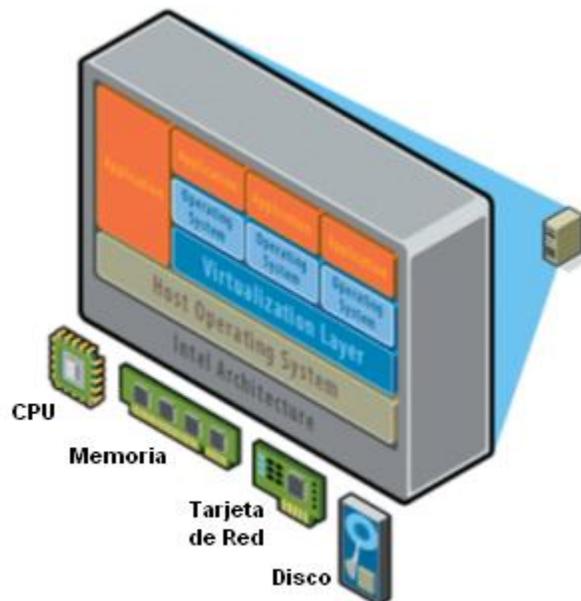


Figura 2.2 Representación de un modelo de máquina virtual. [3]

² Qureshi, O. (2007). *SoftGrid Application Virtualization*. Estados Unidos: Microsoft.

La máquina virtual es un modelo de virtualización de servidor el cual está basado en la arquitectura cliente /servidor, donde cada cliente funciona como una imagen virtual de la capa de hardware, siendo la ventaja principal el desconocimiento por parte de los sistemas huésped (clientes) del sistema de hardware real sobre el que está instalado, es decir, que los usuarios y el propio sistema (servidor) los vean como máquinas independientes dedicadas.

Sin embargo, todos los sistemas virtuales hacen uso de recursos de hardware físico, los cuales son administrados por un sistema denominado “hypervisor” que coordina las instrucciones CPU.

Al hypervisor comúnmente se le llama monitor de máquina virtual y es el encargado de validar las todas las peticiones de los sistemas virtuales a la CPU, supervisando además todas las ejecuciones que requieran cambios de privilegios.

Algunos sistemas de servidores virtuales o máquinas virtuales de sistema son VirtualBox, VMware, Microsoft Virtual Server, Microsoft Virtual PC, Parallels Workstation, entre muchas otras.

El sistema operativo virtual se instala dentro de las máquinas virtuales, el cual ve al hardware de la maquina real como un conjunto normalizado de recursos independientes de los componentes reales que lo forman.

La virtualización de servidor y de sistema operativo muestra una opción interesante y útil para disponer de varios sistemas operativos en una misma computadora pero cada uno trabajando autónomamente.

La virtualización de aplicación difiere de otras modalidades de virtualización en que no necesita grandes inversiones de hardware, personal e infraestructura básica. Esta virtualización permite que las aplicaciones se ejecuten bajo demanda en el sistema operativo local pero convirtiéndose en servicios virtuales alojados y gestionados de forma centralizada en equipos cliente conectados a Internet o redes inalámbricas, lo que permite un uso crítico de las aplicaciones sin entrar en conflictos con el sistema operativo u otras aplicaciones.

³ Doña, J. M., García, J. E., López, J., Pascual, F. y Pascual, R. F. (2010). Virtualización de Servidores. Una Solución de Futuro. *Hospital Universitario Virgen de la Victoria Campus Universitario de Teatinos*.

2.1.2 VirtualBox: Características y Usabilidad

Oracle VM Virtual Box es un software de virtualización el cual está programado en lenguaje C++, C y ensamblador x86, diseñado para arquitecturas de procesador x86 y amd64, fué creado originalmente por la empresa alemana innotek GmbH y lanzada el 15 de Enero de 2007, actualmente es desarrollada por Oracle Corporation como parte de su familia de productos de virtualización.

Por medio de este software es posible instalar sistemas operativos adicionales, conocidos como “sistemas invitado”, dentro de otro sistema operativo “anfitrión”, dichos sistemas se describen a continuación.

- Sistema operativo anfitrión: Es el sistema operativo donde tendremos instalado el programa VirtualBox que nos permitirá ejecutar otro sistema operativo simultáneamente.
- Sistema operativo invitado: Es el sistema operativo que se instala encima del anfitrión con ayuda de VirtualBox.

Entre los sistemas operativos en modo anfitrión que soportan la instalación de VirtualBox se encuentran GNU/Linux, Mac OS X, OS/2 Warp , Microsoft Windows, y Solaris/OpenSolaris, y dentro de ellos es posible virtualizar los sistemas operativos invitados FreeBSD, GNU/Linux, OpenBSD, OS/2 Warp, Microsoft Windows, Solaris, MS-DOS y muchos otros.

La Figura 2.3 muestra a Windows XP virtualizado corriendo en GNU/Linux con ayuda de VirtualBox:

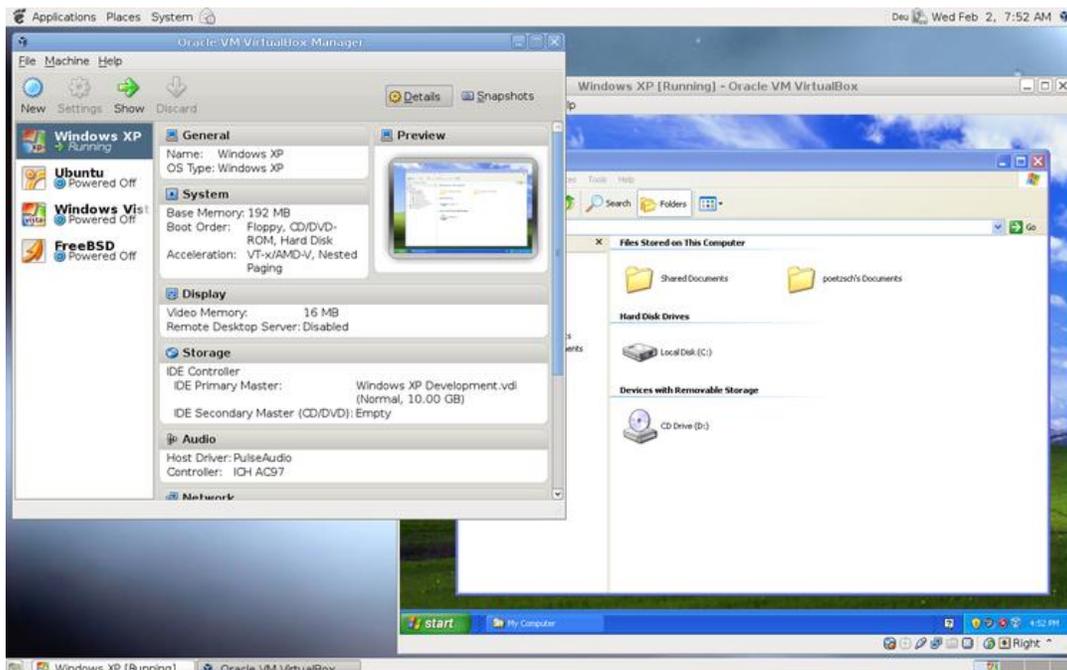


Figura 2.3 Windows XP corriendo en GNU/Linux. [4]

⁴ VirtualBox. (2011). Consultado en 2011 de <https://www.virtualbox.org/>

Existen dos modalidades para VirtualBox, las cuales son:

1. **VirtualBox OSE (Open Source Edition):** Es la versión de código abierto, distribuida bajo la licencia GPL. Esta se encuentra en los repositorios oficiales de GNU/Linux, pero la carencia más significativa es que no cuenta con soporte USB.
2. **VirtualBox PUEL (Personal Use and Evaluation License):** Únicamente gratuita para un uso personal y de evaluación. Se pueden obtener los binarios precompilados de la página oficial. Esta cuenta con Servidor Remote Display Protocol (RDP), soporte USB, USB sobre RDP, Iniciador iSCSI.

En cuanto a la emulación de hardware, los discos duros de los sistemas invitados son almacenados en los sistemas anfitriones como archivos individuales en un contenedor llamado Virtual Disk Image, incompatible con los demás software de virtualización.

Otra de las funciones que presenta es la de montar imágenes ISO como unidades virtuales ópticas de CD o DVD, o como un disquete.

También cuenta con un paquete especial de software llamado VirtualBox Guest Additions y que debe instalarse en cada una de las máquinas virtuales para mejorar el rendimiento y añadir nuevas funciones. Consisten en una serie de controladores (drivers) y aplicaciones para el sistema virtualizado que lo optimizan para un mejor rendimiento y usabilidad.

Dicho paquete ofrece muchas posibilidades como la integración del cursor del ratón, mejor soporte de vídeo, sincronización horaria, carpetas compartidas, ventanas sin costuras, portapapeles compartido y entrada automática en Windows. Se encuentra disponible en una imagen CD-ROM con el nombre "VBoxGuestAdditions.iso" y para ser instalado se debe montar en la máquina virtual.

En nuestro caso se utilizará la modalidad de VirtualBox PUEL, ya que se necesitará el soporte para USB, el sistema operativo anfitrión será Debian, ya que este está instalado en el servidor "Davinci" localizado físicamente en el laboratorio del Departamento de Control de la División de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y en el cual se impartirán los cursos de audio a distancia, y el sistema operativo a virtualizar será Windows XP, ya que este contendrá el software para el equipo de audio a manejar remotamente.

En cuanto al tema de seguridad, VirtualBox es completamente segura corriendo sobre GNU/Linux, y manteniendo el software con la última actualización disponible es casi imposible que se llegue a descubrir alguna vulnerabilidad y ser víctima de un ataque, ya que una máquina virtual está aislada del sistema operativo anfitrión manteniendo a este último en óptimas condiciones si algo llegará a fallar en el sistema virtualizado.

2.1.3 LabView: Características y Usabilidad

LabView es un software de licencia propietaria con herramientas gráficas para pruebas, control y diseño mediante el uso de lenguaje G (lenguaje gráfico), creado por National Instruments en 1976 para funcionar principalmente en máquinas MAC, saliendo al mercado en 1986, ahora está disponible para plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux, siendo la última versión la 2011. En nuestro caso se hará uso de la versión 8.2.1 en la realización de las aplicaciones de audio para el Laboratorio Virtual.

Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware tanto propietario como de otros fabricantes, así mismo consta de más de 25 módulos los cuales se pueden elegir dependiendo de las necesidades.

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como: ^[5]

- Adquisición de datos y análisis matemático.
- Comunicación y control de instrumentos de cualquier fabricante.
- Automatización industrial y programación de PACs (Controlador de Automatización Programable).
- Diseño de controladores: simulación, prototipaje rápido, hardware-en-el-ciclo (HIL) y validación.
- Diseño embebido de micros y chips.
- Control y supervisión de procesos.
- Visión artificial y control de movimiento.
- Robótica.
- Domótica y redes de sensores inalámbricos.
- En 2008 el programa fue utilizado para controlar el LHC, el acelerador de partículas más grande construido hasta la fecha.
- Pero también juguetes como el Lego Mindstorms o el WeDo lo utilizan, llevando la programación G a niños de todas las edades.

La programación G es realizada por cableado junto a los iconos gráficos en un diagrama, que se compila directamente al código de máquina para que los procesadores de los ordenadores puedan ejecutar. Manteniendo y proporcionando los conceptos de programación mismos que se encuentran en la mayoría de los lenguajes tradicionales, ya que incluye todas las construcciones estándar, tales como tipos de datos, bucles, manejo de eventos, variables, la repetición, y la programación orientada a objetos.

⁵ Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman “Instrumentos Virtuales”, o “VIs”, y su origen provenía del control de instrumentos, sin embargo hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de instrumentación electrónica sino también a su programación embebida.

Cada VI consta de las siguientes dos partes:

1. **Panel Frontal:** Es la interfaz con el usuario, es utilizada para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real. En esta interfaz se definen los controles los cuales son usados como entradas, y pueden ser botones, marcadores, etc., e indicadores los cuales son usados como salidas, pueden ser gráficas, cuadros de texto, etc.
2. **Diagrama de Bloques:** Es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan los bloques que realizan una determinada función y se interconectan entre sí.

En el panel frontal, se encuentran todo tipo de controles e indicadores, donde cada uno de estos elementos tiene asignado en el diagrama de bloques una terminal correspondiente para ellos, con lo cual se puede observar en el diagrama de bloques, todos los valores de los controles e indicadores, y como van fluyendo entre ellos cuando se está ejecutando un VI. La ejecución de flujo de datos es controlada por los datos, es decir, depende de los datos el flujo de datos entre los nodos en el programa; las líneas no secuenciales del diagrama determinan el orden de ejecución.

La Figura 2.4 muestra tanto del panel frontal como del diagrama de bloques de un VI:

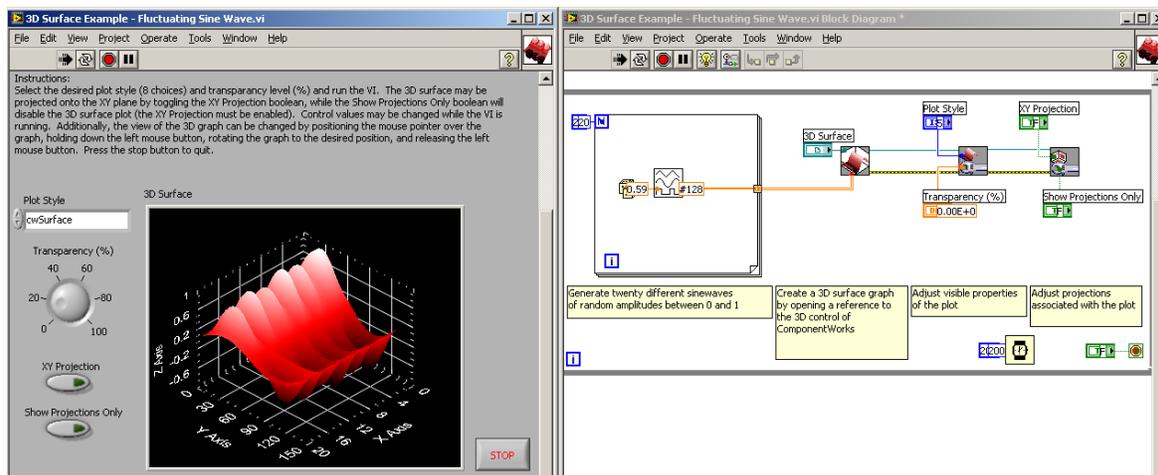


Figura 2.4 Panel frontal y diagrama de bloques de LabView.

El driver de software de LabVIEW posibilita la integración de múltiples tipos de instrumentos, buses y sensores, incluidos los dispositivos de adquisición de datos, instrumentos de caja, instrumentos modulares, controladores de movimiento y

variadores de velocidad, visión artificial y hardware de procesamiento de imágenes, sensores inalámbricos y FPGAs. En el raro caso de que un driver de LabVIEW no exista, también se puede importar los drivers de otros lenguajes de programación o el uso de bajo nivel de comunicación para implementar un driver propio.

National Instruments es un líder mundial en PC basado en la adquisición de datos, con una familia completa de productos de adquisición de datos para ordenadores de escritorio. Se puede utilizar NI-DAQmx para integrar a más de 200 dispositivos de adquisición de datos de LabVIEW en una variedad de buses principales y factores de forma, incluyendo USB, PCI, PCI Express, PXI, PXI Express, inalámbrico y Ethernet.

LabVIEW también se conecta con instrumentos de otros fabricantes a través de controladores de instrumentos. El Instrument Driver Network (IDNet) ofrece más de 9,000 controladores libres para los instrumentos de más de 350 proveedores de terceros que hacen su trabajo con hardware de LabVIEW.

Entre las características anteriores LabView también se destaca debido a las facilidades que presenta para:

- El manejo de interfaces de comunicaciones: Puerto serie, puerto paralelo, GPIB, PXI, VXI, TCP/IP, UDP, DataSocket, Irda, Bluetooth, USB, OPC.
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones como: DLL (librerías de funciones), .NET, ActiveX (para aplicaciones con Internet Explorer), Multisim, Matlab/Simulink, AutoCAD, SolidWorks, etc.
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
- Tiempo Real estrictamente hablando.
- Programación de FPGAs para control o validación.
- Sincronización entre dispositivos.

En nuestro caso no se necesitará de ninguna interfaz de hardware ni del manejo de ningún puerto de comunicación para la realización de las aplicaciones del Laboratorio Virtual de Audio, ya que dichas aplicaciones no involucran adquisición de datos o manejo o control de alguna planta con LabView, sino simplemente la manipulación de archivos de audio prediseñados los cuales serán manipulados mediante la utilización de los bloques para el procesamiento digital de la señal, así como también se hará uso de los otros bloques más básicos para otro tipo de aplicaciones de audio que requieren menos complejidad.

2.2 Aplicaciones de Audio Realizadas en LabView 8.2.1©

Las aplicaciones que a continuación se presentan son solo algunas de las más representativas del desarrollo, y se han implementado en LabView 8.2.1© debido a que los cursos impartidos por el Departamento de Control de la Facultad de Ingeniería se encuentran desarrollados con esta versión del software por lo cual se asegura el funcionamiento de dichas aplicaciones en cualquier computadora.

2.2.1 Conversor de Decibeles

Este programa propuesto para la parte del Laboratorio Virtual está diseñado para aclarar y comprender las distintas formas en las cuales se obtienen los diversos tipos de decibeles, así como la relación entre ellos. Ya que es algo básico que se debe comprender tanto en lo físico como en lo electrónico para poder así asimilar los procesos de medición acústica.

Esta aplicación involucra los dB_{SPL} , dBu , dBV , dBm , dBW y dBFS , conceptos vistos en el Capítulo 2.

La Figura 2.5 muestra el panel frontal de la aplicación:

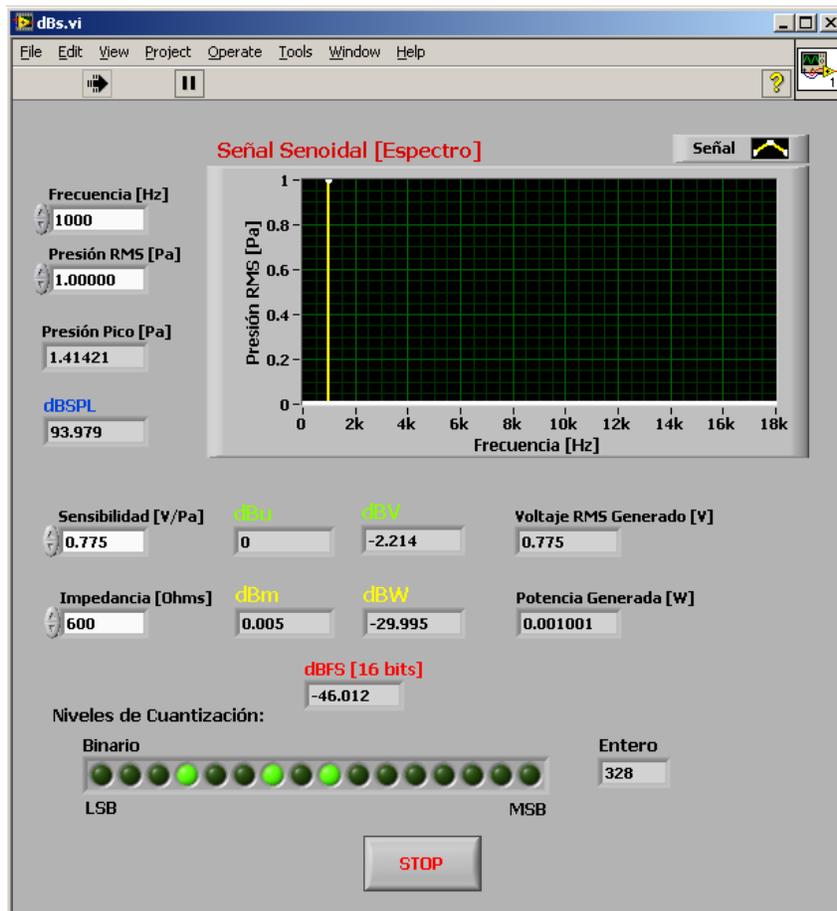


Figura 2.5 Panel frontal del Conversor de Decibeles.

La Figura 2.6 muestra la descripción del panel frontal:

Frecuencia [Hz]	Permite seleccionar la frecuencia de la señal senoidal de entrada simulada, expresada en Hertz. El rango de valores des de 1 a 18 [kHz].
Presión RMS [Pa]	Permite seleccionar la amplitud de la señal senoidal de entrada simulada, expresada en Pascales RMS. Empleada para realizar los cálculos de los dB_{SPL} , dBu , dBV , dBm , dBW y $dBFS$. El rango de valores es de 20u a 200 [P rms].
Señal Senoidal [Espectro]	Muestra el espectro en frecuencia y amplitud de la señal senoidal de entrada.
Presión Pico [Pa]	Despliega la conversión de la “Presión RMS [Pa]” en presión pico, expresada en Pascales.
dB SPL	Despliega el cálculo de la relación en decibeles de la “Presión RMS [Pa]” referidos a 20u [Pa] de presión sonora.
Sensibilidad [V/Pa]	Permite seleccionar la sensibilidad de entrada, simulando a un transductor de entrada de audio para realizar los cálculos de los dBu , dBV , dBm y dBW . Expresada en V/Pa, acepta valores mayores a 0.
Voltaje RMS Generado [V]	Indica el cálculo del voltaje RMS generado por la “Presión RMS [Pa]” acorde a la “Sensibilidad [V/Pa]”. Expresada en Volts RMS.
dBu	Despliega el cálculo de la relación en decibeles del voltaje generado por “Presión RMS [Pa]” acorde a la “Sensibilidad [V/Pa]” referidos a 0.775 Volts RMS.
dBV	Despliega el cálculo de la relación en decibeles del voltaje generado por la “Presión RMS [Pa]” acorde a la “Sensibilidad [V/Pa]” referidos a 1 Volt RMS.
Impedancia [Ohms]	Permite seleccionar la impedancia que se le aplicará al “Voltaje RMS Generado [V]”, simulando a una etapa de potencia y realizar los cálculos de los dBm y dBW . Expresada en Ohms, acepta valore mayores a 0.
Potencia Generada [W]	Indica el cálculo de la potencia generada por la “Presión RMS [Pa]” acorde a la “Sensibilidad [V/Pa]” y al “Voltaje RMS Generado [V]” aplicado a una “Impedancia [Ohms]”. Expresada en Watts.
dBFS [16 bits]	Despliega el cálculo de la relación del nivel de cuantización generado por “Presión RMS [Pa]” referido a 65535, el cual es el máximo nivel de cuantización utilizando 16 bits y calculado mediante $2^{16} - 1$.
Binario	Indica el nivel binario de cuantización correspondiente al “dBFS [16 bits]” generado. Expresado del bit más significativo “MSB” al bit menos significativo “LSB”.
Entero	Indica el nivel de cuantización correspondiente al “dBFS [16 bits]” generado. Siendo el rango desde el nivel 1 al nivel 65535.
STOP	Detiene la ejecución del programa.

Figura 2.6 Descripción del panel frontal del Conversor de Decibeles.

La Figura 2.7 muestra el diagrama de bloques de la aplicación:

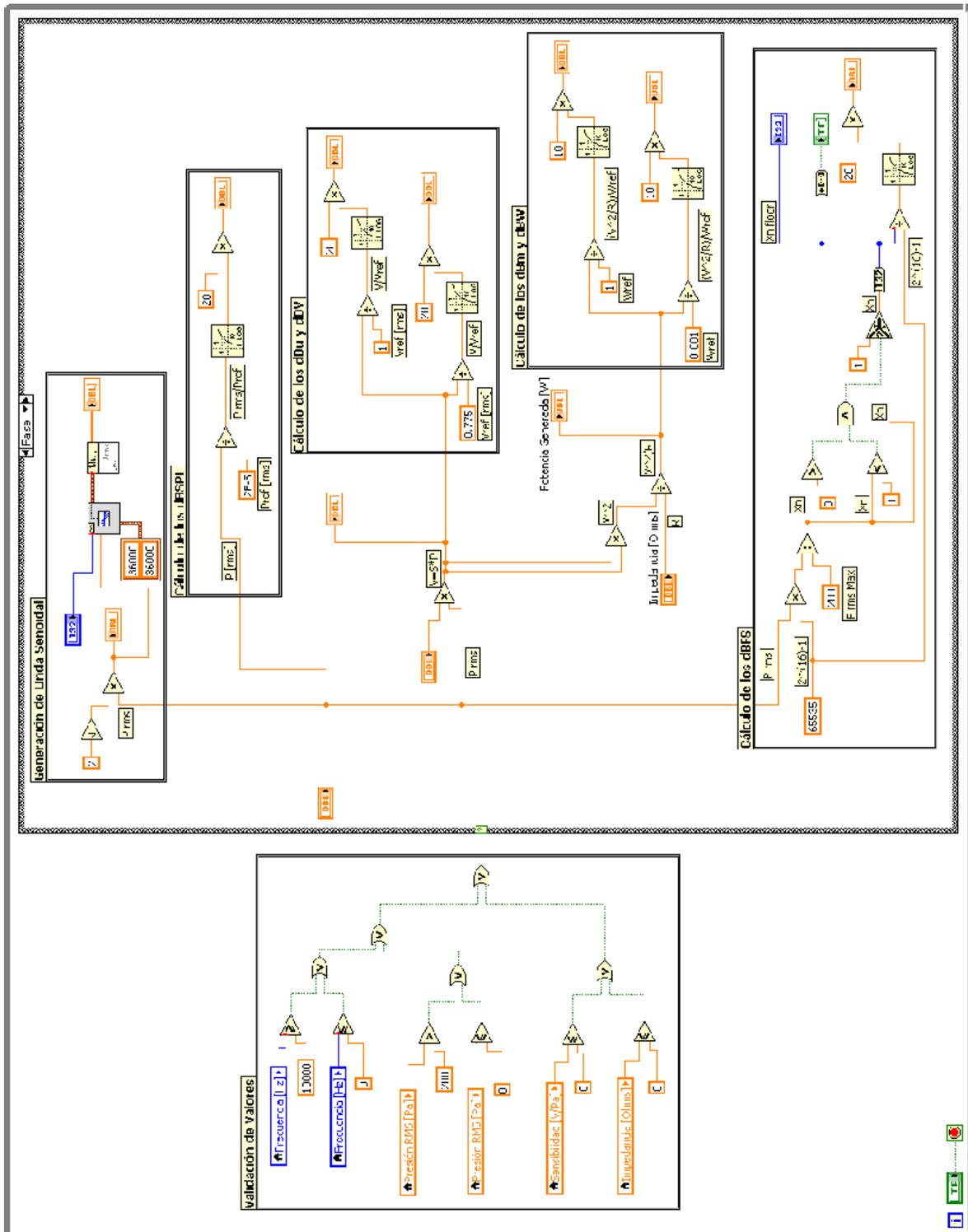


Figura 2.7 Diagrama de bloques del Conversor de Decibeles.

