



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE
INGENIERÍA DE SONIDO Y ACÚSTICA**

**DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE UNA APLICACIÓN DE COMPARACIÓN DE
TÉCNICAS DE MICROFONÍA PARA CONJUNTOS DE INSTRUMENTOS DE
CUERDAS.**

Autor:

Xavier Esteban Zúñiga Figueroa

Año

2010



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SONIDO Y ACÚSTICA**

**DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE UNA APLICACIÓN DE COMPARACIÓN DE
TÉCNICAS DE MICROFONÍA PARA CONJUNTOS DE INSTRUMENTOS DE
CUERDAS.**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
establecidos para optar por el título de:
Ingeniero de Sonido y Acústica**

Profesor Guía:

Ing. Marcelo Darío Lazzati Corellano

Autor:

Xavier Esteban Zúñiga Figueroa

Año

2010

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

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

Marcelo Darío Lazzati Corellano
Ingeniero en Ejecución de Sonido
CI: 171163573-8

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

Xavier Esteban Zúñiga Figueroa

CI: 171913663-0

RESUMEN

El proyecto de titulación presentado en este documento se basa en la siguiente hipótesis: el desarrollo de una aplicación de comparación de técnicas de microfónica para conjuntos de instrumentos de cuerdas ayudará a un mejor aprendizaje para un estudiante de Ingeniería en Sonido y Acústica.

Este proyecto está dividido en dos fases: la primera fase se basa en los procedimientos para grabar las muestras de audio que luego se ocupen en la aplicación, para esto se escoge técnicas de captación que resulten en diferentes sonoridades del instrumento y con la ayuda de músicos se procedió a la grabación de dichas muestras.

La segunda fase se basa en el diseño y programación de la aplicación. Para realizar esto se utiliza el software Adobe Flash CS4 como herramienta esencial para realizar la aplicación. En el diseño de esta se toman en cuenta factores como colores y formas para que la interfaz de usuario sea lo más amigable y llamativa posible. Una vez diseñada la aplicación, se utiliza el lenguaje de programación Action Script 2.0 para que la aplicación también sea lo más funcional posible.

Terminadas estas dos fases se obtiene una aplicación la cual posee herramientas como un botón para poder realizar comparaciones mono / estéreo, funciones de mute para cada muestra y la posibilidad de utilizar audífonos o altavoces, para que sus usuarios puedan sacar todo el provecho de las técnicas planteadas y en la práctica, con sus conocimientos, puedan realizar grabaciones de una manera más eficiente.

ABSTRACT

The project presented in this document is based in the following hypothesis: the development of a microphone techniques comparison application for string instruments will help in the intellectual development for the student of the Sound and Acoustical Engineering.

This project is divided in two phases: the first phase is based in the procedures for recording the audio samples which later will be occupied in the application, for this reason the microphone techniques are chosen for those which offer the most different sound of a single instrument and with the help of a musician the recording is done.

The second phase is based in the design and programming of the application. To do that the Adobe Flash CS4 software is used as an essential tool to develop the application. In its design, facts like color and shape are taken care of, so the user interface will be as friendly and attractive as possible. Once the application is designed, the programming language Action Script 2.0 is used to make the application as functional as possible.

When these phases are done; an application with tools like, a mono / stereo button to ensure comparison, a mute button per sample track and the possibility to use speakers or headphones, is obtained. Its users can take all the advantages of the planned techniques and in practice, with their own knowledge, can make recordings in a more effective way.

ÍNDICE

Contenido	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2. Justificación.	2
1.3. Alcance.	2
1.4. Objetivo General.	2
1.5. Objetivos Específicos.	3
1.6. Hipótesis.	3
2. MARCO TEÓRICO.	4
2.1. Micrófonos.	4
2.2. Especificaciones de los micrófonos.	4
2.2.1. Clasificación de los micrófonos según su transducción mecano-acústica.	4
2.2.1.1. Micrófonos de presión.	5
2.2.1.2. Micrófonos de gradiente de presión.	5
2.2.1.3. Micrófonos de combinación de gradiente de presión.	6
2.2.2. Clasificación de los micrófonos según su transducción electro-mecánica.	7
2.2.2.1. Micrófonos electro-magnéticos.	7
2.2.2.1.1. Micrófonos dinámicos.	7
2.2.2.1.2. Micrófonos de cinta.	9
2.2.2.2. Micrófonos electro-estáticos.	11
2.2.2.2.1. Micrófonos de condensador.	11
2.2.2.2.2. Micrófonos piezoeléctricos.	12
2.2.3. Sensibilidad.	13
2.2.4. Respuesta en frecuencia.	14
2.2.5. Direccionalidad y patrones polares.	15

2.2.5.1. Omnidireccional.	16
2.2.5.2. Cardioide.	16
2.2.5.3. Subcardioide.	17
2.2.5.4. Supercardioide.	18
2.2.5.5. Hípercardioide.	18
2.2.5.6. Bi-direccional.	19
2.2.6. Impedancia nominal.	21
2.2.7. Ruido.	21
2.3 Técnicas de microfonía.	22
2.3.1. Microfonía cercana.	22
2.3.2. Microfonía distante.	22
2.3.3. Microfonía de acento.	23
2.3.4. Microfonía ambiental.	23
2.3.5. Técnicas de microfonía estéreo.	23
2.3.5.1. Par separado.	24
2.3.5.2. Par coincidente (X-Y).	24
2.3.5.3. Blumlein X-Y.	25
2.3.5.4. Mid-Side.	26
2.4. Psicoacústica.	27
2.5. Sistemas de grabación digital.	30
2.5.1. Muestreo.	30
2.5.2. Cuantización.	31
2.5.3. Digitalización.	32
2.6. Características acústicas de instrumentos.	32
2.6.1. Violín.	33
2.6.2. Viola.	34
2.6.3. Violonchelo.	35
2.6.4. Contrabajo.	36
2.6.5. Guitarra.	38
2.7. Programación.	38
2.7.1. Action script.	39

2.7.1.1. Línea de tiempo.	40
2.7.1.2. Controlar las propiedades de los objetos.	40
2.7.1.3. Generación de contenido programado.	41
2.7.1.4. Comunicación con el servidor.	41
2.7.2. Comandos y funciones.	41
2.7.2.1. gotoAndPlay().	41
2.7.2.2. onRelease = function().	42
2.7.2.3. onRollOver.	42
2.7.2.4. onReleaseOutside().	42
2.7.2.5. setVolume().	42
2.7.2.6. setPan().	42
2.7.2.7. stop().	43
2.7.2.8. attachSound().	43
2.7.2.9. createEmptyMovieClip.	43
2.7.2.10. if().	43
2.7.2.11. else().	43
2.7.2.12. startDrag().	44
2.7.2.13. onMouseMove.	44
3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO.	45
3.1. Selección de instrumentos.	45
3.2. Selección de músicos.	45
3.3. Estudio de grabación.	45
3.4. Selección de micrófonos y técnicas a utilizar.	46
3.4.1. Violín.	46
3.4.2. Viola.	47
3.4.3. Violonchelo.	49
3.4.4. Contrabajo.	50
3.4.5. Guitarra.	51
3.4.6. Ensamble de guitarras.	53
3.4.7. Ensamble de cuerdas.	54
3.5. Diseño de la interfaz de usuario.	56

3.5.1. Concepto del nombre de la aplicación y diseño del isotipo.	56
3.5.2. Selección de color y forma de la interfaz.	56
3.6. Programación de la aplicación.	57
3.6.1. Desarrollo de la línea principal de animación.	58
3.6.2. Programación de elementos interactivos.	58
3.6.2.1. Programación del reproductor de muestras.	59
3.6.2.1.1. Programación de los sliders.	60
3.6.2.1.2. Botones de mute y mono.	61
3.7. Exportación de archivos ejecutables.	61
4. ESTUDIO ECONÓMICO.	63
4.1. Detalle de costos.	63
4.2. Relación costo beneficio.	65
5. IMPLEMENTACIONES FUTURAS.	67
5.1. Mutes generales.	67
5.2. Control de volumen general.	67
5.3. Botón de solo por canal.	67
5.4. Incrementar la cantidad de instrumentos.	68
5.5. Analizador de espectro de frecuencia.	68
5.6. Ecuación de muestras.	68
5.7. Switch entre salidas opcionales.	68
5.8. Posiciones preterminadas para controladores.	69
5.9. Carga de muestras personales.	69
5.10. Soporte para controladores externos.	69
5.11. Meters	69
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	70
6.1. Conclusión general.	70
6.2. Conclusiones específicas.	70

6.3. Conclusiones técnicas.	71
6.3.1. Conclusiones de la etapa de muestras.	71
6.3.2. Conclusiones de la etapa de diseño y programación.	73
6.4. Recomendaciones.	74
7. BIBLIOGRAFÍA.	76
7.1. Libros.	76
7.2. Artículos de Internet.	76
8. ANEXOS.	80

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.

Los estudiantes de la Facultad de Ingeniería tienen la necesidad de acceder a la manipulación de los micrófonos, siendo necesario la implementación de un sistema de fácil acceso académico, el cual complemente los conocimientos básicos que se imparten en distintas asignaturas dedicadas a la producción musical y las técnicas de grabación sonora dentro de la malla de estudios vigente.

Es importante también mencionar que la exploración musical en la ciudad de Quito tiene ciertas falencias en la calidad de sonido que se pueden apreciar en algunas producciones, por tal motivo es importante desarrollar una propuesta que permita un mejor nivel de grabación. Hablando económicamente es relevante indicar que se necesita contar con un gran capital para realizar grabaciones, por tal motivo muchos músicos que están en proyección no poseen dicho capital, pero con una herramienta que por medio de muestras pregrabadas pueda informar al usuario del sonido resultante de un instrumento y así el usuario en la práctica pueda realizar grabaciones en un menor tiempo y sobre todo con una inversión de capital reducido, le facilitaría su inicio en la incursión musical.

En la actualidad la tecnología ha revolucionado todos los campos, siendo importante que las grabaciones musicales no se queden atrás de esta revolución, se está pensando en una herramienta de técnicas de grabación que tenga la ventaja de ser transportada fácilmente en un DVD o en una memoria flash, para que la gente que está interesada en el tema pueda recurrir fácilmente a esta tanto en sistemas computacionales Windows o en Mac OSX.

Por los motivos citados se diseña una aplicación para comparar diferentes técnicas de captación básica, utilizando diferentes micrófonos de distintas características. Debido a la diversidad de micrófonos que existen en el mercado; ninguno se parece a otro, dando así a las señales grabadas un

timbre diferente; cada músico puede jugar con la ubicación de los micrófonos para obtener un sonido característico.

1.2. Justificación.

De este proyecto se espera la utilización de la aplicación como herramienta de apoyo auditivo en la materia de Técnicas de Grabación para la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica, así como para cualquier estudiante interesado en materia de técnicas de producción musical.

1.3. Alcance.

Este proyecto se enfoca en una comparación de distintas posiciones con distintos micrófonos y cómo la interacción de estos dos elementos establece la sonoridad en la grabación de los instrumentos.

Se aplican los siguientes contenidos asimilados a lo largo de la carrera:

- **Técnicas de grabación sonora;** para poder escoger las técnicas de microfónica para cada uno de los instrumentos de cuerda seleccionados y los micrófonos que van a ser utilizados en el proyecto.
- **Electroacústica;** para conocer los mecanismos de transducción de micrófonos y conexiones en cadenas acústicas.
- **Programación;** para poder recopilar la base de datos que se va a utilizar en el proyecto y para la creación de la interface que va a ocupar el usuario.

1.4. Objetivo General.

Realizar una aplicación de comparación de técnicas básicas de microfónica que ayude a un aprendizaje intradictorio a futuros estudiantes de Ingeniería en Sonido y Acústica.

1.5. Objetivos Específicos.

- Realizar un análisis de las diferentes técnicas de microfonía utilizadas en la captación de conjuntos de instrumentos de cuerda.
- Recopilar las diferentes muestras de audio que posteriormente se utilizarán en la aplicación de comparación de técnicas de microfonía.
- Diseñar y programar una aplicación que permita la comparación de técnicas básicas de microfonía.

1.6. Hipótesis.

Se plantea la hipótesis de que el desarrollo de una aplicación de comparación de técnicas básicas de microfonía para conjuntos de instrumentos de cuerdas ayudará a un mejor aprendizaje para un estudiante de Ingeniería en Sonido y Acústica.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Micrófonos.

El micrófono es considerado el primer elemento de la cadena de audio, el primero fue construido en 1876 por Emile Berliner.

Un micrófono capta señales acústicas y las transforma a señales eléctricas equivalentes a dicha vibración, por lo tanto un micrófono es un elemento transductor; su función es la de actuar como vínculo electromecánico entre el medio acústico en donde se desarrolla la música o la locución.

Existe una gran variedad de micrófonos, los cuales presentan parámetros y especificaciones que van a ser muy influyentes para su sonoridad, entre los cuales se puede mencionar: Micrófonos dinámicos, de condensador, de cinta y piezoeléctricos.

Dependiendo del tipo y del uso de micrófono: la respuesta de frecuencia va a variar entre 20 Hz a 20 kHz. y en algunos casos este valor va a sobrepasar estos parámetros; el sonido captado va a ser lo más similar a la fuente de captación o con realce en algunas frecuencias; dependiendo del micrófono va a existir la presencia de ruido, ya sea inherente o por manipulación.

Es importante indicar las especificaciones de un micrófono: tipo de transducción, sensibilidad, respuesta en frecuencia, directividad, impedancia y el ruido. [1]

2.2. Especificaciones de los micrófonos.

2.2.1. Clasificación de los micrófonos según su transducción mecano-acústica.

2.2.1.1. Micrófonos de presión.

Los micrófonos de presión reciben la presión sonora por una sola cara del diafragma, la cual está expuesta al campo sonoro, es decir, el diafragma es sensible a las variaciones de presión, la cara interna del diafragma está cerrada, por lo que se comporta como un micrófono omnidireccional. De esta manera también funciona también el oído humano. [7]

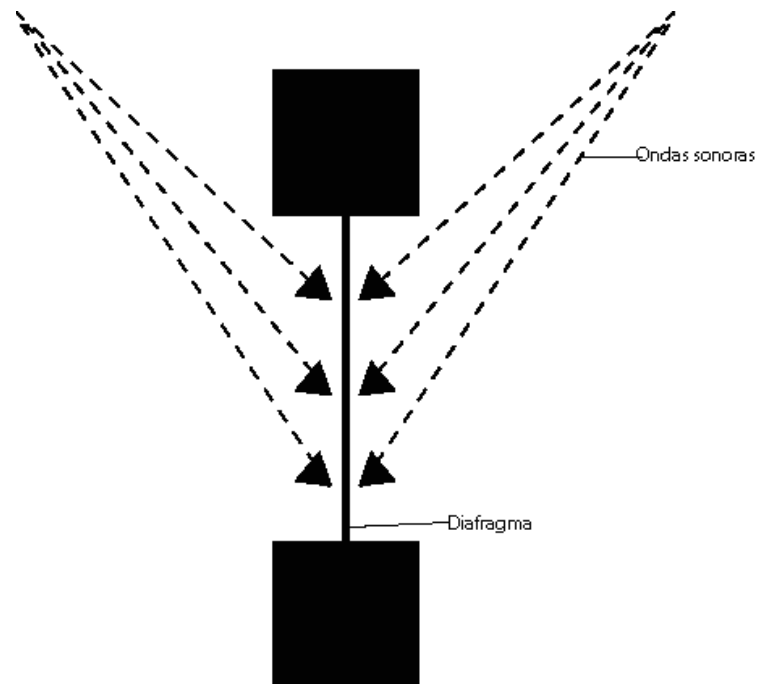
Fig. 2.1. Esquema de un micrófono de presión. [31]



2.2.1.2. Micrófonos de gradiente de presión.

En este tipo de micrófono, el diafragma se encuentra libre a la exposición de sonido por ambos frentes, por esta razón ambas del diafragma captan sonido, teniendo de esta manera un patrón polar bidireccional. El sonido resultante es la diferencia de la presión sonora de ambos lados, pero si la presión se iguala por ambos lados, si existe una igual presión sonora captada por ambos lados del diafragma, no se va a captar nada ya que el sonido se anula, es un punto muerto de sonido. Este micrófono tiene la característica de colorear las frecuencias graves cuando esta muy cerca de la fuente. [7]

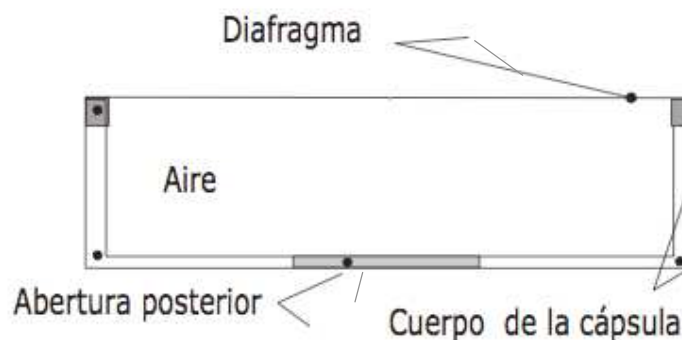
Fig. 2.2. Incidencia del sonido en un micrófono de gradiente de presión.



2.2.1.3. Micrófonos de combinación de presión y gradiente de presión.

La cápsula del micrófono de combinación de presión y gradiente de presión es similar a la del micrófono de presión, excepto que se crean unos orificios o ranuras en la parte posterior del diafragma, permitiendo el ingreso de energía acústica por este. Así, el movimiento resultante del diafragma será función del diferencial de presiones entre la presión frontal y la presión trasera.

Fig. 2.3. Esquema de un micrófono de combinación de presión y gradiente de presión. [31]



Las ondas sonoras llegan con tiempos diferentes a las dos caras del diafragma, produciéndose en el mismo un efecto de cancelación en el mismo, lo que resulta en su patrón polar cardioide característico de este tipo de micrófono. [7]

2.2.2. Clasificación de los micrófonos según su transducción electro-mecánica.

2.2.2.1. Micrófonos electro-magnéticos.

En estos micrófonos la vibración del diafragma generada con la presencia de un sonido provoca el movimiento de una bobina móvil o cinta corrugada anclada a un imán permanente, esta acción genera un campo magnético cuyas fluctuaciones son transformadas en tensión eléctrica. Dentro de este tipo de micrófono se tiene los micrófonos dinámicos y los micrófonos de cinta.

2.2.2.1.1. Micrófonos dinámicos.

Los micrófonos denominados dinámicos utilizan inducción electromagnética para transformar energía acústica en energía eléctrica. También son llamados micrófonos de bobina móvil, ya que estos utilizan una bobina de alambre de cobre la cual está ubicada alrededor de un imán. Esta bobina está unida a un diafragma, el cual oscila con la presión sonora que incide sobre él.

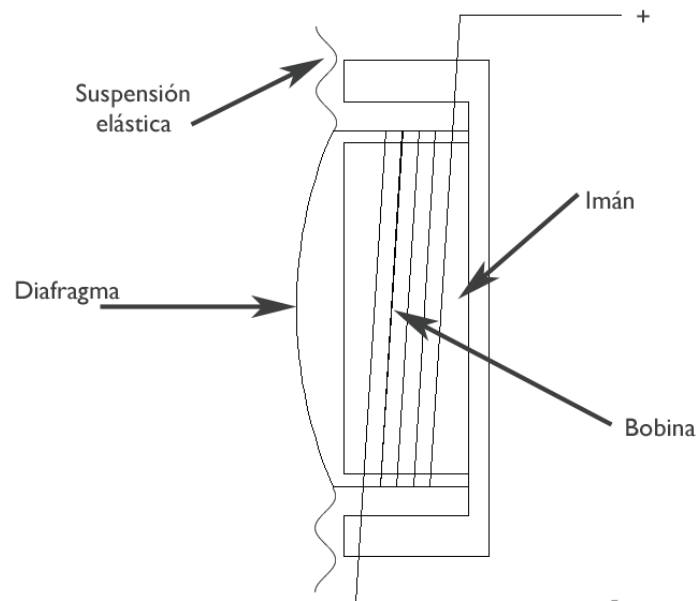
La bobina se introduce en un campo magnético homogéneo generado por un imán, este espacio en el que se introduce al conductor eléctrico que posee el campo magnético homogéneo se denomina entrehierro. La bobina se encuentra adaptada mecánicamente con el diafragma que recibe el impacto del frente de ondas sonoras incidentes. Al moverse la bobina dentro del campo generado por el entrehierro magnético, se produce una variación en el voltaje en los terminales de salida de la bobina, proporcional a la presión sonora del frente de ondas incidente.

Se presenta circulación de corriente en la bobina por la presencia del campo magnético, puesto que:

$f = Bli$ (**Ec. 2.1.** Donde: “**f**” es la fuerza aplicada al conjunto diafragma-bobina, “**B**” es la densidad del campo magnético, “**l**” el largo del conducto que constituye a la bobina, e “**i**” la corriente eléctrica. Esto se cumple si y solo si “**BI**” es constante.)

En términos físicos se conoce que, una bobina que se desplaza dentro de un campo magnético, genera en sus terminales una tensión eléctrica denominada Fuerza Electromotriz, esta es la manera en la que los micrófonos dinámicos funcionan.

Fig. 2.4. Estructura de un micrófono dinámico.



Los micrófonos dinámicos generan tensiones muy bajas, del orden de 1 a 4 mV/Pa (mili volt x Pascal); si se quiere aumentar la sensibilidad de este tipo de micrófono se debería aumentar la cantidad del alambre de cobre utilizada para la bobina; lo cual perjudica a la respuesta del micrófono ya que al

aumentar la masa se aumenta la inercia de éste haciendo que altas frecuencias sean menos perceptibles para el micrófono, sin embargo este tipo de micrófonos tiene una limitación de respuesta hasta 16 kHz.

Los micrófonos dinámicos transducen la información acústica por gradiente de presión o velocidad por lo que su captación presenta patrones direccionales.

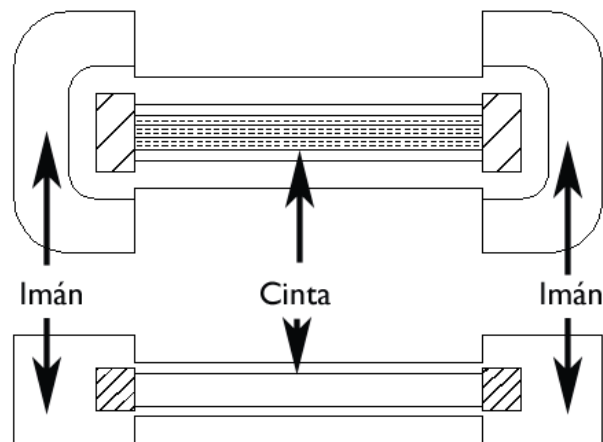
Las características más importantes son: muy confiables y robustos, adecuados para uso en interiores y exteriores por ser resistentes a variaciones climáticas, tienen posibilidad de varios diagramas de captación, son sensibles a campos magnéticos externos, son de mayor tamaño en relación con un transductor a condensador. Tiene baja impedancia de salida, poseen extenso rango de respuesta en frecuencia y su ruido interno nulo, pero poseen ruido por manipulación. [1] [2]

2.2.2.1.2. Micrófonos de cinta.

Este tipo de micrófono también trabaja bajo el principio de inducción electro-magnética y responde a la diferencia de presión sonora entre los dos lados de una fina cinta de aluminio que actúa de diafragma y se suspende en una ranura entre dos piezas de polo magnético que se unen a un imán en forma de U; la cinta es de una pulgada de longitud, 1/16 pulgadas de ancho y una milésima de pulgada de espesor (estos parámetros varían de acuerdo al modelo del micrófono).

Un campo magnético fluye a través de la ranura entre las piezas de polo magnético, en dirección paralela a la anchura de la cinta, cuando una onda acústica incide en la cinta, ésta vibra en dirección perpendicular al campo magnético; esto genera una fuerza en los electrones libres de la cinta, que se mueven en dirección longitudinal a la cinta, causando un voltaje AC entre los extremos de la cinta; este voltaje es la salida eléctrica del transductor.

Fig. 2.5. Estructura de un micrófono de cinta



El micrófono de cinta difiere del micrófono capacitivo y del dinámico en que no hay una cápsula que aisle la parte de atrás del diafragma de su parte delantera, por lo tanto, la presión de la onda acústica incidente actúa en ambos lados de la cinta.

Debido a que responde a la diferencia de presión, este micrófono tiene una respuesta polar con un máximo en el eje perpendicular a la lámina, mientras que no responde a los sonidos laterales, ya que el sonido incide a 90° del axis produciendo presión en la parte delantera y posterior de la cinta.

Los micrófonos de cinta, especialmente los modelos antiguos, son frágiles y se dañan muy fácilmente, esto sucede ya que la cinta puede ser doblada y movida fuera de su posición original por causa del viento o movimientos fuertes. Por esta razón los modelos antiguos tenían grandes pantallas de viento para protegerlos.

Es muy importante determinar si un micrófono de cinta puede ser usado en sistemas con alimentación *phantom power*; aplicar este voltaje a micrófonos de cinta, especialmente a modelos viejos, puede transformar a la cinta en un gran fusible y quemarlos.

Las características más importantes a destacarse son: su fragilidad, su sonoridad propia, su considerable tamaño en relación a un micrófono dinámico o a uno de condensador, su uso en interiores, su alto costo en el mercado actual. [1] [2]

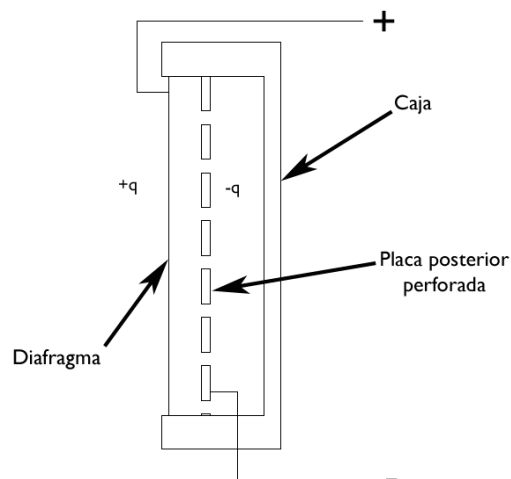
2.2.2.2. Micrófonos electro-estáticos.

En un micrófono electro-estático, las ondas sonoras que inciden sobre la estructura del diafragma excitan un movimiento oscilatorio del mismo. Este movimiento incita una variación de la energía almacenada en la cápsula del micrófono, generando una tensión eléctrica en la salida del micrófono.

2.2.2.2.1. Micrófonos de condensador.

A éste tipo de micrófonos se les conoce también como capacitores o micrófonos de condensador eléctrico, funcionan bajo el principio de un condensador eléctrico o capacitor. Un diafragma de metal ultra delgado es fuertemente estirado sobre una pieza plana de metal o cerámica; la distancia entre placa y placa es una milésima de pulgada. Estas placas tiene una disposición paralela entre sí, siendo la una placa fija y la otra móvil, la placa móvil oscila por causa de la presión sonora q incide sobre ella, lo que causa que la distancia entre las placas cambie, produciendo los cambios de voltaje en las terminales del micrófono.

Fig. 2.6. Estructura de un micrófono de condensador.



En la mayoría de los micrófonos de condensador una fuente de poder provee una carga eléctrica (en forma de batería o *phantom power* de +48 V) entre ambos elementos; es decir, se basan en la utilización de un campo eléctrico en lugar de un campo magnético. Las ondas sonoras que golpean el diafragma causan fluctuaciones en la carga eléctrica que deben ser posteriormente amplificadas en el preamplificador.

Todos los micrófonos capacitivos vienen con un amplificador interno, esto se debe a que la impedancia interna es demasiada alta, por lo cual se utiliza un preamplificador sencillo para reducir la impedancia. Siendo esto muy necesario para minimizar la captación de ruidos en cables muy largos.

$$V = \frac{q}{C}$$

(**Ec. 2.2.:** Ecuación fundamental de un condensador. Donde V es la tensión en sus terminales, **q** es la carga eléctrica en sus terminales y **C** es el valor de la capacidad asociada al condensador.)

Si de alguna manera se consigue cargar las placas del condensador con una carga fija “q”, al variar la capacidad “C” variará también la tensión “V” que se mide en los terminales. Este es el principio físico de funcionamiento de los micrófonos capacitivos.

Las características más importantes son: poseen una incomparable calidad de respuesta, pueden ser tan pequeños que son fáciles de esconder, sin embargo, la mayoría de los micrófonos de condensador no son tan resistentes como los dinámicos y el trabajo en condiciones climáticas adversas, como en presencia de lluvia, puede resultar un problema. [1] [2]

2.2.2.2.2. Micrófonos piezoeléctricos.

También conocidos como de cristal ya que emplean cristales o cerámicas, que cuando se distorsionan por la acción de ondas incidentes se polarizan

eléctricamente y producen voltajes relacionados linealmente con las deformaciones mecánicas; puesto que, el efecto piezoeléctrico es reversible, todos los micrófonos funcionarán como fuentes de sonido al aplicarse un voltaje alterno a sus terminales. Son transductores recíprocos.

Se han usado ampliamente monocristales de sal de Rochelle en la fabricación de este tipo de micrófonos, desafortunadamente, los cristales se deterioran en la presencia de humedad y se dañan permanentemente si se someten a temperaturas por encima de los 46° C.

Las características generales de este tipo de micrófonos son: un alto nivel de impedancia de salida, razonable respuesta en frecuencia entre 80 Hz y 6500 Hz, se deterioran muy fácilmente con niveles altos de temperatura y humedad, son de tamaño relativamente pequeño. [6]

2.2.3. Sensibilidad.

La sensibilidad es la tensión eléctrica expresada en voltios obtenida en las terminales del micrófono en circuito abierto y la presión sonora aplicada expresada en Pascales utilizando una frecuencia de 1000 Hz a 74 dB SPL. La sensibilidad nos indica la cantidad de amplificación requerida para subir el nivel de salida de un micrófono a un nivel de línea para poder trabajar. Este valor también nos permite comparar el nivel de salida entre dos micrófonos que están trabajando bajo el mismo nivel de entrada.

Muchos de los nuevos modelos de micrófonos tienen una sensibilidad alta por lo tanto tienen mayor nivel de salida que en sus versiones anteriores. Los micrófonos de cinta generalmente son menos sensibles que los micrófonos dinámicos o que los de condensador. [1] [8]

La sensibilidad de un micrófono puede definirse como el cociente entre la tensión producida y la presión a la que está expuesto el micrófono:

$$s = \frac{v}{p}$$

(Ec. 2.3.: Ecuación de la sensibilidad de un micrófono. Dónde: “s” es la sensibilidad expresada en mV/pa, “p” la presión acústica incidente sobre el diafragma, y “v” es el voltaje resultante. [1])

2.2.4. Respuesta en frecuencia.

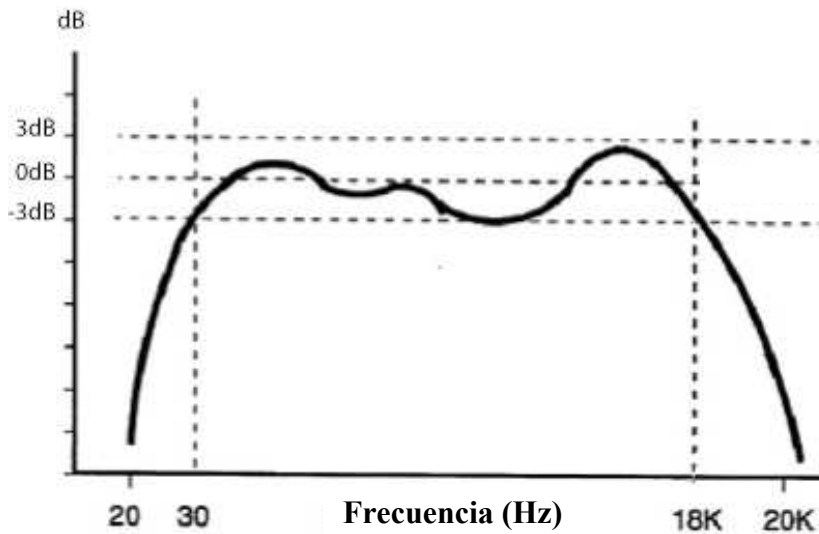
La respuesta de frecuencia es una especificación que ayuda a visualizar la sensibilidad del micrófono con respecto a la frecuencia, de esta manera se puede conocer las frecuencias que puede grabar o reproducir determinado dispositivo.

Hay diferentes factores que van a afectar a la respuesta de frecuencia de un micrófono, estos pueden ser: El efecto de pantalla del cuerpo del micrófono que reduce la respuesta en altas frecuencias en esa dirección, las reflexiones dentro del diafragma que tienden a crear picos en altas frecuencias, la tendencia a la formación de ondas estacionarias delante del diafragma, la resonancia del propio diafragma.

La respuesta en frecuencia juega un rol importante para decidir qué micrófono se a escoger. En micrófonos antiguos o baratos con diafragmas grandes suelen poseer picos de alta frecuencia en exceso, pueden tener realces de hasta 7 dB en el rango de los 5.000 a los 10.000 Hz. Los micrófonos con diafragmas pequeños suelen tener una respuesta de frecuencia mucho más plana. [1] [9]

Todos los micrófonos que se basan en el principio de gradiente de presión poseen una característica especial llamada efecto de proximidad, esto significa que cuando la fuente se acerca mucho al micrófono este cambia en su repuesta de frecuencia haciendo que se realcen las frecuencias bajas. [1]

Fig. 2.8. Gráfico de repuesta de frecuencia de un micrófono.



En la mayoría de equipos, en las especificaciones técnicas, además de indicar cuál es la respuesta en frecuencia típica, se indica también la variación en dB entre una y otra. Para ello, lo habitual es elegir como nivel de referencia para indicar la respuesta en frecuencia a 1 kHz, y al valor de SPL que resulta de esta frecuencia se le da el valor de 0 dB. Luego, los fabricantes analizan todo el margen de frecuencias y establecen la diferencia en dB entre la frecuencia más baja y la más alta. Un margen de tolerancia aceptable para un micrófono es de +/- tres dB, así se asegura una mejor calidad de respuesta del micrófono. [9]

2.2.5. Direccionalidad y patrones polares.

Esta característica va a definir la capacidad de captación de un micrófono tomando en cuenta el ángulo de procedencia del sonido, “la sensibilidad de un micrófono varía según el ángulo respecto a su eje desde donde viene el sonido.” [1]

Para poder expresar de mejor manera las características direccionales de determinado micrófono se realiza un diagrama polar donde se expresa como varía la sensibilidad de este dependiendo de la frecuencia. Se suelen realizar patrones polares dependiendo de la frecuencia debido a que la longitud

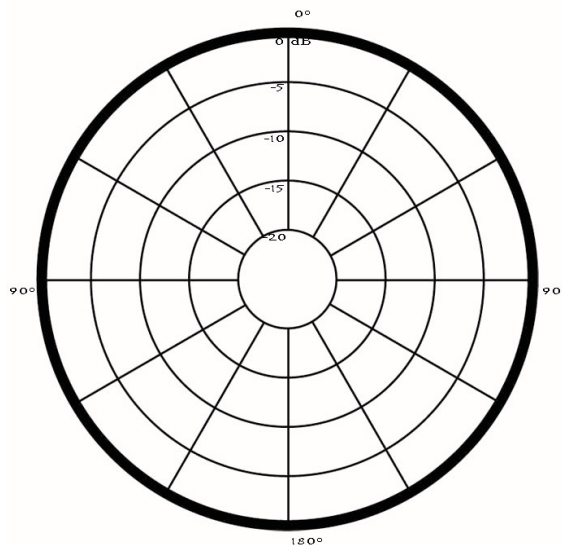
de onda para frecuencias altas es pequeña, de esta manera el micrófono puede causar sombras acústicas en sí mismo. [1] [2]

Existen varios patrones que se han popularizado, como los que se pueden observar a continuación, cada uno de estos destinado a un tipo dado de aplicaciones.

2.2.5.1. Omnidireccional.

Este micrófono capta el sonido de igual intensidad en todas las direcciones. Este micrófono ofrece la menor coloración posible off-axis que cualquier otro tipo de patrón y es una muy buena elección para captar de cerca alguna fuente ya que no presenta efecto de proximidad. Cuando se lo utiliza como micrófono ambiental este puede captar reflexiones deseadas de todo el cuarto. [2] [10]

Fig. 2.9. Patrón polar omnidireccional.

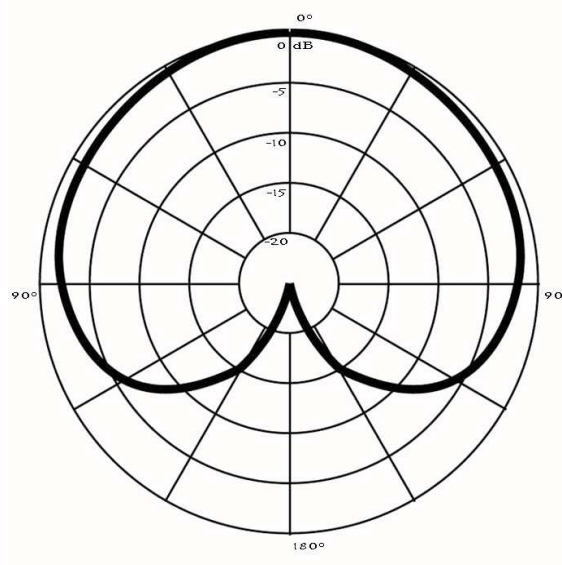


3.2.5.2. Cardioide.

Este patrón recibe el nombre de la forma de un corazón idealizado. Su rechazo a los 180° es de -15 a -25 dB. Los micrófonos cardioideos reprimen el sonido que se origina por atrás de ellos de 15 a 25 dB, son útiles para evitar ruidos no deseados o excesiva reverberación. Estos pueden ser usados a grandes distancias de la fuente de sonido y estos también dan una buena

sensación de espacialidad cuando son utilizados en una configuración estéreo.
[2] [10]

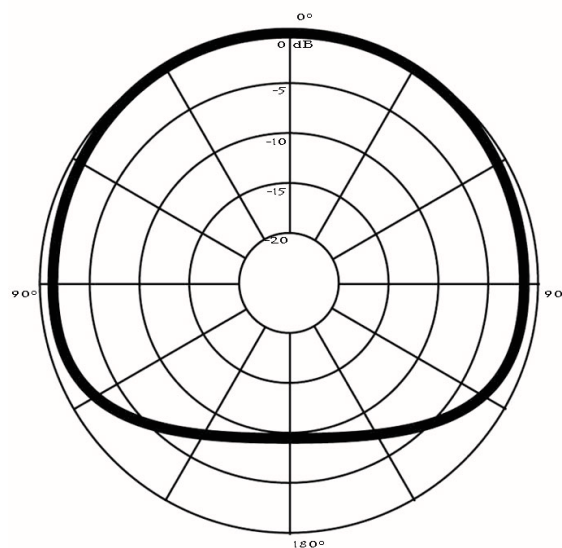
Fig. 2.10. Patrón polar cardioide.



2.2.5.3. Subcardioide.

Su respuesta está entre la cardioide y la omnidireccional, con 10 dB de rechazo al sonido que llega de atrás y una captación más ancha al frente. [2]
[10]

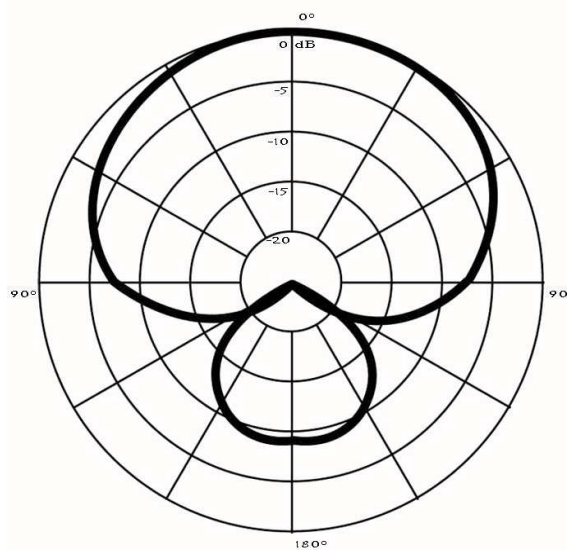
Fig. 2.11. Patrón polar subcardioide.



2.2.5.4. Supercardioides.

Este es un patrón algo más direccional que el cardioide, pero con un lóbulo trasero. Su sensibilidad mínima ocurre aproximadamente a los 125° . Este tiene menos sensibilidad a los lados que el micrófono tipo cardioide, -8.7 dB, y su atenuación al sonido en su parte trasera es de 15 dB. Este tipo de micrófono es usado cuando no se desea captar sonido proveniente de los lados. [2] [10]

Fig. 2.12. Patrón polar supercardioide.



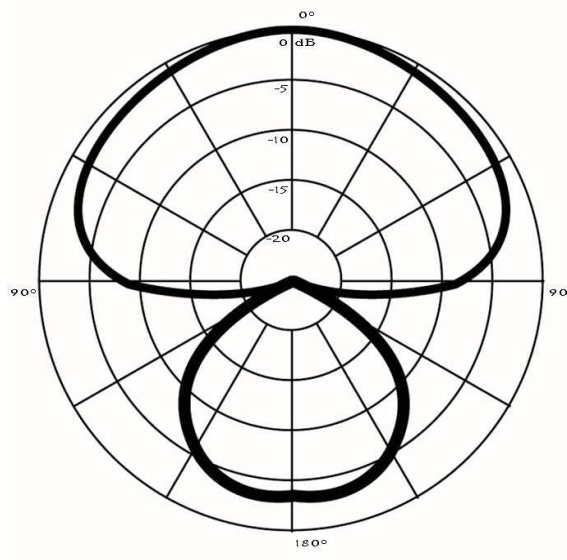
2.2.5.5. Hípercardioide.

Similar al supercardioide, aunque algo más direccional y con un lóbulo trasero mayor. Su sensibilidad disminuye en 12 dB a los 90° , su sensibilidad mínima ocurre aproximadamente a los 110° . Este tipo de micrófono es utilizado cuando se desea una máxima atenuación del sonido proveniente de los lados, por ejemplo, cuando el hi-hat de una batería se quiere aislar del sonido de la caja. Este tipo de micrófonos tienden a rechazar reverberaciones y ruidos de fondo más que otro tipo de micrófonos. Los micrófonos hípercardioides captan más sonido desde atrás que los tipo cardioides. [2] [10]

Fig. 2.13. Uso de un micrófono hipercardiode.



Fig. 2.14. Patrón polar hipercardiode.



2.2.5.6. Bi-direccional.

También llamado "figura de ocho". Su rechazo máximo al sonido que llega de los lados y su captación delantera y trasera es la misma. Este tipo de micrófono posee efecto de proximidad de aproximadamente 6 dB más que un micrófono cardiode. [2] [10]

Fig. 2.15. Patrón polar bi-direccional.