La Figura 2.8 muestra la descripción del diagrama de bloques:

Validación de Valores	En esta sección se validan los datos introducidos para que la aplicación funcione acorde a lo esperado. Esto mediante comparaciones y operaciones lógicas. Cuando los valores introducidos están fuera de lo establecido el programa ejecuta el caso "True" de la "Estructura Case" para que se establezcan valores predeterminados.
Generación de Onda Senoidal	En esta sección se hizo uso del bloque "Sine Waveform.vi" para generar la onda senoidal y del bloque "Amplitude and Phase Spectrum.vi" para el análisis espectral de dicha onda.
Cálculo de los dB SPL	En esta sección se empleó el bloque "Logarithm Base 10" para calcular la relación logarítmica.
Cálculo de los dBu y dBV	En esta sección se empleó el bloque "Logarithm Base 10" para calcular la relación logarítmica, y previo a ello el cálculo del "Voltaje RMS Generado [V]".
Cálculo de los dBm y dBW	En esta sección se empleó el bloque "Logarithm Base 10" para calcular la relación logarítmica, y previo a ello el cálculo del "Voltaje RMS Generado [V]" y de la "Potencia Generada [W]".
Cálculo de los dBFS	En esta sección se empleó el bloque "Select" para asegurar el primer nivel de cuantización para el nivel más bajo de "Presión RMS [Pa]", el bloque "To Long Integer" para truncar el valor decimal de nivel de cuantización y expresarlo en número entero, el bloque "Number To Boolean Array" para expresar el valor truncado en el nivel binario de cuantización correspondiente y el bloque "Logarithm Base 10" para calcular la relación logarítmica

Figura 2.8 Descripción del panel frontal del Conversor de Decibeles.

2.2.2 Ecuualizador Semiparamétrico

El ecualizador paramétrico permite el control individual de tres parámetros por cada banda: su frecuencia central, su ganancia, y su ancho de banda. Un ecualizador similar es el semiparamétrico, ya que sólo presenta el control individual de dos parámetros (generalmente frecuencia central y ganancia), mientras que el ancho de banda es fijo.

Este tipo de ecualizadores es muy usado en la práctica para corregir instrumentos musicales. Lo ideal es tener cuatro bandas de frecuencias sobre las que actuar, bajas (20 a 250 [Hz]), media baja (250 a 2000 [Hz]), media alta (2000 a 4000 [Hz]) y altas (4000 a 16000 [Hz]).

Si se modifica cualquier frecuencia también se modifica su respuesta de fase por lo que en una ecualización importante en varias frecuencias (instrumentos musicales) a la hora de sonorizar un evento, la respuesta de fase del sistema se vería fuertemente alterada. Esto es debido al efecto que producen los filtros sobre la fase, ya que un ecualizador es un conjunto de filtros pasa-banda.

En la Figura 2.9 se muestra el rango de frecuencia de algunos instrumentos musicales como referencia para una adecuada ecualización:

Instrumento	Fundamental [Hz]	Armónicos [kHz]
Flauta	261-2349	3-8
Oboe	261-1568	2-12
Clarinete	165-1568	2-10
Fagot	62-587	1-7
Trompeta	165-988	1-7.5
Trombón	73-587	1-4
Tuba	49-587	1-4
Tambor	100-200	1-20
Bombo	30-147	1-6
Platillos	300-587	1-15
Violín	196-3136	4-15
Viola	131-1175	2-8.5
Cello	65-698	1-6.5
Bajo acústico	41-294	1-5
Bajo eléctrico	41-300	1-7
Guitarra acústica	82-988	1-15
Guitarra eléctrica (amplificador)	82-1319	1-3.5
Guitarra eléctrica (directa)	82-1319	1-15
Piano	28-4196	5-8
Saxo Soprano	247-1175	2-12

Saxo alto	175-698	2-12
Saxo tenor	131-494	1-12
Cantante	87-392	1-12

Figura 2.9 Rango de frecuencia de algunos instrumentos musicales. [6]

La Figura 2.10 y la Figura 2.11 muestran el panel frontal de la aplicación en distintos estados:

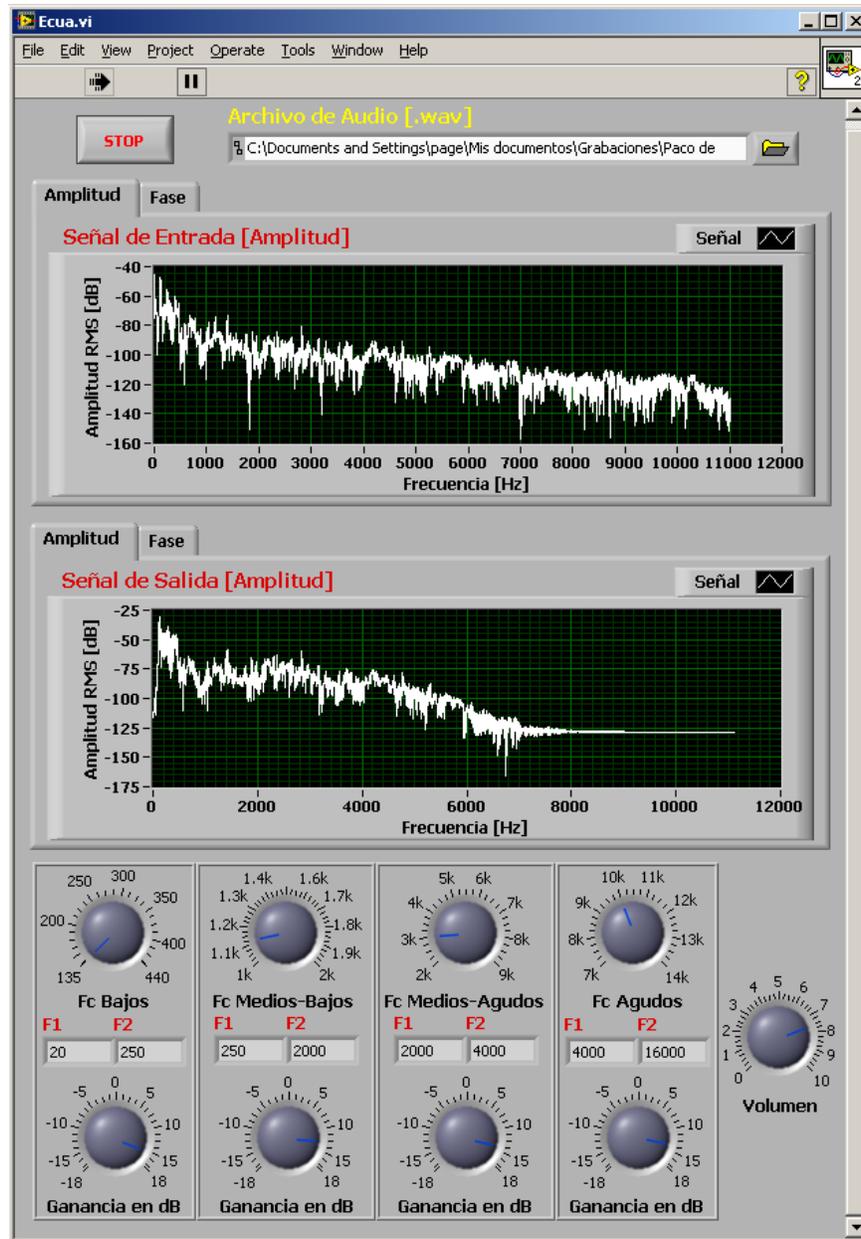


Figura 2.10 Panel frontal del Ecuador Semiparamétrico (Amplitud).

⁶ *hispasonic*. (2002). Consultado en 2011 de <http://www.hispasonic.com/reportajes/tabla-rango-frecuencias-instrumentos-musicales/39>

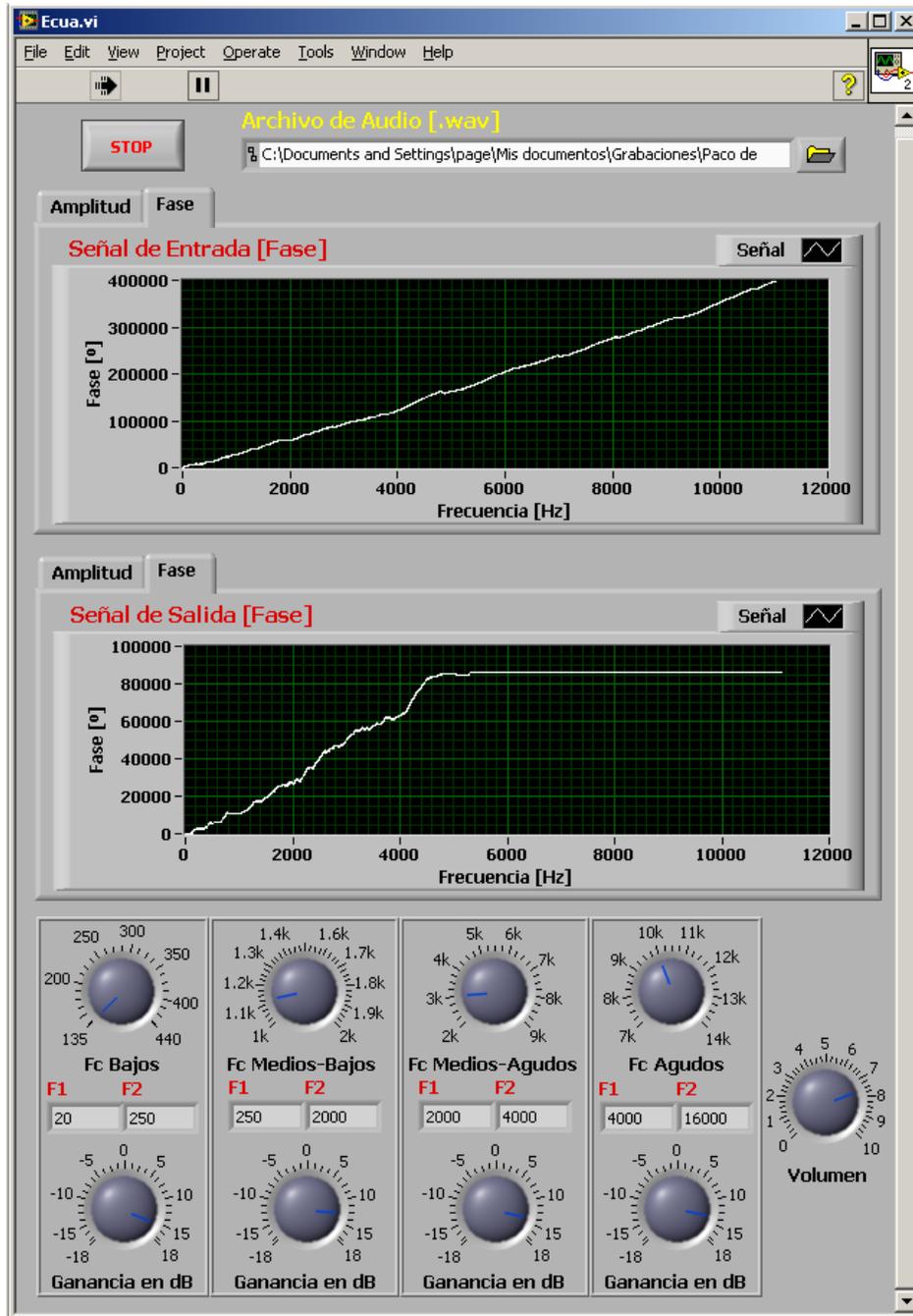


Figura 2.11 Panel frontal del Ecuador Semiparamétrico (Fase).

Las dos figuras anteriores representan al mismo panel frontal a excepción de que la Figura 2.10 se muestran las gráficas de la amplitud y en la Figura 2.11 se muestran las gráficas de la fase de cada señal, dichas graficas se encuentran dentro de contenedores los cuales permiten seleccionar qué gráficas se desean analizar.

La Figura 2.12 muestra la descripción del panel frontal:

Archivo de Audio [.wav]	Permite seleccionar al archivo de audio con extensión .wav para ser manipulado.
STOP	Detiene la ejecución del programa.
Amplitud/Fase	Son los contenedores que permiten seleccionar entre qué gráficas se desean analizar, ya sean para la señal de entrada o de salida.
Señal de Entrada [Amplitud]	Muestra la amplitud RMS de la señal de audio leída del archivo, debido al análisis de la respuesta en frecuencia. Expresada en decibeles.
Señal de Entrada [Fase]	Muestra la fase de la señal de audio leída del archivo, debido al análisis de su respuesta en frecuencia. Expresada en grados.
Señal de Salida [Amplitud]	Muestra la amplitud RMS de la señal de audio al ser procesada por el ecualizador, debido al análisis de su respuesta en frecuencia. Expresada en decibeles.
Señal de Salida [Fase]	Muestra el cambio de fase de la señal de audio al ser procesada por el ecualizador, debido al análisis de su respuesta en frecuencia. Expresada en grados.
Fc Bajos	Permite modificar la frecuencia central para la ecualización de las frecuencias bajas. El ancho de banda predefinido es de 230 [Hz].
Fc Medios-Bajos	Permite modificar la frecuencia central para la ecualización de las frecuencias medias-bajas. El ancho de banda predefinido es de 1750 [Hz].
Fc Medios-Agudos	Permite modificar la frecuencia central para la ecualización de las frecuencias medias-agudas. El ancho de banda predefinido es de 2000 [Hz].
Fc Agudos	Permite modificar la frecuencia central para la ecualización de las frecuencias agudas. El ancho de banda predefinido es de 12000 [Hz].
F1	Indica para cada ancho de banda la frecuencia inicial en la que se encuentra.
F2	Indica para cada ancho de banda la frecuencia final en la que se encuentra.
Ganancia en dB	Permite modificar la ganancia en decibeles para cada ancho de banda.
Volumen	Permite regular el volumen de salida de la tarjeta de audio para los altavoces.

Figura 2.12 Descripción del panel frontal del Ecualizador Semiparamétrico.

La Figura 2.14 muestra la descripción del diagrama de bloques:

Configuración y Lectura del Archivo de Audio	<p>En esta sección:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se obtiene información del archivo de audio mediante el bloque “Sound File Info.vi”. • Se abre el archivo de audio mediante el bloque “Sound File Read Open.vi”. • Se configura el buffer de salida mediante el bloque “Sound Output Configure.vi” con la información obtenida por el “Sound File Info.vi”. • Se lee el archivo de audio mediante el bloque “Sound File Read.vi”, el cual genera un array de waveforms, siendo el primer elemento la señal de audio.
Obtención de la Señal de Audio	<p>En esta sección se obtiene la señal de audio y los valores de la señal waveform accediendo al primer elemento del array generado por el bloque “Sound File Read.vi”, esto mediante los bloques “Index Array” y “Get Waveform Components”.</p>
Señal de Entrada	<p>En esta sección se obtiene la respuesta en frecuencia en magnitud y fase de la señal de audio obtenida, esto mediante el bloque “FFT Spectrum (Mag-Phase).vi”.</p>
Ecualizador	<p>En esta sección se implementa el ecualizador, para lo cual se utilizó el bloque “Butterworth Filter.vi” en la realización de los filtros para cada una de las bandas de frecuencias a ecualizar. Y para la etapa de ganancia en cada una de las bandas se empleó el bloque “Power Of 10”.</p>
Señal de Salida	<p>En esta sección se genera nuevamente la señal waveform mediante el bloque “Build Waveform” para posteriormente obtener su respuesta en frecuencia en magnitud y fase mediante el bloque “FFT Spectrum (Mag-Phase).vi”.</p>
Salida de la Señal a la Tarjeta de Audio	<p>En esta sección se envía la señal de audio a la tarjeta de sonido mediante los bloques “Sound Output Set Volume.vi” y “Sound Output Write.vi”.</p>
Detener Ejecución del Programa	<p>En esta sección se asegura la detención del programa en caso de que ocurriera algún error al momento de mandar la señal de audio a la tarjeta de sonido por el bloque “Sound Output Write.vi”, en caso de que se termine de leer el archivo de audio por el bloque “Sound File Read.vi”, o en caso de que el usuario presione el botón STOP.</p>

Cierre del Archivo de Audio y Limpieza del Buffer de Salida	<p>En esta sección al finalizar el programa se cierra el archivo de audio mediante el bloque "Sound File Close.vi", se espera a que el audio que queda en el buffer termine de reproducirse mediante el bloque "Sound Output Wait.vi" y se limpia el buffer de salida de audio con el bloque "Sound Output Clear.vi".</p> <p>En caso de haber ocurrido algún error durante la ejecución del programa se despliega la información del mismo mediante el bloque "Simple Error Handler.vi".</p>
--	--

Figura 2.14 Descripción del diagrama de bloques del Ecuador Semiparamétrico.

2.2.3 Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu

La estructura de ganancia es algo implícito en cualquier proceso electroacústico. Desde el momento en el que se realiza una transferencia de alguna señal de audio o cuando se convierte la energía acústica en energía eléctrica con un micrófono, se tiene una relación entre los valores de la energía original y la convertida.

De los valores logarítmicos negativos (atenuación) o positivos (ganancia) con respecto a la señal original se construye un primer peldaño de la estructura de ganancia.

Cuando una señal eléctrica pasa por un preamplificador, los límites térmicos no permiten multiplicar la señal original más allá de los 60 dB sin que la calidad se vea comprometida. Una vez linealizado este valor como por ejemplo en la ganancia seleccionada en alguno de los canales de entrada de una mezcladora, comienza cualquier proceso de ganancia o atenuación aplicado al recorrido de dicha señal hasta ser transferida en otra energía (acústica).

De esta forma la señal irá adquiriendo diferentes valores relativos que definirán la estructura de ganancia del sistema entero y de sus correspondientes ramificaciones.

La propia consola, los procesos dinámicos, los ecualizadores, el crossover y sus procesos complementarios, la amplificación, el sistema de transducción en cada una de sus etapas definen las características particulares de cualquier estructura de ganancia de un sistema.

En los primeros días de las radiocomunicaciones el audio se expresaba en dBm, pero existía el problema de que al enviar una señal de audio y al ser medida con un voltímetro se distorsionaba la señal y se atenuaba en -4 dBm, por tal razón en 1939 los ingenieros de radiodifusión y de telefonía diseñaron un instrumento especial para ajustar dicha señal a +4 dBm, quedándose como estándar para equipo profesional en aquellos tiempos. Este nuevo instrumento fue calibrado en unidades de volumen (VU) y por tanto fue llamado VUmetro.

El VUmetro en su inicio presentó un problema, el cual se debía a que sus mediciones se movían continuamente para una señal de música o voz, con lo cual el medidor tuvo que ser ralentizado en 300 [ms] con un circuito amortiguador.

De esta forma se estandarizó la medición con el VUmetro para medir unidades de volumen (volumen del sonido), y el nivel por encima de 0 VU fue considerado como distorsión.

Actualmente, el nuevo estándar de medida de línea son los dBu, con lo que los +4 dBm que antes se usaban corresponden ahora a +4 dBu y correspondiendo asimismo a 1.228 voltios aplicados a 600 ohms de impedancia; y es lo que hoy en día todos los equipos profesionales lo indican en sus medidores como 0 VU, con lo cual el nivel de línea de +4 dBu es el estándar profesional.

El dBm y el VU son casi iguales, pero difirieren en su empleo. El dBm solo es para medidas senoidales, mientras que el VU puede emplearse para cualquier forma de onda.

La Figura 2.15 muestra el circuito de un VUmetro:

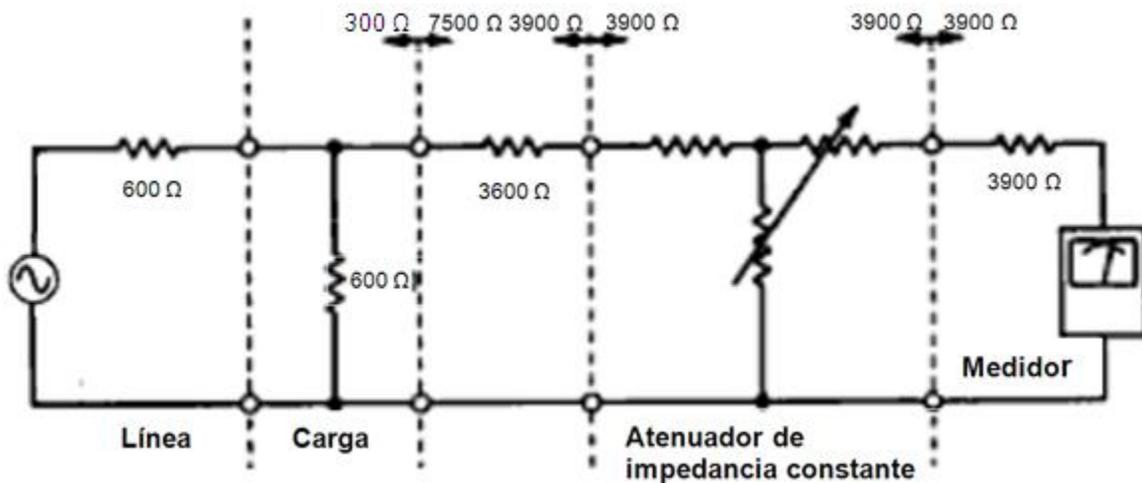


Figura 2.15 Circuito de un VUmetro. [7]

⁷ Davis, D. y Davis, C. (1983). Ingeniería de Sistemas Acústicos. España: Marcombo.

La Figura 2.16 muestra el panel frontal de la aplicación:

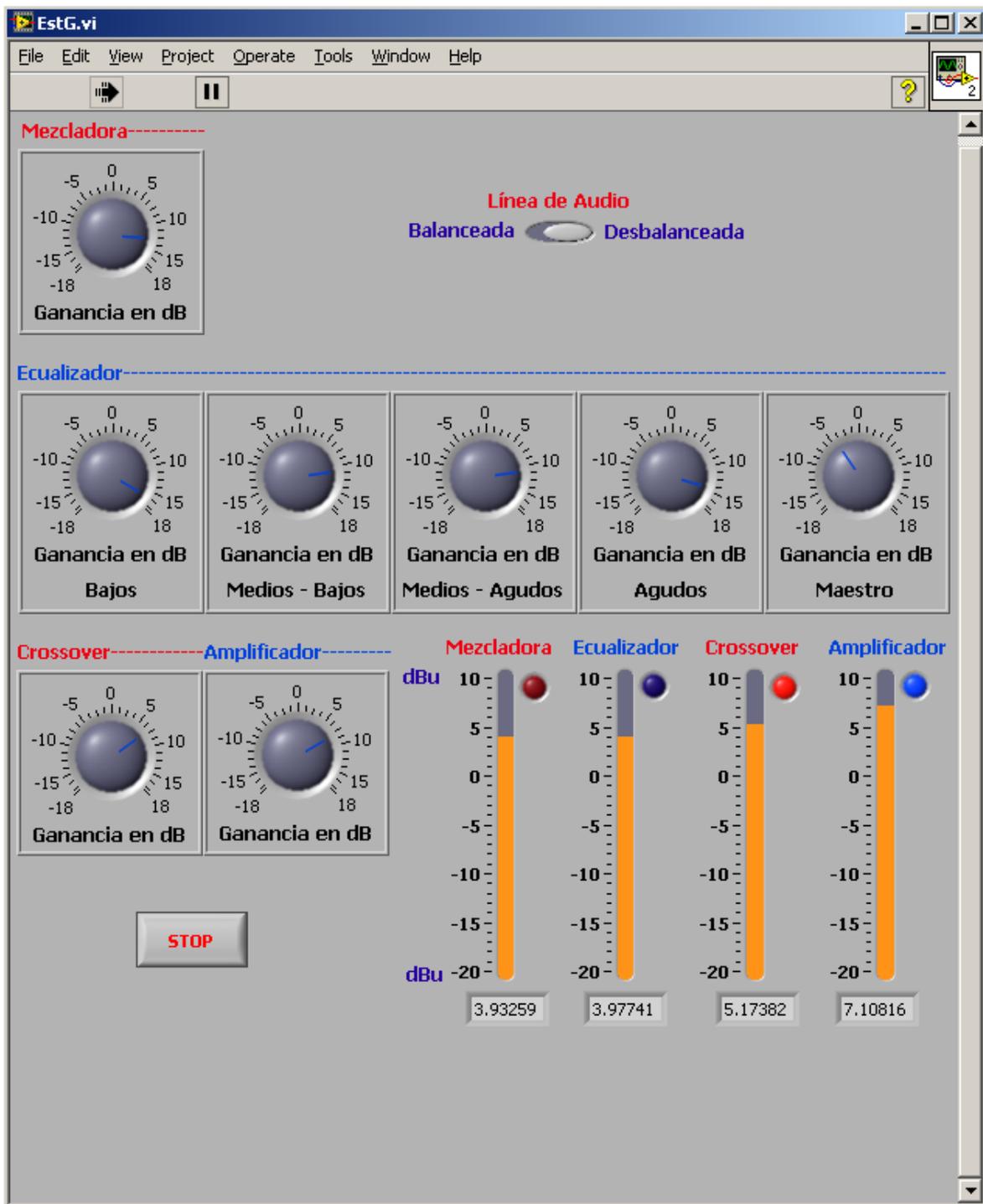


Figura 2.16 Panel frontal de Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu.