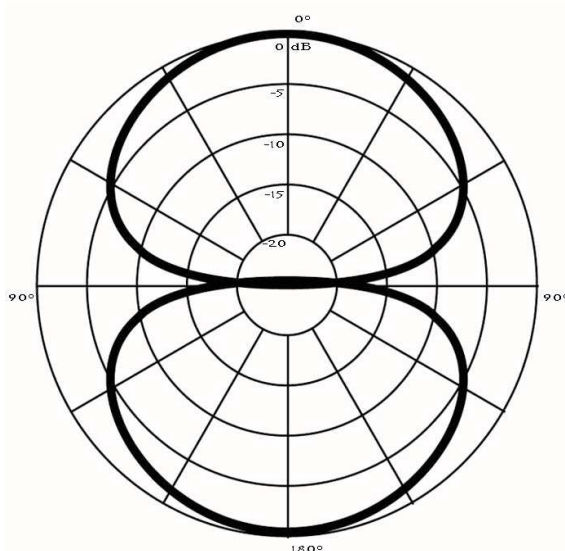


Tabla 2.1. Propiedades de los patrones polares más conocidos.

Patrón Polar	Omnidireccional	Subcardioide	Cardioide	Supercardioide	Hípercardioide	Bi-direccional
Ángulo de -3 dB	360°	164°	131°	116°	105°	90°
Ángulo de -6 dB	360°	236°	180°	157°	141°	120°
Ángulo de -10 dB	360°	360°	223°	191°	170°	143°
Nivel relativo a 90°	0 dB	-3.6 dB	-6 dB	-8.7 dB	-12 dB	Min
Nivel relativo a 180°	0 dB	-9.9 dB	-15 dB	-12.0 dB	-6 dB	0 dB
Ángulo de mínima captación	-	180°	180°	+/- 125°	+/- 110°	90°

2.2.6. Impedancia nominal.

La impedancia calcula la resistencia interna del micrófono al cambio de voltaje. La mayoría de micrófonos profesionales poseen una impedancia baja debajo de los 600 ohm. Existen micrófonos de bajo costo que pueden poseer una impedancia mayor a los 10 K Ω incluso en casos pueden llegar a los 30 K Ω .

La impedancia de un micrófono interactúa con la capacitancia del cable al que está conectado este. La interacción entre estos dos elementos causa pérdida en altas frecuencias, esta pérdida incrementa cuando aumenta la impedancia del micrófono y la longitud del cable. Si un micrófono con alta impedancia se lo conecta a un cable largo de unos seis o diez metros de longitud se notará una pérdida considerable en los brillos de la señal. En cambio un micrófono de baja impedancia no presentará pérdidas así esté conectado a un cable mucho más largo que diez metros. [1]

2.2.7. Ruido.

En los micrófonos existen dos mecanismos de generación de ruido. El primero es la captación de ruido ambiental por el mismo micrófono. Debido a que el micrófono cumple su función de captar todo sonido que incide en él así sea ruido indeseado. Se debe aprovechar el patrón polar del micrófono para reducir los ruidos que provienen de direcciones distintas a la señal deseada.

El segundo mecanismo que genera ruido en un micrófono es el proveniente de cualquier componente de un circuito, ruido eléctrico. Este es un ruido intrínseco y aparecerá así el micrófono esté en una sala insonorizada. Así que no se lo puede eliminar ya que es propio del micrófono, pero tomando en cuenta procesos refinados de elaboración y materiales de gran calidad este ruido se puede reducir. Además si el micrófono posee una impedancia pequeña, por ejemplo 100 Ω , el ruido también se reducirá; un micrófono con esta impedancia tendrá un ruido eléctrico mínimo de 0.18 μ V, este ruido se duplica cada vez que la impedancia se cuadriplica.

La relación señal/ruido (S/R) representa realmente la diferencia entre el nivel SPL y el ruido eléctrico del micrófono. La relación señal/ruido se define como el cociente entre la señal y el ruido eléctrico y se expresa en dB. Cuanto mayor sea la SPL y menor el ruido, mejor será la relación señal ruido, en cambio, si el nivel de SPL es menor y el ruido propio es mayor, la relación será menor y por tanto peor. Cuanto mayor sea la relación señal ruido mejor, esto nos indica que porcentaje de la señal SPL está por encima del ruido de fondo. Si se tiene una SPL de 100 dB y un ruido propio en el micrófono de 30 dB, la relación señal/ruido será de 70 dB. [1] [11]

2.3 Técnicas de microfonía.

La selección y posicionamiento de los micrófonos es la parte más importante en el proceso de grabación. Existen cuatro diferentes estilos básicos de microfonía tomando en cuenta la distancia, estos son: Cercana (*Close-Miking*), Distante (*Distant-Miking*), De Acento (*Accent-Miking*) y Ambiental (*Ambient-Miking*). [2]

2.3.1. Microfonía cercana.

Se llama microfonía cercana cuando el micrófono está de dos a 30 cm de distancia de la fuente de sonido. Esta técnica presenta un sonido muy presente y también separa el sonido de otros no deseados. Esta es la técnica más utilizada en estos días en proyectos multipista, a pesar de que esta técnica tiene sus beneficios no es aconsejable poner el micrófono lo más cerca de la fuente ya que captar muy cerca puede colorear el sonido y no captar todo el contenido tonal de la fuente. [12]

2.3.2. Microfonía distante.

Esta técnica consiste en situar el micrófono a una distancia de aproximadamente un metro desde la fuente. Ésta técnica es útil para capturar un sonido más natural del instrumento y también captura el sonido de la sala. Ésta técnica tiende a añadir una sensación más viva y más abierta a la grabación, pero se necesita tener una gran consideración de las características acústicas de la sala. Uno de los principales inconvenientes en la microfonía

distante es que si la sala no tiene buena acústica se va a perder la calidez del instrumento o se van a captar reflexiones no deseadas de la sala. [12]

2.3.3. Microfonía de acento.

La microfonía de acento es una técnica usada para resaltar un solo cuando se está captando un ensamble. El solista necesita que su interpretación resalte de un conjunto, entonces, se utiliza un micrófono adicional para poder obtener ese efecto. El micrófono deber estar a una distancia en la que resalte al solista pero que de cualquier manera se sienta que este pertenece al conjunto. [12]

2.3.4. Microfonía ambiental.

Microfonía ambiental significa ubicar micrófonos a una distancia suficiente para poder captar el sonido de la sala que el sonido mismo del instrumento. Esta técnica se usa mucho en conciertos para poder captar el sonido del público. Uno o dos micrófonos pueden ser usados como micrófonos ambientales. En estudio son usados para dar efecto de profundidad al sonido. [12]

2.3.5. Técnicas de microfonía estéreo.

Cuando se refiere a microfonía estéreo, se describe el utilizar dos micrófonos para poder captar una imagen estéreo; que tiene características tridimensionales en posicionamiento panorámico, altura y profundidad. Esto funciona ya que las ondas originadas por una o varias fuentes de sonido viajan y golpean contra las paredes del recinto siendo captadas por los micrófonos a tiempos diferentes, creando así una imagen con más espacialidad.

Existen tres técnicas básicas para obtener imágenes estéreo usando dos micrófonos, estas son:

- Par separado.
- Par coincidente.

- Par casi coincidente.

2.3.5.1. Par separado.

Esta es una de las primeras técnicas inventadas para creación de imágenes estéreo. Éste método utiliza dos o más micrófonos, de preferencia “apareados”, estos son micrófonos que fueron elaborados el mismo día de producción con los mismos materiales, etc, son casi clones el uno con el otro; estos micrófonos son posicionados de forma simétrica desde el centro del plano frontal de la fuente de sonido. El espaciamiento, la distancia desde la fuente y el patrón polar de los micrófonos es variable. La imagen estéreo en esta configuración es creada usando diferencias de amplitud y el tiempo que tarda la onda en llegar a los micrófonos, la imagen puede cambiar drásticamente si la distancia a la fuente cambia.

Para mantener a los micrófonos en fase, se utiliza el principio de 3 a 1, este principio dice que por cada unidad entre los micrófonos y la fuente, la distancia entre los micrófonos debe ser tres veces esa distancia. [2]

2.3.5.2. Par coincidente (X-Y).

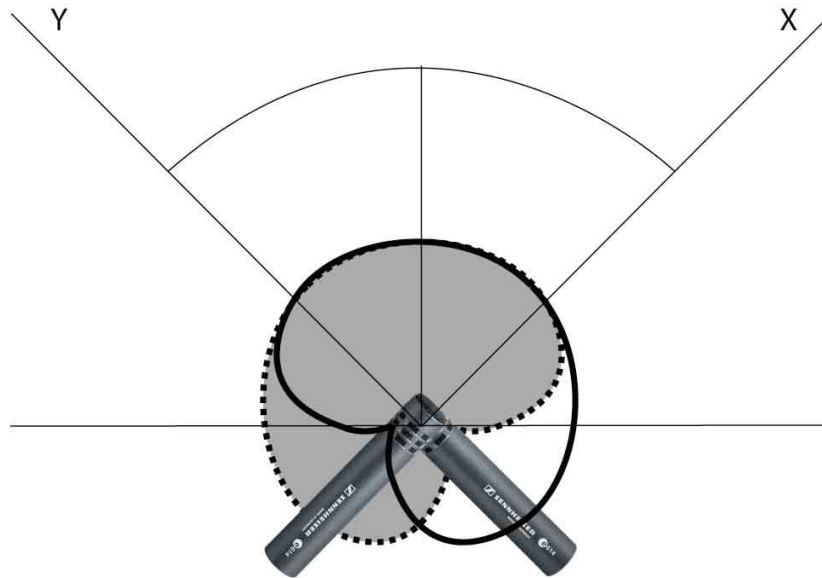
Ésta técnica utiliza dos micrófonos direccionales los cuales están uno encima de otro de tal manera de que sus diafragmas coincidan en el eje vertical. El ángulo entre estos micrófonos es generalmente simétrico al centro de la fuente sonora. Debido a que los diafragmas de ambos micrófonos están muy cerca el uno del otro, no hay diferencia de fase o tiempo de llegada de la onda entre las señales captadas por ambos micrófonos.

Para esta técnica se pueden utilizar desde micrófonos cardioides hasta bidireccionales, dependiendo del tipo de sonido que se quiere obtener.

Los micrófonos cardioides son los más utilizados en esta técnica, con ángulos desde 90° a 135°, la distancia a la fuente también depende de la cantidad de sonido ambiental que se desea. Muchas veces la angulación entre

los micrófonos se la calcula apuntando los micrófonos a los extremos de la fuente de audio.

Fig. 2.16. Par Coincidente con micrófonos cardioides.

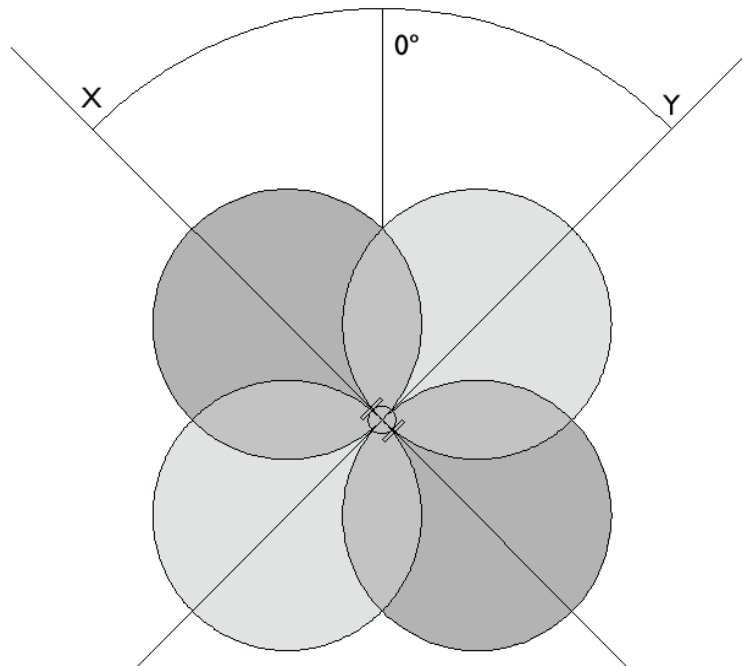


Para preservar una imagen central fuerte es recomendable el uso de micrófonos hipercardioides, de esta manera también se puede alejar los micrófonos de la fuente sin necesariamente tener que captar sonido ambiental. [2]

2.3.5.3. Blumlein X-Y.

En ésta técnica se utilizan dos micrófonos bidireccionales a 90°, de esta manera se puede obtener una imagen estéreo de 360° gracias a que los lóbulos frontales y traseros de los micrófonos captan la señal proveniente de todas direcciones. En el proceso de mezcla se envía la señal proveniente del cuadrante izquierdo al canal izquierdo y las del cuadrante derecho al canal izquierdo para asegurar un sonido muy natural. [2]

Fig. 2.17. Técnica Blumlein.



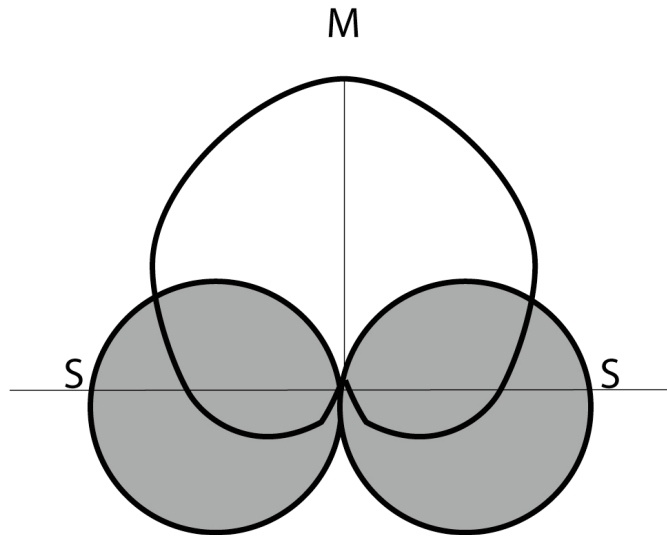
2.3.5.4. Mid-Side.

En esta técnica se utilizan dos micrófonos, uno, designado para estar en la posición *mid* que usualmente es un micrófono cardioide que está apuntando al centro de la fuente de origen del sonido deseado y otro para estar en la posición *side* el cual es un micrófono bidireccional que está orientado 90° para un lado.

El sonido directo es captado por el micrófono *mid*, mientras que las reflexiones de la sala y el ruido ambiental es captado por el micrófono *side*, después de esto estas señales son procesadas en mezcla para de esta manera ver la cantidad de sonido directo o cuanto ambiente se desea agregar.

[2]

Fig. 2.18. Patrones polares en una técnica Mid-Side.



2.4. Psicoacústica.

La psicoacústica es un estudio de la percepción humana al sonido. Primero se debe explicar como los oídos son capaces de localizar y percibir la dirección de un sonido. Un oído no es capaz de hacer esto mas dos sí, por un proceso llamado localización binaural.

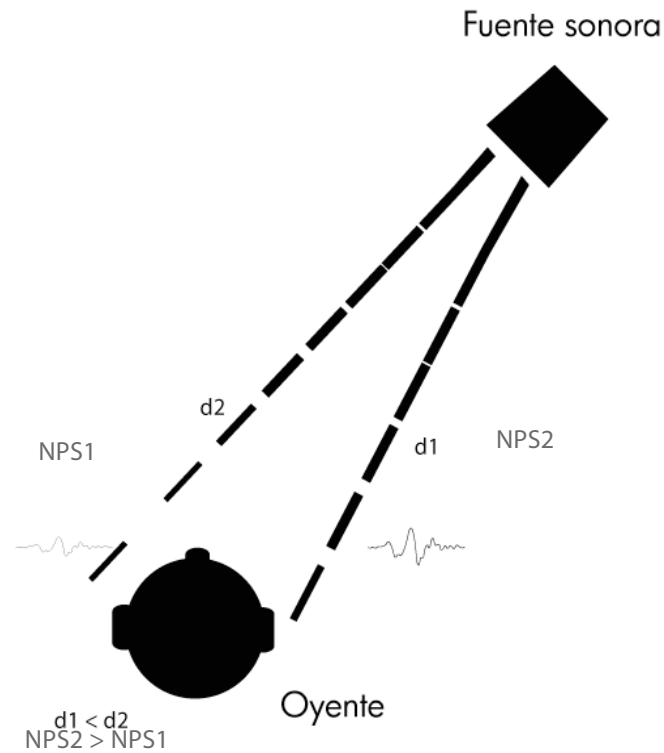
Este proceso se lleva a cabo utilizando tres señales que son captadas por el oído:

- Diferencias de intensidad interaurales.
- Diferencias de tiempo interaurales.
- Diferencias de fase interaurales.

Debido a que la cabeza produce una sombra acústica a las señales directas, las señales que contienen frecuencias medias a altas que son producidas en la parte derecha de la cabeza incidirán al oído derecho con mucha mayor intensidad que al oído izquierdo, las señales con frecuencias bajas pueden bordear la cabeza sin ningún problema. Las señales que inciden sobre el oído izquierdo son señales reflejadas por las superficies del recinto

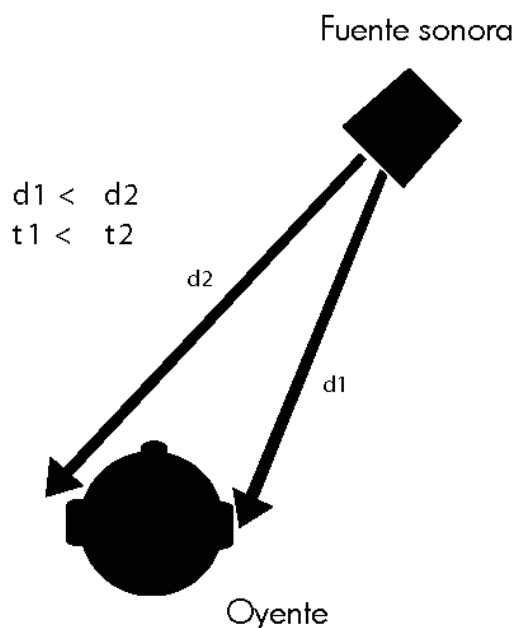
donde está la fuente sonora, de esta manera se produce la diferencia de intensidad interaural.

Fig. 2.19. Diferencia de intensidad interaural.



Ya que en frecuencias bajas, su longitud de onda es lo suficientemente grande para rodear la cabeza, el cerebro es capaz de diferenciar pequeños lapsos de tiempo: diferencias de tiempo interaurales. Estas diferencias de tiempo existen debido a que el camino que el sonido debe recorrer para llegar al oído izquierdo es un poco más largo. Así el oído izquierdo percibirá la señal después que el derecho.

Fig. 2.20. Diferencia de tiempo interaural.



Estas dos diferencias nos indican el ángulo de donde proviene el sonido, pero no nos indican si éste viene desde arriba o abajo, para esto interviene el pabellón auricular, este crea pequeños retardos en la señal sonora. Estos retrasos más el sonido directo nos dicen de donde viene el sonido. [2]

Las diferencias de fase interaurales se refieren a la diferencia en tiempo con la que una señal alcanza cada oído, esta depende de la frecuencia de la onda sonora y de la diferencia de tiempo interaural ya antes mencionada. Si una onda de 1 kHz. llega al oído izquierdo 0.5 ms antes que al derecho, esta onda estará 180° fuera de fase con la onda que captó el oído izquierdo, siendo 180° la mitad de un ciclo de la onda. Estas diferencias son muy útiles ya que el oído humano es capaz de percibir diferencias de hasta tres grados. La combinación de las diferencias de fase interaurales y las diferencias de tiempo interaurales no solo ayudan al cerebro a diferenciar de donde proviene la fuente más ayuda a identificar la frecuencia del sonido. Una vez que el cerebro ha procesado todas estas diferencias, la locación de la fuente de sonido puede ser determinada con gran exactitud.

2.5. Sistemas de grabación digital.

El audio digital usa unos y ceros, para la grabación, edición, manipulación producción en masa y reproducción de sonidos. De esta manera es muy fácil su almacenamiento, “es mucho más fácil guardar un número que la magnitud física que ese número representa”. [1]

El audio digital debe ser grabado tomando en cuenta varios parámetros, a continuación se citan los dos más fundamentales:

- Muestreo.
- Cuantización.

2.5.1. Muestreo.

El muestreo es una parte muy importante en el proceso de digitalización de una señal, este proceso se basa en tomar muestras de la amplitud, estas muestras se toman en periodos de tiempo constantes. La frecuencia con la que se toman las muestras se llama frecuencia de muestreo.

La frecuencia de muestreo debe ser alta para lograr una buena resolución de la onda que se quiere digitalizar, al hacer esto se garantiza que el sonido grabado será lo más parecido al sonido original. Para asegurar esto seguimos un teorema que dice que la frecuencia de muestreo debe ser el doble de la frecuencia más alta presente en la señal que se va a digitalizar, este teorema es conocido como el teorema de Nyquist-Shannon. [13]

En la siguiente tabla se puede observar las frecuencias de muestreo típicas con sus aplicaciones:

Tabla 2.2. Frecuencias de muestreo típicas.

Frecuencia de muestreo	Aplicación
8000 muestras/s	Teléfono
22050 muestras/s	Radio
32000 muestras/s	MiniDV
44100 muestras/s	CD, mp3, acc.
48000 muestras/s	Televisión digital, DVD
96000 muestras/s	HD DVD, Blue-Ray

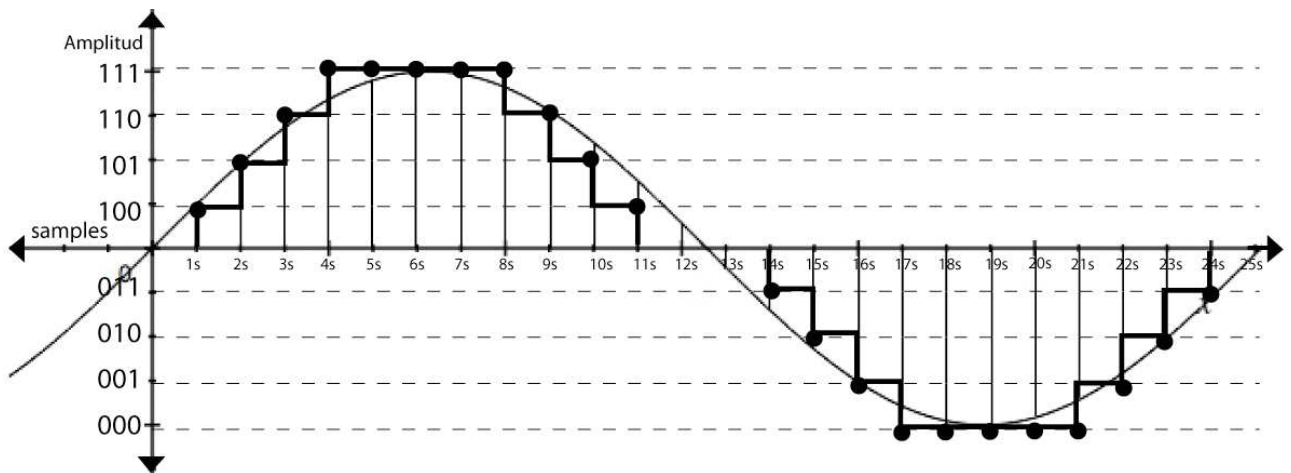
2.5.2. Cuantización.

En digital, una onda análoga puede ser representada por una serie de pulsos, los cuales indican un número que representa el valor análogo de amplitud de la señal en ese instante, para esto se utiliza un conversor análogo-digital, este conversor indica cuantos bits corresponde a cada muestra de audio capturada.

Cuando existe mayor resolución va a existir una mayor fidelidad de la representación de la amplitud. Con un sistema numérico binario, el largo de la palabra digital va a determinar la cantidad de intervalos cuantizables disponibles. Para saber la cantidad de intervalos que se disponen en un sistema podemos elevar el número 2 al número de bits. Por ejemplo, una palabra de 8-bit provee 256 intervalos ($2^8 = 256$) y una palabra de 16-bit va a proveer 65,536 intervalos ($2^{16} = 65,536$).

Existe un error que puede ocurrir al digitalizar una señal, ya que si el valor correspondiente a la muestra de amplitud es entre 2 bits, a esta muestra se le asignará el bit inmediato inferior, haciendo de esta manera un error máximo de 1 bit. Este error resulta en distorsión que es presente para cualquier amplitud en una señal de audio, cuando la señal es grande, la distorsión es relativamente pequeña pero cuando la señal es pequeña, la distorsión se vuelve relativamente grande y esta puede ser audible. [1] [4] [14]

Fig. 2.21. Comparación de una onda cuantizada con su respectiva onda original. Se representa la amplitud en bits y los samples en segundos.



2.5.3. Digitalización.

Después de haber tomado las muestras es necesario almacenarlas, para ello se las transforma en un número binario. Si se utiliza números binarios de tres dígitos, se obtiene ocho números de 3 bits: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 y 111. Las muestras obtenidas se siguen poniendo en orden dependiendo del tiempo en las que fueron tomadas, de esta manera se pueden reproducir, procesar o almacenar. [1]

2.6. Características acústicas de instrumentos.

Los sonidos producidos por un instrumento poseen características como el tono, ritmo, intensidad y timbre estas características son las que las hacen distinguirse del ruido. “Los instrumentos musicales están diseñados para producir sonidos agradables, o al menos reconocibles, y el interprete tenga algún control sobre varias propiedades de los sonidos que salen”. Los elementos que hacen que un instrumento posea sus cualidades son: uno o más vibradores y resonadores, de esta manera se produce excitación al o a los elementos vibratorios para crear movimiento, y el elemento resonador será capaz de transformar estas vibraciones en ondas sonoras en el aire. En algunos

instrumentos como es el caso de los platillos o las campanas tubulares, el vibrador y el resonador son el mismo elemento.

En éste proyecto de titulación se describe únicamente las características de un conjunto de cuerdas.

2.6.1. Violín.

El suave y sedoso sonido del violín proviene de dos componentes importantes: uno es el violín en sí y el otro es el arco que excita las cuerdas.

El violín se compone por una placa superior arqueada y unas placas traseras unidas, los lados de la cara son bastante rígidos. Las cuerdas están extendidas entre una pieza de cola y las clavijas, éstas se giran para poder ajustar la tensión de la cuerda el momento de la afinación. A pesar de que parece un instrumento delicado, en realidad es muy robusto, considerando sus dimensiones y las tensiones que debe soportar. Estas son balanceadas por la forma arqueada de su placa superior y por la posterior gracias a una barilla interior.

A pesar de que el material puede variar, la placa frontal y trasera son usualmente hechas de picea, mientras que los lados del instrumento, su mango y puente son elaborados de maple, el diapason es generalmente hecho de ébano.

Las cuerdas son excitadas por el arco, estas vibraciones de las cuerdas son llevadas a la placa superior por el puente, el cual es sujetado dentro del cuerpo del instrumento por medio de una vara que también lleva las vibraciones a la placa trasera. La placa superior tiene unos agujeros en formas de "f", estas ayudan en la vibración de la placa y ayudan a dar el sonido total del instrumento.

El sonido del violín se produce normalmente al frotar la cuerda con el arco al mismo tiempo que los dedos de la mano pisan las notas haciendo traste

en el diapasón, Cuando el violinista mueve su mano izquierda o que hace es acortar o alargar el tamaño de la cuerda que puede vibrar así va a cambiar el timbre que produce esa cuerda. Las cuerdas del violín están afinadas en G, D, A y E. El rango de frecuencia que posee el violín es de 196 Hz a 2500 Hz.

El sonido en bajas frecuencias se produce por un interacción de la placa frontal con la posterior y también con la resonancia del aire a través de las efes en la cara frontal del violín. Las frecuencias medias radian principalmente de la cara frontal y mientras sube la frecuencia existe una interacción de dicha placa con el puente. Las frecuencias altas radian del violín de forma distinta entre instrumento e instrumento, no existen dos violines que radien de igual manera.

El violín emite sonido de forma omnidireccional para sus dos octavas más bajas. Mientras que para las frecuencias más altas el sonido se dirige hacia arriba y hacia la derecha del intérprete, el posicionamiento de los micrófonos debe estar a unos dos o tres metros de altura y de separación desde el instrumento. [3] [5]

Fig. 2.22. Violín



2.6.2. Viola.

La viola es una versión más grande del violín, aunque su sonoridad es un poco más tenue. La manera de emitir sonido que tiene la viola es exactamente igual que se indica anteriormente en el funcionamiento del violín. La viola posee cuatro cuerdas que están afinadas en C, G, D, A. El rango de frecuencia que posee la viola es de 130 Hz a 1050 Hz.

La viola es menos direccional que el violín, por lo que su colocación en una orquesta o en un conjunto de cuerdas no es tan importante, lo mismo pasa cuando se a colocar un micrófono para captar su sonido. [3] [5]

Fig. 2.23. Viola.



2.6.3. Violonchelo.

El violonchelo o también llamado chelo, posee un tono cálido y aterciopelado, este tiene un registro mucho más grave que el violín y la viola, sus cuerdas están afinadas una octava completa más baja que la viola: C, G, D, A. Debido a su gran tamaño el chelo no se lo puede interpretar apoyándolo en el hombro como en el caso del violín o de la viola.

Al violonchelo se lo apoya en el suelo con la ayuda de una púa de metal, y el intérprete debe estar sentado sujetando al instrumento entre sus rodillas. La directividad del violonchelo se ve reducida por su manera de interpretación y por el hecho de que la púa de metal transmite vibraciones al suelo.

Cuando el violonchelo es interpretado sobre una superficie muy reflectante esto puede crear interferencia o sonidos no deseados por resonancia. El rango que frecuencia del violonchelo va de 65 Hz a 520 Hz. [3] [5]

Fig. 2.24. Violonchelo.

2.6.4. Contrabajo.

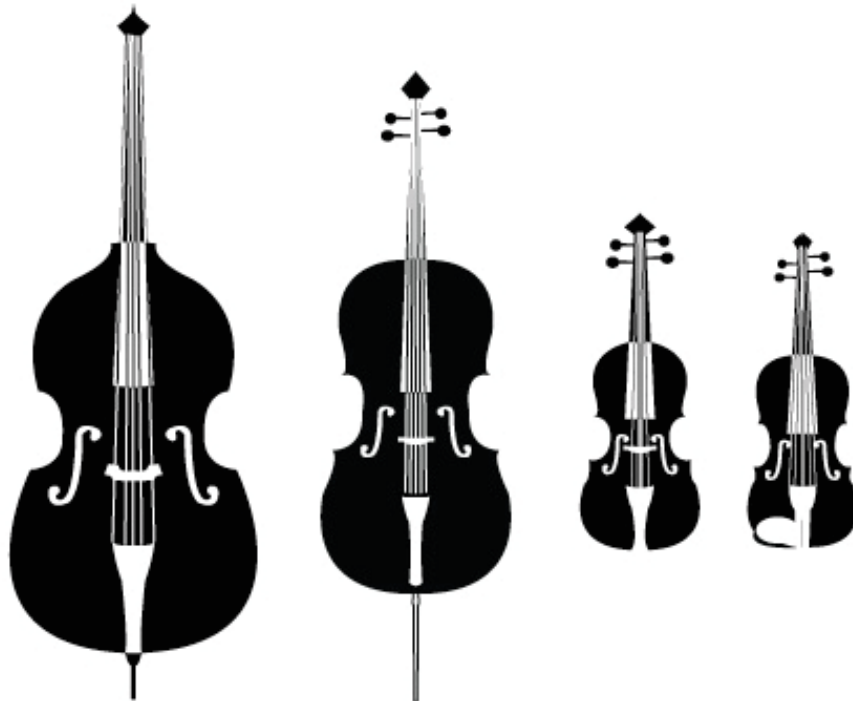
El contrabajo es el instrumento más grande y por ende con tesitura más grave de toda la familia de los instrumentos de cuerdas frotadas, por su forma de hombros caídos confirman que es un descendiente de la viola más que del violín. Sus cuerdas están afinadas en quintas a diferencia de los otros miembros de su familia, E, A, D, G, de esta manera este puede generar sonidos muy graves. El rango de frecuencia fundamentales del contrabajo va desde 33 Hz a 260Hz pero los sobretonos pueden llegar hasta los 7 kHz. Mucha de la energía de este instrumento proviene de un arco muy amplio, haciendo que el contrabajo actúe como una fuente difusa, a más de esto el contrabajo también conduce sus vibraciones al suelo por medio de una púa de metal para poder apoyarlo en el suelo.

El contrabajo en grupos de jazz o pop es más utilizado para excitar las cuerdas con las yemas de los dedos que usando el arco. Este posee un tono seco y brusco, por su tamaño es un instrumento que carece de agilidad, por dificultades de digitación muy raras se producen armónicos ni muchos acordes, a excepción de unos pocos. [3] [5]

Fig. 2.25. Contrabajo.



Fig. 2.26. Relación de tamaños en la familia del violín (de derecha a izquierda: Contrabajo, Violonchelo, Viola y Violín).

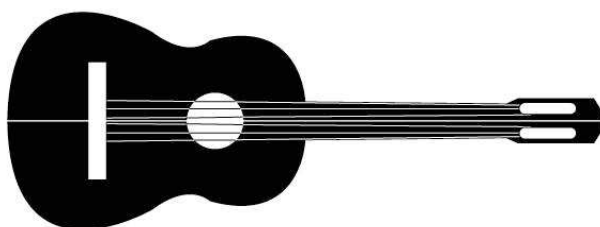


2.6.5. Guitarra.

La guitarra posee una placa superior casi plana y su parte posterior está construida por placas, en la parte superior posee un hueco en forma circular que ayuda en su resonancia. Sus seis cuerdas están afinadas en E2, A2, D3, G3, B3, E4. Las cuerdas de la guitarra están extendidas desde una pieza de cola y clavijas, sobre un puente sobre la placa superior del instrumento. La guitarra posee 22 tiras paralelas ligeramente arqueadas llamadas trastes, estos están diseñados para aumentar el tono en intervalos de semitonos exacto colocando el dedo sobre el traste o ligeramente detrás del traste más alto. Las altas frecuencias de la guitarra son emitidas en un ángulo muy pequeño desde la placa superior.

Existe una gran variedad de tipo de guitarras que se generaron después de la guitarra tradicional como por ejemplo la guitarra hawaiana, la guitarra eléctrica. [3]

Fig. 2.27. Guitarra.



2.7. Programación.

Programar es el proceso de escribir, probar, arreglar y guardar un código fuente de un programa de computadora. El programar se puede basar en modificar un código existente o en crear uno totalmente nuevo, pero siempre se usa lenguaje de programación. El objetivo de programar es hacer un aplicación que se comporte de una manera deseada.

Para programar se deben seguir tres pasos principales, estos son: el saber que se quiere hacer, el proponer un algoritmo, y el escribir el código.

Al saber que se quiere hacer se debe conocer con exactitud qué es lo que se ambiciona lograr con el programa, se debe especificar el problema y describir todos los procesos que debe hacer el programa para que solucione dicho problema y haga lo que se quiere que haga.

Proponer un algoritmo es el hecho que proponer una secuencia de pasos ordenados que sirven para poder solucionar un problema concreto. Con algoritmo se trabaja de la siguiente manera:

- Se especifica el problema.
- Se descompone en sub-problemas.
- Se analiza cada sub-problema descomponiéndolo hasta llegar a un punto en que se tenga ya una entidad tratable.
- Se establecen los datos con que se trabajará.
- Se estructuran los datos.

En el tercer paso que es escribir el código, aquí el programador se sienta en frente del computador para empezar a darle instrucciones. Estas instrucciones son las mismas que se obtuvieron con el algoritmo pero esta vez se las interpreta con un sintaxis determinado. Después de esto un programa especial llamado compilador es el que se encarga en traducir este código en un lenguaje que el computador pueda entender para que este realice las acciones requeridas. [15]

2.7.1. Action script.

Action script es un lenguaje de programación basado en objetos, este es el lenguaje utilizado en el desarrollo de aplicaciones o páginas web utilizando la plataforma Adobe Flash con rico contenido en audio y video. [16]

Con el lenguaje de *Action Script* se pueden crear aplicaciones muy versátiles, ya que este posee algunas cualidades como:

- Línea de tiempo.
- Controlar las propiedades de los objetos.
- Generación de contenido programado.
- Comunicación con el servidor.

2.7.1.1. Línea de tiempo.

Una película de Flash está formada por una serie de fotogramas secuenciales llamada línea de tiempo [17]. Utilizando Action Script en ciertos fotogramas clave se puede crear elementos interactivos como:

- La botonera clásica de navegación, con botones que reaccionan a clics del ratón y envían la cabecera de la película a un fotograma concreto.
- Contenido que se anima basándose en movimientos del ratón.
- Objetos que pueden ser movidos por el ratón o el teclado.
- Campos de texto que permiten a los usuarios entrar datos a la película como en un formulario.
- Controlar el contenido audiovisual.

2.7.1.2. Controlar las propiedades de los objetos.

Action Script puede ser utilizado para examinar o modificar las propiedades de los elementos de una película [17]. Por ejemplo:

- Cambiar el color y la localización de un objeto.
- Reducir el nivel de un sonido.
- Especificar la tipografía de un bloque de texto.
- Campos de texto que permiten a los usuarios entrar datos a la película como en un formulario.
- Modificar las propiedades repetidamente produciendo comportamientos únicos como son los movimientos basados en la física y la detección de colisiones.

2.7.1.3. Generación de contenido programado.

Con Action Script se puede generar contenido directamente desde la biblioteca de la película o duplicar contenido existente en el escenario [17]. El contenido generado en forma de programa puede servir como:

- Un elemento estático.
- Una plantilla visual aleatoria.
- Un elemento interactivo, por ejemplo una nave en un juego espacial.
- Una opción de un menú que se abre cuando la presionan (*pull-down menu*).

2.7.1.4. Comunicación con el servidor.

Action Script provee de una amplia variedad de herramientas para enviar y recibir información del servidor [17]. Ejemplos de comunicación con el servidor son:

- Enlace a una página web.
- Libro de visitas.
- Aplicación de chat.
- Juego multijugadores a través de la red.
- Transacción de e-comercio.
- Sitio personalizado con nombre de usuario y contraseña.

2.7.2. Comandos y funciones.

2.7.2.1. gotoAndPlay().

Para ir a una escena o un fotograma específicos del archivo *SWF*, puede utilizar la funciones *gotoAndPlay()*. Esta función permite especificar un fotograma de la escena actual. Si el documento contiene varias escenas, puede especificar una escena y un fotograma al que desea desplazarse. [18]

2.7.2.2. onRelease = function().

Se invoca cuando se suelta el botón del ratón sobre un clip de película. Debe definir la función que ha de ejecutarse cuando se invoca el controlador de eventos. Puede definir la función en la línea de tiempo o en un archivo de clase que amplíe la clase *MovieClip* o esté vinculado a un símbolo de la biblioteca. [19]

2.7.2.3. onRollOver.

Se invoca cuando el botón se selecciona. Esto puede ocurrir cuando el usuario hace clic en otro botón fuera del botón seleccionado. Se invoca cuando el puntero se desplaza sobre el área de un botón. Debe definir la función que ha de ejecutarse cuando se invoca el controlador de eventos. [20]

2.7.2.4. onReleaseOutside().

Se invoca cuando se suelta el botón del ratón mientras el puntero está fuera del botón después de haber hecho clic mientras el puntero estaba dentro del botón. Debe definir la función que ha de ejecutarse cuando se invoca el controlador de eventos. [21]

2.7.2.5. setVolume().

Esta función establece un nivel para un objeto de sonido. Un número del cero al 100 representa un nivel de dicho objeto. 100 es máximo nivel y cero sin nivel. El valor predeterminado es 100. [22]

2.7.2.6. setPan().

Determina cómo se reproduce el sonido en los canales (altavoces) izquierdo y derecho. En el caso de sonidos mono, *pan* determina a través de qué altavoz (izquierdo o derecho) se reproduce el sonido. Un entero que especifica el balance izquierda-derecha de un sonido. El intervalo de valores válidos es de -100 a 100, donde -100 utiliza sólo el canal izquierdo, 100 utiliza sólo el canal derecho y 0 reparte el sonido de forma uniforme entre los dos canales. [23]

2.7.2.7. stop().

Detiene todos los sonidos que se están reproduciendo actualmente, si no se ha especificado ningún parámetro, o sólo el sonido especificado por el nombre de la variable. [24]

2.7.2.8. attachSound().

Asocia el sonido especificado en el parámetro *id* al objeto *Sound* indicado. El sonido debe encontrarse en la biblioteca del archivo *SWF* actual y su exportación debe haberse especificado en el cuadro de diálogo Propiedades de vinculación. Debe llamar a *Sound.start()* para comenzar a reproducir el sonido. [25]

2.7.2.9. createEmptyMovieClip.

Crea un clip de película vacío como elemento secundario de un clip de película existente. Este método se comporta de forma similar al método *attachMovie()*, aunque no es necesario proporcionar un identificador de vinculación externo para el nuevo clip de película. El punto de registro de un clip de película vacío recién creado es la esquina superior izquierda. Este método falla si falta cualquiera de los parámetros. [26]

2.7.2.10. if().

Evalúa una condición para determinar la siguiente acción en un archivo *SWF*. Si la condición es verdadera (*true*), Flash ejecuta las sentencias que hay entre llaves (*{}*), a continuación de la condición. Si la condición es falsa (*false*), Flash omite las sentencias entre llaves y ejecuta las sentencias que hay a continuación. [27]

2.7.2.11. else().

Especifica las sentencias que se ejecutarán si la condición en la sentencia *if* devuelve *false*. Las llaves (*{}*) que se utilizan para incluir el bloque de sentencias que se ejecutarán con la sentencia *e/se* no son necesarias si sólo se va a ejecutar una sentencia. [28]

2.7.2.12. startDrag().

Permite al usuario arrastrar el clip de película especificado. Es posible continuar arrastrando el clip de película hasta que se detenga explícitamente mediante una llamada a *MovieClip.stopDrag()* o hasta que otro clip de película pueda arrastrarse. Sólo es posible arrastrar clips de película de uno en uno. [29]

2.7.2.13. onMouseMove.

Se notifica cuando se mueve el ratón. Para utilizar el detector *onMouseMove*, debe crear un objeto detector. Posteriormente podrá definir una función para *onMouseMove* y utilizar *addListener()* para registrar el detector en el objeto Mouse. Los detectores permiten que diversas partes del código cooperen, ya que varios detectores pueden recibir notificación de un solo evento. [30]

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO.

3.1. Selección de instrumentos.

Para la realización de este proyecto de tesis se han escogido instrumentos de cuerdas, en buenas condiciones para interpretación según los músicos que los utilizan como herramientas de su trabajo. También se han cerciorado que sus arcos se encuentren en buenas condiciones.

3.2. Selección de músicos.

Los músicos seccionados para interpretar las piezas que sirven como muestras de audio son miembros activos de la orquesta sinfónica o filarmónica de Quito. Los músicos han recibido amplia instrucción en el campo de interpretación musical, y poseen un amplio conocimiento de las técnicas de la interpretación de su respectivo instrumento.