La Figura 2.17 muestra la descripción del panel frontal:

Línea de Audio	Permite seleccionar (ajustar) entre simular una línea balanceada o una línea desbalanceada de audio con pérdidas de 6 dB en cada etapa.
Mezcladora-----	En esta sección se simula la entrada de un canal de audio de una mezcladora para así poder ser ajustada.
Ecualizador-----	En esta sección se simula el ecualizador de la mezcladora para para que la señal de entrada sea ajustada y ecualizada en 4 bandas de frecuencias; bajos (20 – 250 [Hz]), medios-bajos (250 – 2000 [Hz]), medios-agudos (2000 – 4000 [Hz]) y agudos (4000 – 16000 [Hz]).
Crossover-----	En esta sección se simula un crossover para así poder ser ajustado.
Amplificador-----	En esta sección se simula un amplificador de potencia para así poder ser ajustado.
Mezcladora	Indica el nivel en el que se encuentra la mezcladora y se enciende el led rojo sobrepasando los +4 dBu.
Ecualizador	Indica el nivel en el que se encuentra el mezclador y se enciende el led azul sobrepasando los +4 dBu.
Crossover	Indica el nivel en el que se encuentra el crossover y se enciende el led rojo sobrepasando los +4 dBu.
Amplificador	Indica el nivel en el que se encuentra el amplificador y se enciende el led azul sobrepasando los +4 dBu.
STOP	Detiene la ejecución del programa.

Figura 2.17 Descripción del panel frontal de Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu.

La Figura 2.19 muestra la descripción del diagrama de bloques:

Configuración de la Entrada de Micrófono	En esta sección se configura la entrada de micrófono de la tarjeta de sonido mediante el bloque "Sound Input Configure.vi" y se lee la señal de audio mediante el bloque "Sound Input Read.vi".
Obtención de la Señal de Audio	En esta sección se obtiene la señal de audio y los valores de la señal waveform accediendo al primer elemento del array generado por el bloque "Sound Input Read.vi", esto mediante los bloques "Index Array" y "Get Waveform Components".
Mezcladora	En esta sección se utilizó el bloque "Power Of 10" para la etapa de ganancia del canal de entrada de la mezcladora que se simuló.
Rectificación de la Señal	En esta sección se aplica a la salida de la señal de audio en cada etapa de la estructura de ganancia con el fin de rectificar la señal que sale en cada etapa, esto mediante el bloque "Array Max & Min" para que así esos valores pudieran ser promediados y se calcule la relación logarítmica de los dBu mediante el bloque "Logarithm Base 10" para esta etapa de la estructura de ganancia.
Pérdida en Línea Desbalanceada	Esta sección se aplica a la salida de la señal de audio en cada etapa de la estructura de ganancia con el fin de simular las pérdidas o atenuación de la señal en cada etapa debido al cableado y también a que la línea de audio es desbalanceada, esto mediante el bloque "Power Of 10". Entra en la "Estructura Case" cuando "Línea de Audio"
Ecualizador	En esta sección se implementa el ecualizador, para lo cual se utilizó el bloque "Butterworth Filter.vi" en la realización de los filtros para cada una de las bandas de frecuencias a ecualizar. Y para la etapa de ganancia en cada una de las bandas se empleó el bloque "Power Of 10" así como para el control Master del ecualizador.
Crossover	En esta sección se utilizó el bloque "Power Of 10" para la etapa de ganancia en el crossover.
Amplificador de Potencia	En esta sección se utilizó el bloque "Power Of 10" para la etapa de ganancia en el amplificador.
Detener Ejecución del Programa	En esta sección se asegura la detención del programa en caso de que ocurriera algún error al momento de leer la señal de la entrada del micrófono por el bloque "Sound Input Read.vi" o en caso de que el usuario presione el botón STOP.
Limpieza del Buffer de Entrada	En esta sección al finalizar el programa se limpia el buffer de entrada del micrófono mediante el bloque "Sound Input Clear.vi". En caso de haber ocurrido algún error durante la ejecución del programa se despliega la información del mismo mediante el bloque "Simple Error Handler.vi".

Figura 2.19 Descripción del diagrama de bloques de Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu.

2.2.4 Sonómetro Integrador y Calibrador Acústico

El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora y que responde ante un sonido de una forma aproximada a como lo haría el oído humano.

Existen dos clasificaciones de sonómetros acorde a la norma IEC 61.672:

- Sonómetro de clase 1: Permite el trabajo de campo con precisión.
- Sonómetro de clase 2: Permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo.

Un sonómetro integrador es capaz de promediar linealmente la presión sonora cuadrática.

En los sonómetros integradores se puede seleccionar la curva de ponderación (respuesta en frecuencia):

- Curva A (dB_A): Mide la respuesta del, ante un sonido de intensidad baja siguiendo la curva isofónica de 40 fones. Es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano y se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que se sufre al estar expuesto a la misma.
- Curva B (dB_B): Su función era medir la respuesta del oído ante intensidades para intensidades medias siguiendo la curva isofónica de 70 fones. Como no tiene demasiadas aplicaciones prácticas es una de las menos utilizadas.
- Curva C (dB_C): Mide la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad siguiendo la curva isofónica de 100 fones. Es tanto, o más empleada que la curva A a la hora de medir los niveles de contaminación acústica. También se utiliza para medir los sonidos más graves.

También en este tipo de sonómetro se puede elegir la ponderación en el tiempo (velocidad con que son tomadas las muestras):

- Lento (slow, S): Valor promedio eficaz de aproximadamente un segundo.
- Rápido (fast, F): Valor promedio eficaz por 125 milisegundos. Son más efectivos ante las fluctuaciones.
- Por Impulso (impulse, I): Valor promedio eficaz de subida de 35 milisegundos y de caída de 1.5 segundos. Mide la respuesta del oído humano ante sonidos de corta duración.

El calibrador acústico es un instrumento que sirve para asegurar la fiabilidad de los sonómetros, el cual genera un tono estable de nivel a una frecuencia predeterminada y se ajusta la lectura del sonómetro haciéndola coincidir con el nivel patrón generado por el calibrador; dicho patrón es un tono de 1[kHz] a un nivel de presión sonora de 94 dB_{SPL} la cual corresponde a una presión sonora de 1 [Pa].

La Figura 2.20 muestra el panel frontal del Sonómetro Integrador:

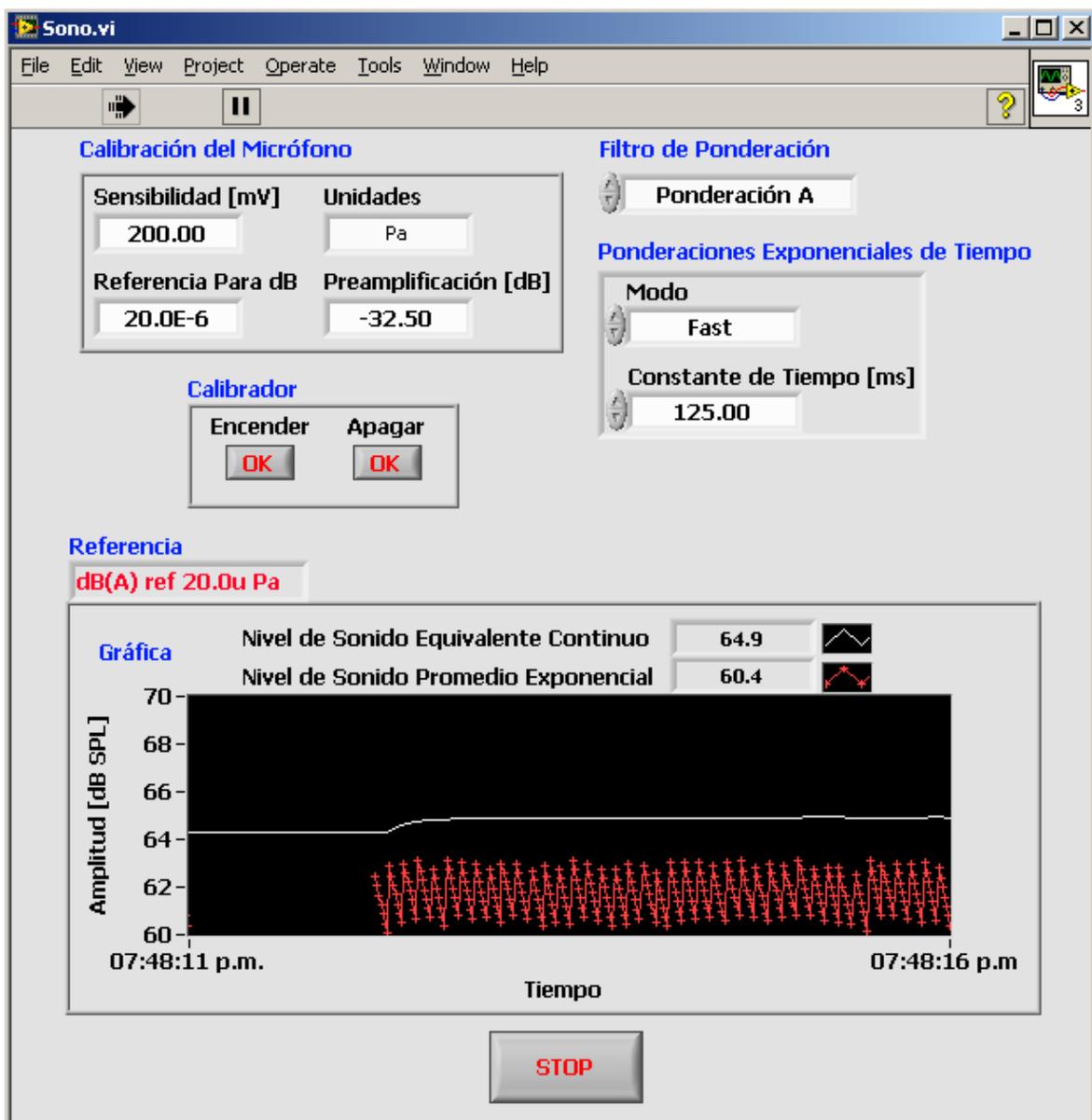


Figura 2.20 Panel frontal del Sonómetro Integrador.

La Figura 2.21 muestra la descripción del panel frontal:

Calibración del Micrófono	<p>En esta sección se calibra el micrófono que se esté empleando, teniendo como parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Sensibilidad [mV]”: Permite seleccionar la sensibilidad del micrófono. • “Unidades”: Permite seleccionar las unidades de referencia, por ejemplo en el caso de nivel de presión sonora son los Pascales. • “Referencia Para dB”: Permite especificar el valor de referencia para el cálculo de la relación logarítmica, por ejemplo si las “Unidades” son los Pascales se debe especificar el valor de 20u [Pa]. • “Preamplificación [dB]”: Permite amplificar o atenuar la señal del micrófono en caso de que fuera necesario ajustarla.
Filtro de Ponderación	Permite elegir la curva isofónica que se empleará para las mediciones, esta pueden ser Lineal (sin curva de ponderación), Ponderación A, Ponderación B y ponderación C.
Ponderaciones Exponenciales de Tiempo	En esta sección se elige el “Modo” de ponderación en el tiempo, el cual puede ser Slow, Fast, Impulse o Custom. La opción Custom es un tiempo personalizado el cual debe especificarse en “Constante de Tiempo [ms]”.
Calibrador	En esta sección se invoca o se cierra al “calibrador.vi” mediante los botones “Encender” o “Apagar” respectivamente.
Referencia	Indica la curva de ponderación y la magnitud y las unidades de referencia que se están empleando durante la medición.
Gráfica	<p>Indica gráficamente los siguiente niveles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel de Sonido Equivalente Continuo: Indica el nivel equivalente continuo de presión acústica acorde al filtro de ponderación. La señal se rectifica mostrando una curva lineal. • Nivel de Sonido Promedio Exponencial: Indica el nivel de sonido promedio exponencial acorde al filtro de ponderación. La señal se integra y se promedia mostrando una curva no lineal.
STOP	Detiene la ejecución del programa.

Figura 2.21 Descripción del panel frontal del Sonómetro Integrador.

La Figura 2.22 muestra el diagrama de bloques del Sonómetro Integrador:

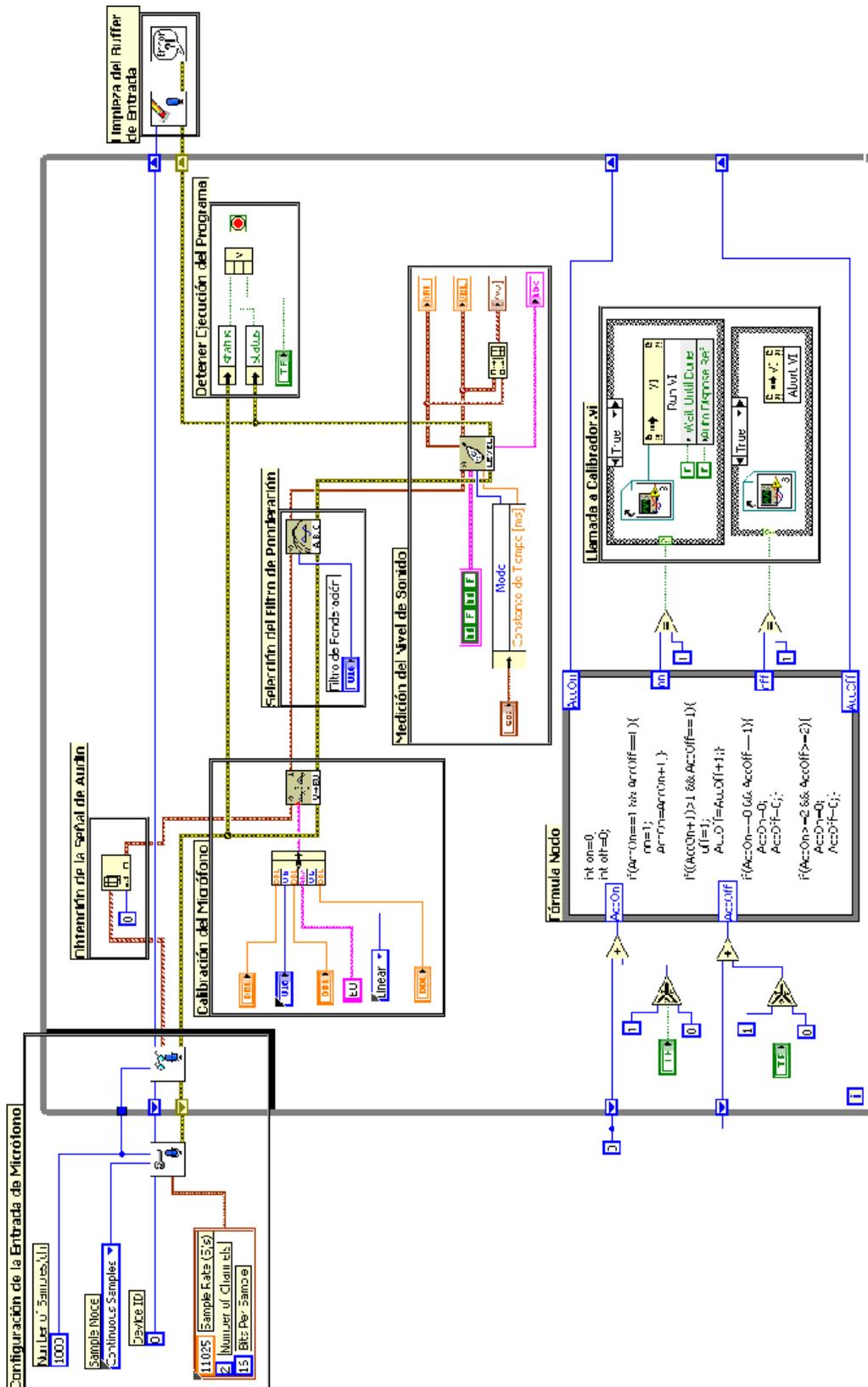


Figura 2.22 Diagrama de bloques del Sonómetro Integrador.

La Figura 2.23 muestra la descripción del diagrama de bloques:

Configuración de la Entrada de Micrófono	En esta sección se configura la entrada de micrófono de la tarjeta de sonido mediante el bloque "Sound Input Configure.vi" y se lee la señal de audio mediante el bloque "Sound Input Read.vi".
Obtención de la Señal de Audio	En esta sección se obtiene la señal waveform accediendo al primer elemento del array generado por el bloque "Sound Input Read.vi", esto mediante el bloque "Index Array".
Calibración del Micrófono	En esta sección se lleva a cabo la calibración del micrófono mediante el bloque "Scale Voltage to EU.vi".
Selección del Filtro de Ponderación	En esta sección se lleva a cabo la elección del filtro de ponderación o curva isofónica mediante el bloque "Weighting Filter.vi".
Medición del Nivel de Sonido	En esta sección se lleva a cabo la medición del nivel de la señal de audio mediante el bloque "Sound Level.vi".
Fórmula Nodo	En esta sección se lleva a cabo la implementación de un algoritmo para el buen funcionamiento del nodo de propiedad que invoca al "Calibrador.vi".
Llamada a Calibrador.vi	En esta sección se invoca o se cierra el "Calibrador.vi" con nodos de propiedad, esto mediante los bloques "Invoke Method: Run VI" y "Invoke Method: Abort VI".
Detener Ejecución del Programa	En esta sección se asegura la detención del programa en caso de que ocurriera algún error al momento de leer la señal de la entrada del micrófono por el bloque "Sound Input Read.vi", o que ocurriera un error en los bloques "Scale Voltage to EU.vi", "Weighting Filter.vi" y "Sound Level.vi", o en caso de que el usuario presione el botón STOP.
Limpieza del Buffer de Entrada	En esta sección al finalizar el programa se limpia el buffer de entrada del micrófono mediante el bloque "Sound Input Clear.vi". En caso de haber ocurrido algún error durante la ejecución del programa se despliega la información del mismo mediante el bloque "Simple Error Handler.vi".

Figura 2.23 Descripción del panel frontal del Sonómetro Integrador.

La Figura 2.24 muestra el diagrama de bloques del Calibrador Acústico:

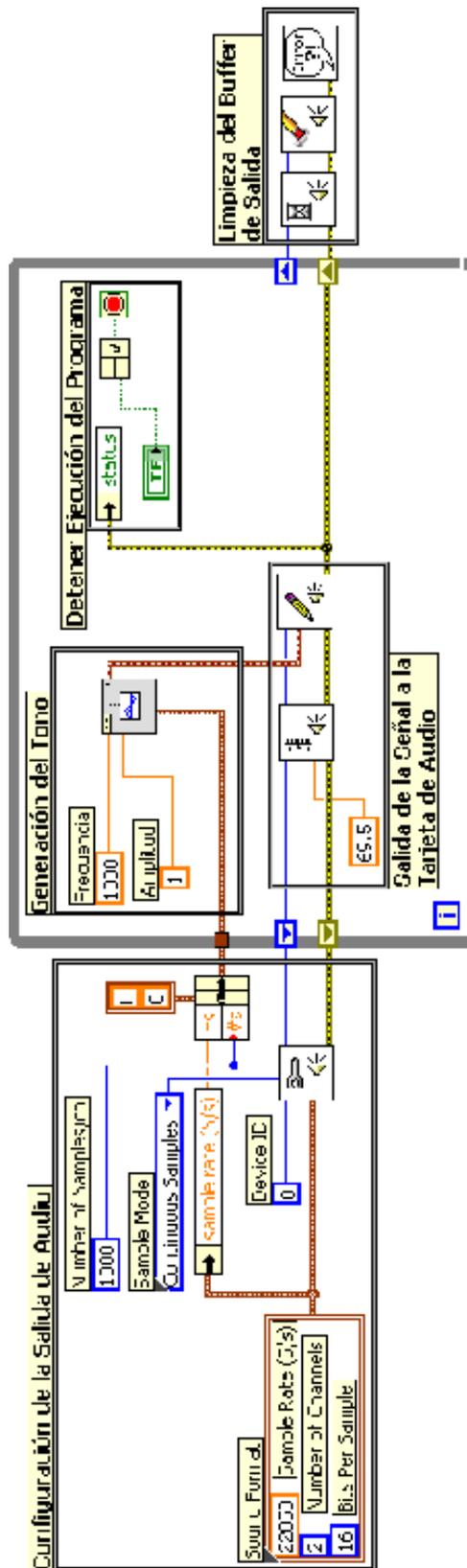


Figura 2.24 Diagrama de bloques del Calibrador Acústico.

La Figura 2.25 muestra la descripción del diagrama de bloques:

Configuración de la Salida de Audio	En esta sección se configura el buffer de salida mediante el bloque "Sound Output Configure.vi" con la información obtenida por el "Sound File Info.vi".
Generación del Tono	En esta sección se genera el tono de 1 [kHz] mediante el bloque "Sine Waveform.vi".
Salida de la Señal a la Tarjeta de Audio	En esta sección se envía el tono generado a la tarjeta de sonido mediante los bloques "Sound Output Set Volume.vi" y "Sound Output Write.vi". El nivel de intensidad a 94 dB _{SPL} se calibró utilizando un sonómetro.
Detener Ejecución del Programa	En esta sección se asegura la detención del programa en caso de que ocurriera algún error al momento de mandar la señal de audio a la tarjeta de sonido por el bloque "Sound Output Write.vi" o en caso de que el usuario presione el botón STOP.
Limpieza del Buffer de Salida	En esta sección al finalizar el programa se limpia el buffer de salida de audio con el bloque "Sound Output Clear.vi". En caso de haber ocurrido algún error durante la ejecución del programa se despliega la información del mismo mediante el bloque "Simple Error Handler.vi".

Figura 2.25 Descripción del panel frontal del Calibrador Acústico.

2.3 Equipo de Audio a Manejar Remotamente

A continuación se describirá el equipo de audio a manejar remotamente mediante LogMeIn con el fin de manipular ocho señales de audio y así poder ser enviadas mediante streaming.

2.3.1 Mezcladora Digital 01V96VCM de Yamaha

Características y Especificaciones Técnicas

- Audio 24-bit/96-kHz de precisión y alto rendimiento de los amplificadores principales.
- 40 entradas y 18 buses de mezcla con capacidad de 96 kHz.
- Conectividad versátil y capacidad de expansión para una amplia gama de aplicaciones.
- Cuatro procesadores avanzados de multiefectos a 44.1/48 kHz, o dos a 88.2/96 kHz
- Interfaz con LCD de gran tamaño, 100 mm faders motorizados, y teclas dedicadas de memoria de escena.
- Funciones versátiles de vinculación y agrupación para mejorar la eficiencia del mezclado.
- Ranura de expansión I/O para una fácil expansión en una gran variedad de formatos.
- DAW (Estación de Trabajo de Audio Digital) sofisticada o Integración de Grabadora Digital.
- Built-in de efectos VCM.
- Compresor de 276 (mono) / Compresor 276S (Stereo).
- Compresor de 260 (mono) / Compresor 260S (Stereo).
- Ecuador 601.
- Reverberación.
- Perfecto soporte ADD-ON EFFECTS.
- Entradas: 12 x micrófono XLR / Jack línea; 2 x Jack línea estéreo.
- Entradas: Para Dynamics internos en cada canal.
- Canal EQ Mono/estéreo: paramétrico de 4 bandas / paramétrico de 4 bandas.
- AUX Envío/Estéreo Retorno: 8 x pre/post.
- Regulador de Volumen-Canal: Motorfader de 100 mm.

- Salidas: Main-Mix-Out/sim.: XLR.
- Efectos: 4 x multiefecto digital 24 Bits.
- Requerimientos de potencia: AC120V, 60Hz, 90W.
- Dimensiones: 43.6 cm de ancho, 15 cm de altura y 54.8 cm de profundidad.
- Peso neto: 33.1 libras (15 kg).

Para una información más completa y detallada consultar el Apéndice A de esta tesis.

La Figura 2.26 muestra el panel frontal y posterior de la mezcladora digital 01V96VCM de Yamaha:



Figura 2.26 Panel frontal y posterior de la 01V96VCM. [8]

La mezcladora digital 01V96VCM de Yamaha actualmente tiene un precio alrededor de \$2,521.42 USD.

⁸ Yamaha. (2011). Consultado en 2011 de <http://202.55.138.123/global/en/products/mixers/01v96vcm/photos.jsp>

Studio Manager

Studio Manager es una aplicación válida para distintas plataformas que permite iniciar varios “Editores” que controlan de forma remota los productos de hardware Yamaha, así como guardar varias configuraciones de dichos Editores.

Se puede utilizar Studio Manager como una aplicación independiente, o como plug-in en las aplicaciones DAW (estación de trabajo de audio digital) que son compatibles con Total Recall, como Cubase SX 3.0.1 o posterior.

Para utilizar Studio Manager, es necesario instalar el siguiente software:

1. Controlador USB-MIDI, en este caso será el “USB-MIDI Driver V3.1.2 for Windows 7/Vista(32-bit), V2.3.2 for Windows XP/2000(32-bit)”.
2. Firmware para un hardware determinado, en este caso será “01V96VCM Firmware V2.41 for Win”.
3. Studio Manager, en este caso será el “Studio Manager V2 Host V2.3.1 for Win” la cual es la última versión disponible.
4. Software editor para un hardware determinado, en este caso será el “01V96V2 Editor V2.2.1 for Win”.

2.3.2 Amplificador con DSP XTi1000 de Crown

Características y Especificaciones Técnicas

- Dos grupos de indicadores (uno por canal), cada grupo se compone de los siguientes indicadores:
 - Térmico (Thermal): El led rojo correspondiente se ilumina en temperatura excesiva.
 - Saturación (Clip): El led rojo correspondiente se ilumina cuando se llega al umbral de la distorsión audible.
 - -10: El led verde correspondiente destella cuando la señal de salida supera los -10 dB por debajo de la saturación.
 - -20: El led verde correspondiente destella cuando el nivel de la señal de salida supera los -20 dB por debajo de la saturación.
 - Señal (Signal): El led verde correspondiente destella cuando en la salida hay una señal de muy bajo nivel.
 - Listo (Ready): El led de color verde correspondiente se ilumina cuando el amplificador está preparado para reproducir audio.
- Dos controles giratorios de nivel: Con acción de reten, uno por canal.
- Pantalla de LCD: Muestra las funciones preprogramadas del altoparlante.
- Tres botones debajo de la pantalla de LCD para acceder a las opciones del menú.
- Indicador de encendido: El led de color azul se ilumina cuando se enciende el amplificador.
- Interruptor de encendido/apagado: Suministra corriente alterna al amplificador.
- Dos canales de entrada para conector XLR y conexiones derivadas para conectar otro amplificador.
- Dos canales de salida para conectores Speakon y conectores de postes de conexión de salida (en paralelo con los conectores Speakon).
- Conector USB HiQnet: Para conexión una PC vía puerto USB.
- Potencia de salida a 1 kHz:
 - 2 ohm Esterero (por canal): 700W (Con 1% de THD).
 - 4 ohm Esterero (por canal): 500W.
 - 8 ohm Esterero (por canal): 275W.
 - 4 ohm Puente-Mono: 1400W (Con 1% de THD).
 - 8 ohm Puente-Mono: 1000W.
- Ganancia de voltaje a 1 kHz: 30.5 dB.
- Respuesta en frecuencia: +0/-1 dB desde 20 Hz a 20 kHz a 1 watt en 4 Ω .

- Impedancia de carga: Seguro con todo tipo de cargas. Calificado para 2 a 8 Ω en modo Estereo, 4 a 16 Ω en modo Puente-Mono.
- Sensibilidad: 1.4 Volts RMS.
- Relación señal a ruido (por debajo de nominal 1 kHz de potencia a 8 ohmios), con ponderación A: 100 dB.
- Factor de amortiguamiento para 8 Ω : Mayor a 500 de 20 Hz a 400 Hz.
- Diafonía: Mayor de 70 dB por debajo de la potencia nominal, 20 Hz a 1 kHz.
- Etapa de entrada: La entrada está electrónicamente balanceada y cuenta con resistencias de precisión del 1%.
- Impedancia de entrada (nominal): 20 k Ω , balanceada; 10 k Ω , desbalanceada.
- Señal de entrada máxima: +22 dBu típicos.
- Temperatura de funcionamiento: 0 °C a 40 °C a 95% de humedad relativa (sin condensación).
- Consumo de la línea de AC (120 V): 6.8 Amperes.
- AC voltaje de línea y configuraciones de frecuencia disponibles (\pm 10%): 100V, 120V, 220-240V 50/60 Hz.
- Ventilación: Flujo a través de la ventilación del frente hacia atrás.
- Enfriamiento: Disipadores de calor y ventilador de velocidad proporcional.
- Dimensiones: 19 pulgadas (48.26 cm) de ancho, 3.5 pulgadas (8.9 cm) de altura y 12.25 pulgadas (31.11 cm) de profundidad detrás de la superficie de montaje.
- Peso neto: 18.5 libras (8.4 Kg).

La Figura 2.27 muestra el panel frontal y posterior del amplificador:



Figura 2.27 Panel frontal y posterior del XTi1000. [9]

⁹ Crown. (2011). Consultado en 2011 de http://www.crownaudio.com/amp_htm/xti_panels.htm

El DSP (Procesador Digital del Señal) integrado permite configurar rápida y fácilmente los crossovers, EQ, limitación y retardo; junto con herramientas como un generador de ruido rosa, sintetizador de subarmónicos, interruptor para cambiar el modo de suministro de energía, lo que reduce consumo de energía y calor residual.

El amplificador viene con cinco funciones preprogramadas (presets) por default para el DSP, así mismo el usuario puede programar 15 presets adicionales con sus propias configuraciones, sin embargo dichos presets adicionales deben ser creados desde el "System Architect" para que queden grabados en el DSP, ya que las configuraciones personalizadas no pueden grabarse desde el panel de visualización frontal del amplificador.

El amplificador XTi1000 de Crown actualmente tiene un precio alrededor de \$639.17 USD.

System Architect

Es un software para audio creado por Harman Profesional, el cual maneja el protocolo de comunicación "HiQnet", dicho protocolo fué desarrollado y compartido por los ingenieros de élite de todas las marcas de audio dentro del grupo Harman Pro, HiQnet combina las mejores características de dichas marcas con lo cual HiQnet engloba los protocolos de comunicación y es optimizado para todos los componentes profesionales de un sistema de audio.

System Architect controla y configura el sistema HiQnet, convirtiéndose en una aplicación de base para PC en la que los plugins específicos para cada dispositivo desarrollado por cada marca de Harman Pro pueden ser cargados en él, satisfaciendo así todas las necesidades para su uso tanto en giras de sonido como en entornos fijos. La última versión disponible es la "HiQnet System Architect™ 3.0"

El actual sistema de HiQnet se construye a partir de los principales productos de marcas de Harman Pro:

- AKG Acoustics
- BSS Audio
- Crown International
- dbx Professional
- JBL Professional
- Lexicon Pro
- Soundcraft
- Studer.

El protocolo HiQnet es muy versátil, ya que los actuales dispositivos compatibles HiQnet emplean comunicación serie, USB y conectividad Ethernet. Además de que cumple con el Universal “Plug and Play”, lo que permite automáticamente a los dispositivos estándar HiQnet negociar direcciones de red entre ellos y la asignación de direcciones IP del dispositivo en una red Ethernet.

Por lo cual System Architect no solo permite la configuración de todos los parámetros del dispositivo y de todo un sistema HiQnet en tiempo real e instantáneamente, sino también ofrece la interfaz de usuario más sencilla en la actualidad para el enrutamiento de audio en red, con lo que HiQnet es capaz de envolver todo el medio de transporte empleado por terceros protocolos de audio en red como CobraNet.

2.3.3 Interfaz de Audio US-122MKII de TASCAM

Características y Especificaciones Técnicas

- Interfaz de computadora USB audio/MIDI.
- Compatible con Mac y Windows.
- Dos entradas XLR con alimentación phantom-power para micrófono.
- Dos entradas de línea (conmutable a nivel de la guitarra).
- Registros de hasta 48 kHz, 24 bits de resolución.
- 16 canales de MIDI I/O.
- Ajustable con latencia cero de monitorización directa.
- Dos salidas de línea con control de nivel.
- Salida de auriculares con control de nivel.
- Autoalimentado por USB: ideal tanto para el estudio y ubicación de grabación.
- Incluye ASIO, WDM, GSIF y drivers para Apple Core Audio (OS X).
- Incluye Cubase LE 48-track/96kHz y software de secuenciación para grabación de audio MIDI.
- Compacta y construcción de acero resistente.
- Dimensiones: 5.9 pulgadas (14.986 cm) de ancho, 2.4 pulgadas (6.096 cm) de alto y 7.7 pulgadas (19.558 cm) de profundidad.
- Peso: 2 libras (0.9072 Kg).

La Figura 2.28 muestra la cara derecha, frontal y posterior de la interfaz:



Figura 2.28 Cara derecha, frontal y posterior de la US-122MKII. [¹⁰]

¹⁰ Tascam. (2011). Consultado en 2011 de <http://tascam.com/product/us-122mkii/images/>

La interfaz de audio US-122MKII de TASCAM actualmente tiene un precio alrededor de \$175.28 USD.

SATlive Audio Measurement Tool

Es un software utilizado para la “Medición y Alineación de Sistemas de Sonorización”.

Una de sus grandes virtudes es al análisis de dos canales FFT (Transformada Rápida de Fourier), el cual cuenta con los siguientes tres módulos de medición:

1. **MLS (Maximum Length Sequence):** Este módulo no funciona con música, es un algoritmo rápido para el cálculo de la respuesta al impulso, utiliza una señal de audio simulada especial, llamada “longitud de secuencia máxima”, la cual tiene el mismo espectro que el ruido blanco.
2. **MIR (Module Impulse Response):** Este módulo funciona con o sin música, es una medición basada en una comparación de los dos canales, permite seleccionar la longitud de la señal de audio usada para calcular la respuesta al impulso.
3. **MAT (Music Audio Tool):** Permite visualizar la función de transferencia de las dos señales que se introduzcan en el programa, con lo cual mediante la FFT será posible la comprobación de estructura de ganancias, respuesta en frecuencias, distorsión de fase, medición de latencias, comprobación de suma de señales, alineamientos temporales, correlación, etc.; con lo cual se realizan mediciones en tiempo real usando el generador interno o música, el módulo MAT incluye entonces:
 - FFT de 2 canales en tiempo real.
 - Respuesta al impulso en tiempo real.
 - Función de transferencia en tiempo real.

En cuanto a la licencia para el uso del software: ^[11]

- La licencia se concede para el uso en 1 (uno) ordenador.
- Adicional al proceso de registro por medio del uso de uno o dos archivos, el usuario necesita una clave final para completar el proceso de registro.
- Para obtener la clave final, el usuario deberá enviar (por correo electrónico) una clave inicial creada en su ordenador.
- La clave final es valida solamente en el ordenador en el que la clave inicial fue creada.
- Para el segundo ordenador se requiere una clave final adicional.

¹¹ SATlive. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://www.take-sat.de/espanol/liz.php>

- La clave inicial contiene información sobre el ordenador que ha generado dicha clave. Dicha información se necesita para relacionar la licencia con el ordenador. Los datos contenidos en la clave inicial son utilizados solamente para la creación y administración de la clave final, y se almacenaran en un sistema de cómputo.
- No se proporcionan licencias educativas.
- Esta disponible también una clave demo de 30 días de duración. Dicha clave solo es válida para el ordenador en el que se creo la clave inicial.
- Para mayor flexibilidad existe la opción de una llave-usb.

En este caso se hará uso de una llave-usb proporcionada por el Ing. Daniel, así como de la versión "SATlive 1.40.18" la cual es la última disponible.

2.4 Manejo y Monitoreo del Equipo de Audio

2.4.1 Control Remoto de PC Mediante LogMeIn

El acceso remoto es la posibilidad de conectarse a un ordenador (un host) desde otro ordenador o dispositivo (un cliente) en cualquier momento, desde cualquier lugar donde haya una conexión a Internet.

El ordenador al que se accede se denomina "host" o "anfitrión", el cual permite que sea usado de forma remota. Los ordenadores a los que desee acceder de forma remota deben estar ejecutando el software de host LogMeIn, ya sea "LogMeIn Pro" (versión con pago de suscripción) o "LogMeIn Free" (versión sin cargo). Dicho software "abre la puerta" de un ordenador de forma segura a un usuario remoto cualificado.

El dispositivo que se utiliza para acceder a un ordenador que esté ejecutando LogMeIn Pro o Free se denomina "cliente" o "usuario". El cliente es "recibido" por el host. El cliente puede ser un PC o Mac (con la mayoría de navegadores web) o un iPad, iPhone, iPod touch o dispositivo Android (a través de LogMeIn Ignition).

Se debe crear una cuenta de LogMeIn para usar el software y los servicios de LogMeIn, esta se crea accediendo a "www.logmein.com" donde se debe llenar un formulario y seguir las instrucciones correspondientes.

En nuestro caso se hará uso de LogMeIn Free ya que solo es de interés el manejo remoto, ofreciendo también servicio de conversación chat; y del uso del navegador web "Internet Explorer", ya que el manejo remoto se hará desde la plataforma Moodle y también debido a que las aplicaciones de audio virtualizadas en LabView solo corren en dicho explorador mediante los ActiveX.

El manejo remoto del equipo de audio conectado a la PC por parte de los usuarios se hará desde la página de LogMeIn www.logmein.com, mediante una cuenta de invitado creada por el administrador en la cual accederán todos los usuarios secuencialmente.

LogMeIn ha sido diseñado para permitir el acceso remoto seguro a recursos críticos a través de una red insegura, tal como lo es Internet. En cuanto a las especificaciones técnicas, la aplicación LogMeIn utiliza el puerto 443/TCP (Transmission Control Protocol), el puerto de acceso remoto 2002, y el puerto 80 para el protocolo de hipertexto, HTTP (Hypertext Transfer Protocol).

Para controlar la PC si el equipo con LogMeIn está encendido y conectado en línea, se hace un "ping" al Gateway, el cual es la pasarela a través de la cual se presta el servicio de LogMeIn, y regula el tráfico entre el cliente y el host.

La Figura 2.29 muestra la arquitectura de red establecida por LogMeIn:

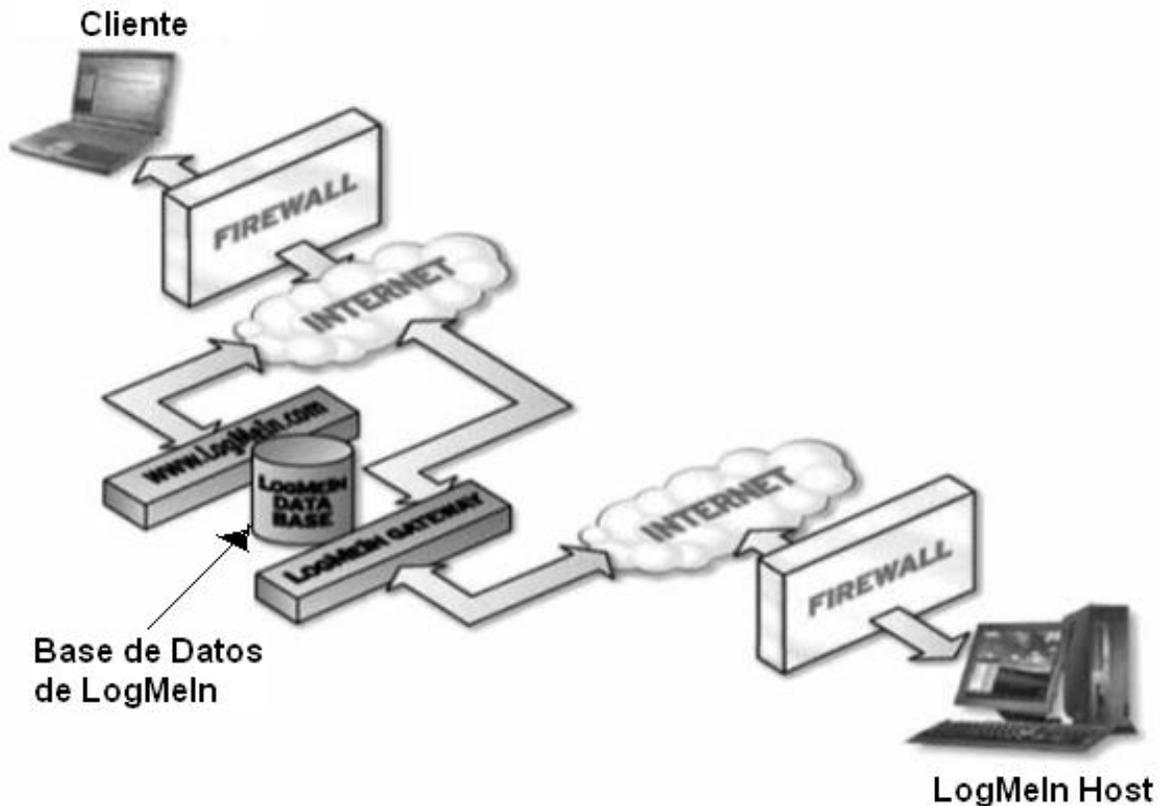


Figura 2.29 Arquitectura de red establecida por LogMeIn. [12]

LogMeIn utiliza el protocolo HTTP de la “Capa de Aplicación” debido a la necesidad de emplear el navegador web para poder acceder remotamente al host conectado al dispositivo a controlar y autenticarse con la cuenta creada por tal host; con lo que el protocolo de hipertexto es el encargado de cada transacción web en el proceso de enlace entre el cliente y el host.

Por otra parte, otro protocolo de la Capa de Aplicación empleado en todo este proceso es el DNS (Domain Name System) dinámico, por permitir la asignación de un nombre de dominio de Internet a una PC con dirección IP variable, lo que permite conectarse con el equipo en cuestión sin necesidad de tener que rastrear la dirección IP del mismo.

LogMeIn asigna nombres de dominio a las computadoras desde las cuales se instala su software y se crean cuentas de usuario, más precisamente, a la dirección IP del host al cual se quiere acceder remotamente le es asignado un nombre de dominio por el servidor DNS de LogMeIn.

¹² Henry Camargo, Camilo Arrieta, Cindy Vergara, Iván García, Faustino Pulido, “Implementación de LogMeIn para controlar de manera remota”, Agosto de 2010.

La Figura 2.30 muestra el manejo remoto de una PC mediante LogMeIn Free a través de Internet Explorer y con conversación chat:

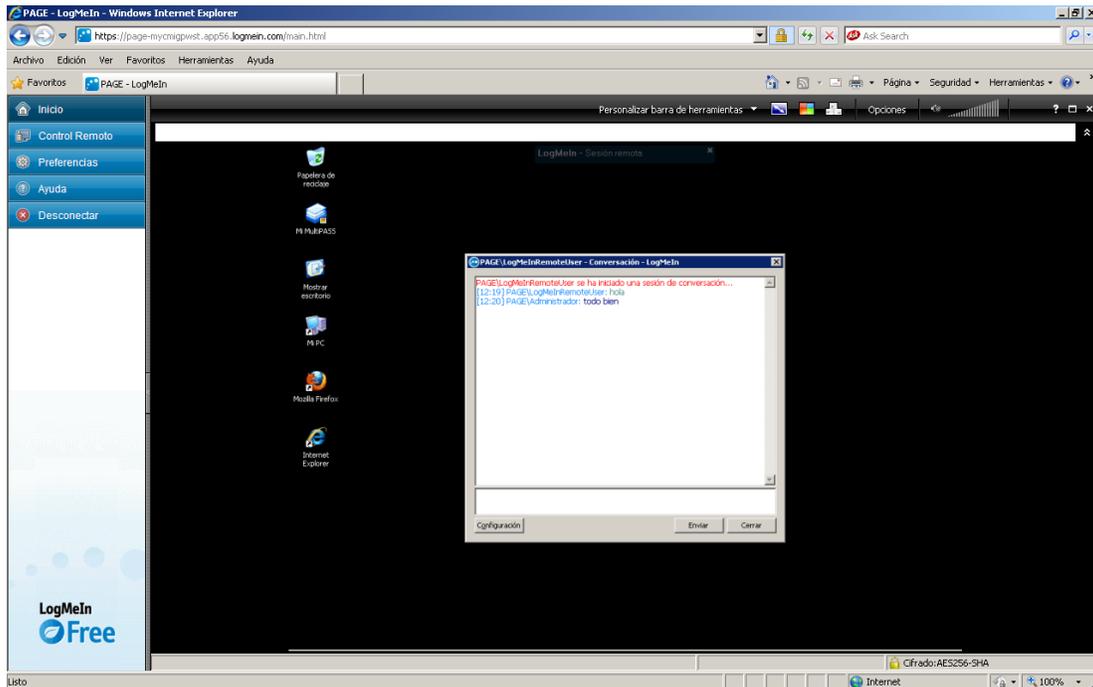


Figura 2.30 Manejo remoto de PC con LogMeIn Free en Internet Explorer y con chat.

En cuanto a la “Capa de Transporte”, LogMeIn trabaja tanto con el protocolo de control de transmisión (TCP) como con el protocolo de datagramas de usuario (UDP). El UDP (User Datagram Protocol) se emplea para establecer la conexión entre el servidor de LogMeIn con el cliente y con el host, es decir que desde cada uno de ellos se envía un código o dato encriptado al servidor para que se pueda dar la comunicación, al realizar una especie de “Handshaking” para poder establecer finalmente la conexión entre el cliente y el host al cual se desea acceder remotamente mediante TCP dado que este es orientado a la conexión.

En la “Capa de Red”, LogMeIn utiliza el ARP (Address Resolution Protocol) porque es necesario para una comunicación segura. Al momento de crear una cuenta, el sistema envía una petición ARP para obtener la dirección física del equipo en el cual se crea la cuenta. Esto se debe a que el equipo puede tener una IP dinámica, y la única forma que LogMeIn reconozca el equipo, es a través de la dirección MAC (Media Access Control), la cual es almacenada en una base de datos del servidor LogMeIn, cuando es activado el software de host LogMeIn este envía al servidor la nueva IP del equipo, la cual no es reconocida inicialmente en la base de datos con un nombre de cuenta.

LogMeIn envía nuevamente una petición ARP para ver cuál es la MAC del equipo con IP no reconocida. Luego de realizado este proceso LogMeIn obtiene la MAC del equipo, verifica si está en su base de datos, si es positivo la identifica con el nombre de su usuario y este equipo está disponible para ser controlado remotamente.

2.4.2 Transmisión de las Señales de Mezcla Mediante Streaming y Recepción de la Señal Mezclada por Parte del Usuario

Streaming: Características y Usabilidad

El streaming consiste en la distribución de audio o video en tiempo real por Internet o a través de una red de computadoras, esto mediante “streams”. La palabra streaming se refiere a que se trata de una corriente continua (sin interrupción).

Este tipo de tecnología permite que se almacenen en un búfer lo que se va escuchando o viendo. El streaming hace posible escuchar música o ver videos sin necesidad de ser descargados previamente.

Mediante un “códec”, el cual es un algoritmo de compresión se logra reducir el tamaño de los datos a transmitir (audio o video), llamados “streams”. Algunos códecs para audio son por ejemplo: el MP3 y el ogg-vorbis; y algunos códecs para video son por ejemplo: el DivX el MPEG-1, MPEG-2 o MPEG-4.

Los streams viajan dentro de contenedores, dichos contenedores pueden tener uno o varios streams comprimidos con un códec. Los formatos de los contenedores más habituales son el AVI, el Ogg, el MOV, el ASF y el MP4.

Tradicionalmente lo que siempre interesa en la transmisión de datos es que sea recibida una copia exacta de los datos. Ahora bien, hablando de audio y video, no resulta tan importante el que se pierda de vez en cuando durante la transmisión algún stream ya que no sería notorio para nuestros ojos o para nuestros oídos, es por este motivo por el que para transmitir audio y video es prioritario el que sea ágil y veloz su reproducción.

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y FTP (File Transfer Protocol), y en general todos los que funcionan sobre TCP (Transmission Control Protocol) son protocolos que priorizan la exactitud de la información y no la velocidad, por lo que garantizan que se entregan los datos y además el orden en que fueron transmitidos. Por ello, generalmente, se evita usar estos protocolos para hacer streaming.

En su lugar se usarán protocolos basados en UDP (User Datagram Protocol), que no garantiza la entrega ni el orden de entrega, pero que es más rápido. Apoyándose en este protocolo (UDP) se ha ideado un estándar en Internet para la retransmisión de audio y vídeo, el protocolo RTP.

Los principales usos para el streaming es la transmisión de radio y televisión por internet. Aunque por otra parte también utilizado por sitios web que proporcionan servicios de video como por ejemplo YouTube, el cual también ha llegado a transmitir algunos conciertos en vivo.

La Figura 2.31 muestra la arquitectura básica de streaming:



Figura 2.31 Arquitectura básica de streaming. [13]

Protocolo RTP

El protocolo RTP (Real-Time Transport Protocol) proporciona la entrega de datos en tiempo real independientemente del protocolo subyacente (TCP o UDP), generalmente usando para la transmisión streaming el protocolo UDP.

RTP permite identificar el tipo de datos que se está transmitiendo, determinar el orden en que los paquetes debieran ser presentados y sincronizar los streams de diferentes fuentes.

Los paquetes RTP no tienen garantizado el orden de entrega, es más, no está garantizado que lleguen todos. Es tarea del receptor reconstruir la secuencia enviada por el servidor y detectar las pérdidas de datos.

Dado que RTP no proporciona un mecanismo para asegurar la entrega a tiempo u otras garantías de calidad del servicio, se acompaña de un protocolo de control (RTCP) que permite monitorear la calidad de la distribución de datos. RTPC también proporciona mecanismos de control e identificación de las transmisiones RTP.

Una sesión RTP es una asociación entre un grupo de aplicaciones comunicándose con RTP. Una sesión se identifica por una dirección de red y un par de puertos. Un puerto se usa para transmitir los datos y el otro se usa para el control (RTCP).

¹³ BlogProcom. (2010). Consultado en 2011 de <http://blog.davprocom.com/2010/04/27/streaming-de-video/>

Un participante es una máquina que, valga la redundancia, se hace participe en la sesión. Participar en la sesión puede consistir, en la simple recepción pasiva de datos (receptor), en transmitir datos de forma activa (servidor), o ambos.

Cada medio (audio, video) se transmite en una sesión diferente. Por ejemplo, si en una conferencia se va a usar audio y video, se usará una sesión para transmitir audio y otra para transmitir video. Esto permite a los participantes elegir que medios quieren reproducir, por ejemplo, si alguno de los participantes contara con poco ancho de banda este pudiera elegir en querer recibir solo el audio.

Protocolo de Control RTCP

El protocolo RTPC (Real-Time Control Protocol) proporciona información de control que está asociado con un flujo de datos RTP para una aplicación multimedia.