Los músicos que interpretan las piezas musicales son:

Violín: Tigrán Khatchatrian.

Viola: Román Serrano.

Violonchelo: Christina Padilla.

Contrabajo: Larry Bonilla y Sandra Robalino.

Guitarras: Hugo Jácome y Diego Arboleda.

3.3. Estudio de grabación.

El estudio escogido para la grabación de las muestras de audio es Mid-Side Music Studio, ubicado en la ciudad de Quito. Las razones por las cuales se escoge a este estudio son por sus instalaciones, tecnología y equipos para asegurar que las muestras no posean ruido de fondo ni algún tipo de distorsión. Mid-Side Music Studio se encuentra ubicado en las calles Granda Centeno y Mariano Egas, gracias a su ubicación el ruido de fondo del estudio es muy bajo, lo cual ayuda a que las muestras sean lo más fieles posibles. Las

grabaciones se realizan en tres sesiones de cuatro horas en el periodo de un mes.

3.4. Selección de micrófonos y técnicas a utilizar.

Para capturar todas las muestras de audio necesarias para la aplicación se utilizan dos micrófonos de condensador. Estos micrófonos han sido seleccionados por su disponibilidad y por sus costos ya que si se utilizan micrófonos de alto valor, la probabilidad de que el usuario se encuentre con uno de esos en la vida real va a ser muy limitada.

Los instrumentos a grabar son instrumentos de cuerdas los cuales poseen un registro con muchas altas frecuencias, para esto se necesita micrófonos que tengan una respuesta de frecuencia plana en las frecuencias formantes de los instrumentos. Por esta razón se utilizan los siguientes micrófonos para las tomas de muestras para todos los instrumentos: AKG C414 B-XLS y Sennheiser e614.

Estos dos tipos de micrófonos son ubicados en las mismas posiciones, de esta manera el usuario de la aplicación no solo puede comparar las distancias o posiciones de los micrófonos mas puede cambiar de modelo de micrófono. Al momento de la grabación de las muestras se disponen de cuatro micrófonos de cada modelo, de esta manera se pueden grabar más muestras en menos tomas.

3.4.1. Violín.

El sonido en el violín es proyectado en dirección perpendicular a la tapa frontal, la dispersión de las frecuencias es a 15° de las cuerdas, por esta razón se coloca al primer micrófono a este ángulo a un metro de distancia de la cara del violín, apuntando a las cuerdas y los agujeros en forma de *f*. Mientras más cercano está el micrófono más presente va a estar pero el sonido va a ser más nasal, para representar este caso se utiliza el segundo micrófono a diez centímetros por debajo del puente pero apuntando a las cuerdas. Para obtener

un sonido más completo del instrumento se debe utilizar el micrófono a mayor distancia, en este caso se ubica al tercer micrófono a 80 centímetros del intérprete pero apuntando a las cuerdas del instrumento, para obtener un realce en las frecuencias bajas se coloca un cuarto micrófono en la parte posterior del violín a una distancia de diez centímetros apuntando a la tapa posterior del mismo. Como se disponen de cuatro ejemplares de cada modelo de micrófono, se colocan los ocho micrófonos en sus respectivas ubicaciones para de esta manera rescatar las ocho muestras en una sola toma, así se reduce el grado de error por parte del intérprete.

El nombre de la interpretación para el violín es “Amazing grace” por William Walker. Las muestras obtenidas de la interpretación son etiquetadas de la siguiente manera:

Violín-akg-m1.wav, Violín-akg-m2.wav, Violín-akg-m3.wav, Violín-akg-m4.wav,
Violín-614-m1.wav, Violín-614-m2.wav, Violín-614-m3.wav, Violín-614-m4.wav.

3.4.2. Viola.

Debido a que la viola tiene características acústicas muy parecidas al violín, se utilizan las mismas posiciones que se aplican para dicho instrumento. El rango fundamental de la viola es una quinta más abajo que el del violín, así que se esperan muestras más graves. Ya que se posee un igual número de micrófonos se realiza una sola toma para rescatar las ocho muestras de audio propuestas en este proyecto.

Fig. 3.1. Vista superior del posicionamiento de los micrófonos para el violín y viola.

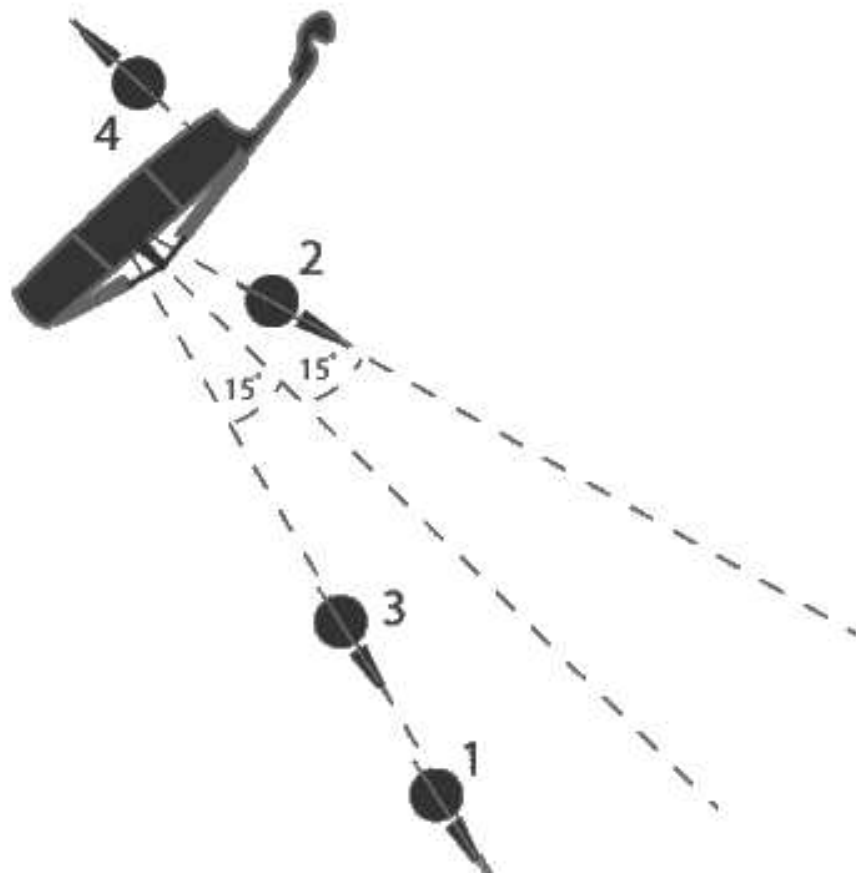
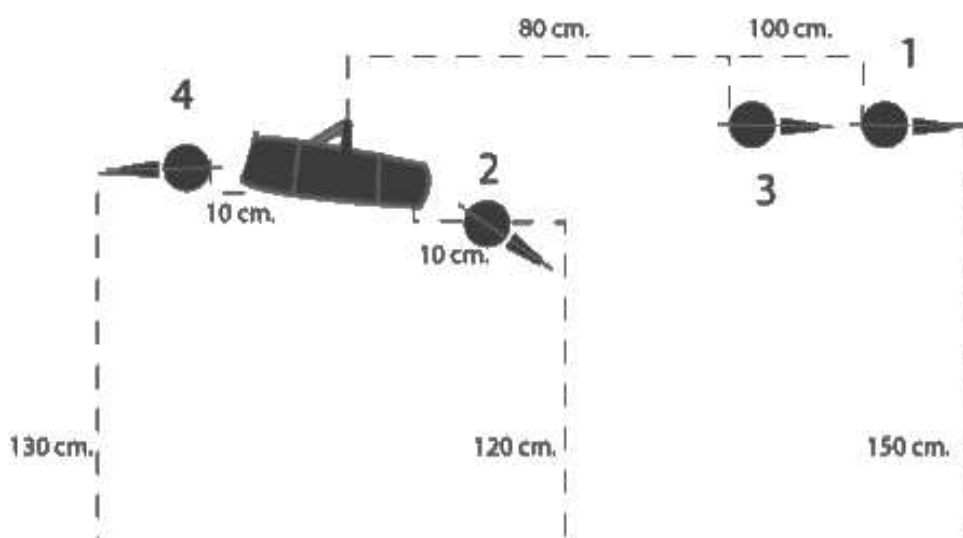


Fig 3.2. Vista lateral del posicionamiento de micrófonos para el violín y viola.



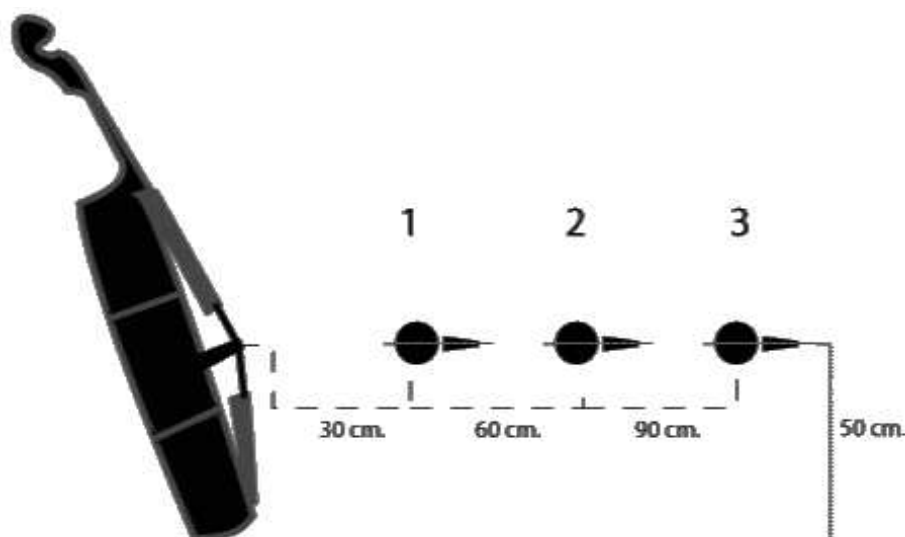
El nombre de la interpretación para la viola es “Primer fragmento de la sinfonía de Mahler” por Gustav Mahler. Las muestras obtenidas de la interpretación son etiquetadas de la siguiente manera:

Viola-akg-m1.wav, Viola-akg-m2.wav, Viola-akg-m3.wav, Viola-akg-m4.wav,
Viola-614-m1.wav, Viola-614-m2.wav, Viola-614-m3.wav, Viola-614-m4.wav.

3.4.3. Violonchelo.

Debido a que el violonchelo posee una propagación uniforme en frecuencias, por su cara frontal en un ángulo de $\pm 20^\circ$, se utiliza este ángulo para demostrar una captación cercana, distante y ambiental. Para esto se ubican tres micrófonos a 30, 60 y 90 cm respectivamente, estos micrófonos van a estar apuntando al espacio entre las cuerdas y las “efes” del violonchelo. Ya que se dispone de cuatro micrófonos de cada marca, se pueden recopilar estas seismuestras en una sola toma.

Fig. 3.3. Vista lateral del posicionamiento de los micrófonos para el violonchelo.



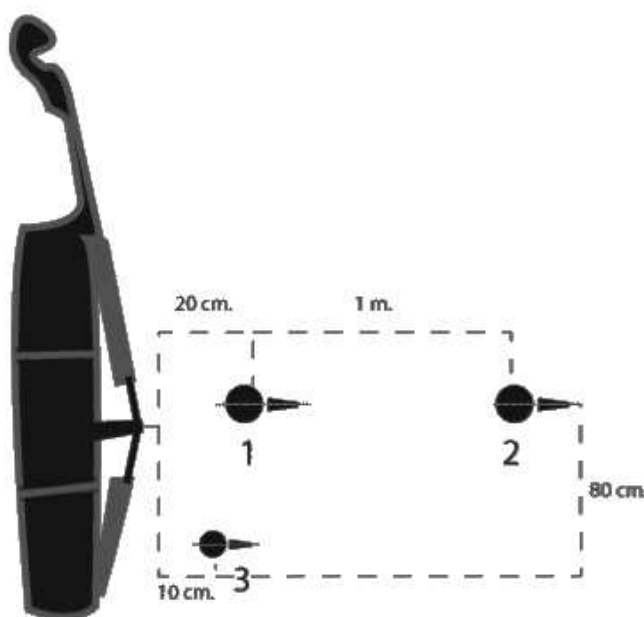
El nombre de la interpretación para el violonchelo es “Melodía para mi madre” de Anthony Bojack. Las muestras obtenidas de la interpretación son etiquetadas de la siguiente manera:

Chelo-akg-m1.wav, Chelo-akg-m2.wav, Chelo-akg-m3.wav,
Chelo-614-m1.wav, Chelo-614-m2.wav, Chelo-614-m3.wav.

3.4.4. Contrabajo.

El contrabajo posee una propagación de sonido dispersa, es uno de los instrumentos más difíciles de captar ya que a pesar de que frecuencias pueden ser muy bajas, hasta los 33 Hz, sus sobretonos pueden llegar hasta 7kHz, así su amplio rango de frecuencias es irradiado en todas la direcciones, pero solo a los $\pm 15^\circ$ estas frecuencias son emitidas equivalentemente. El primer micrófono para este instrumento está situado a 20 cm por encima de la “efe” a un ángulo de 15° , mientras que el segundo micrófono está a un metro de distancia con la misma altura y mismo ángulo que en el primer caso, un tercer y último micrófono está a una distancia de 10 centímetros apuntando a la “efe” para captar un sonido más redondo del instrumento. Las seis muestras se pueden obtener en una sola toma.

Fig. 3.4. Vista lateral del posicionamiento de los micrófonos para el contrabajo.



El nombre de la interpretación para el contrabajo es “El elefante” de C. Saint Saëns. Las muestras obtenidas de la interpretación son etiquetadas de la siguiente manera:

Bass-akg-m1.wav, Bass-akg-m2.wav, Bass-akg-m3.wav,
Bass-614-m1.wav, Bass-614-m2.wav, Bass-614-m3.wav.

3.4.5. Guitarra.

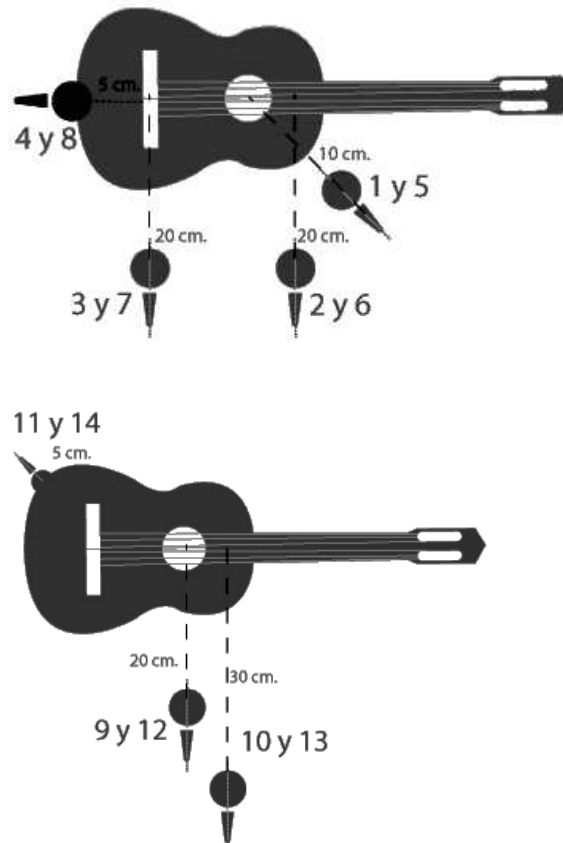
Las guitarras pueden ser instrumentos muy complicados ya que su material, sus cuerdas y estilo de interpretación tienen mucho que ver con su sonido final, si a más de esto se le suma la técnica de captación utilizada y el micrófono, se convierte en uno de los instrumentos más versátiles. La guitarra irradia sonido de todas partes de su cuerpo haciendo que el más pequeño cambio en posición del micrófono cambie su balance tonal.

Para este instrumento, debido a la cantidad de micrófonos utilizados se requieren dos tomas de grabación para poder obtener todas las muestras previstas, en la primera toma se ubican los micrófonos del uno al cuatro y en la segunda toma se ubican los micrófonos del cinco al siete.

El primer micrófono se lo ubica a diez centímetros de la boca de la guitarra con un ángulo de 45°, el segundo micrófono se lo coloca a 20 cm del puente apuntando a este mismo, así se capta la interpretación de los dedos sobre las cuerdas más armónicos. El tercer micrófono se lo ubica a 20 cm del final del mango de la guitarra hacia los trastes, este produce un sonido más balanceado de toda la guitarra con presencia de sobretonos. El cuarto micrófono se lo coloca a diez centímetros de la boca de la guitarra, esto produce un sonido más fuerte en bajos, pero es muy utilizado en aplicaciones en vivo debido al nivel sonoro en el que está presente la guitarra. El quinto micrófono se lo ubica cinco centímetros perpendicular al puente, en esta ubicación se obtiene un sonido “maderoso” lleno de sub-armónicos sin mucha presencia de bajos. El sexto micrófono se lo ubica a 30 cm apuntando a las

cuerdas entre la boca y el mango, con esta técnica se obtiene un sonido más ambiental y para realzar los bajos se ubica un séptimo micrófono en la parte posterior de la guitarra a una distancia de cinco centímetros.

Fig. 3.5. Vista superior del posicionamiento de los micrófonos para la guitarra (de izquierda a derecha: toma 1 y toma 2)



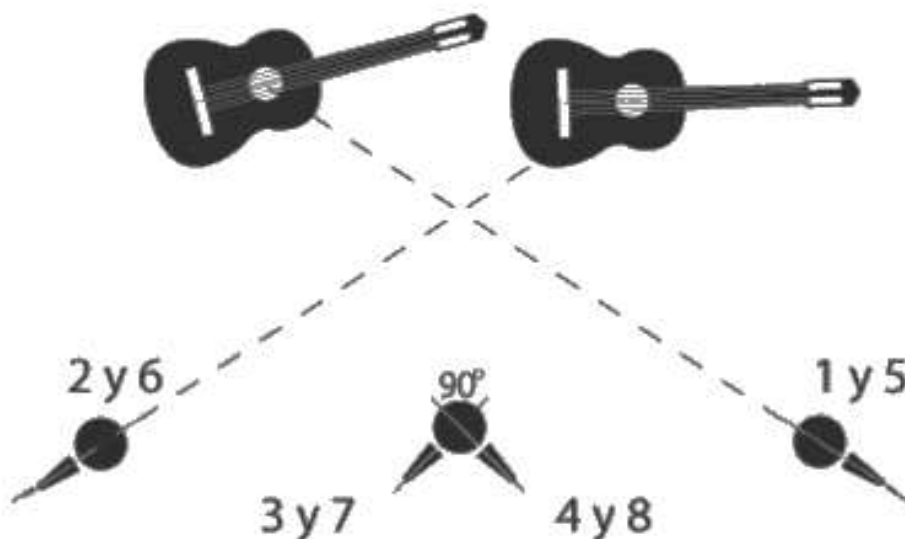
La interpretación de guitarra es un solo creado por el Ing. Hugo Jácome. Las muestras obtenidas de la interpretación son etiquetadas de la siguiente manera:

Guit-akg-m1.wav, Guit-akg-m2.wav, Guit-akg-m3.wav, ..., Guit-akg-m7.wav,
 Guit-614-m1.wav, Guit-614-m2.wav, Guit-614-m3.wav, ..., Guit-614-m7.wav.

3.4.6. Ensamble de guitarras.

Para el ensamble de guitarras se graban dos guitarras, la primera guitarra interpreta una melodía mientras que la segunda guitarra interpreta un rasgado de acompañamiento. El objetivo de grabar un ensamble de guitarra es indicar al usuario una comparación entre técnicas de captación estéreo. Para esto se utilizan dos técnicas, un par coincidente a 90° y un par separado. Los músicos están ubicados a un metro de distancia de los micrófonos en configuración par coincidente y de igual manera a un metro de distancia de los micrófonos con configuración par separado, ambas configuraciones se encuentran elevados a 140 centímetros del piso. El techo de la sala de músicos es de madera y es inclinado. Utilizando un par de micrófonos para la técnica de par coincidente y otro par para la técnica de par separado se pueden captar estas muestras en una sola toma:

Fig. 3.6. Configuración de par coincidente y par separado para ensamble de guitarras.