Cada participante en la sesión estará recibiendo periódicamente paquetes RTCP. Estos paquetes RTCP pueden contener información sobre la calidad del servicio, información sobre la fuente del contenido que se está transmitiendo y estadísticas sobre los datos que se están transmitiendo.

Estos son los tipos de paquetes RTCP:

- Reporte del remitente (Sender Report - SR)
- Reporte del receptor (Receiver Report - RR)
- Descripción de la fuente (Source DEscription - SDES)
- Bye
- Específicos de la aplicación

Los paquetes RTCP son “apilables” de forma que se envía siempre un paquete compuesto que contiene al menos dos de estos paquetes descritos, un report y una descripción de la fuente.

Todos los participantes de la sesión mandan paquetes RTCP. Un participante que ha enviado paquetes de datos mandará un “reporte del remitente” (SR). El SR contiene el número total de paquetes y bytes enviados así como información que puede utilizarse para sincronizar los streams de diferentes sesiones.

A su vez, los participantes mandan periódicamente “reportes del receptor” (RR) a todas las fuentes de las que están recibiendo datos. Un RR contiene información sobre el número de paquetes perdidos, el número de secuencia más alto recibido y una marca de tiempo que puede utilizarse para estimar el retardo de ida y vuelta entre el emisor y el receptor. El primer paquete en un paquete compuesto RTCP tiene que ser uno de reporte, incluso si no se han enviado o recibido datos, en cuyo caso se envía un RR vacío.

Todos los paquetes compuesto RTCP deben incluir una descripción del origen “Source DEscription” que contiene el nombre canónico “CNAME” que identifica el origen. Se puede añadir información en el Source DEscriptor como el nombre de la fuente, el email, número de teléfono, localización geográfica, nombre de la aplicación o un mensaje describiendo el estado actual del origen.

Cuando un origen se va a desconectar manda un paquete “Bye”. El paquete Bye puede incluir el motivo por el que el participante abandona la sesión.

Los paquetes de aplicación proporcionan un mecanismo para que la aplicación defina y mande información a la medida a través de este canal de control.

Protocolo RTSP

El protocolo RTSP (Real Time Streaming Protocol) permite controlar streams multimedia que se distribuyan, por ejemplo, vía RTP. El control incluye posicionamiento en el stream, grabación e incluso control del dispositivo.

La Figura 2.32 muestra el escenario de uso de RTSP para streaming:

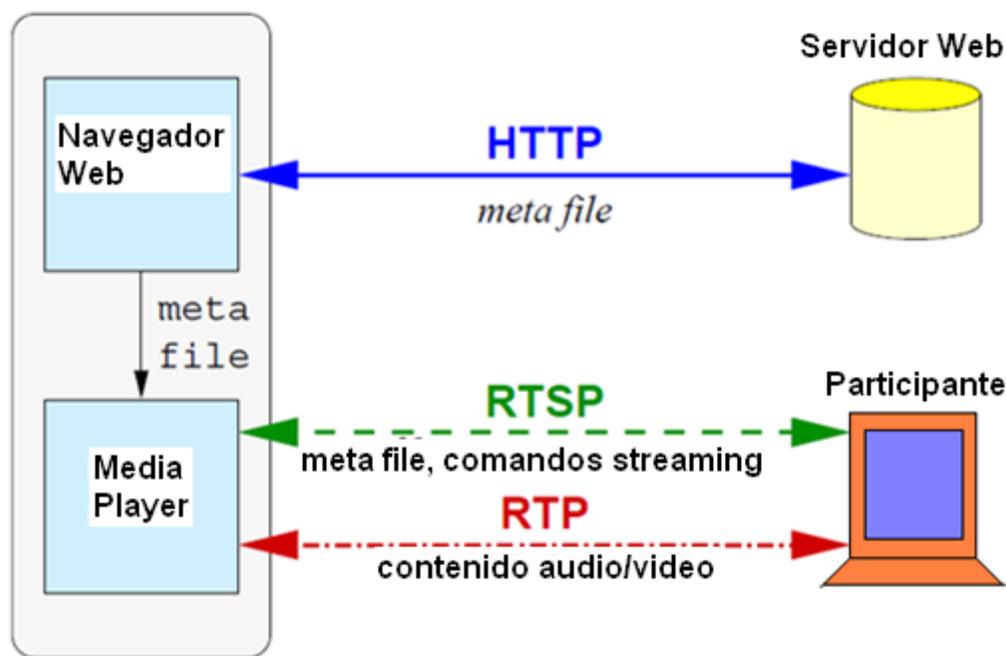


Figura 2.32 Escenario de RTSP para streaming.

El cliente accedería a un “servidor web” (web server), obtendría un “meta-file” mediante HTTP con indicaciones de como reproducir el video o el audio y luego se establecería una conexión RTSP para el control del streaming y una conexión RTP para la distribución del contenido en sí.

El “media player”, es un “decoder” para descomprimir cada stream recibido y reproducirlos en su conjunto mediante el “renderizador” integrado a cada uno.

Transmisión de las Señales de Mezcla Mediante IceCast/SHOUTcast

En nuestro caso se utilizará el streaming para transmitir las señales de audio mezcladas en un solo canal, con lo que el usuario a través del control remoto de PC y por consiguiente del control remoto del equipo de audio, podrá elegir entre qué canal desea escuchar para su correcta ecualización y/o manipulación de cada una de las señales de audio.

La implementación de streaming se realizará en el sistema operativo anfitrión, ya que si se implementa en el sistema operativo invitado y debido a que VirtualBox utiliza un controlador de audio genérico y a la encriptación que realiza al enviar la señal de audio, el usuario escucharía la señal muy distorsionada y muy pausada con lo cual el streaming perdería toda su calidad.

El “web server” a utilizar será “caster.fm”, el cual es un servidor de “IceCast/SHOUTcast” gratuito. IceCast y SHOUTcast son tecnologías tanto gratuitas como de paga para el streaming de audio, la primera fué desarrollada por Fundación Xiph.org y la segunda por Nullsoft.

Ambas utilizan la codificación MP3 y AAC, y HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) como protocolo para la transmisión de audio por internet, con lo cual es posible la transmisión de radio por internet, en este caso se utilizará la codificación MP3 (consultar el Apéndice B de esta tesis para una mayor información acerca de esta codificación). Para su uso será necesario crear una cuenta en “www.caster.fm” llenando un formulario y posteriormente inicializar el servidor.

Para enviar la señal de audio a caster.fm se hará uso del software “Internet DJ Console”, el cual es una sencilla consola de acceso a servidores Shoutcast e Icecast se encuentra disponible gratuitamente para las distribuciones de GNU/Linux. Una vez instalado será necesario configurarlo adecuadamente para su utilización.

Recepción de la Señal Mezclada

La recepción de la señal mezclada por parte del usuario se realizará mediante algún “media player” y su correspondiente archivo multimedia para streaming, el cual podrá ser:

- Winamp (.pls)
- VLC (.m3u)
- Windows Media Player (.wpl)
- Itunes/QuickTime (.qtl)
- Real Player (.ram)

Así, mediante dichos media players el usuario podrá monitorear las actividades que esté realizando al momento de manejar el equipo de audio remotamente.

2.5 Arquitectura del Laboratorio Virtual y del Laboratorio Remoto

2.5.1 Diagrama de Bloques

La Figura 2.33 muestra la arquitectura en su conjunto del laboratorio prototipo:

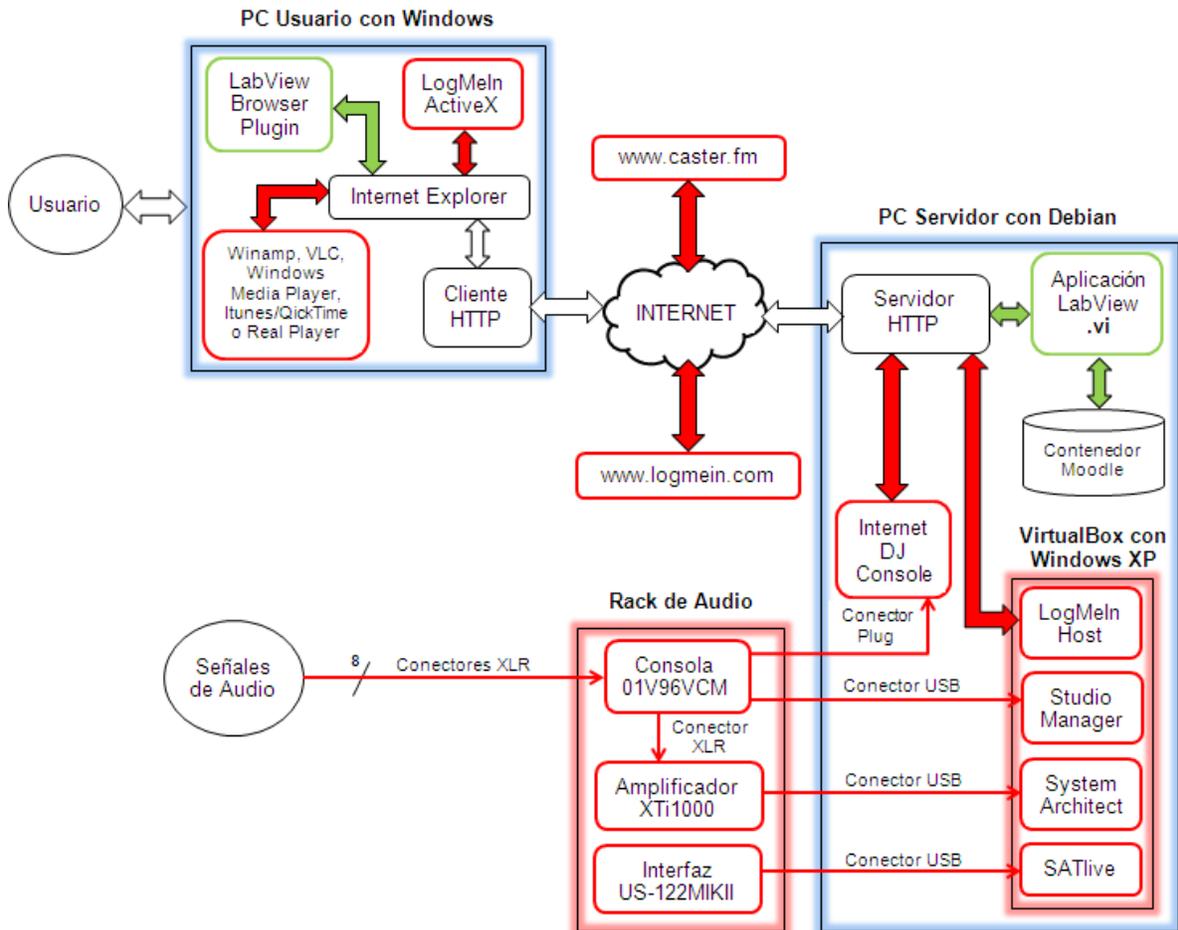


Figura 2.33 Arquitectura general del Laboratorio Virtual y del Laboratorio Remoto.

Lo que se muestra en color verde son los componentes y flujo de datos del Laboratorio Virtual para las aplicaciones en LabView, y lo que se muestra en color rojo son los componentes y flujo de datos del Laboratorio Remoto con la instalación del equipo de audio y la implementación de streaming para el envío de la señal.

Capítulo 3

Implantación del Laboratorio Prototipo

3.1 Implantación del Laboratorio Virtual

3.1.1 Servidor Davinci

Para la implantación tanto del Laboratorio Virtual como del Laboratorio Remoto se hará uso del servidor “Davinci” localizado en el laboratorio del Departamento de Control de la División de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Se empleará dicho servidor debido a que está especificado su uso para la propuesta de esta tesis, dando continuidad a la propuesta de tesis de Abiel Tomás Parra Hernández; además de que este servidor contiene todos los proyectos de educación a distancia del departamento.

Cuenta con la infraestructura necesaria para la implantación de los prototipos tanto del Laboratorio Virtual como del Laboratorio Remoto.

El servidor es modelo Dell PowerEdge 1800 con número de inventario 2201819.

Entre sus características técnicas de hardware y software se encuentran: [1]

- Hardware:
 - Procesador Intel Xeon a 2.8 GHz.
 - 4 GB de memoria RAM.
 - 75 GB de memoria en disco duro.
 - 8 conectores USB 2.0.

- Software:
 - Sistema operativo Debian GNU/Linux 5.0, versión liberada el 26 de Junio de 2010.
 - Moodle 1.9.7+ (Build: 20100224) Copyright © 1999 onwards, Martin Dougiamas and many other contributors. GNU Public Licence.

¹ Datos tomados del servidor “Davinci” el 1 de Diciembre de 2011

3.1.2 Moodle Como Sistema de Administración de Contenido de Aprendizaje

Moodle es un entorno virtual de aprendizaje muy popular entre los educadores de todo el mundo, utilizado para crear sitios web dinámicos para sus estudiantes.

El objetivo primordial del proyecto Moodle es facilitar a los educadores las herramientas para gestionar y promover el aprendizaje.

Para su utilización es necesario ser instalado en un servidor web, el cual puede ser un ordenador personal o en un servidor proporcionado por alguna compañía de hospedaje de páginas web.

Entre las formas de utilizar Moodle se encuentran: [2]

- Moodle dispone de características que le permiten escalar a grandes despliegues con cientos de miles de estudiantes, pero también puede ser utilizado en escuelas de educación infantil y primaria.
- Muchas instituciones lo utilizan como su plataforma para formación en línea mientras que otras lo utilizan como apoyo a la formación presencial (conocida como blended learning en inglés).
- A muchos de nuestros usuarios les encanta utilizar los módulos de actividad (como los foros, bases de datos o wikis) para construir ricas comunidades colaborativas de aprendizaje alrededor de una materia (en la tradición del constructivismo social), mientras que otros prefieren utilizar Moodle como una forma de ofrecer contenidos a sus estudiantes (utilizando por ejemplo paquetes SCORM) y realizar evaluaciones utilizando tareas o cuestionarios.

Moodle fué creado por Martin Dougiamas, quien fué administrador de WebCT en la Universidad Tecnológica de Curtin. Basó su diseño en las ideas del constructivismo en pedagogía que afirman que el conocimiento se construye en la mente del estudiante en lugar de ser transmitido a partir de libros o enseñanzas y en el aprendizaje colaborativo.

Moodle se ejecuta sin modificaciones en Unix, GNU/Linux, OpenSolaris, FreeBSD, Windows, Mac OS X, NetWare y otros sistemas que soportan PHP, incluyendo la mayoría de proveedores de alojamiento web.

Los datos se almacenan en una sola base de datos SQL. En Moodle 1.6 las únicas opciones eran MySQL y PostgreSQL. Desde la versión 1.7, publicada en noviembre de 2006, se puede elegir entre diversos motores de bases de datos además de los antes mencionados, como por ejemplo Oracle y Microsoft SQL Server.

² Moodle. (2010). Consultado en 2011 de <http://moodle.org/about/>

Entre las características generales de Moodle se encuentran:

- Administración del sitio:
 - Por un usuario administrador.
 - Personalización del sitio mediante “temas” de estilo.
 - Adición de nuevos módulos.
 - Opción de idiomas.
- Administración de los usuarios:
 - Creación de cuentas por correo electrónico.
 - Creación de cuentas por el administrador.
 - Verificación de las cuentas de acceso.
 - Base de datos externa para autenticación.
 - Seguridad: Creación de claves de acceso por parte del administrador.
- Administración de cursos:
 - El administrador tiene el control total sobre todas las opciones de un curso.
 - Actividades para los cursos: foros, diarios, cuestionarios, materiales, consultas, encuestas y tareas.
 - Las calificaciones de los foros, diarios, cuestionarios y tareas pueden verse en una única página y ser descargados como un archivo con formato de hoja de cálculo.
 - Se dispone de información detallada de la actividad de cada estudiante.

Entre los módulos principales de Moodle se encuentran:

- Módulo de tareas.
- Módulo de consulta.
- Módulo foro.
- Módulo diario.
- Módulo cuestionario.
- Módulo recurso.
- Módulo encuesta.
- Módulo wiki.

3.1.3 Instrumentos Virtuales VIs

Para este trabajo de tesis se han desarrollado los instrumentos virtuales suficientes para el prototipo del laboratorio en LabView 8.2.1©, los cuales son:

- a) Conversor de Decibeles.
- b) Ecuador Semiparamétrico.
- c) Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu.
- d) Sonómetro Integrador.
- e) Corriente Alterna. Valor Pico, Valor Promedio, Valor Eficáz y Factor de Forma.
- f) Transformada de Fourier en Tiempo Continuo y Discreto: Espectro en Frecuencia.
- g) Intensidad y Presión Sonora. Ley del Inverso Cuadrado.

Dichos instrumentos virtuales estarán alojados dentro del contenedor de Moodle a modo de páginas web para que los usuarios puedan acceder a ellos, de forma que puedan ser visualizados y manipulados mediante Internet Explorer junto con el LabView Browser Plugin para Windows.

Los expertos en la materia serán los encargados de elaborar o asesorar la realización de las actividades académicas que consideren pertinentes de acuerdo a los objetivos del curso.

3.2 Implantación del Laboratorio Remoto

3.2.1 Creación de la Cuenta en LogMeIn

Para la creación de la cuenta en LogMeIn es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Ir a www.logmein.com y dar clic en “Crear una cuenta”.
2. En la siguiente página dar clic en el botón “ACCEDER A EQUIPOS DE FORMA REMOTA”, con lo cual se despliega un formulario.
3. Llenar los campos solicitados, para el campo Email se hará uso de la cuenta “ad.min_lab@hotmail.com”, dar clic en el botón “Continuar”.
4. Completar el proceso de inscripción dando clic en el vínculo que viene en el correo electrónico enviado por LogMeIn a ad.min_lab@hotmail.com.

Una vez realizados estos pasos se cuenta con la versión de prueba de “LogMeIn Pro” por 30 días, durante estos días se cuenta también con el producto “LogMeIn Central”, el cual permite añadir (invitar) a usuarios para que controlen todos los equipos que se tengan añadidos a la cuenta, en este caso ad.min_lab@hotmail.com.

De estos dos productos de prueba el más importante es LogMeIn Central, ya que una vez terminados los 30 días ya no será posible añadir usuarios, siendo solamente posible eliminar los que hayan sido añadidos durante los 30 días de prueba, sin embargo, sí es posible seguir añadiendo equipos para ser controlados remotamente.

El costo de LogMeIn Pro para el control de un solo ordenador es de \$69.73 USD al año, ahorrando hasta el 60% en comparación si se pagara por mes; y mensualmente el costo es de \$12.12 USD.

El costo de LogMeIn Central es de \$296.33 USD al año, ahorrando hasta el 50% en comparación si se pagara por mes; y mensualmente el costo es de \$48.73 USD

Sin embargo se pueden ahorrar estos costos mediante una buena planificación y administración para el uso del Laboratorio Remoto.

3.2.2 Instalación de VirtualBox en el Servidor Davinci

Requerimientos Técnicos Para Instalar VirtualBox

Depende mucho del sistema operativo a virtualizar, pero se pueden destacar las siguientes especificaciones:

- Procesador x86 o amd64.
- Al menos 112 MB de Memoria RAM para el sistema operativo anfitrión, mientras más memoria RAM mejor, ya que esta afecta al rendimiento tanto del sistema anfitrión como del sistema invitado.
- Espacio en disco de al menos 125 MB solo para VirtualBox, ya que para el sistema invitado, en este caso Windos XP, se necesitarán 10 GB.

Instalación de VirtualBox Mediante la Terminal de Debian

Para realizar la instalación de Virtualbox en el servidor “Davinci” fué necesario entrar a la terminal de Debian como usuario “root” y realizar los siguientes pasos y ejecución de comandos:

1. Añadir los repositorios de VirtualBox:

```
nano /etc/apt/sources.list
```

Una vez abierto el archivo “sources.list” agregar las siguientes líneas al final de este:

```
##virtualbox  
deb http://download.virtualbox.org/virtualbox/debian squeeze contrib non-free
```

Guardar los cambios realizados en el archivo.

2. Añadir la clave del repositorio:

```
wget  
-q http://download.virtualbox.org/virtualbox/debian/oracle_vbox.asc -O- | sudo  
apt-key add -
```

3. Actualizar la información de los repositorios:

```
sudo apt-get update
```

4. Instalar VirtualBox 4.1.4, la última versión disponible:

```
sudo apt-get install virtualbox-4.1
```

5. Agregar usuario para el uso de dispositivos USB en la máquina virtual:

```
sudo adduser $(whoami) vboxusers
```

6. Descargar el Extension Pack para poder utilizar los puertos USB virtuales en versión 2.0, tener soporte VRDP y arranque por PXE:

```
wget
```

```
http://download.virtualbox.org/virtualbox/4.1.4/Oracle_VM_VirtualBox_Extension_Pack-4.1.4-74291.vbox-extpack
```

7. Por último, instalar el Extension Pack:

```
VBoxManage extpack install Oracle_VM_VirtualBox_Extension_Pack-4.1.4-74291.vbox-extpack
```

Para evitar que aparezca el error que se muestra en la Figura 3.1 al momento de ejecutar VirtualBox, es necesario otorgar permisos al usuario “vboxusers” (creado en el paso 5) para que este pueda hacer uso de los dispositivos USB:

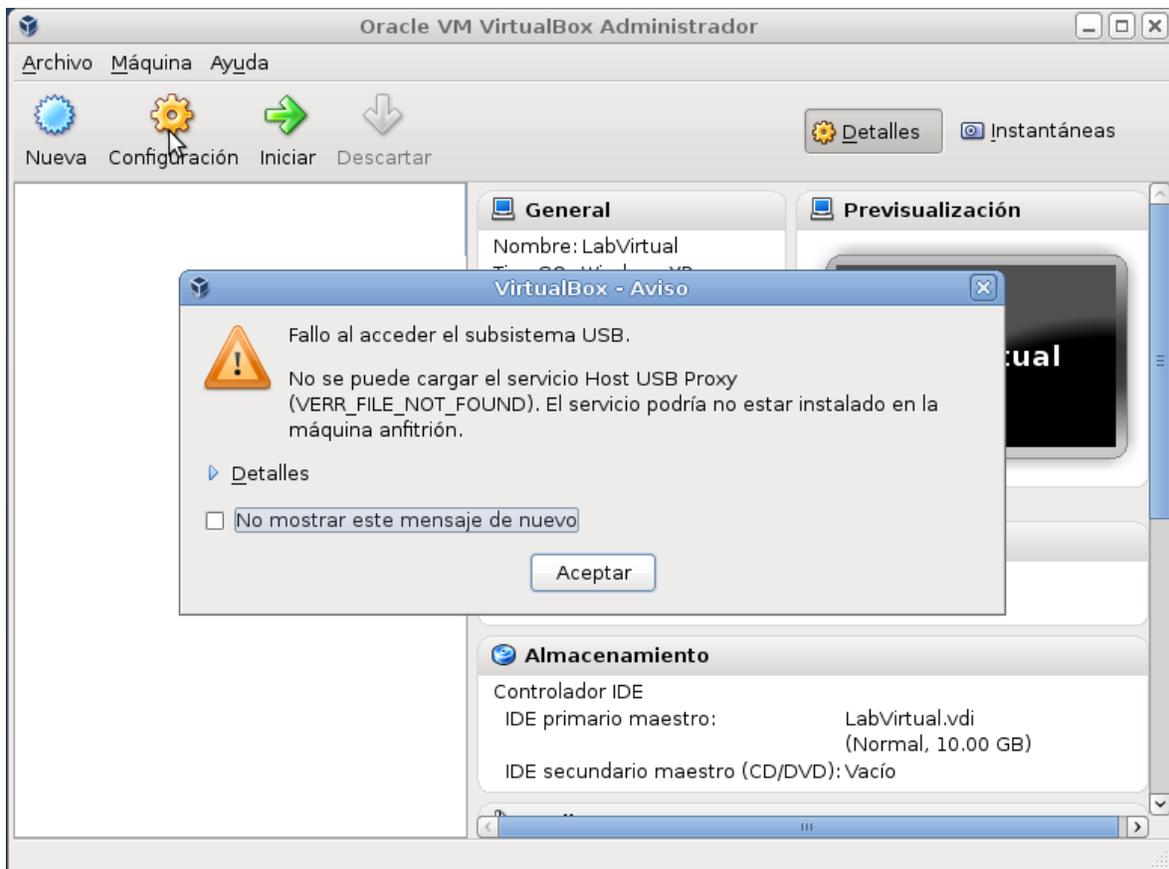


Figura 3.1 Error debido a que “vboxusers” no tiene permisos para el uso de los dispositivos USB.

Para otorgar los permisos a vboxusers es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Ingresar al grupo de modo gráfico dirigiéndose al menú Sistema > Administración > Usuarios y grupos.
2. En la ventana de “Ajustes de los usuarios” elegir al usuario vboxusers y posteriormente hacer clic sobre el botón “Gestionar grupos”, en la ventana que se abre, se puede encontrar la lista de todos los grupos del sistema, utilizar la barra de desplazamiento para encontrar el grupo vboxusers, seleccionarlo y hacer clic sobre el botón “Propiedades”.
3. Seleccionar el “nombre de usuario de administrador” dentro de la lista de usuarios que aparece en las propiedades de vboxusers, hacer clic en el botón aceptar, ingresar la contraseña de root y cerrar todas las ventanas abiertas.
4. Por último reiniciar el Sistema Operativo Debian.