La interpretación para el ensamble de guitarras es: “Recuerdo de Alhambra” de Francisco Tárrega con arreglos de Diego Arboleda. Las muestras obtenidas de la interpretación son etiquetadas de la siguiente manera:

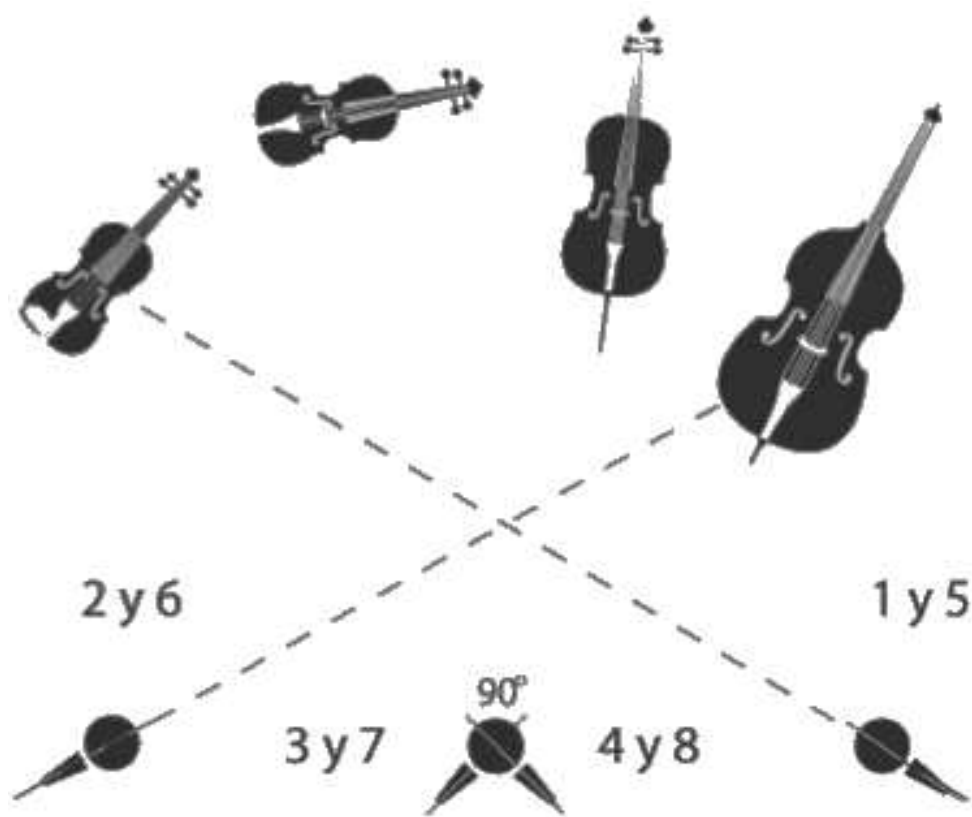
Engui-akg-m1.wav, Engui-akg-m2.wav, Engui-akg-m3.wav, Engui-akg-m4.wav,
Engui-614-m1.wav, Engui-614-m2.wav, Engui-614-m3.wav, Engui-614-m4.wav.

3.4.7. Ensamble de cuerdas.

Para el ensamble de cuerdas se graba un cuarteto de cuerdas, pero no se utiliza la forma tradicional del ensamble, en este caso se cambia el segundo violín por la viola, la viola por el violonchelo, y el violonchelo por el contrabajo. Este cambio en la formación se realiza para obtener una mejor distinción de la localización de los instrumentos por medio de sus rangos de frecuencias.

De igual manera que en el caso anterior se utilizan dos técnicas, par coincidente y un par separado, para poder comparar el posicionamiento en una imagen sonora de dicho ensamble. El par coincidente posee un ángulo de 90° de apertura y está ubicado a 90 centímetros de los músicos. Los músicos se encuentran formando una semicircunferencia con centro en los micrófonos de configuración par coincidente. En cambio en el par separado, los músicos se encuentran a una distancia de 80 centímetros y con una distancia de dos metros entre los dos micrófonos. Las cuatro muestras resultantes se obtienen en una sola toma.

Fig. 3.7. Configuración de par coincidente y par separado para ensamble de cuerdas.



El nombre de la interpretación para el ensamble de cuerdas es “In the hall of the Mountain King” por Edvard Hagerup Grieg. Las muestras obtenidas de la interpretación son etiquetadas de la siguiente manera:

Encu-akg-m1.wav, Encu-akg-m2.wav, Encu-akg-m3.wav, Encu-akg-m4.wav,
 Encu-614-m1.wav, Encu-614-m2.wav, Encu-614-m3.wav, Encu-614-m4.wav.

3.5. Diseño de la interfaz de usuario.

3.5.1. Concepto del nombre de la aplicación y diseño del isotipo.

La aplicación está destinada principalmente para su uso en estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica en la Universidad de las Américas, de los cuales su edades varían entre 17 y 25 años.

Las tendencias actuales de diseño se han encasillado en el minimalismo, que es la tendencia artista de utilizar la menor cantidad de objetos para crear una composición efectiva, se elige como nombre para la aplicación, MICO, un juego de palabras entre *Microphone* y *Comparrison*.

Fig. 3.8. Isotipo de la aplicación.



El isotipo de la aplicación también sigue la misma tendencia minimalista del nombre, éste posee una barra gris en la parte inferior para equilibrar el peso visual y a más de eso darle más resalte al texto de soporte. Su forma rectangular apoya el concepto de calma que se quiere resaltar a lo largo de toda la aplicación y lo hace más acorde con la figura general elegida para la interfaz de la aplicación.

3.5.2. Selección de color y forma de la interfaz.

Siguiendo con la tendencia minimalista que se utiliza en el isotipo, la interfaz de usuario es conformada por rectángulos con los bordes

redondeados, la combinación de estos rectángulos forman los botones, y cuadros de texto de la aplicación.

Se utiliza una gama de tonalidades verdes para crear psicológicamente un ambiente de calma, tranquilidad y conjuntamente con su significado de vida y juventud.

Fig. 3.9. Captura de pantalla del reproductor de muestras para el contrabajo.



3.6. Programación de la aplicación.

Esta aplicación es programada en Adobe Flash CS4, que es un programa para diseño web, diseño de software y aplicaciones interactivas. Se escoge este programa como herramienta para la programación de la aplicación MICO, por sus ventajas de animación, programación e interactividad.

3.6.1. Desarrollo de la línea principal de animación.

El primer paso en cualquier desarrollo de aplicación Flash de Action Script 2.0 es la creación de las ventanas contenedoras de los elementos interactivos, en este caso estas ventanas están desarrolladas por un sistema de *movieClips* animados, primero se anima la estructura principal del sitio para empezar a programar; la línea principal de animación se la realiza de la siguiente manera:

- Introducción.
- Home.
- Bases teóricas.
 - Micrófonos.
 - Técnicas.
 - Instrumentos.
- Galería.
- Comparación de técnicas.
 - Violín.
 - Viola.
 - Violonchelo.
 - Contrabajo.
 - Guitarra.
 - Ensamble de cuerdas.
 - Ensamble de guitarras.
- Agradecimientos.

Dentro de cada una de estas ventanas interactivas se programan cada uno de los elementos que se van a utilizar en la aplicación como por ejemplo reproductores, controladores y botones de navegación.

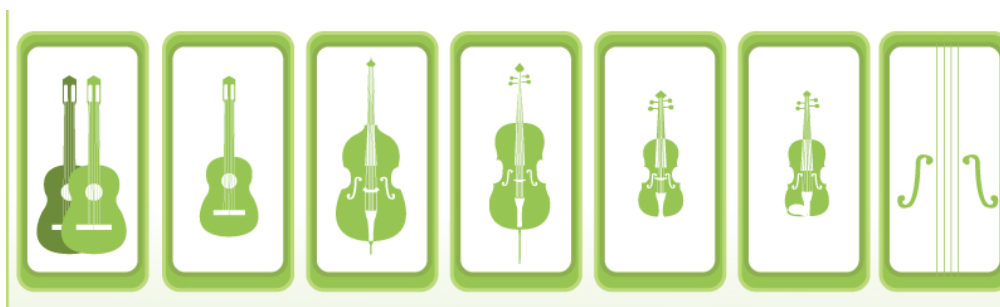
3.6.2. Programación de elementos interactivos.

Se programan todos los botones para que el usuario pueda navegar en la aplicación, usando lenguaje reservado de *ActionScript 2.0*, principalmente

las funciones `onRelease ()`, `onRollOver ()` y `gotoandPlay ()`. Estos básicamente llevan a diferentes escenas o *frames* en la línea de tiempo programada en la aplicación. Para esto se aplica un *flag* a una escena específica para poder ubicarla más eficientemente. Para utilizar esto se debe llamar a la acción desde la raíz del sistema, por ejemplo:

```
“_root.programaRoot.comparacionOutro.cellotransicion1.movieparaRepcello.textoexplicacionbtncello1.gotoAndStop("reproductorcello")”
```

Fig. 3.10. Menú de selección de instrumentos.



Secundariamente se hace que algunos botones de la interfaz estén controlados por la función `onRollOver()` para que empiecen una animación en un *movieClip* para que la aplicación sea más llamativa. También se agregan animaciones directamente en la línea de tiempo que no necesitan de una acción del usuario para que estos se activen, como por ejemplo la introducción que es una animación que se activa automáticamente cuando el usuario entra en la aplicación, las transiciones entre ventanas y la aparición de menús y controles.

3.6.2.1. Programación del reproductor de muestras.

Se procede a programar el reproductor el cual tiene la capacidad de reproducir varias muestras de audio sincronizadas, el reproductor posee las siguientes funciones:

Tabla 3.1. Descripción de controles del reproductor.

Botón	Descripción
Play	Este botón al presionarlo carga y reproduce las muestras asignadas a ese reproductor con la función <i>attachSound()</i> .
Stop	Este botón al presionarlo invoca la función <i>stopAllSounds()</i> cuando es activado.
Nivel	Este es un <i>slider</i> el cual regula el nivel de la muestra utilizando la función <i>setVolume()</i> .
Pan	Este <i>slider</i> regula la intensidad por canal derecho o izquierdo utilizando la función <i>setPan()</i> .
Mute	Al presionar este botón el invoca la función <i>setVolume(0)</i> , así la pista se sigue reproduciendo pero es inaudible.
Mono	Este botón invoca la función <i>setPan(0)</i> para que las señales salgan por un solo canal. Sumando las señales para poder realizar una comparación Mono Vs. Estéreo.

Para reproducir una cantidad de muestras de manera sincronizada se ocupa un solo botón de *play* para que al momento de presionarlo todas las muestras deseadas se reproduzcan, lo mismo se aplica para el botón de *stop* donde este detiene la reproducción de todos los sonidos que se estén reproduciendo en la aplicación.

Este mismo procedimiento se repite para cada uno de los instrumentos de la aplicación considerando la cantidad de muestras disponibles para cada uno de ellos, por ejemplo, el violín posee ocho tomas en total mientras que el contrabajo posee seis.

3.6.2.1.1. Programación de los sliders.

Los *sliders* son generados para el control de nivel y de posicionamiento panorámico, de esta manera el usuario puede variar los niveles en los que cada muestra va a reproducirse. El primer paso es convertir primero a la imagen del *slider* en un símbolo con el punto de registro en el centro, una barra

de cualquier dimensión con el punto de registro a su izquierda para que el punto extremo izquierdo de la barra sea el 0 y su punto extremo derecho sea el 100. Después de esto se transforma a estos dos elementos en un símbolo, un objeto destinado a recibir acciones, para que el programa los reconozca como un *slider*. Luego se da valores a la barra para que sus distintas posiciones provean diferentes resultados. Estos valores se los asigna a la función `setVolume()` para poder regular el nivel.

Para el *slider* de posicionamiento panorámico, la programación es muy similar, pero a la barra se le asigna valores de -100 a +100, siendo así -100 la señal a la izquierda y +100 la señal a la derecha, donde 0 sería su posición central.

Fig. 3.11. Sliders de nivel y posicionamiento panorámico.



Este procedimiento se repite para cada una de las muestras disponibles en la aplicación para que cada una tenga control bajo estos *sliders*.

3.6.2.1.2. Botones de mute y mono.

Para controlar que el mute no se quede encendido mientras se maneja el nivel se declara una variable en cada botón mute (`mute = 0`), de esta manera si el *slider* se mueve este valor va a cambiar a 1 (`mute = 1`) y el nivel vuelve a activarse. Lo mismo pasa con el botón de mono con el *slider* de pan, a excepción de que se debe poner una diferencia en el nivel de 3dB, equivalentes a -3,12 de la escala determinada en una escala de 0 a 100; para poder compensar las señales que se suman al oprimir este botón.

3.7. Exportación de archivos ejecutables.

Adobe Flash tiene la ventaja de crear archivos ejecutables `.exe` y `.app`, los cuales funcionan en las plataformas Windows y Mac OSX respectivamente,

el momento de exportar el archivo se especifica las dimensiones de pantalla que se quiere para este, y si se necesita algún tipo de compresión, estas opciones son muy útiles si se va a utilizar el archivo en la red, pero en este caso se dejan todos los archivos intactos para evitar pérdidas en los archivos de audio.

CAPÍTULO 4. ESTUDIO ECONÓMICO.

4.1. Detalle de costos.

Este proyecto de titulación posee dos fases, la primera es la fase de grabación de las muestras, para esta fase se necesita de la ayuda de los músicos y del alquiler del estudio de grabación, trasportación, etc. Para la segunda fase del proyecto que es la fase de programación se ocupa un computador con las capacidades necesarias para correr el software Adobe Flash CS4 y un software de edición de imágenes; también se requiere una conexión a Internet para consultas en línea.

Tabla 4.1. Detalle financiero del proyecto de tesis.

Descripción	Cantidad (unidad)	Precio por unidad (dólares)	Total (dólares)
Computador	1	1,200.00	1,200.00
Internet mensual	5	18.00	90.00
Alquiler del estudio (por horas)	10	10.00	100.00
Alquiles de micrófonos adicionales (por día)	2	25.00	50.00
Pago a los músicos (por proyecto)	1	150.00	150.00
Transporte de músicos e instrumentos (por proyecto)	1	10.00	10.00
Curso de flash (por hora)	7	40.00	280.00
Asesoramiento gráfico (por hora)	10	10.00	100.00
Material bibliográfico	3	50.00	150.00
Software Adobe Flash CS4 Professional	1	700.00	700.00
		Total	2,830.00

Computador: Para el desarrollo de este proyecto de tesis es indispensable el uso de un computador, debido a que la aplicación realizada posee animaciones y colores en la interfaz de usuario y a más de eso poder reproducir varias pistas de audio al mismo tiempo. El computador presenta estas características:

- Procesador Intel de 2.0 GHz.
- Memoria RAM de 2 GB.
- Tarjeta de video de 512 MB.
- Tarjeta de sonido.

Internet: Una conexión a la red es necesaria para consultas sobre audio, imágenes y programación ya que hay muchas fuentes importantes para consultas por este medio. Una conexión de 550kbps/128kbps fue necesaria para realización del proyecto.

Alquiler del estudio: Mid-Side Music Studio fue el lugar escogido para las grabaciones de las muestras. Este estudio de grabación posee procesamiento Macintosh, Pro Tools LE 7.4.2 con una interfaz Digidesign 003, preamplificadores Presonus, un par de micrófonos AKG C414B XLS “*apareados*”.

Alquiler de micrófonos adicionales: Para la grabación de las muestras se necesitó el alquiler, por sesión de grabación, de cuatro micrófonos adicionales: dos Sennheiser e614 y dos AKG C414B XLS.

Pago a los músicos: La colaboración y aporte de los músicos con su talento en este proyecto fue indispensable en cada una de las cuatro sesiones de grabación que se realizaron a lo largo de un mes.

Transporte de músicos e instrumentos: Los músicos requieren transportación desde sus lugares de trabajo hasta el estudio, y en caso de instrumentos grandes como el contrabajo se requiere transportación adicional, ya que este instrumento por su gran tamaño no cabe en un automóvil convencional.

Curso de Adobe Flash CS4: Un curso de capacitación del manejo de Flash y programación de ActionScript 2,0 es necesario para la elaboración de esta aplicación.

Asesoramiento gráfico: Se utiliza asesoramiento gráfico para el desarrollo del material interactivo ya que siendo este una aplicación que va a ser manejada por un usuario, debe poseer un entorno agradable para la vista ya que toda la aplicación interactiva consiste de métodos visuales para su funcionamiento.

Material bibliográfico: Textos y documentación electrónica sobre microfonía, digitalización y programación se utiliza para el desarrollo de la tesis.

Software Adobe Flash CS4: Se utiliza la versión más reciente del software para la programación. La aplicación final simplemente requiere de un explorador web como Internet Explorer o Firefox con la extensión Adobe Flash Player.

4.2. Relación costo beneficio.

El costo total de este proyecto de tesis no es muy elevado a más de la fase de toma de muestras donde si se ocupa gran parte del presupuesto para el pago de músicos, transporte, horas de grabación y alquiler de micrófonos. La segunda fase del proyecto es una etapa más intelectual la cual no requiere de

muchos gastos, debido a que costos como un computador y el *software* necesario ya se lo poseía con anticipación antes de realizar la tesis.

El beneficio de la aplicación desarrollada es que el usuario final es capaz de utilizarla en cualquier computador, ya sea bajo el sistema operativo Windows o Mac OSX. Mas el usuario deberá poseer un buen sistema de monitoreo para poder disfrutar de las cualidades de la aplicación. Si no se posee un par de monitores se recomienda utilizarlo con un par de audífonos.

CAPÍTULO 5. IMPLEMENTACIONES FUTURAS.

La presente aplicación es una herramienta de aprendizaje que tiene fines didácticos, la experiencia del usuario se puede complementar implementando algunas herramientas y controles adicionales para facilitar el uso de la aplicación, y potenciar el manejo de la misma.

5.1. Mutes generales.

La implementación de un control de mutes generales, ya sea global o por sección de micrófonos, sería una adecuación muy útil, debido a que el usuario podría escuchar exclusivamente las muestras captadas con un modelo de micrófono, y silenciar otro grupo de muestras para que el usuario no tenga que mutear una a una las muestras, sino solo quitar el mute a aquellas que él necesite, así logrando que el usuario pueda comparar de manera más fácil y efectiva entre modelos de micrófonos o entre configuraciones previstas.

5.2. Control de nivel general.

La implementación de un control de volumen general sería un complemento funcional y útil para el usuario; sin la necesidad de manipular los niveles de cada una de las muestras el usuario tendrá la capacidad de nivelar todas las muestras con un solo slider. Este control ahorraría tiempo y ayudaría al usuario a discernir entre muestras de una forma más precisa.

5.3. Botón de solo por canal.

En caso de que el usuario quiera escuchar una sola muestra de audio sin tener que mutear una por una todas las restantes, la implementación de un botón de solo sería de gran utilidad. El usuario podría comparar la sonoridad de una muestra en específico versus todo el resto de muestras y de esta manera ver como la muestra aporta al sonido global.

5.4. Incrementar la cantidad de instrumentos.

Una de las limitaciones de la aplicación, que más merece ser mencionada, es su cantidad de instrumentos grabados. En un futuro esta aplicación puede ser ampliada con más muestras por instrumento o inclusive con más instrumentos, por ejemplo, un cuarteto de vientos o una selección de instrumentos percutidos, para que se pueda comparar una mayor cantidad de técnicas de microfonía en ámbitos diversos.

5.5. Analizador de espectro de frecuencia.

Una opción muy ventajosa sería poder apreciar las frecuencias resaltadas o atenuadas resultantes de la posición o modelo de micrófono en cada una de las muestras, por eso la implementación de un analizador de espectro de frecuencia podría ser una prioridad porque se volvería una herramienta muy útil, así a más de escuchar cada muestra, se podría apreciar de manera visible las propiedades de las muestras en función de sus frecuencias.

5.6. Ecuilización de muestras.

La modificación de un ecualizador paramétrico por canal sería útil para el aprendizaje, debido a que el usuario podría manipular a su gusto cada muestra y así, a más de aprender sobre las técnicas de microfonía más comunes, podría entender con claridad las características y falencias de los modelos de micrófonos utilizados y a más de eso podría practicar principios de mezcla entre las muestras provistas.

5.7. Switch entre salidas opcionales.

Un switch para poder escuchar las muestras por diferentes fuentes de monitoreo sería una implementación importante, ya que con un solo botón se tendría la posibilidad de tener múltiples referencias sin tener la necesidad de

detener la reproducción. Esto se lo hace con el propósito de discernir con más claridad la respuesta de una mezcla en varios sistemas de monitoreo, ya sea por altavoces o por audífonos

5.8. Posiciones predeterminadas para controladores.

Establecer un proceso para determinar puntos fijos en los *sliders* de volumen y posicionamiento panorámico con el propósito de que el usuario pueda manipular las muestras como él desee pero tendiendo la opción de volver a sus valores predeterminados en cualquier momento.

5.9. Carga de muestras personales.

Esta implementación permitiría al usuario cargar sus muestras a la aplicación para luego poder hacer uso del reproductor y sus controles para comparar muestras grabadas de manera personal. La rotulación por parte del usuario dentro de la aplicación también es posible; facilitando al usuario la identificación de la muestra que está escuchando.

5.10. Soporte para controladores externos.

Desarrollar un soporte para permitir el control de MICO por medio de un controlador MIDI es una implementación de gran importancia, debido a que el usuario tendría la capacidad de utilizar la aplicación de forma más eficiente, gracias a la cantidad de controles disponibles en un controlador MIDI, se podrían manipular varios *sliders* o botones en MICO de manera simultánea.

5.11. Meters.

El monitoreo por medio de meters es muy apreciado, debido a que estos permiten apreciar el nivel de las muestras que se están reproduciendo en ese momento e informan cuando la señal supera el límite del sistema.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusión general.

Luego del proceso investigativo, de diseño y programación, se puede concluir que una aplicación de comparación de técnicas de microfónica para conjuntos de instrumentos de cuerdas ayudará a mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias en la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica de la Universidad de las Américas y para el público que desee tener acceso ; debido a que el usuario puede comprobar muy clara y fácilmente las técnicas de captación empleadas por sus propios medios utilizando una interfaz de usuario didáctica, la misma que puede ser ejecutada tanto en la plataforma de Windows como en la de Mac.