Creación de la Máquina Virtual “LabVirtual” en VirtualBox

Para crear la máquina virtual “LabVirtual” y virtualizar el sistema operativo Windows XP en VirtualBox es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Dar clic en el botón “Nueva”, al aparecer el “Asistente para la creación de una máquina virtual nueva” dar clic en el botón “Siguiente”.
2. En la nueva ventana que aparece asignar el nombre a la máquina virtual, en este caso “LabVirtual”, y elegir el sistema operativo y su versión, en este caso será “Microsoft Windows” y “Windows Xp” respectivamente. Una vez llenados estos campos dar clic en el botón “Siguiente”.
3. En esta siguiente ventana asignar la memoria RAM a utilizar para Windows XP, la cual se asignará de 1 GB (1024 MB). Una vez asignado el tamaño de la memoria RAM dar clic en el botón “Siguiente”.
4. En la siguiente ventana se creará el disco duro virtual, seleccionar las casillas para “Disco duro de arranque” y “Crear disco virtual nuevo”. Dar clic en el botón “Siguiente”.
5. Al aparecer el “Asistente de creación de disco virtual” seleccionar la opción “VDI (VirtualBox Disk Image)” y dar clic en el botón “Siguiente”.
6. Al aparecer la ventana de “Detalles de almacenamiento de disco virtual” seleccionar la opción “Reservado dinámicamente” y dar clic en el botón “Siguiente”.

7. Al aparecer la ventana de “Localización y tamaño del archivo de disco virtual” dejar los valores por default para las casillas de “Localización” y “Tamaño”, este último debe ser de 10 GB, el cual es el tamaño recomendable.
Dar clic en el botón “Siguiente”.
8. A continuación se presenta un “Resumen” y simplemente dar clic en el botón “Crear”. En seguida vuelve a aparecer otra ventana de resumen y de igual forma dar clic en el botón “Crear”.

Una vez creada la máquina virtual “LabVirtual” se procede a configurarla e instalar el sistema operativo Windows XP, esto mediante los pasos siguientes:

1. Teniendo la máquina virtual “LabVirtual” seleccionada dar clic en el botón “Configuración”.
2. En la ventana de Configuración dar clic en la sección de “Sistema”, posteriormente dar clic en la pestaña “Procesador” y seleccionar la opción “Habilitar PAE/NX”.
3. Dar clic en la sección de “Pantalla”, posteriormente dar clic en la pestaña “Video” y asignar el máximo de memoria disponible para “Memoria de Video”.
4. Dar clic en la sección de “Almacenamiento”, posteriormente en la subsección de “Árbol de almacenamiento” dar clic en el disco que dice “Vacío”, luego en la subsección “Atributos” dar clic en el ícono  y en el menú que se despliega de este seleccionar la opción “Unidad anfitrión D:”, posteriormente seleccionar la opción “Habilitar paso directo” y dar clic en el botón “Aceptar”.
5. Por ultimo introducir el disco en la unidad CD/DVD, dar clic en el botón “Iniciar” y finalmente seguir los pasos de instalación de Windows XP.

La Figura 3.2 muestra la máquina virtual “LabVirtual” con Windows XP corriendo en VirtualBox:

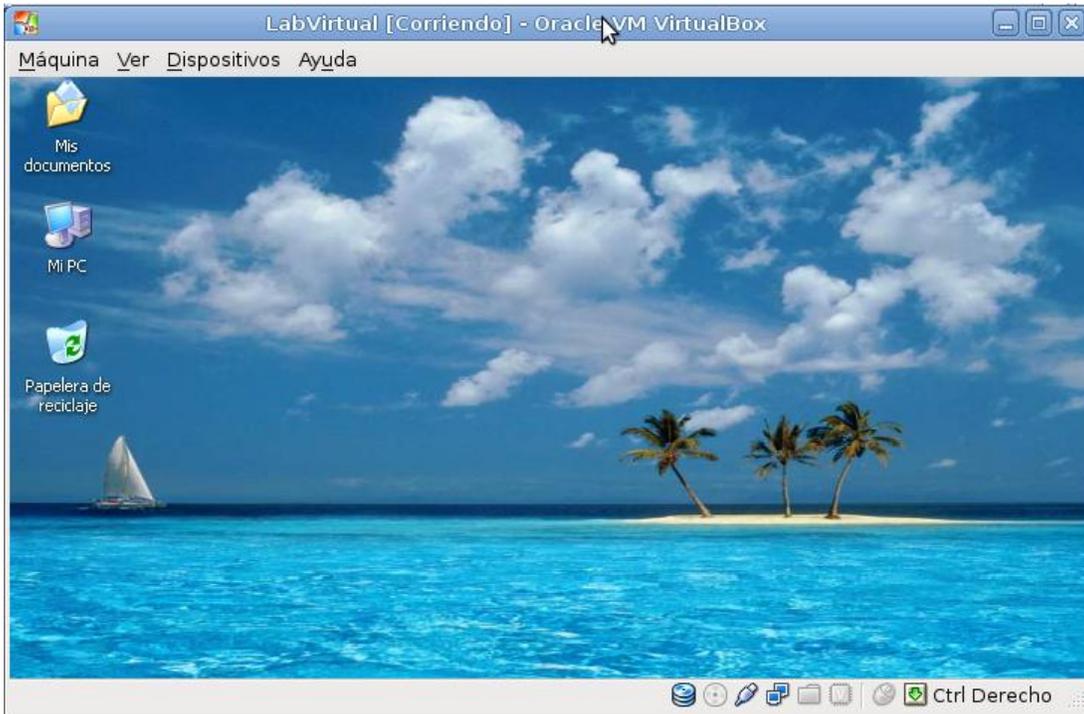


Figura 3.2 “LabVirtual” con Windows XP corriendo en VirtualBox.

Instalación del Software de Host LogMeIn en “LabVirtual”

Requerimientos técnicos:

- Sistemas operativos Windows compatibles:
 - Windows 7, Vista, XP, Server 2003, 2008 (todos incluyen 64 bits).
 - Windows 2000 (32 bits).
- Espacio mínimo en disco duro de 38.56 MB.

Para la instalación del Software de Host LogMeIn es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Estar dentro de la máquina virtual “LabVirtual” creada anteriormente.
2. Ir a la página www.logmein.com y autenticarse con la cuenta creada anteriormente “ad.min_lab@hotmail.com”.
3. Dar clic en el botón “Añadir ordenador” con lo cual se descargará el archivo “LogMeIn.msi”.
4. Ejecutar el archivo LogMeIn.msi, seguir los pasos correspondientes para la instalación y una vez llegado el momento proporcionar el “Código de acceso al ordenador”.

La Figura 3.3 muestra el Software de Host LogMeIn corriendo en la máquina virtual “LabVirtual”:

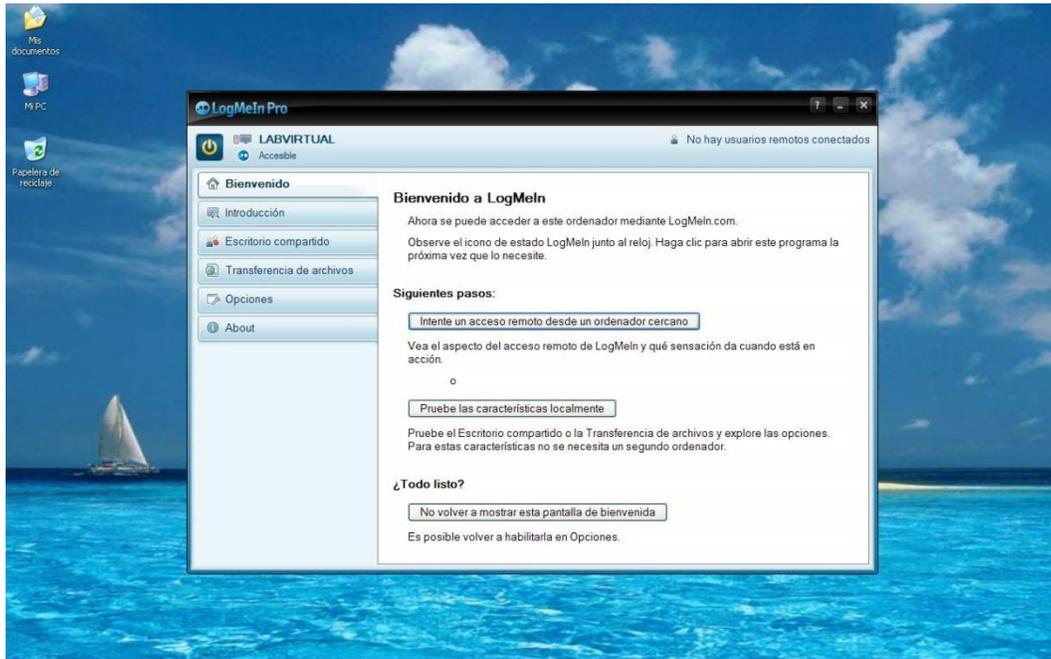


Figura 3.3 LogMeIn corriendo la máquina virtual “LabVirtual”.

La Figura 3.4 muestra el equipo “LabVirtual” añadido a la cuenta de administrador en LogMeIn:

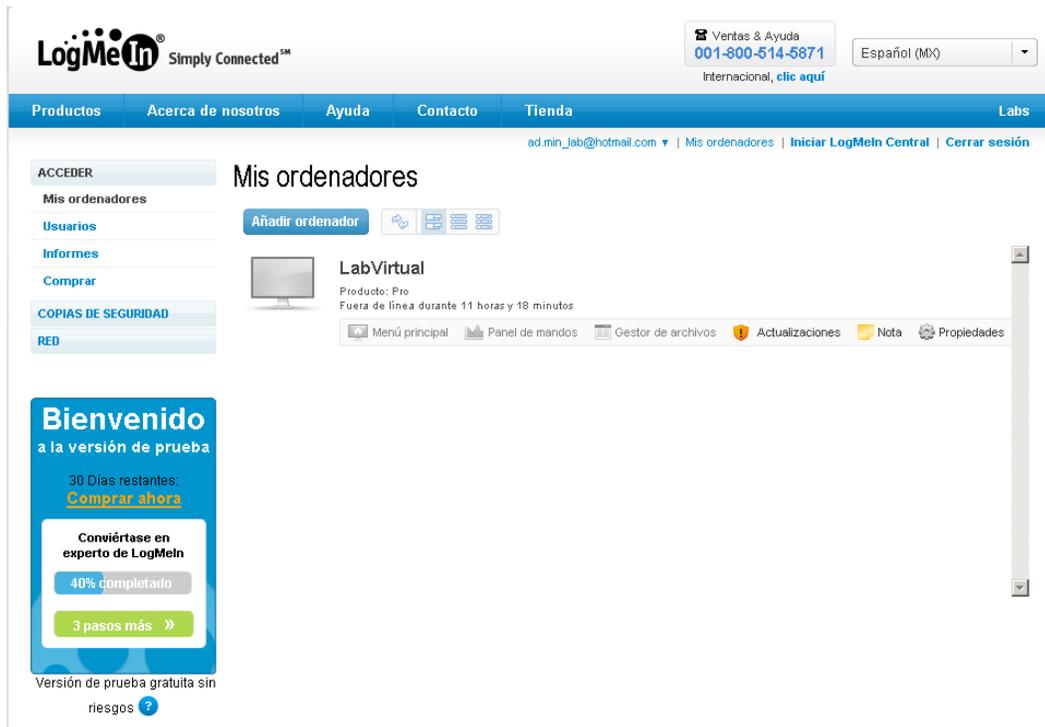


Figura 3.4 Equipo “LabVirtual” añadido a la cuenta de administrador en LogMeIn.

Instalación del Software de Audio

1. HiQnet System Architect™ 3.0.

Requerimientos técnicos:

- Sistemas operativos Windows compatibles:
 - 32 & 64-bit para Windows XP, Windows Vista, Windows 7.
- Pautas de rendimiento mínimo:
 - CPU: 32 bit dual core @ 2.0GHz o mejor.
 - RAM: 2GB.
- Pautas de rendimiento óptimo:
 - CPU: 64 bit dual core @ 2.50 GHz o mejor.
 - RAM: 4GB o más.
 - OS: 64-bit Windows Vista o Windows 7.

Los tres niveles requieren un disco duro con al menos 400 MB de espacio libre.

La Figura 3.5 muestra el System Architect controlando al amplificador:

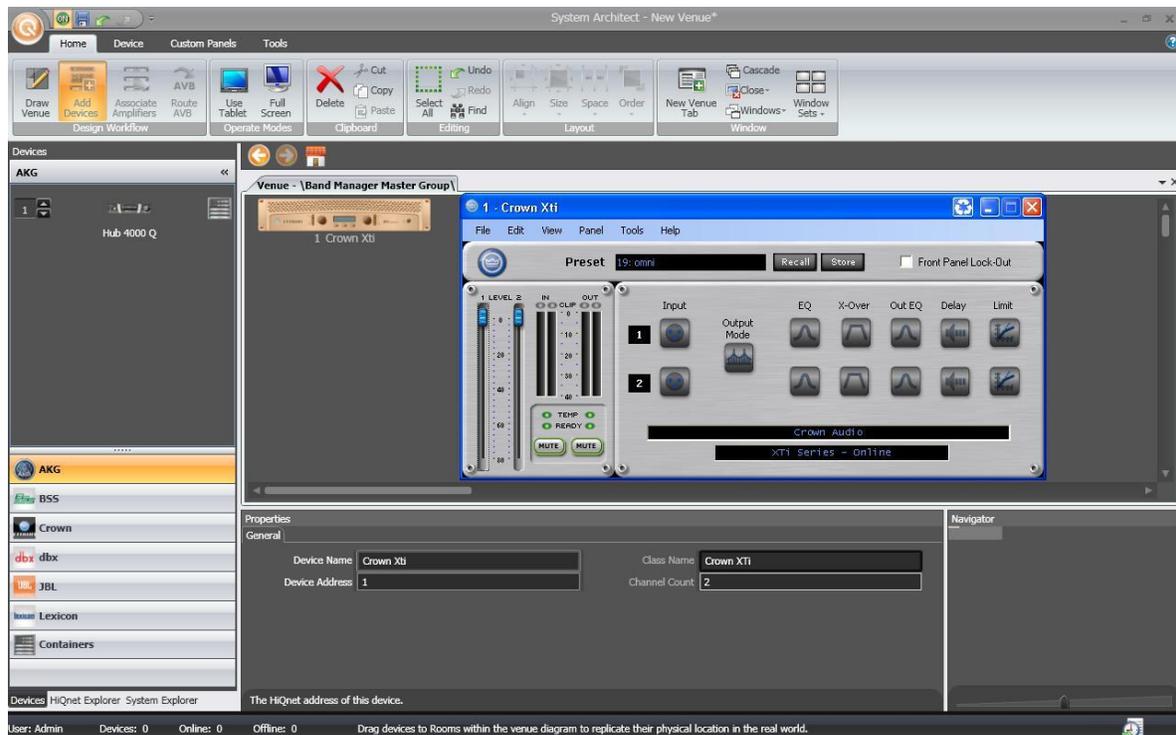


Figura 3.5 System Architect.

2. Studio Manager V2 Host V2.3.1 for Win:

- Para que la mezcladora digital 01V96VCM de Yamaha pueda ser manejada por el Studio Manager es necesario instalar los software específicos para ella en el siguiente orden y con la mezcladora conectada a la computadora:
 - a) USB-MIDI Driver V3.1.2 for Windows 7/Vista(32-bit), V2.3.2 for Windows XP/2000(32-bit)
 - b) 01V96VCM Firmware V2.41 for Win.
 - c) Studio Manager V2 Host V2.3.1 for Win.
 - d) 01V96V2 Editor V2.2.1 for Win.

A continuación se muestran los requerimientos técnicos de los software específicos para la mezcladora 01V96VCM de Yamaha.

1.1. USB-MIDI Driver V3.1.2 for Windows 7/Vista(32-bit), V2.3.2 for Windows XP/2000(32-bit): [3]

OS	Windows 7 (SP0/SP1)	Windows Vista (SP2)	Windows XP Professional/ Home Edition (SP3)	Windows 2000 (SP4)
CPU	32bit : 1.4GHz or higher Intel Core/Pentium/Celeron processor or Intel 64 compatible processor	32bit : 800MHz or higher Intel Core/Pentium/Celeron processor or Intel 64 compatible processor	32bit : 166MHz or higher Intel Core/Pentium/Celeron processor	166 MHz or higher Intel Core/Pentium/Celeron processor
Memory	1GB or more	512 MB or more	32 MB or more (64 MB or more is recommended)	32 MB or more (64 MB or more is recommended)
HDD	10 MB or more			

Figura 3.6 Requerimientos técnicos del USB-MIDI Driver V3.1.2 for Windows 7/Vista(32-bit), V2.3.2 for Windows XP/2000(32-bit)

1.2. 01V96VCM Firmware V2.41 for Win: [4]

OS	Windows 7 (32bit)	Windows Vista (32bit)	Windows XP	Windows 2000
CPU	1.4GHz or higher Intel Core/Pentium/Celeron family processor		Intel Pentium/Celeron 433MHz or faster	
Memory	1GB or more		128MB or more	
HDD	30 MB or more		10MB or more	
Display	1,024 x 768 pixels or higher; High Color 16-bit or higher			
Other	USB port			

Figura 3.7 Requerimientos técnicos del 01V96VCM Firmware V2.41 for Win.

³ Yamaha. (2011). Consultado en 2011 de http://www.yamahaproaudio.com/global/en/downloads/firmware_software

⁴ Yamaha. (2011). Consultado en 2011 de http://202.55.138.123/global/en/downloads/firmware_software

1.3. 01V96V2 Editor V2.2.1 for Win: [5]

OS	Windows 7 (32bit)	Windows Vista (32bit)	Windows XP	Windows 2000
CPU	1.4GHz or higher Intel Core/Pentium/Celeron family processor		Intel Pentium/Celeron 800MHz or faster	
Memory	1GB or more		256MB or more	
HDD	100MB or more		100MB or more	
Display	1,024 x 768 pixels or higher; High Color 16-bit or higher		1,024 x 768 pixels, 256 colors or higher; High Color 16bit recommended	
Other	USB port			

Figura 3.8 Requerimientos técnicos del 01V96V2 Editor V2.2.1 for Win.

La Figura 3.9 muestra el Studio Manager controlando a la mezcladora:

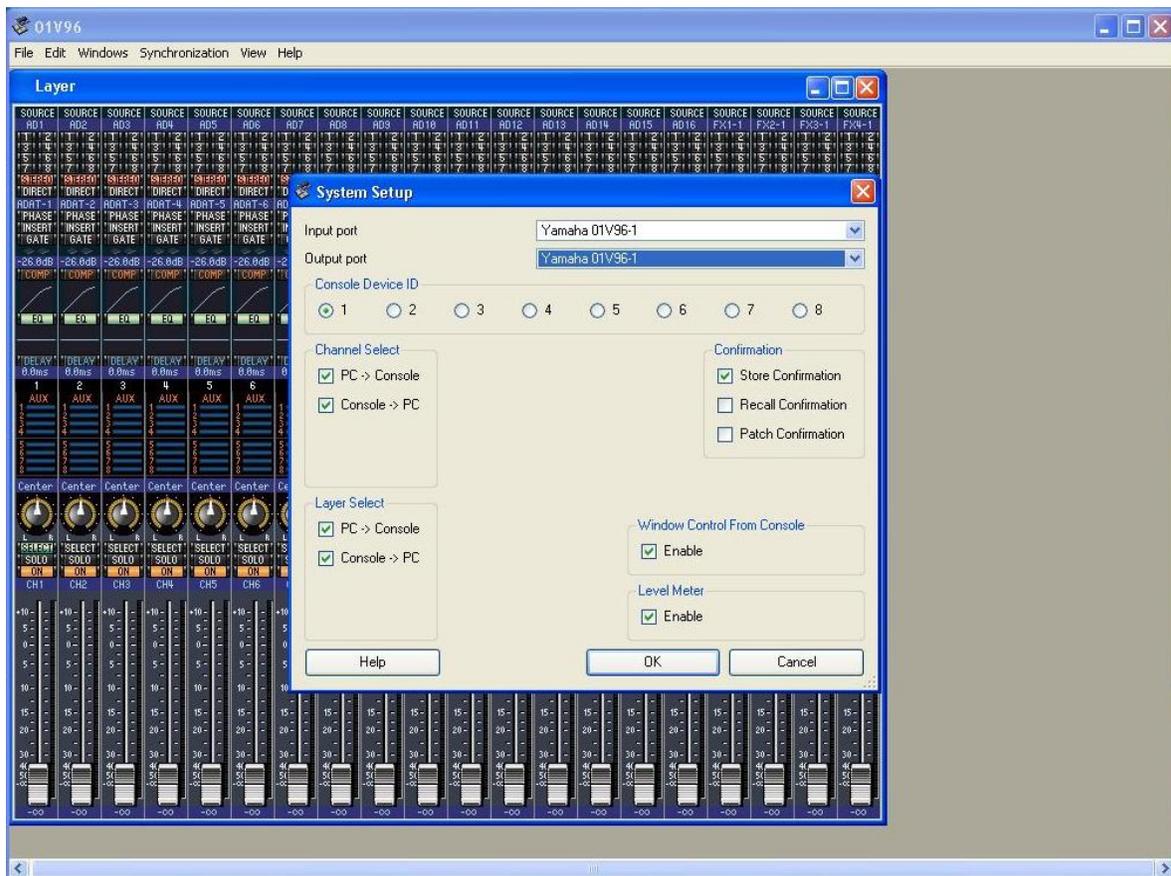


Figura 3.9 Studio Manager.

⁵ Yamaha. (2011). Consultado en 2011 de http://202.55.138.123/global/en/downloads/firmware_software

2. SATlive® Audio Measurement Tool V1.40.30:

Requerimientos técnicos:

- Windows XP, Vista y Windows 7.
- Espacio mínimo en disco duro de 14.02 MB.

La Figura 3.10 muestra el SATlive controlando a la interfaz US-122MKII:

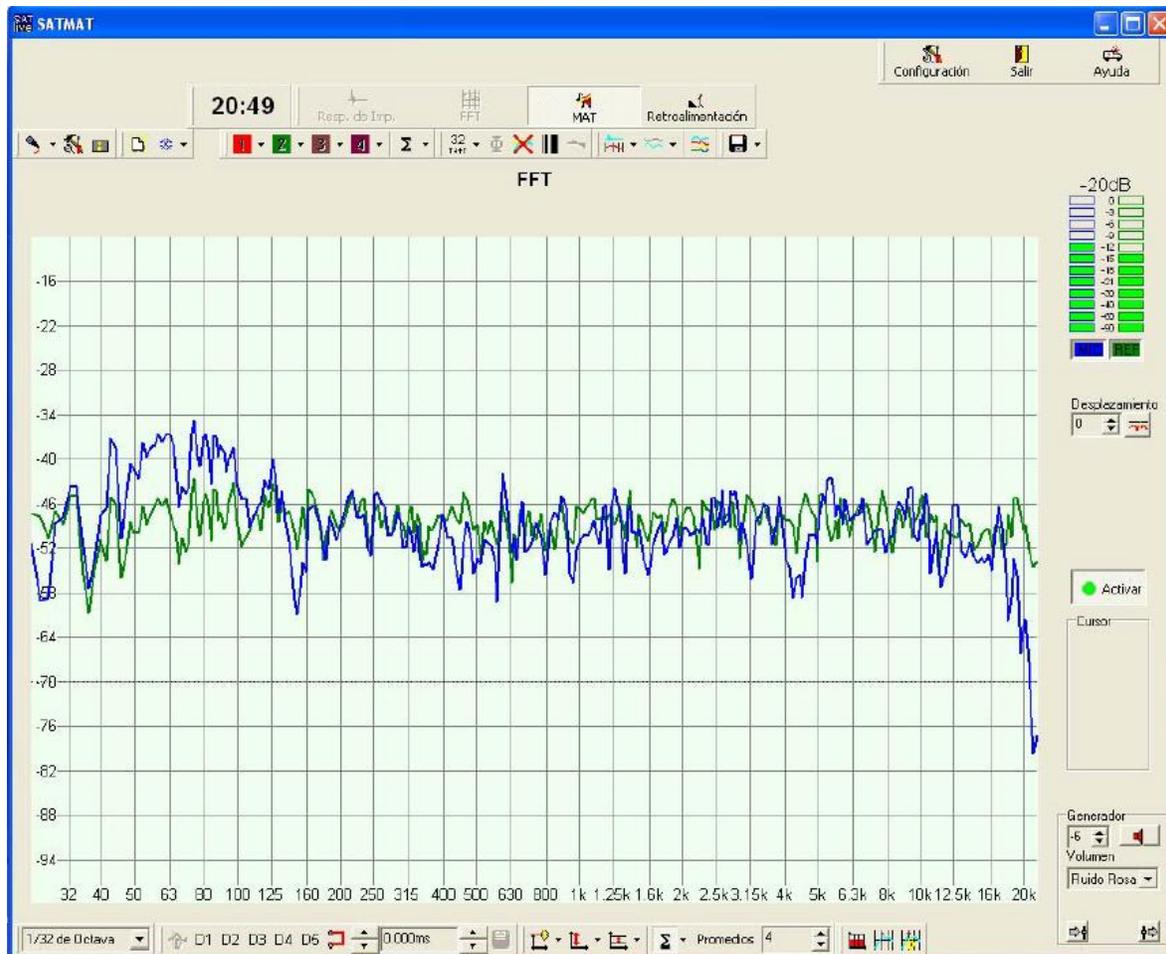


Figura 3.10 SATlive.

3.2.3 Creación de la Cuenta de Invitado en LogMeIn Para los Usuarios

Con la creación de esta cuenta los usuarios podrán acceder al laboratorio remoto de forma secuencial, la cual será creada y controlada por parte del administrador para tener una mayor seguridad en cuanto al manejo de contraseñas y manejo del equipo tanto de cómputo como de audio.

Para crear la cuenta de invitado es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Ir a la página www.logmein.com y autenticarse con la cuenta de administrador “ad.min_lab@hotmail.com”.
2. Dar clic en “Iniciar LogMeIn Central”.
3. Una vez ingresando a LogMeIn Central dar clic en la pestaña “Usuarios”.
4. Posteriormente dar clic en el botón “Añadir usuarios” para desplegar los campos y opciones a seleccionar.
5. Para la sección “Propiedades” en el campo “Dirección de e-mail” se hará uso de la cuenta “user.lab@hotmail.com”, las demás secciones dejarlas como están y dar clic en el botón “Enviar invitación”.
6. Completar el proceso de invitación dando clic en el vínculo que viene en el correo electrónico enviado por LogMeIn a ad.min_lab@hotmail.com.
7. En la página web que se despliega, para los campos de “Nombre” y “Apellidos” se hará uso de “Usuario” y “Laboratorio” respectivamente, también se necesitará de una contraseña para acceder.
8. Para finalizar dar clic en el botón “Crear cuenta”.

La Figura 3.11 muestra la cuenta de invitado “user.lab@hotmail.com” añadida a la cuenta de administrador en LogMeIn:

The screenshot displays the LogMeIn web interface for user management. At the top, there is a navigation bar with links for 'Productos', 'Acerca de nosotros', 'Ayuda', 'Contacto', 'Tienda', and 'Labs'. Below this, a sidebar on the left contains sections for 'ACCEDER', 'COPIAS DE SEGURIDAD', and 'RED'. The main content area is titled 'Usuarios' and shows a table of users with access to the administrator's computers. The table has columns for 'Correo electrónico', 'Nombre', and 'Estado'. One user is listed: 'user.lab@hotmail.com' with the name 'Usuario Laboratorio' and the status 'Activa'. There are also buttons for 'Añadir usuarios', 'Eliminar usuarios', 'Mover usuarios', 'Añadir grupo de usuarios', and 'Solicitar acceso'.

Figura 3.11 Usuario “user.lab@hotmail.com” añadido a la cuenta de administrador en LogMeIn.

3.2.4 Implementación de Streaming en el Servidor Davinci

Creación de la Cuenta en caster.fm

Para la creación de la cuenta en caster.fm es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Ir a www.caster.fm y dar clic en “Register” para desplegar el formulario de registro.
2. Para el campo “Username” se utilizará “adminlab” y para “Email Address” se hará uso de “ad.min_lab@hotmail.com”, una vez introducidas las contraseñas dar clic en el botón “Sign-up”.
3. Completar el proceso de inscripción dando clic en el vínculo que viene en el correo electrónico enviado por caster.fm.
4. Autenticarse en caster.fm e iniciar el servidor de streaming dando clic en el botón “Start Server”.

Una vez realizados estos pasos ya se cuenta con un servidor de streaming funcionando y listo para transmitir.

Los parámetros obtenidos para el servidor son los siguientes:

- Server IP: 173.193.202.125.
- Port: 15290.
- Mount: /listen.mp3.
- Bitrate: 64Kbps.
- Username: Source.
- Password

Estos parámetros servirán para configurar el software “Internet DJ Console”. También se obtiene el “Website Address” el cual es “<http://adminlab.Caster.fm>”, mediante este se podrán obtener los archivos multimedia para los diferentes “media players”.

Instalación y Configuración de Internet DJ Console en el Servidor Davinci

Requerimientos técnicos:

- Espacio en disco de al menos 1.3 MB.
- Sistema Operativo: X11 GTK.
- Requisitos mínimos:
 - Python
 - JACK
 - PyGTK

- vorbis-tools
- libsndfile
- libsamplerate
- libshout
- LAME
- eyeD3
- faad2
- libmad
- ffmpeg
- FLAC

Para instalar y configurar Internet DJ Console es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Entrar a la terminal como usuario "root" e Instalar Internet DJ Console mediante el siguiente comando:

su -c "apt-get install idjc"

2. Abrir el software dirigiéndose al menú Aplicaciones > Internet > Internet DJ Console, aparecerá una ventana y seleccionar la opción "A New Profile" y en el cuadro de texto asignarle un nombre, en este caso "LabVirtual". Una vez realizado lo anterior dar clic en "Aceptar".
3. Al aparecer la siguiente ventana dar clic en "Sí" para que el perfil sea creado, en la ventana siguiente seleccionar la opción "default" para importar la configuración predefinida y nuevamente dar clic en "Sí"
4. Al aparecer la interfaz de Internet DJ Console dar clic en "Output", en la siguiente ventana dar clic en "Server Details & Stream Format" para crear una nueva conexión con los parámetros obtenidos en caster.fm, una vez asignados dar clic en "Add".
5. Para establecer la conexión con el servidor de streaming (caster.fm) seleccionar la opción "1" de la sección "Group Controls" y finalmente dar clic en "Connect".
6. Una vez establecida la conexión y enviar la señal mezclada con los 8 canales de audio es necesario habilitar la entrada de micrófono dando clic en "1 Dj".

La Figura 3.12 muestra el software Internet DJ Console:

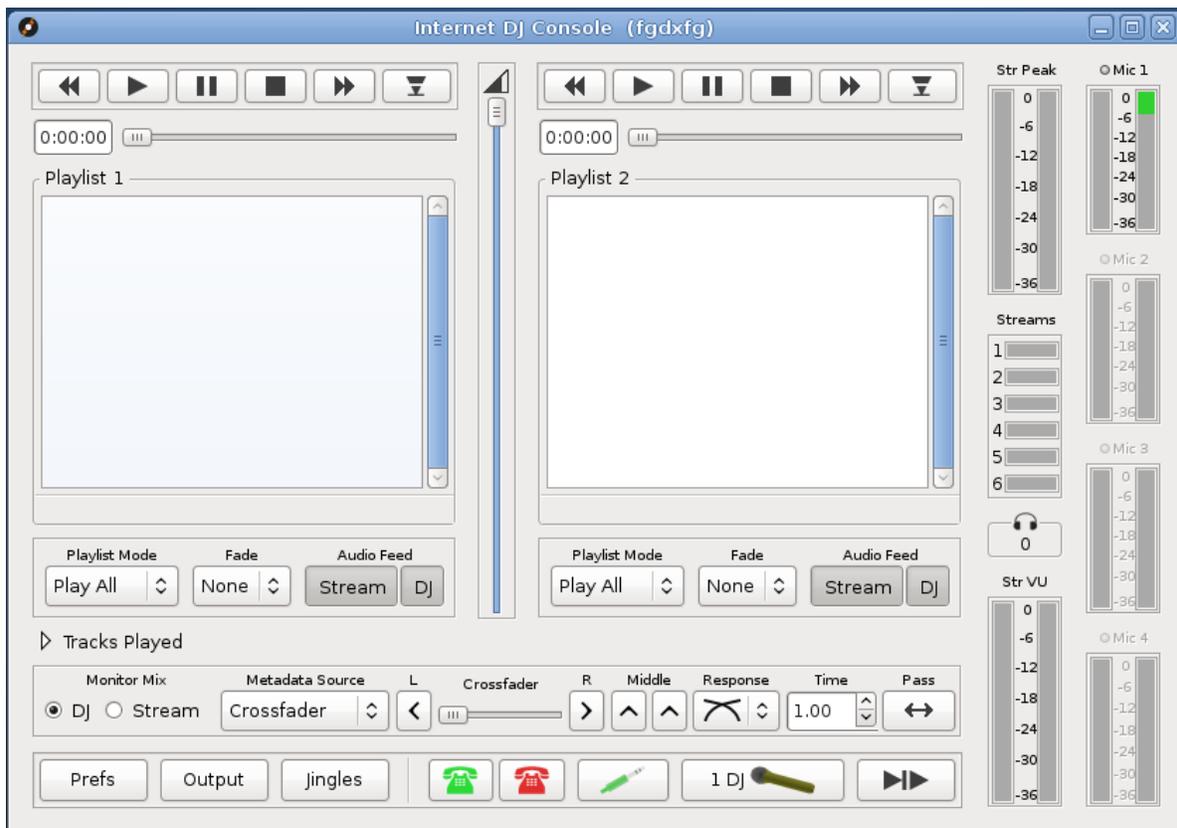


Figura 3.12 Internet DJ Console.

3.2.5 Instalación del Rack de Audio

El rack de audio será instalado justo donde se encuentra localizado el servidor “Davinci” en el laboratorio del Departamento de Control de la División de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

La mezcladora 01V96VCM de Yamaha, el amplificador XTi1000 de Crown y la interfaz de audio US-122MKII de TASCAM estarán conectados al servidor por medio de puertos USB, y para que la máquina virtual “LabVirtual” con Windows XP reconozca a estos dispositivos es necesario agregarlos como “Filtros de dispositivos USB” en la configuración de VirtualBox para esta máquina.

Para agregar Filtros de dispositivos USB a la máquina virtual “LabVirtual” se deben realizar los siguientes pasos:

1. Tener el equipo de audio conectado al servidor.
2. Teniendo la máquina virtual “LabVirtual” seleccionada dar clic en el botón “Configuración”.
3. En la ventana de “Configuración” dar clic en la sección de “USB” y seleccionar las opciones de “Habilitar controlador USB” y “Habilitar Controlador USB 2.0 (EHCI).
4. Agregar filtro dando clic en el ícono  y en la lista que se despliega de este seleccionar el dispositivo USB correspondiente al equipo de audio.
5. Una vez agregado el dispositivo dar doble clic sobre él para abrir la ventana de “Detalles de Filtro USB”, en la opción “Remoto” seleccionar “Sí” y luego dar clic en el botón “Aceptar” para cerrar esta ventana y guardar esta configuración.
6. Dar clic en “Aceptar” para cerrar la ventana de Configuración y guardar los filtros USB.
7. Posteriormente, cada vez que se inicie la máquina virtual es necesario habilitar los dispositivos dirigiéndose al menú Dispositivos > Dispositivos USB y seleccionar los dispositivos a ser habilitados.

3.2.6 Planificación y Administración del Laboratorio Remoto

El Laboratorio Remoto presenta una especial atención debido a que el manejo del equipo de audio mediante “LogMeIn” solo puede realizarlo una sola persona a la vez, lo cual obliga a la planeación de horarios para los usuarios así como se realiza en cualquier institución educativa que implique el uso de algún tipo de laboratorio presencial.

Por otra parte, para ahorrar costos en cuanto a la utilización de LogMeIn, el administrador deberá cambiar la contraseña de autenticación de la cuenta de invitado de LogMeIn “user.lab@hotmail.com” en cada cambio de horario con el fin de asegurar que ningún otro usuario pueda ingresar en un horario que no le corresponda e interferir con las actividades de algún usuario que se encuentre utilizando el equipo de audio. Para ello cada usuario contará con una “contraseña personalizada”. No es necesario que el administrador también cambie el “código de acceso al ordenador” en el software de host LogMeIn.

Es importante la supervisión del manejo del equipo de audio como medida de seguridad, ya que ante alguna situación de emergencia debe haber alguien que desconecte el equipo para que este no sufra algún daño o para que este no pueda dañar la tarjeta de sonido del servidor.

Se debe dar mantenimiento a la máquina virtual revisando cada mes la última versión de “VirtualBox” disponible así como del “VirtualBox Extension Pack”, con lo cual se asegurará un mejor funcionamiento día con día.

Es imprescindible que a diario se revise el funcionamiento del laboratorio antes de que los usuarios comiencen a utilizarlo para que así sea menos susceptible a que pudiera fallar en determinado momento, entre los aspectos que deben revisarse se encuentran:

1. El equipo de audio debidamente conectado al toma corriente y al servidor mediante USB, en el caso de la mezcladora también la conexión con la entrada de micrófono del servidor.
2. La habilitación de los puertos USB del equipo de audio durante la ejecución de la máquina virtual “LabVirtual” y que el equipo este respondiendo adecuadamente con el software de cada dispositivo.
3. El software de host “LogMeIn” esté activado.
4. El servidor de streaming en “caster.fm” esté activado.
5. La conexión de “Internet DJ Console” con caster.fm este establecida.
6. La habilitación de la entrada de micrófono de Internet DJ Console.
7. La disponibilidad de los vínculos de los archivos multimedia de streaming para que los usuarios puedan utilizar el “media player” que deseen para monitorear las actividades que se vayan a realizar.
8. Realizar una prueba del laboratorio en su conjunto.

Capítulo 4

Evaluación de Desempeño del Laboratorio Prototipo

4.1 Evaluación de Desempeño del Laboratorio Virtual

4.1.1 Aplicaciones Realizadas en LabView 8.2.1©

La Figura 4.1 muestra al “Convertor de Decibeles” ejecutándose en Internet Explorer:

Figura 4.1 “Convertor de Decibeles” ejecutándose en Internet Explorer.

La Figura 4.2 muestra al “Ecuador Semiparamétrico” ejecutándose en Internet Explorer:

Ecuador Semiparamétrico

Aplicación web que muestra el manejo de un ecualizador semiparamétrico.

Los parámetros a modificar son la frecuencia central y la ganancia en cada banda, mientras que el ancho de banda se mantiene fijo.

Para su funcionamiento requiere un archivo de audio con extensión .wav, el cual debe contener una pista de audio de algún instrumento musical.

TUTORIAL

HERRAMIENTAS

Sito Web por Javier Mendoza© 2011

Figura 4.2 “Ecuador Semiparamétrico” ejecutándose en Internet Explorer.

La Figura 4.3 muestra a “Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu” ejecutándose en Internet Explorer:

The screenshot shows a web browser window titled "Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu - Windows Internet Explorer". The address bar shows the file path: "C:\Documents and Settings\page\Mis documentos\Tesis\LabView y Web\Web\Estructura de Ganancia.html". The browser's menu bar includes "Archivo", "Edición", "Ver", "Favoritos", "Herramientas", and "Ayuda". The page content includes navigation buttons for "INICIO", "MÓDULOS", and "DATOS". A blue link reads "Módulo III: Unidad IV y Módulo IV: Unidad III". The main heading is "Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu" in red. Below the heading is a descriptive paragraph: "Aplicación web que muestra el manejo de una estructura de ganancia, la cual se compone de una mezcladora, un ecualizador, un crossover y un amplificador de potencia." This is followed by two more paragraphs: "La estructura de ganancia debe ser ajustada a +4 dBu, ya sea para una línea de audio balanceada o desbalanceada." and "Los parámetros a modificar son la frecuencia central y la ganancia en cada banda, mientras que el ancho de banda se mantiene fijo." A third paragraph states: "Para su funcionamiento es necesario contar con un micrófono conectado a la tarjeta de audio de la computadora." To the right of the text is the logo of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) and two buttons labeled "TUTORIAL" and "HERRAMIENTAS". The main control interface is a grey window titled "Edit Operate" with a "STOP" button. It contains several sections: "Mezcladora" with a gain knob; "Línea de Audio" with a "Balanceada" radio button; "Ecualizador" with five frequency sliders labeled "Bajos", "Medios - Bajos", "Medios - Agudos", "Agudos", and "Maestro"; and "Crossover" and "Amplificador" sections with four vertical sliders. The sliders have numerical values: -4.1459E, 9.0846, 13.754, and 6.49244. At the bottom right of the browser window, it says "Site Web por Javier Mendoza© 2011".

Figura 4.3 “Estructura de Ganancia y Ajuste a 0 VU o +4 dBu” ejecutándose en Internet Explorer.

La Figura 4.4 muestra al “Sonómetro Integrador” ejecutándose en Internet Explorer:

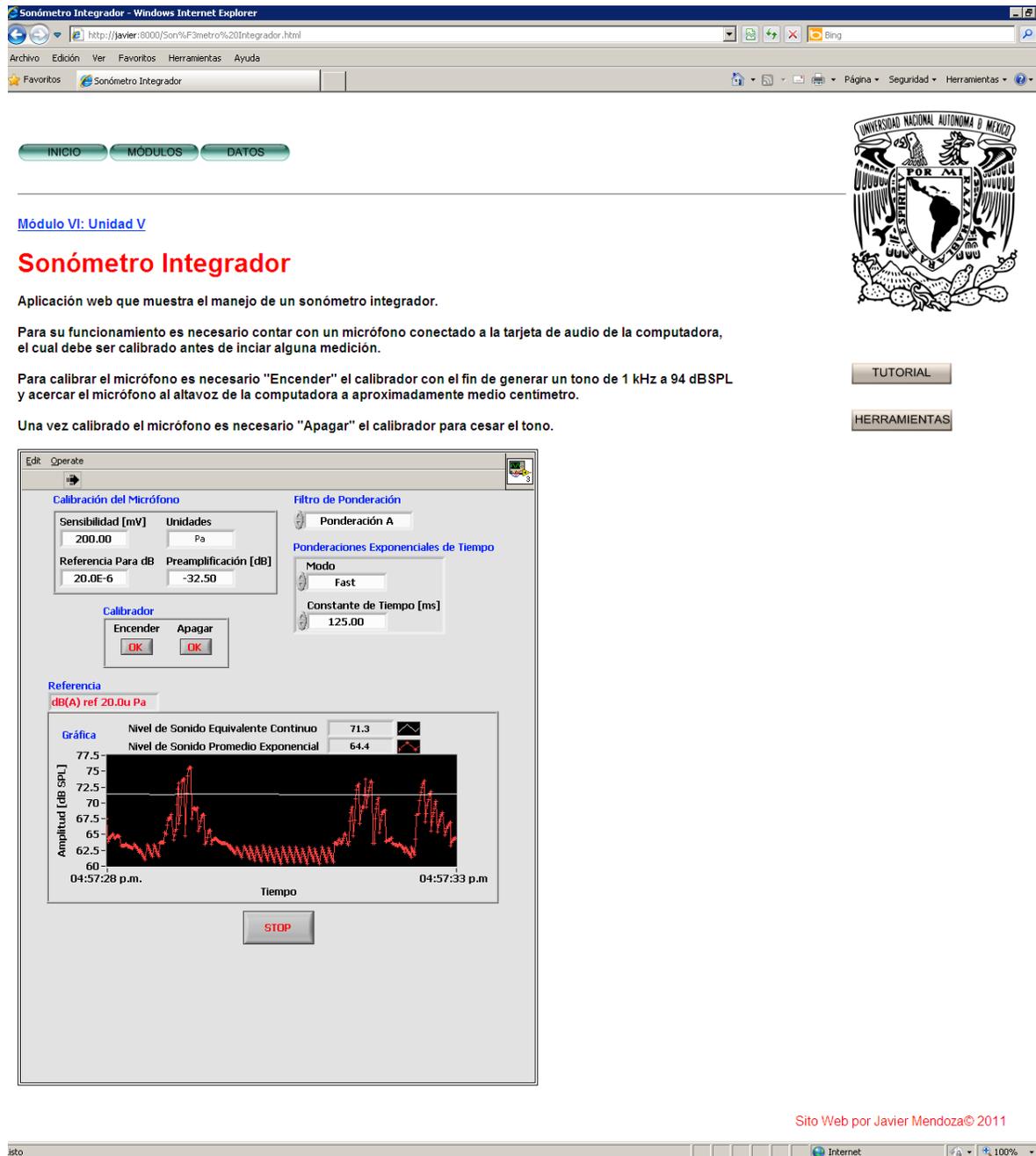


Figura 4.4 “Sonómetro Integrador” ejecutándose en Internet Explorer.

Las aplicaciones desarrolladas en LabView 8.2.1© no presentaron problemas al ser ejecutadas con Internet Explorer, teniendo así el desempeño esperado. Todos los VI’s desarrollados fueron migrados a LabView 2011© y además de Internet Explorer se hicieron pruebas con Mozilla Firefox y Google Chrome obteniendo los mismos resultados.

4.2 Evaluación de Desempeño del Laboratorio Remoto

4.2.1 Control Remoto del Equipo de Audio Mediante LogMeln y Recepción de la Señal de Audio Mediante Streaming

Tal como se esperaba, existe una latencia al momento de controlar el equipo remotamente mediante LogMeln, pero existe una latencia aún mayor al momento de monitorear el equipo de audio mediante Streaming, lo cual ocasiona que exista un desfase entre lo que se controla y lo que se monitorea.

Una solución a este problema sería contratar un servicio de Streaming de audio profesional, con lo cual se lograría una velocidad de transmisión mayor y por lo tanto disminuir el desfasamiento.

Por otra parte el tráfico en la red es imprescindible en estos casos, siendo imposible medir con exactitud el tiempo de desfasamiento entre ambas partes, sin embargo el aumento de la velocidad en Internet es cada vez mayor y dichos servicios irán mejorando en los próximos años, con lo cual se irá logrando un funcionamiento óptimo para los fines planteados en esta tesis, la cual es un proyecto a largo plazo.

Capítulo 5

Manual de Referencia Para el Usuario del Laboratorio Prototipo

5.1 Manual de Referencia Para el Usuario

5.1.1 Requisitos Técnicos Mínimos de Equipo de Cómputo y Software Necesario

Para hacer un uso adecuado del laboratorio prototipo en línea es necesario lo siguiente:

Hardware Mínimo

- Procesador a 1.5 GHz.
- Memoria RAM de 1 GB.
- Disco duro de 40 GB.
- Altavoces, auriculares (recomendado) o monitor de campo cercano.
- Tarjeta de red o antena de red inalámbrica.
- Conexión a internet de forma alámbrica o inalámbrica a través de un módem que proporcione una velocidad de transferencia de información mayor o igual a 100 Mbps.

Software Necesario

- Microsoft Windows XP©, Vista© o Windows 7©.
- Contar con la carpeta “Componentes Adicionales”, la cual contendrá el “LabView Browser Plugin” para Internet Explorer y los componentes para que puedan ser ejecutadas las aplicaciones de LabView en el navegador, para ello se debe ejecutar el programa “setup.exe” para que sean instalados dichos componentes. La carpeta estará disponible en la plataforma Moodle.

La Figura 5.1 muestra la carpeta de Componentes Adicionales:

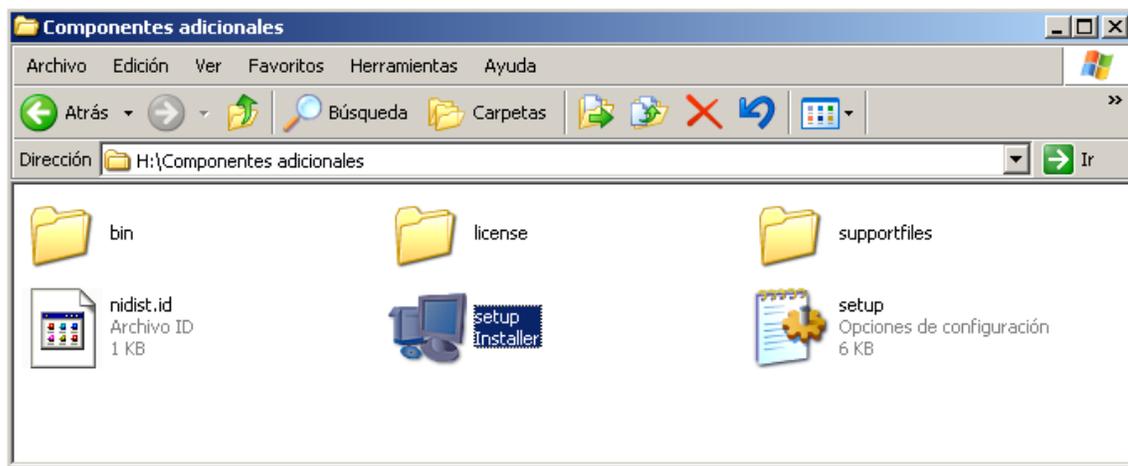


Figura 5.1 Carpeta “Componentes Adicionales”.

- Contar con el navegador web Internet Explorer de Microsoft© (versión 6, mínimo).
- Contar con el plugin “ActiveX Control” de LogMeIn para Internet Explorer al momento de realizar por primera vez el manejo remoto del equipo de audio. Para este rubro también se podrá utilizar Mozilla Firefox y se deberá de contar con el “Complemento de LogMeIn para Firefox”.

5.1.2 Utilización del Laboratorio Prototipo

Laboratorio Virtual

Para acceder y hacer uso del Laboratorio Virtual es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Abrir Internet Explorer, Mozilla Firefox o Google Chrome; e ir a la plataforma Moodle para ingresar al curso de “Ingeniería de Sonido”.
2. Si es la primera vez que se accede al curso descargar el archivo “Componentes_Adicionales.zip”, descomprimirlo e instalar los componentes adicionales mediante el programa “setup.exe”. Una vez instalados los componentes adicionales se podrán ejecutar todas las aplicaciones virtuales del curso.
3. Acceder a la aplicación virtual correspondiente a cada tema para comenzar con la práctica del mismo. Se notará que la página web con la aplicación virtual se abre dentro de Moodle.

Laboratorio Remoto

Para acceder y hacer uso del Laboratorio Remoto es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Abrir Internet Explorer o Mozilla Firefox e ir a la plataforma Moodle para ingresar al curso de “Ingeniería de Sonido”.
Se encontrará el vínculo www.logmein.com y al abrir la página de “LogMeIn” autenticarse con “user.lab@hotmail.com” y con la “contraseña personalizada” proporcionada por el administrador, se notará que la página de LogMeIn se carga en una ventana emergente.
También se encontrarán los vínculos para descargar los archivos multimedia de streaming para cada “media player”.
2. Una vez autenticándose en LogMeIn dar clic en el botón “Control Remoto”.
3. Si es la primera vez que se accede a LogMeIn pedirá la instalación del “ActiveX Control” para Internet Explorer o la instalación del “Complemento de LogMeIn para Firefox”.
4. En la siguiente página introducir el “código de acceso al ordenador” proporcionado por el administrador y dar clic en el botón “Registro”.
5. En la siguiente ventana dar clic en el botón “Aceptar” para controlar de forma remota a “LabVirtual”.
6. Una vez que se muestra el escritorio de LabVirtual comenzar con las actividades a realizar.