6.2. Conclusiones específicas.

- El modelo y posicionamiento de los micrófonos al momento de la grabación es muy importante para la captación del sonido, de esta manera se realizó un análisis de las técnicas antes de utilizarlas con el fin de asegurar que el usuario pueda disponer de varias sonoridades de cada instrumento, siendo esta una facilidad que permite al estudiante comparar y mezclar las muestras, llegando de esta manera a comprobar cómo cada micrófono tiene su propia sonoridad.
- Luego de la experiencia que se obtuvo al grabar los diferentes instrumentos de cuerda se puede determinar que un buen instrumento, una buena interpretación musical son elementos necesarios para que la toma de muestras se la realice en un menor tiempo y estas muestras sean de buena calidad para su posterior uso en la aplicación.
- Los pasos en una cadena electroacústica son necesarios para que la toma de muestras tenga el menor ruido o distorsión posible, para esto se debe considerar un micrófono en buen estado, cables adecuados, un preamplificador y un sistema de grabación, en este proyecto se realizó

con un sistema digital el cual, permitió que las muestras tengan una mayor fidelidad.

- El usuario al que está destinado el programa es para estudiantes que están cursando la materia de técnicas de grabación, uno de los propósitos del mismo era permitir que el estudiante se sienta cómodo mientras navega las diferentes partes de la aplicación, así se ha implementado de una interfaz amigable con el usuario diseñada exactamente para que él mismo sea tentado y llevado a utilizar toda la aplicación en su totalidad, sin que se sienta al programa como algo que produzca cansancio, o rechazo.
- La tipografía y entornos han sido diseñados con el fin de que el usuario pueda visualizarlos con facilidad, sin provocar en el mismo una fatiga visual.

6.3. Conclusiones técnicas.

Estas conclusiones son presentadas en el orden en el cuál se desarrolló el proyecto de tesis, por lo que son divididas por la etapa de toma de muestras y por la etapa de diseño y programación de la aplicación.

6.3.1. Conclusiones de la etapa de muestras.

- El violonchelo, que si bien es de mediano tamaño el intérprete necesita de gran espacio para poder interpretarlo; de igual manera el contrabajo, por estas razones se debe concluir que el tamaño de la sala debe tener el suficiente espacio para poder abarcar sin problemas los instrumentos más grandes, caso contrario el músico no se sentirá lo suficientemente cómodo para interpretar de manera adecuada su instrumento. También de debe tomar en cuenta que no solo los músicos y sus instrumentos van a ocupar espacio en la sala, también se deben situar los micrófonos para realizar las captaciones.

- Las dimensiones de la sala, su forma y materiales de construcción son muy influyentes en el resultado final de las muestras, ya que si estos elementos hacen que la sala sea muy opaca o muy brillante, las muestras finales no van a tener la sonoridad deseada para la aplicación por esta razón se concluye que una adecuación acústica en la sala para hacerla brillante, donde posea reflexiones, es necesaria para obtener muestras de buena calidad.
- Los micrófonos son uno de los eslabones más importantes en la cadena electroacústica para la toma de muestras, porque estos se encargan de convertir las ondas sonoras en electricidad, se utilizaron micrófonos de condensador para este proyecto de tesis por su amplio rango dinámico, por su respuesta de frecuencia y por su operabilidad los que permitieron una buena toma de muestras para la aplicación; además de las características mencionadas, es indispensable verificar el estado técnico de los micrófonos, caso contrario si el micrófono o sus accesorios presentan fallas técnicas o maltrato puede existir ruidos indeseados, como “*hum*” por ejemplo en las muestras finales distorsionando la señal.
- La siguiente etapa de la cadena electroacústica del proceso de grabación es utilizar un cable en buenas condiciones, por ello, el uso de cables digitales de dos metros con cobertura de aluminio, permitieron obtener muestras de buena calidad sin presencia audible de interferencias, por lo cual se observa que es un requisito importante el utilizar cables en buen estado de esta manera, todas las señales sean manejadas con uniformidad.
- Una sala aislada de factores tales como el ruido externo, es indispensable para la toma de muestras que luego se va a utilizar para la comparación, ya que si se las realiza en una sala con filtraciones de ruido, se pueden percibir en las muestras sonidos no deseados, como el ruido producido por la ciudad y factores naturales (autos, pájaros, bocinas, lluvia, granizo,

gente, gritos, voces), en la toma de muestras para el proyecto se lo realizó en una sala aislada de ruidos con el fin de evitar inconvenientes al momento de comparar las muestras grabadas.

- Al momento de realizar las tomas de muestras de los ensambles se distingue que la configuración par separado resulta en una imagen sonora muy amplia pero al momento de verificar su compatibilidad mono / estéreo se perciben algunas cancelaciones, lo que no ocurre con la configuración par coincidente donde en cambio su imagen sonora es un poco más reducida mas no presenta cancelaciones en la comprobación mono / estéreo debido a que en esta configuración las ondas sonoras llegan al mismo tiempo a ambos micrófonos.

6.3.2. Conclusiones de la etapa de diseño y programación.

- La aplicación cumple con su objetivo de permitir al usuario comparar las muestras pregrabadas entre sí, comparando niveles y planos sonoros, ubicación panorámica, sonoridad entre las técnicas de captación y compatibilidad mono / estéreo y a más de esto la aplicación da la alternativa al usuario de mezclar las muestras en tiempo real para una mejor apreciación de la técnicas descritas, de esta manera se concluye que la aplicación cumple con las expectativas propuestas para el aprendizaje.
- Este proyecto de titulación es desarrollado con productos de software Adobe debido a su interfaz intuitiva, didáctica, de fácil entendimiento y aprendizaje, así cualquier persona con conocimientos básicos de computación, puede fácilmente desarrollar sus habilidades para utilizar estos programas, a más de esto los productos de software Adobe poseen un lenguaje reservado orientado a objetos que les provee funciones controladoras creadas por el lenguaje, a diferencia de otros lenguajes de programación como por ejemplo, C++, Kernel, etc., donde estas funciones controladoras deben ser creadas por el usuario; por los motivos indicados

se establece que los productos de Adobe fueron los ideales para el desarrollo de la interfaz de usuario de este proyecto de tesis.

- La aplicación a más de ser funcional, debe ser atractiva para el usuario, para que este quiera utilizarla, y se convierta en una herramienta indispensable para la materia de técnicas de grabación; para esto se necesita que la aplicación posea un diseño agradable y de fácil entendimiento, por esto se decidió realizar un diseño un tanto minimalista, por así decirlo, se determinó que sería el más adecuado, debido a que sin muchos elementos en pantalla, el usuario se puede enfocar en escuchar las muestras y no ser distraído por factores externos.
- Action Script fue el lenguaje de programación adecuado para el desarrollo de la aplicación ya que este incluye funciones que se relacionan en su totalidad con el sonido de las muestras, este mismo lenguaje de programación deja manipular los niveles de volumen y paneo gracias a su lenguaje reservado.
- Debido al tamaño de las muestras de audio se procedió a realizar varias películas Flash para cada uno de los instrumentos adjuntando sus respectivas muestras. Una película Flash principal es la encargada de llamar a cada movieClip mencionado anteriormente para su reproducción, de esta manera se logra que el desempeño de la aplicación sea mucho mas efectivo en computadores con bajas capacidades de procesamiento.

6.4. Recomendaciones.

- Para asegurar el desempeño de esta aplicación, esta debe ser ejecutada usando un navegador Web como por ejemplo Internet Explorer o Firefox siempre y cuando esté instalado el Plug-In Adobe Flash Player, el cual está disponible como descarga gratuita en el sitio Web Adobe.com.
- Para tener una correcta percepción de las muestras disponibles en la

aplicación es recomendable complementar el hardware con un par de monitores de preferencia semi-profesionales o profesionales. Esto sin embargo no implica que no se pueda utilizar la aplicación con un medio de monitoreo casero.

- Luego de probar la aplicación en diferentes computadores se resuelve que algunas características son necesarias para poder utilizar la aplicación de manera correcta, entre estas se tiene:
 - Un procesador de velocidad de 2 GHz.
 - 512 MB de memoria RAM.
 - Tarjeta de video de 128 MB.
 - Tarjeta de sonido compatible con la norma ASIO.
 - Espacio libre en disco duro de 2 GB.

- Ya que esta aplicación ocupa muchos recursos del sistema se recomienda cerrar otras ventanas y aplicaciones ajenas a esta para evitar que la aplicación colapse.

- En caso de presentarse algún problema en la aplicación como por ejemplo una respuesta errónea en los controladores (*sliders* y botones) se recomienda reiniciar la aplicación.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA.

7.1. Libros.

[1] MIYARA, Federico, Acústica y Sistemas de Sonido, Tercera Edición, Editora de la Universidad Nacional de Rosario, 2003, Pág.: 82-99, 163-173.

[2] MILES, David, WILLIAMS, Philip, Professional Microphone Techniques, Primera Edición, Editorial MixBooks, 1998, Pág.: 5-15, 23-28, 38-80, 97-105.

[3] BORWICK, JOHN, *Micrófonos: Tecnología y Aplicaciones*, Gipuzka, Escuela de Cine y Video, 1990.

[4] POHLMANN, Ken C., Principles of Digital Audio, Cuarta Edición, McGraw Hill, 2000, Pág.: 21-36.

[5] NISBETT, ALEC, *El Uso de los Micrófonos*, Madrid, IORTV, 2002.

7.2. Artículos de Internet.

[6] LABORATORIO DE PROCESADO DE IMAGEN, Transductores Básicos, http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_02_03/micros_altavoces/microfonos_2.htm#CINTA, 2006, 06/10/2009.

[7] LABORATORIO DE PROCESADO DE IMAGEN, Micrófonos, http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io8/public_html/microfonos.htm, 2006, 06/10/2009.

[8] DICCIONARIO AUDIO, Sensibilidad, <http://diccionario-audio.buscamix.com/content/view/200/81/>, 2009, 08/10/2009.

[9] WIKIPEDIA, Respuesta en Frecuencia, http://es.wikipedia.org/wiki/Respuesta_en_frecuencia, 2009, 08/10/2009.

[10] DOCTOR PROAUDIO, Micrófonos. Patrones de captación, <http://www.doctorproaudio.com/doctor/temas/ref-cardioid-cardiode.shtml>, 2008, 10/10/2009.

[11] AGORA TV, Sonido,

http://www.revolutionvideo.org/agoratv/formacion/sonido.html#movimientos_camara, 2008, 10/10/2009.

[12] WIKIBOOKS Acoustics/Microphone Technique,
http://en.wikibooks.org/wiki/Acoustics/Microphone_Technique, 2009,
11/10/2009.

[13] WIKIPEDIA, Digital audio
http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_audio, 2009, 11/10/2009.

[14] TERRA TECNOLOGIA, Muestreo y cuantización
<http://www.terra.es/tecnologia/articulo/html/tec3724.htm> 2009, 15/10/2009.

[15] PROGRAMACION, ¿Qué es programar?
<http://www.iaa.upf.es/~skourakis/programacion/QueEsProgramar.html>, 2005,
6/01/2010.

[16] WIKIPEDIA, Adobe Flash
http://en.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flash#Programming_language, 2009,
06/01/2010.

[17] PROGRAMACION EN CASTELLANO, introducción a Action Script,
<http://www.programacion.com/tutorial/actionscript/1/>, 1999, 6/01/2010.

[18] FLASH CS4 PROFESSIONAL ACTION SCRIPT 2.0, Salto a fotogramas o
escenas,
http://help.adobe.com/es_ES/AS2LCR/Flash_10.0/help.html?content=00000396.html, 2001, 7/01/2010.

[19] FLASH LITE 2, onRelease (controlador MovieClip.onRelease)
http://livedocs.adobe.com/flashlite/2_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00000669.html, 2001, 7/01/2010.

[20] FLASH LITE 2, (controlador Button.onRollOver)
http://livedocs.adobe.com/flashlite/2_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00000402.html, 2001, 7/01/2010.

[21] FLASH LITE 2, onReleaseOutside (controlador Button.onReleaseOutside)

http://livedocs.adobe.com/flashlite/2_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00000400.html, 2001, 7/01/2010.

[22] DOCUMENTACION FLASH CS3,

http://livedocs.adobe.com/flash/9.0_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00002139.html), 2001, 7/01/2010.

[23] DOCUMENTACION FLASH CS3, setVolume (método Sound.setVolume) (http://livedocs.adobe.com/flash/9.0_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00002139.html) 2001, 7/01/2010.

[24] RECURSOS FLASH CS4, stop (método Sound.stop), (http://help.adobe.com/es_ES/FlashLite/2.0_FlashLiteAPIReference2/WS5b3ccc516d4fbf351e63e3d118ccf9c47f-7bba.html), 2001, 7/01/2010.

[25] FLASH LITE 2, attachSound (método Sound.attachSound), http://livedocs.adobe.com/flashlite/2_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00000760.html, 2001, 7/01/2010.

[26] DOCUMENTACION FLASH CS3, createEmptyMovieClip (método MovieClip.createEmptyMovieClip) http://livedocs.adobe.com/flash/9.0_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00005276.html, 2001, 7/01/2010.

[27] DOCUMENTACION FLASH CS3, if (sentencia if) http://livedocs.adobe.com/flash/9.0_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00001323.html, 2001, 7/01/2010.

[28] DOCUMENTACION FLASH CS3, if (sentencia if) http://livedocs.adobe.com/flash/9.0_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00001323.html, 2001, 7/01/2010.

[29] FLASH LITE 2, startDrag (método MovieClip.startDrag), http://livedocs.adobe.com/flashlite/2_es/main/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=LiveDocs_Parts&file=00000683.html, 2001, 7/01/2010.

[30] FLASH HELP, onMouseMove (detector de eventos Mouse.onMouseMove), http://help.adobe.com/es_ES/FlashLite/2.0_FlashLiteAPIReference2/WS5b3ccc516d4fbf351e63e3d118ccf9c47f-7d3f.html, 2001, 7/01/2010.

[31] BENVENUTI, Juan Carlos, Tipos de micrófonos,
<http://www.cetear.com/cap02microfonos.pdf>, 2006, 13/03/2010.

CAPÍTULO 8. ANEXOS.

Anexo 1. Especificaciones técnicas de los micrófonos.

Tabla 9.1. Especificaciones técnicas del micrófono AKG C414B-XLS.

Patrón Polar	Omnidireccional, subcardioide, cardioide, hipercardioide, figura ocho
Sensitividad	23 mV/Pa (-33 dBV) \pm 0.5 dB
Max. SPL	200/400/800/1600 Pa = 140/146/152/158 dB (0/-6/-12/-18 dB) for 0.5% THD
Nivel de ruido equivalente	6 dB-A (0 dBpreatenuación) (IEC 60268-4)
Señal / Ruido	88 dB
Pad de atenuación	-6 dB, -12 dB, -18 dB, cambiabile
Filtro pasa-altos	12 dB/octave at 40 Hz and 80 Hz; 6 dB/octave at 160 Hz
impedancia	\leq 200 ohms
Impedancia de carga recomendada	\geq 2,200 ohms
Voltaje de suministración	48 V phantompower a DIN/IEC
Powering	Aproximadamente 4.5 mA
Rango dinámico	134 dBminimum
Conector	3-pin XLR to IEC
Dimensiones	50 x 38 x 160 mm (2.0 x 1.5 x 6.3 in.)
Peso neto	300 g (10.6 oz.)

Patente(s)	Transductor electrostático (Patente no. AT 395.225, DE 4.103.784, JP 2.815.488)
-------------------	---

Fig. 8.1. Respuesta de frecuencia del micrófono AKG C414B-XLS.

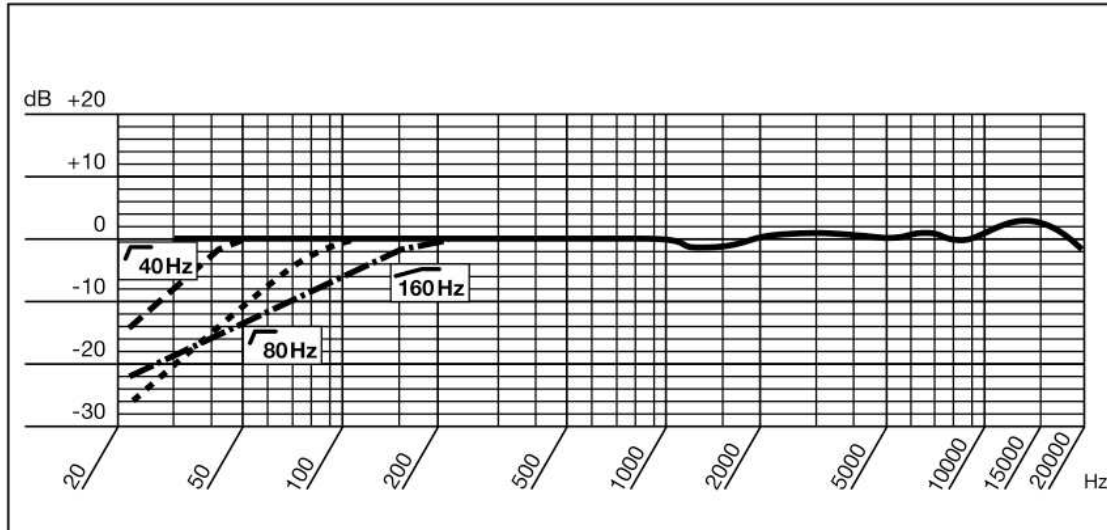


Fig. 8.2. Diagrama polar omnidireccional del micrófono AKG C414B-XLS.

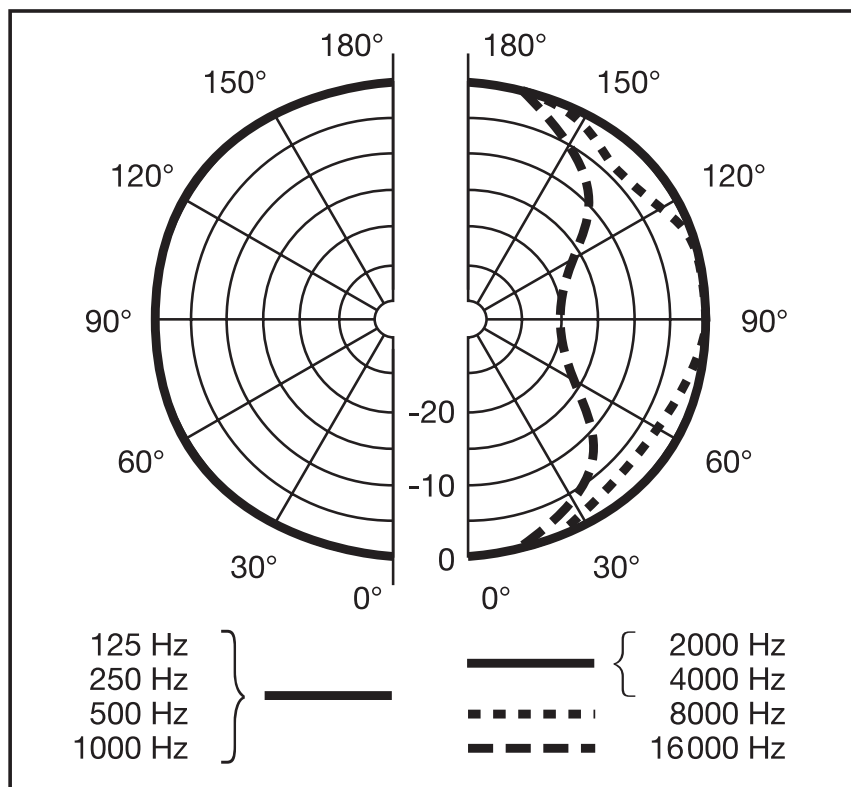


Fig. 8.3. Diagrama polar subcardioide del micrófono AKG C414B-XLS.

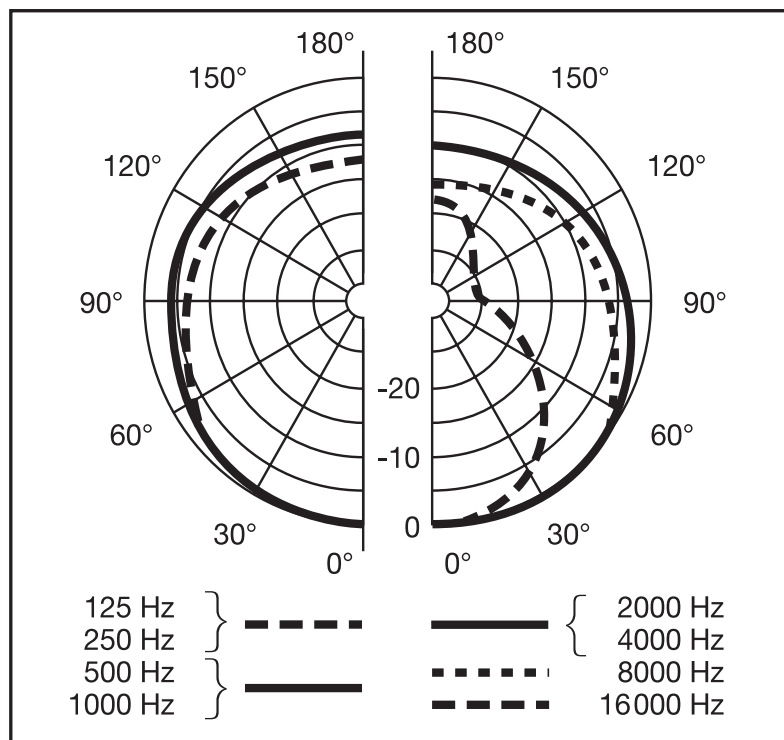


Fig. 8.4. Diagrama polar cardioide del micrófono AKG C414B-XLS.

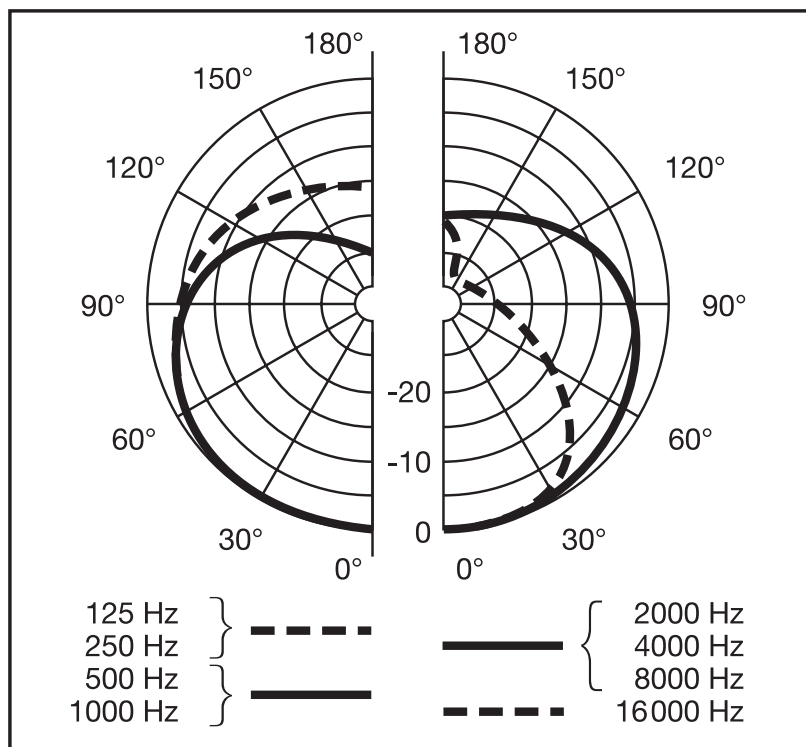


Fig. 8.5. Diagrama polar hipercardiode del micrófono AKG C414B-XLS.

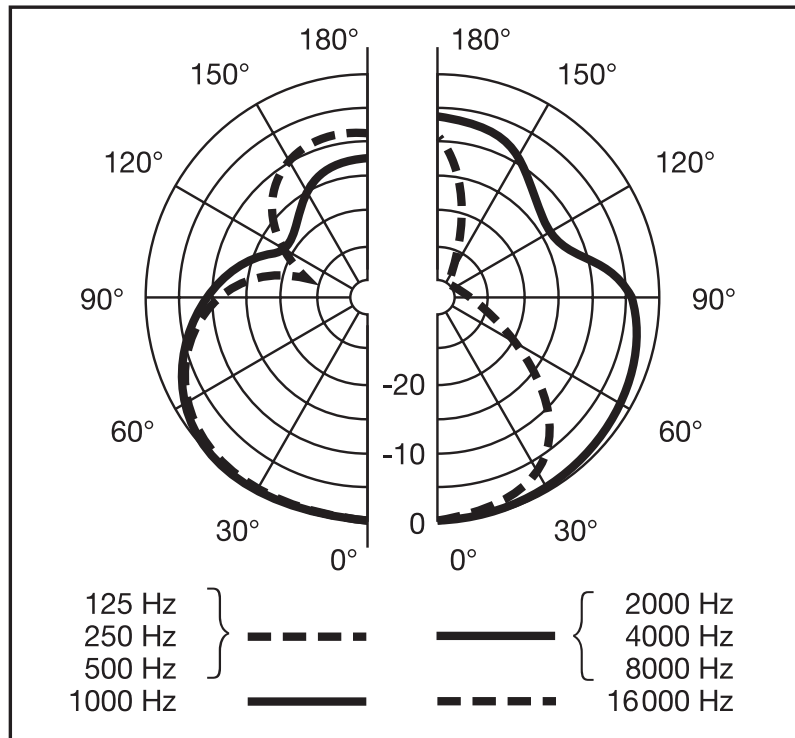


Fig. 8.6. Diagrama polar bi-direccional del micrófono AKG C414B-XLS.

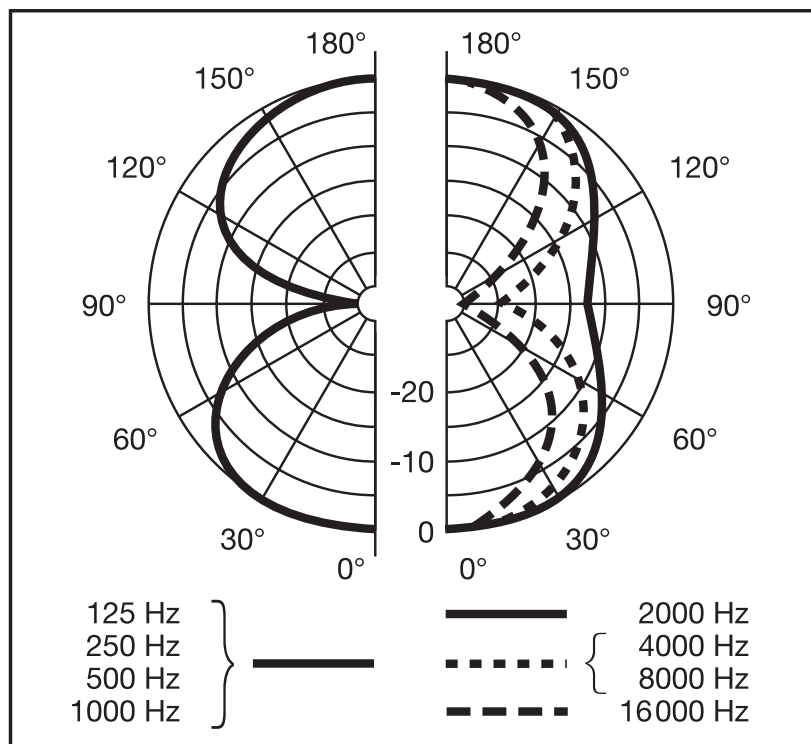


Tabla 8.2. Especificaciones técnicas del micrófono Sennheiser e614.

Principio del transductor	Micrófono de condensador con polarización permanente
Patrón de captación	Supercardioides
Respuesta de frecuencia	40 Hz ... 20 kHz
Sensibilidad (a campo abierto, sin carga, a 1 kHz)	3 mV/Pa = - 50dB (0 dB = 1 V/Pa)
Impedancia nominal	50 Ohm
Impedancia terminal min.	1000 Ohm
Nivel máximo de presión del sonido	139 dB/SPL
Nivel de ruido equivalente	24 dB(A)
Nivel de ruido equivalente	35 dB
Alimentación fantasma	12 – 52 V / 3 mA
Conector	XLR-3
Dimensiones	Ø 20mm, L = 100mm
Peso sin cable	93 g

Fig. 8.7. Respuesta de frecuencia del micrófono Sennheiser e614.

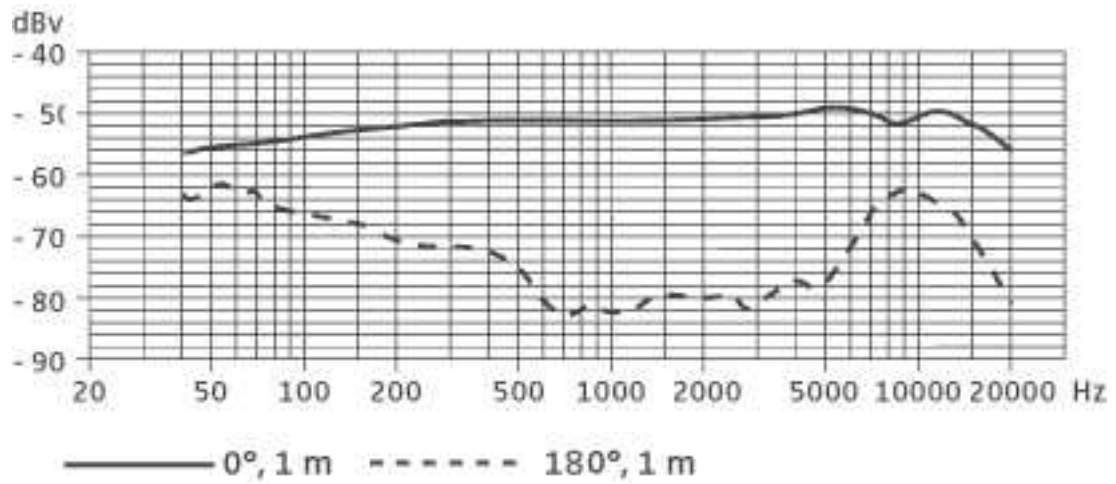
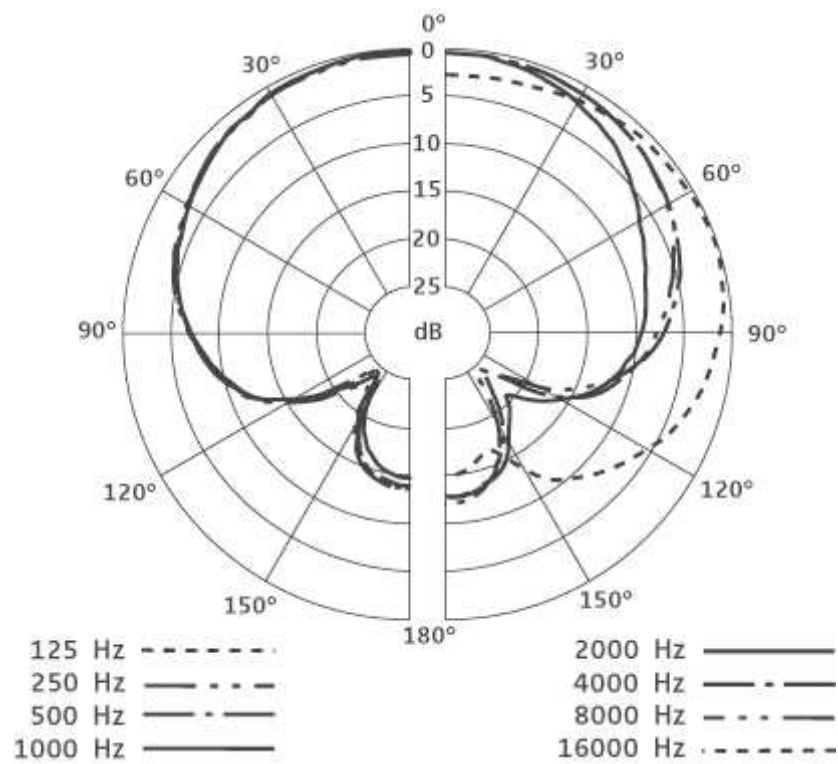


Fig. 8.8. Diagrama polar del micrófono Sennheiser e614.



Anexo 8.2. Imágenes de las sesiones de toma de muestra.

Fig. 8.9. Comprobación de distancia entre músicos y micrófonos para asegurar la precisión de las muestras. En la fotografía se puede observar a Xavier Zúñiga midiendo la distancia entre un micrófono y el guitarrista Hugo Jácome.



Fig. 8.10. Hugo Jácome en la sesión de grabación de guitarras. Se graban las muestras con la mayor cantidad de micrófonos posibles para así obtener las muestras en la menor cantidad de tomas.

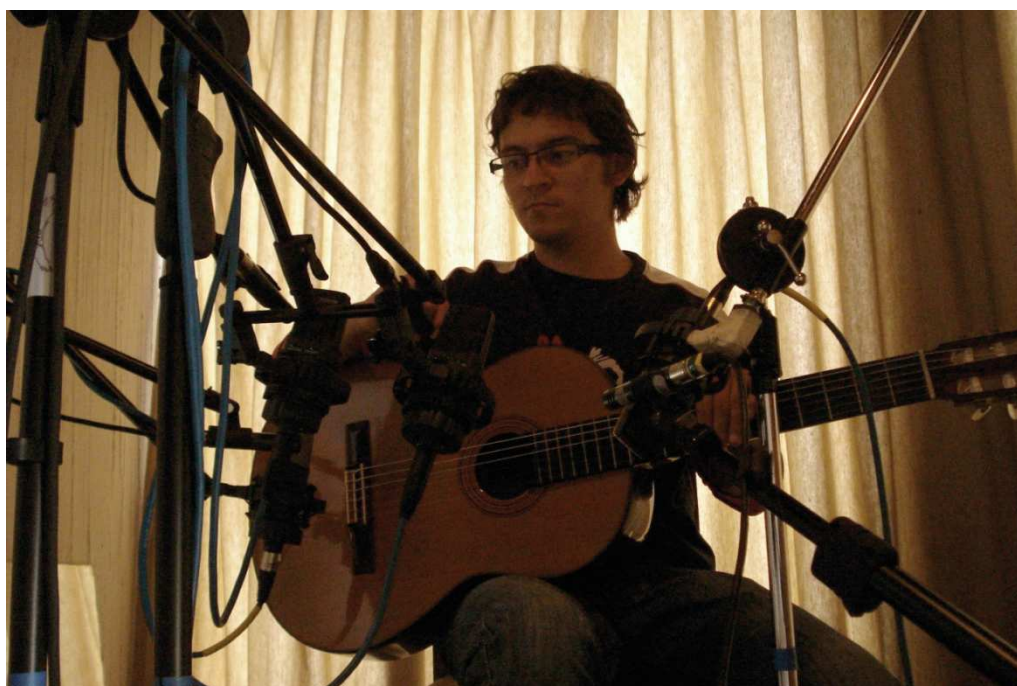


Fig. 8.11. Se asegura que los diafragmas de ambos micrófonos estén a la misma distancia para controlar problemas de fase entre muestras.

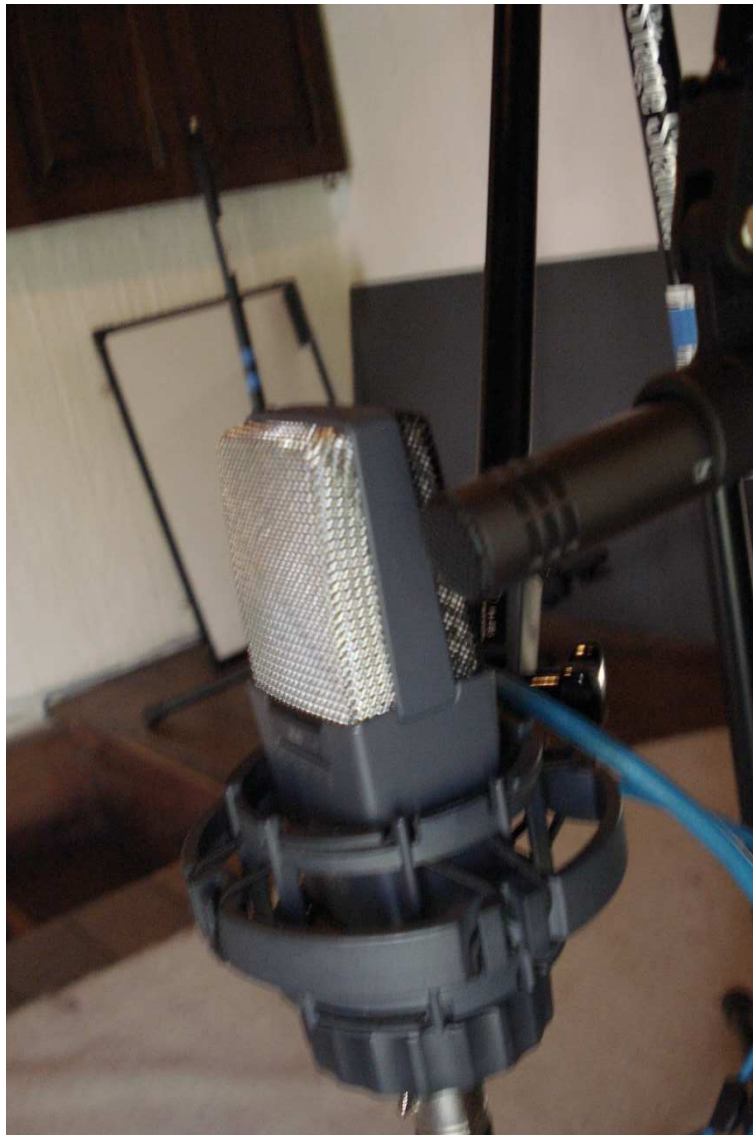


Fig. 8.12. Román Serrano interpretando la viola en el proceso de grabación de muestras.



Fig 8.13. Xavier Zúñiga midiendo la altura de los micrófonos para la grabación del ensamble de guitarras.



Anexo 8.3. Capturas de pantalla de la aplicación MICO.

Fig. 8.14. Menú principal de Mico, donde se puede seleccionar entre las siguientes opciones: Bases, Galería, Comparación de Técnicas y Agradecimientos.



Fig. 8.15. Bases teóricas dentro de la aplicación MICO, donde están divididas en: Micrófonos, Técnicas e Instrumentos.



Fig. 8.16. Selección de un instrumento: violín, viola, violonchelo, contrabajo, ensamble de cuerdas, guitarra y ensamble de guitarras.



Fig. 8.17. Información de posicionamiento de micrófonos para el violín dentro de la aplicación MICO.



Fig. 8.18. Reproductor de muestras para la viola, se puede apreciar los controles de play, stop, mute, volumen, posicionamiento panorámico y comparación mono / estéreo.



Fig. 8.19. Visualización del posicionamiento de micrófonos para el violonchelo en la aplicación MICO.



Fig. 8.20. Información de posicionamiento de micrófonos para el contrabajo dentro de la aplicación MICO.



Fig. 8.21. Posicionamiento y distribución de instrumentos y micrófonos para el ensamble de cuerdas.



Fig. 8.21. Selección de toma en la guitarra.



Fig. 8.22. Visualización del posicionamiento de micrófonos para la guitarra en la aplicación MICO.



Fig. 8.23. Posicionamiento de micrófonos para el ensamble de guitarra en la aplicación MICO.



Fig. 8.24. Visualización de la galería de fotos en la aplicación MICO.



Fig. 8.25. Visualización de la sección de agradecimientos en la aplicación MICO.



Anexo 8.3. Partitura de la pieza musical utilizada para el ensamble de cuerdas.

In the Hall of the Mountain King

from 'Peer Gynt'

Edward Grieg (1843-1907)

The musical score is presented in three systems, each with three staves: Violin (top), Viola (middle), and Violoncello (bottom). The key signature is B-flat major (two flats) and the time signature is 4/4. The first system (measures 1-3) features a *mp* dynamic for the Violin and *p* dynamics for the Viola and Violoncello. The second system (measures 4-6) features a *mf* dynamic for the Violin and *mf* dynamics for the Viola and Violoncello. The third system (measures 7-9) features a *mf* dynamic for the Violin and *mf* dynamics for the Viola and Violoncello. The score includes repeat signs and first/second endings.

10

f

f

14

poco a poco accel.

mf

f

mf

f

mf

f

19

mf

ff

f

mf

ff

mf

ff

23 **Presto**

ff

25

ff

V

V

Anexo 8.3. Glosario.

ActionScript: Es un lenguaje de programación orientado a objetos, utilizado en especial en aplicaciones animadas realizadas en el entorno Adobe Flash, la tecnología de Adobe. Fue lanzado con la versión 4 de Flash, y desde entonces hasta ahora, ha ido ampliándose poco a poco, hasta llegar a niveles de dinamismo y versatilidad muy altos en la versión 10 (Adobe Flash CS4) de Flash.

Condicionantes: Sirven para dar una condición a los objetos en el lenguaje de programación, se usan los operadores para controlar un símbolo o un evento (if).

Decibel (dB): Es una unidad logarítmica de medida que expresa la relación entre dos magnitudes.

Eventos (programación): Son acciones que realiza un usuario que se utilizan para desencadenar distintas acciones en las aplicaciones, así como clicks, movimientos del mouse, o que también pueden ser activados por otros eventos anteriores desencadenados por un movieClip.

Flag(programación): Un identificador que se le da a un cierto fotograma en una animación para facilitar y especificar donde puede empezar un evento.

Hz.: Símbolo de abreviatura de Hertz.

Impedancia: Es la oposición a la corriente que varía con la frecuencia y, además, introduce un desfase entre la tensión y la corriente.

Isotipo: Es la parte grafica que compone el isologo, un identificativo para una marca o producto en especial.

Lenguaje reservado: Es un cierto índice de palabras destinadas en un lenguaje de programación, a no ser usado como identificadores, ya que se utilizan exclusivamente para ser controladores, operadores, funciones, transformadores, directores y matrices.

mA: Símbolo de abreviatura de miliamperio.

MovieClip: Pueden ser objetos contenedores de varios objetos, así como clips de películas, botones o gráficos, le dan una versatilidad al lenguaje de programación ya que cada movieClip tiene su propia línea de tiempo lo que dejará que los eventos se activen cuando las líneas de tiempo lo indiquen independientemente de la línea de tiempo principal.

Mute: Silenciar un sonido sin detener su reproducción, también se comprende como bajar el volumen de un sonido al mínimo y que esta se vuelva inaudible.

Operadores: Son los elementos del lenguaje reservado que sirven para realizar operaciones de comparación, adición, sustracción, multiplicación, división (+-=<>|&%).

Phantom power: Un método de proveer energía a los componentes eléctricos de un micrófono de condensador a través del cable del micrófono.

Play: Empezar la reproducción de un sonido.

Sensibilidad: La respuesta en señal eléctrica que produce un micrófono bajo una presión de sonido específica.

Símbolos: Son contenedores de información que transforman la información común (películas, imágenes, sonidos) en clips de acción que son reconocibles por el lenguaje de programación Actionscript, sin ser símbolo un elemento es imposible que el lenguaje lo reconozca, ya que sin un contenedor la información no es un objeto.

Slider: Es un controlador que funciona bajo las acciones de Drag (agarrar), cuando un usuario sostiene el click encima del controlador este va cambiando sus datos de posición en el campo que se haya definido para que este se movilice.

Stop: Detener la reproducción de un sonido.