7. Para establecer una conversación chat con la persona encargada, arriba del escritorio de LabVirtual dar clic en “Opciones” y en el menú que se despliega dar clic en el botón “Conversación”, con lo que aparecerá un cuadro de texto blanco arriba del escritorio de LabVirtual para iniciar la conversación. Una vez iniciada la conversación, en el escritorio de LabVirtual aparecerá una ventana que mostrará el progreso de la conversación y mediante ella la persona encargada podrá responder.
8. Para terminar el manejo remoto de LabVirtual dar clic en el botón “Desconectar” el cual se encuentra del lado izquierdo del escritorio de LabVirtual.
9. Para permitir el acceso a otro usuario cerrar la sesión de invitado en LogMeIn dando clic en “Cerrar sesión”.

Conclusiones

Se cumplió el objetivo de esta tesis logrando implementar un laboratorio prototipo para un curso de Ingeniería de Sonido en Línea.

Para la parte virtual del laboratorio prototipo se desarrollaron los VI's suficientes para diseñar actividades por parte de los expertos en contenidos y que se complementan con la parte del laboratorio remoto, y debido a las limitaciones de los recursos económicos la parte remota del laboratorio prototipo fué implementada con poco equipo de audio, en una máquina virtual y con una transmisión de streaming con códec de compresión con pérdidas (MP3); sin embargo, fué llevada a cabo una búsqueda exhaustiva para poder implementar el laboratorio prototipo con los menores costos posibles.

La implementación y evaluación del laboratorio prototipo fue llevada a cabo localmente debido a la imposibilidad de hacer empleo del servidor "Davinci" y de no contar con los usuarios necesarios.

El desarrollo de cada uno de los capítulos presentó sus problemas particulares, los cuales en su mayoría fueron por la escasa información ante este tema, ya que a pesar de la existencia de laboratorios remotos y virtuales de todo tipo alrededor del mundo, el planteamiento de esta tesis en pionera en el tema.

Por tal motivo, para alcanzar el objetivo final fué necesario el aprendizaje de diversas áreas de conocimiento no solo científico y tecnológico, sino también disciplinarias y de aprendizaje. Es así como puedo decir que la elaboración de esta tesis me ha dejado una buena experiencia en todos los aspectos de los cuales puedo mencionar:

Adquisición de nuevo conocimiento: Sobre todo en lo concerniente al audio y acústica, ya que es algo ajeno a mí por pertenecer al área de computación.

Interpretar la información: Al ser la información escasa en algunas ocasiones y muy abundante en otras, fué complicado discernir entre la buena y mala información, además de que mucha información en cuanto al tema está en el idioma inglés.

Búsqueda de las mejores herramientas: La utilización de buenas herramientas para la realización de la parte remota del laboratorio prototipo fué imprescindible, por tal motivo se propusieron herramientas que cumplieran con los objetivos planteado por el director de esta tesis.

Prueba y error: Fué necesario en las configuraciones para la máquina virtual y para su instalación en un sistema operativo Linux, en este caso Debian, así como para poder determinar el mejor software y servidor para la implementación del streaming.

Gusto y ambición por el conocimiento: Al elaborar las aplicaciones en LabView obtuve un gusto y facilidad para este lenguaje de programación, de forma que me gustaría seguir virtualizando aplicaciones de Ingeniería de Sonido, lo cual implica seguir adquiriendo conocimiento en este rubro.

Paciencia y disciplina: Durante el desarrollo de esta tesis hubo conceptos que me costaron trabajo comprender y situaciones que fueron difíciles de resolver, sin embargo con el estudio diario y esfuerzo constante fui perseverando hasta llegar al objetivo final.

Finalmente puedo concluir diciendo que la visión de este proyecto a futuro depende de la parte económica para poder adquirir más equipo de audio y de cómputo, así como del desarrollo tecnológico en Internet en cuanto a velocidad de transmisión. Sin embargo es posible adquirir las nuevas tecnologías tal como lo es el IPv6 de Internet2 con lo cual se puede asegurar un futuro prometedor para lo planteado en esta tesis. Se tiene pensado iniciar el curso de Ingeniería de Sonido con 15 usuarios para posteriormente incrementar el número de cursos con más equipo de audio y con más usuarios. La parte remota del laboratorio prototipo se diseñó para poder, en determinado momento, ser emigrada a una computadora con Windows para lograr un mejor funcionamiento.

Las recomendaciones inmediatas para un mejor funcionamiento para la parte virtual del laboratorio prototipo son las siguientes:

- Migrar las aplicaciones a la versión LabView 2011© para que puedan ejecutarse en Internet Explorer, Mozilla Firefox y Google Chrome, con lo cual se lograría una mayor uniformidad con la parte remota del laboratorio prototipo.
- Utilizar la estructura “Stacked Sequence” o “Flat Sequence” para las aplicaciones que se ejecuten de manera secuencial, esto ayudará a ahorrar memoria y por lo tanto a una ejecución más eficiente en los navegadores web.

Las recomendaciones a futuro para un mejor funcionamiento para la parte remota del laboratorio prototipo son las siguientes:

- Adquirir la tecnología IPv6 de Internet2 para lograr una mayor velocidad de transmisión.
- Migrar al laboratorio remoto a una computadora con Windows para no hacer uso de una máquina virtual y asimismo sustituir el software Internet DJ Console (linux) por el “edcast DSP” el cual es un plugin para Winamp.
- Contratar o implementar un servidor para transmisión de streaming con un códec de compresión libre de pérdidas como lo es FLAC (Free Lossless Audio Codec). En caso de contratar un servidor el costo mensual es alrededor de \$56 USD.
- Contar con un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) para proteger al rack de audio y equipo de cómputo frente a cualquier percance con el suministro de energía eléctrica. Las características del SAI deberán ser para 120 VCA, mínimo 1700 Watts y el tiempo solo el necesario para apagar el equipo de audio y de cómputo adecuadamente en caso de un corte de energía eléctrica inesperado. En caso de adquirir más equipo de audio para un rack, el SAI deberá soportar más de 1700 Watts, considerando siempre un 30% más de la potencia calculada.

Javier Mendoza

Apéndices

A – Especificaciones Técnicas de la Mezcladora Digital 01V96VCM de Yamaha

01V96VCM Specifications

Outline		01V96VCM
Mixing capability	Mixing channels	32 Mono + 4 Stereo
	GROUP	8
	AUX	8
	MAIN	Stereo
	Input channel functions	Gate Attenuator 4-band PEQ 2x Compressor Delay Pan
	Output channel functions	Attenuator 4-band PEQ Compressor Delay
	On-board processors	4x SPX multi effectors
I/O	Mic inputs	12
	Phantom power	+48V DC; ON/OFF per 4ch
	Line inputs	2x Stereo 2x 2tr in
	AD converter	24-bit; 128-time over sampling
	Line outputs	Stereo output Monitor output 4x Omni output
	DA converter	24-bit; 128-time over sampling
	Digital I/O	ADAT (8-in/8-out) 2tr in/out
	Expansion slots	Mini-YGDAI (16-in/16-out)
	Control and others	To Host(USB) MIDI Word clock I/O
General specifications		01V96VCM
Internal processing		32bit Accumulator: 58bit
Sampling frequency rate	Internal	44.1 kHz 48 kHz 88.2 kHz 96 kHz
	External	44.1kHz/88.2kHz (-10%) - 48kHz/96kHz (+6%)
Signal delay		Less than 1.6ms (@48kHz) Less than 0.8ms (@96kHz)
Total harmonic distortion		Less than 0.05% (20Hz-40kHz)
Frequency response		0 +0.5 -1.5dB 20Hz-40kHz
Dynamic range		DA: 110dB; AD+DA: 105dB
Hum & noise level	Equivalent input noise	-128dBu
	Residual output noise	-86dBu

Crosstalk	-80dB	
Power requirements	AC100V 120V 220-240V 50/60 Hz	
Power consumption	90W	
Dimensions	W	436mm; 17-3/16in
	H	150mm; 5-7/8in
	D	548mm; 21-9/16in
Net weight	15kg; 33.1lbs	
Accessories	Owner's Manual Studio Manager Installation Guide AC power cord	

Analog input characteristics

Input terminal	PAD	GAIN	Actual load impedance	For use with nominal	Input level			Connector
					Sensitivity	Nominal	Max. before clip	
CH INPUT 1 to 12	0	-60dB	3kohms	50-600ohm Mics & 600ohm Lines	-70dB	-60dB	-40dB	A:XLR-3-31 type (Balanced) B:TRS phone jack (Balanced)
	20	-16dB			-26dB	-16dB	+4dB	
CH INPUT 13 to 16		-26dB	10kohms	600ohm Lines	-36dB	-26dB	-6dB	TRS phone jack (Balanced)
		+4dB			-6dBV	+4dB	+24dB	
CH INSERT IN 1 to 12			10kohms	600ohm Lines	-6dB	+4dB	+24dB	TRS phone jack (Unbalanced)
2TR IN [L,R]			10kohms	600ohm Lines	-10dB	-10dB	+10dB	RCA pin jack (Unbalanced)

Analog output characteristics

Output terminal	Actual source impedance	For use with nominal	Output level		Connector
			Nominal	Max. before clip	
STEREO OUT L,R	75ohms	600ohm Lines	+4dB	+24dB	XLR-3-32 type (Balanced)
OMNI OUT 1 to 4	150ohms	10kohm Lines	+4dB	+24dB	TRS phone jack (Balanced)

MONITOR OUT L,R	150ohms	10kohm Lines	+4dB	+24dB	TRS phone jack (Balanced)
CH INSERT OUT 1 to 12	600ohms	10kohm Lines	+4dB	+24dB	TRS phone jack (Unbalanced)
2TR OUT [L,R]	10Kohms	600ohm Lines	-10dBV	+10dBV	RCA pin jack (Unbalanced)
PHONES	100ohms	8ohm Lines	4mW	25mW	ST phone jack (Unbalanced)
		40ohm Lines	12mW	75mW	

Digital input characteristics

Terminal	Format	Data length	Level	Connector
2TR IN DIGITAL	IEC-60958	24bit	0.5Vpp/75ohms	RCA pin jack
ADAT IN	ADAT *1	24bit	-	OPTICAL

Analog input characteristics

Terminal	Format	Data length	Level	Connector
2TR OUT DIGITAL	IEC-60958 Consumer use	24bit	0.5Vpp/75ohms	RCA pin jack
ADAT OUT	ADAT	24bit	-	OPTICAL

Control I/O characteristics

Terminal	Format	Level	Connector
TO HOST USB	USB	0V - 3.3V	B type USB connector
MIDI	IN *1	MIDI	-
	OUT	MIDI	-
	THRU	MIDI	-
WORD CLOCK	IN	-	TTL/75ohms
	OUT	-	TTL/75ohms

*1. MIDI IN can use as TIME CODE IN MTC.

B – Compresión MP3

MP3 es un formato de datos que debe su nombre a un algoritmo de codificación llamado MPEG 1 Layer 3, el cual, a su vez, es un sistema de compresión de audio que permite almacenar sonido con una calidad similar a la de un CD y con un índice de compresión muy elevado, del orden de 1:11. En la práctica, esto significa que en un CD-Rom se pueden grabar unos 11 CD de audio, es decir, unas 150 canciones aproximadamente.

El sistema de codificación que utiliza MP3 es un algoritmo de pérdida. Es decir, el sonido original y el que se obtiene posteriormente no son idénticos. Esto se debe a que MP3 aprovecha las deficiencias del oído humano y elimina toda aquella información que no es capaz de percibir. Se han realizado multitud de estudios de percepción acústica descubriendo que hay una serie de efectos que pueden ayudar a la codificación del sonido con el objetivo de reducir todo lo posible la cantidad de información inútil o redundante. Los más importantes son:

- Los límites de audición: El oído humano solo trabaja con frecuencias que van entre los 20 [Hz] y los 20 [kHz] aproximadamente, con lo que las frecuencias restantes son descartables.
- Efecto de enmascaramiento. Es aquel que se produce cuando dos señales de frecuencia similar se superponen. Entonces solo se percibe aquella que posee más volumen y, por lo tanto, la de volumen menor es susceptible de ser eliminada.
- Redundancia de estéreo. Existen redundancias entre los componentes tonales y no tonales del sonido en los dos canales estéreo, y, además, por debajo de una cierta frecuencia el oído humano no es capaz de percibir la direccionalidad del sonido, por lo cual por debajo de estas frecuencias es posible incluso codificar un solo canal, junto con información complementaria para restaurar la sensación espacial para el otro canal.

Para realizar ésta acción de "pérdida de información" se utiliza un sistema llamado Codificación de SubBandas, proceso por el cual la señal se descompone en subbandas a través de un banco de filtros. Éstas subbandas se comparan a continuación con el original mediante un modelo psicoacústico que es el encargado de determinar que bandas se pueden eliminar y cuales no.

Dependiendo de la calidad que se desee obtener, se eliminarán más o menos bandas. Para finalizar el proceso, se cuantifican y codifican las subbandas resultantes, y el resultado final se comprime mediante un algoritmo estándar, obteniendo así el fichero MP3 resultante. El proceso de codificación es mucho más complicado que el de decodificación, por ello se tarda mucho más en codificar un archivo MP3 que en reproducirlo.

Este algoritmo de codificación perceptual fue desarrollado por la sociedad MPEG (Moving Picture Expert Group) en conjunción con el Instituto Tecnológico de Franunhofer, y se ha estandarizado como una norma ISO.

Un fichero Mp3 se constituye de diferentes frames MP3 que a su vez se componen de una cabecera Mp3 y los datos MP3. Esta secuencia de datos es la denominada "stream elemental". Cada uno de los Frames son independientes, es decir, una persona puede cortar los frames de un fichero MP3 y después reproducirlos en cualquier reproductor MP3 del Mercado. La cabecera consta de una palabra de sincronismo que es utilizada para indicar el principio de un frame válido. A continuación siguen una serie de bits que indican que el fichero analizado es un fichero Standard MPEG y si usa o no la capa 3. Después de todo esto, los valores difieren dependiendo del tipo de archivo MP3. Los rangos de valores quedan definidos en la ISO/IEC 11172-3.

La Transformada Discreta de Fourier (DFT) es utilizada en el proceso de elaboración de un fichero MP3, la cual puede calcularse de modo muy eficiente mediante el algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier (FFT).

Bibliografía y Mesografía

Libros, Revistas y Artículos:

1. Parra, A. T. (2010). *Implementación de un Tutorial de Ingeniería de Sonido en Línea*. México.
2. Cordero, H. *e-Learning*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica – Sede del Atlántico.
3. Hall, R. K. (2008). Revista Sonido y Acústica (Vol. 3 Núm. 2). *Universidad Tecnológica de Chile*.
4. Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B. y Sanders J. V. (1988). *Fundamentos de Acústica*. México: Limusa.
5. Davis, D. y Davis, C. (1983). *Ingeniería de Sistemas Acústicos*. España: Marcombo.
6. Hewitt, P. G. (1999). *Física Conceptual* (3ª. ed.). México: Addison Wesley.
7. Davis, G. y Jones, R. (1990). *Sound Reinforcement Handbook* (2a. ed.). Estados Unidos: Yamaha Corporation.
8. Jess, J. J. (1967). *La Física del Sonido Musical*. México: Reverté Mexicana.
9. Calvo, I., Zulueta, E., Gangoiti, U. y López, J. M. (2008). Laboratorios Remotos y Virtuales en Enseñanzas Técnicas y Científicas. *Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz*.
10. Doña, J. M., García, J. E., López, J., Pascual, F. y Pascual, R. F. (2010). Virtualización de Servidores. Una Solución de Futuro. *Hospital Universitario Virgen de la Victoria Campus Universitario de Teatinos*.
11. Qureshi, O. (2007). *SoftGrid Application Virtualization*. Estados Unidos: Microsoft.
12. Mata, G., Sánchez, V. y Gómez, J. (2002). *Análisis de Sistemas y Señales con Cómputo Avanzado*. México: Facultad de Ingeniería UNAM.
13. Escobar, L. H. (2009). *Conceptos Básicos de Procesamiento Digital de Señales*. México: Facultad de Ingeniería UNAM.
14. Dunn, J. (2004). *Measurement Techniques for Digital Audio*. Estados Unidos: Audio Precision, Inc.
15. Camargo, H., Arrieta, C., Vergara, C., García, I. y Pulido, F. (2010). Implementación de LogMein para controlar de manera remota un variador de velocidad Cuttler Hammer. *Universidad Autónoma del Caribe*.
16. Gómez, O. y Candón, M. (2010). Técnicas de adquisición y procesado digital de señales.

17. McCarthy, B. (2007). *Sound Systems: Design and Optimization*. Estados Unidos: Elsevier Ltd.
18. Jiménez, L., Puerto, R., Reinoso, O., Fernández, C. y Ñeco, T. (2005). RECOLAB: Laboratorio Remoto de Control Utilizando MatLab y Simulink. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*.
19. McGregor, C. (1999). Advanced System Gain Structure. *Community Professional Loudspeakers*.
20. Murray, J. Sound System Gain Structure. *ProSonic Solutions*.

Hipervínculos:

1. *Milenium*. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.informaticamilenium.com.mx/paginas/mn/articulo78.htm>
2. *Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla*. (2007). Consultado en 2011 de <http://www.cfp.us.es/web/contenido.asp?id=3417>
3. *e-ABC*. (2010). Consultado en 2011 de <http://www.e-abclearning.com/definicion-e-learning>
4. *e-ABC*. (2010). Consultado en 2011 de <http://www.e-abclearning.com/queesunaplataformadeelearning>
5. *e-ABC*. (2010). Consultado en 2011 de <http://www.e-abclearning.com/queesscorn>
6. *Advanced Distributed Learning* (2011). Consultado en 2011 de <http://www.adlnet.gov/>
7. *elearning y scorm*. (s.f.). Consultado en 2011 de http://elearning-scorm.com/estandares_elearning.php
8. *Pontificia Universidad Javeriana*. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://www.javeriana.edu.co/ceantic/scorm/>
9. *Blog de computer aided eLearning*. (2009). Consultado en 2011 de <http://www.cae.net/blog-es/plataforma-lms-y-lcms/>
10. *Advanced Distributed Learning* (2011). Consultado en 2011 de <http://www.adlnet.gov/capabilities/scorm#tab-research>
11. *Ingeniería de Sonido*. (2005). Consultado en 2011 de <http://www.ingenieriadesonido.com/index.php>
12. *Diputación de Cádiz*. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://www.dipucadiz.es>
13. *Diccionario de Arquitectura y Construcción*. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-presi%F3n+ac%FAstica>

14. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/Nivel_de_presi%C3%B3n_sonora
15. Universidad de San Buenaventura Sede Bogotá. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.usbbog.edu.co/index.php/es/facultades/ingenieria/pregrado/ingenieriasonido>
16. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_sonido
17. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_audible
18. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_%28sonido%29
19. *SEGOB*. (2009). Consultado en 2011 de <http://www.ordenjuridico.gob.mx>
20. *Wikipedia*. (2010). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/Electroac%C3%BAstica>
21. *La Página del Profe Ignacio Arriagada*. (2008). Consultado en 2011 de <http://profeignacio.com>
22. *G Martell*. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.gmartell.com>
23. *Tecnológico de Monterrey*. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.itesm.edu>
24. *Academia de Música Fermatta*. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.fermatta.edu.mx>
25. *Escuela de Música DIM*. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.escueladim.com>
26. *ALEGSA*. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/animacion%20web.php>
27. *Tecnológico de Monterrey*. (2011). Consultado en 2011 de <http://telelab.mty.itesm.mx/>
28. *WebPLC*. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://www.dea.icaei.upco.es/jarm/Asignaturas/PLC/Simulador/web/webplc.html>
29. *Electrónica Unicrom*. (2011). Consultado en 2011 de http://www.unicrom.com/Tel_RF4.asp
30. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/Sonido>
31. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/Curva_isof%C3%B3nica
32. *Cursos en Línea*. (2003). Consultado en 2011 de <http://www.cursos-en-linea.com.ar/htmpublico/b-01.htm>

33. ALEGSA. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/virtualizacion.php>
34. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/Virtualizaci%C3%B3n#M.C3.A1quina_virtual
35. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_virtual#Virtualizaci.C3.B3n_a_nivel_de_sistema_operativo
36. Desarrolloweb.com. (2008). Consultado en 2011 de http://www.desarrolloweb.com/de_interes/virtualizacion-sistema-operativo-bajo-windows-749.html
37. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/O%C3%ADdo_medio
38. Anatomía del Oído. (2008). Consultado en 2011 de <http://anatomiaideoido.blogspot.com/>
39. Sistema Auditivo Periférico. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/sap.html>
40. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/DBm>
41. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/Etapa_de_potencia
42. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de <http://en.wikipedia.org/wiki/Decibel#Voltage>
43. Sound Studio and Audio Calculations. (). Consultado en 2011 de <http://www.sengpielaudio.com/Calculations03.htm>
44. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/VirtualBox>
45. VirtualBox. (2011). Consultado en 2011 de http://doc.ubuntu-es.org/VirtualBox#Si_el_sistema_invitado_es_GNU.2FLinux
46. VirtualBox. (2011). Consultado en 2011 de <https://www.virtualbox.org/>
47. SLICE of LINUX. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://sliceoflinux.com/2009/05/04/%C2%BFque-son-las-virtualbox-guest-additions/>
48. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
49. El rincón de Sakrow. (2011). Consultado en 2011 de <http://blog.sakrow.com/2011/11/17/que-es-labview/>
50. National Instruments. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.ni.com/labview/>
51. Wikipedia. (2011). Consultado en 2011 de http://es.wikipedia.org/wiki/Ecualizador_param%C3%A9trico

52. *Desarrollomultimedia.es*. (2008). Consultado en 2011 de <http://desarrollomultimedia.es/articulos/tipos-de-ecualizadores-y-como-usarlos.html>
53. *Arte sonoro*. (2010). Consultado en 2011 de <http://artesonoro.com.mx/282/como-usar-el-ecualizador-parametrico/>
54. *LogMeIn*. (2011). Consultado en 2011 de <https://logmein.com>
55. *Hispasonic*. (2002). Consultado en 2011 de <http://www.hispasonic.com/reportajes/tabla-rango-frecuencias-instrumentos-musicales/39>
56. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de <http://mx.yamaha.com/es/products/music-production/mixers/01v96vcm/01v96vcm/>
57. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de http://www.yamahaproaudio.com/global/en/downloads/firmware_software/
58. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de <http://202.55.138.123/global/en/products/mixers/01v96vcm/index.jsp>
59. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de <http://202.55.138.123/global/en/products/mixers/01v96vcm/photos.jsp>
60. *Provideo*. (2011). Consultado en 2011 de http://www.provideo.es/ficha-producto_01V96-VCM_321_79
61. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de http://www.yamahaproaudio.com/global/en/downloads/firmware_software/
62. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de http://www.yamahaproaudio.com/global/en/downloads/firmware_software/studiomanagerv2host/sm231w.jsp
63. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de http://202.55.138.123/global/en/downloads/firmware_software/01v96vcm/01v96vcm_fm241_win.jsp
64. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de http://202.55.138.123/global/en/downloads/firmware_software/01v96v2/01v96v2_edt221_win.jsp
65. *Crown*. (2011). Consultado en 2011 de http://www.crownaudio.com/amp_htm/xti.htm#specs
66. *Crown*. (2011). Consultado en 2011 de http://www.crownaudio.com/amp_htm/xti_panels.htm
67. *HiQnet*. (2011). Consultado en 2011 de <http://hiqnet.harmanpro.com/about/>
68. *Portal hacker*. (2010). Consultado en 2011 de <http://www.portalhacker.net/index.php?topic=119345.0>

69. *Blog de Unai Estebanez*. (2010). Consultado en 2011 de <http://www.unainet.net/WordPress/2010/02/22/conceptos-de-streaming-para-andar-por-casa/>
70. *Sabios del PC*. (2009). Consultado en 2011 de <http://www.sabiosdelpc.net/linux/6901-streaming-en-linux-como-montar-un-servidor-de-radio.html>
71. *BlogProcom*. (2010). Consultado en 2011 de <http://blog.davprocom.com/2010/04/27/streaming-de-video/>
72. *Moodle*. (2011). Consultado en 2011 de <http://moodle.org/about/>
73. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/Moodle>
74. *Taringa*. (s.f.). Consultado en 2011 de http://www.taringa.net/posts/linux/10517115/Instalar-VirtualBox-4-en-Ubuntu-11_04-desde-el-terminal.html
75. *Ems Linux*. (2011). Consultado en 2011 de <http://emslinux.com/como-instalar-virtualbox-en-debian-lennysqueezewheezyid/>
76. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/SHOUTcast>
77. *Caster.fm*. (2010). Consultado en 2011 de <http://www.caster.fm/>
78. *Pingüino Libre*. (2010). Consultado en 2011 de <http://mawscm.wordpress.com/2010/05/08/instalar-internet-dj-console/>
79. *Linux Mint*. (2011). Consultado en 2011 de <http://forums.linuxmint.com/viewtopic.php?f=68&t=67267>
80. *Internet DJ Console*. (2011). Consultado en 2011 de <http://idjc.sourceforge.net/>
81. *SATlive*. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://www.take-sat.de/espanol/download.php>
82. *SATlive*. (s.f.). Consultado en 2011 de <http://www.take-sat.de/espanol/liz.php>
83. *Tascam*. (2011). Consultado en 2011 de <http://tascam.com/product/us-122mkii/images/>
84. *Tascam*. (2011). Consultado en 2011 de <http://tascam.com/product/us-122mkii/specifications/>
85. *Wikipedia*. (2011). Consultado en 2011 de <http://es.wikipedia.org/wiki/Son%C3%B3metro>
86. *Instrumentos de medida*. (2003). Consultado en 2011 de <http://ehu.es/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html>
87. *Yamaha*. (2011). Consultado en 2011 de <http://www.yamahaproaudio.com/global/en/products/mixers/01v96vcm/specifications.js>