



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE ENTRENAMIENTO  
AUDITIVO ORIENTADO A LA SIMULACIÓN DE TÉCNICAS DE  
MICROFONÍA ESTÉREO**

**Autor:**

Juan Alejandro Pazmiño Betancourt

**Año**

2012



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE ENTRENAMIENTO  
AUDITIVO ORIENTADO A LA SIMULACIÓN DE TÉCNICAS DE  
MICROFONÍA ESTÉREO**

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

**Profesor Guía:**

Prod. Renato Xavier Zamora Arízaga

**Autor:**

Juan Alejandro Pazmiño Betancourt

**Año**

2012

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el/la 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.”

Renato Xavier Zamora Arízaga  
Productor Profesional de Música  
CI: 0102859949

## **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”

Juan Alejandro Pazmiño Betancourt

1715111538

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres, por el apoyo que me han brindado durante todos estos años transcurridos, que siempre serán los pilares de mi conocimiento y actitud frente a la vida.

A mi tutor Renato Zamora por guiarme en este trabajo.

A Marcelo Lazzati por su gran ayuda en el trabajo.

A Hugo Jácome por compartirme sus conocimientos.

Al Ingeniero Matemático Pedro Romero por aclarar mis dudas y permitir que este trabajo sea de gran calidad. En definitiva a todos quienes aportaron a mi conocimiento brindándome su valioso tiempo.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a toda mi familia, amigos, compañeros y maestros; por haberme brindado su valioso tiempo en los momentos de duda o desconocimiento.

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación se basa en el desarrollo de un software que permite realizar un reconocimiento de técnicas estereofónicas para los estudiantes que no tengan el suficiente acceso para realizar el estudio de las mismas. Por medio de un software especializado en la simulación de técnicas estereofónicas, el cual se desarrolla en dos grandes etapas.

La primera etapa consiste en realizar impulsos sonoros almacenados con alta calidad que permitan realizar una especie de sonido característico de una técnica estereofónica determinada.

La segunda etapa consiste en realizar un programa el cual permita combinar por medio del proceso de convolución, a dos señales: la primera señal de impulso característica de ser la técnica estereofónica y la segunda una señal de una muestra tipo sample que el estudiante desee comparar.

Una vez terminados ambos procesos, se procede a realizar una interfaz gráfica amigable que permita el fácil acceso de los estudiantes, además de un botón de mute, y control de nivel que permita realizar el ajuste correcto que el estudiante crea conveniente.

## ABSTRACT

The present project it's based in the development of software allowing the recognizing microphone stereo techniques, for the students who can't access to the studio all the time. This process will be done by software specialized in stereo techniques simulation and it is done in two phases.

The first one is about making sounds like impulse saved in high quality that allows making characteristic sound that represents the stereo technique.

The second phase is based on making software that can mix two signals by the process of convolution; the first signal is the impulse response and the second is the sample of a sound that the student wants to compare.

Once both of these process are done; the next step is to make a graphic interface friendly for an easy access, besides mute button and a gain control; that allows the student to adjust it as he want.

## ÍNDICE

Capítulo 1.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Alcance .....	3
1.4 Objetivo general .....	3
1.5 Objetivos específicos .....	3
1.6 Hipótesis .....	3
Capítulo 2.....	4
2.1 Micrófonos.....	4
2.1.1 Especificaciones de los micrófonos.....	4
2.1.1.1 Clasificación de los micrófonos según su transducción mecano-acústica .....	4
2.1.1.1.1 Micrófonos de presión.....	4
2.1.1.1.2 Micrófonos de gradiente de presión.....	5
2.1.1.1.3 Micrófonos de combinación de gradiente de presión.....	6
2.1.1.2 Clasificación de los micrófonos según su transducción electro-mecánica.....	7
2.1.1.2.1 Micrófonos electro-magnéticos .....	7
2.1.1.2.1.1 Micrófonos dinámicos .....	7
2.1.1.2.1.2 Micrófonos de cinta .....	9
2.1.1.2.2 Micrófonos electro-estáticos .....	11
2.1.1.2.2.1 Micrófonos de condensador.....	11
2.1.1.2.2.2 Micrófonos piezoeléctricos.....	12
2.1.2 Sensibilidad .....	13

2.1.3 Respuesta en frecuencia.....	14
2.1.4 Timbre.....	15
2.1.5 Intensidad .....	15
2.1.6 Distribución espectral.....	16
2.1.7 Dinámica .....	16
2.1.8 Panorama estéreo .....	17
2.1.9 Direccionalidad y patrones polares.....	17
2.1.9.1 Omnidireccional.....	18
2.1.9.2 Cardioide .....	19
2.1.9.3 Subcardioide.....	19
2.1.9.4 Supercardioide .....	20
2.1.9.5 Hípercardioide .....	21
2.1.9.6 Bi-direccional.....	21
2.1.10 Impedancia nominal .....	24
2.1.11 Técnicas de microfónica estéreo .....	24
2.1.11.1 Par separado (A-B).....	26
2.1.11.2 Par coincidente (X-Y) .....	27
2.1.11.3 Blumlein.....	28
2.1.11.4 Mid-side .....	29
2.1.11.5 ORTF.....	30
2.2 Compatibilidad mono-estéreo.....	31
2.2.1 Coherencia de fase .....	32
2.2.2 Paneo .....	32
2.3 Descripción del método de entrenamiento auditivo para reconocimiento de técnicas de microfónica estereofónicas .....	34
2.4 Sistemas de referencia y entorno acústico.....	34

2.4.1	Altavoces .....	34
2.4.1.1	Altavoces de campo lejano.....	35
2.4.1.2	Altavoces de campo cercano.....	36
2.4.2	Audífonos .....	37
2.4.3	Entorno y parámetros acústicos .....	38
2.4.3.1	Tiempo de retraso inicial .....	38
2.4.3.2	Reflexiones no deseadas vs. difusión. ....	39
2.4.3.3	Control de resonancia .....	40
2.5	Plataforma del diseño del software.....	41
2.5.1	Lenguaje de programación .....	41
2.5.2	Reseña sobre el lenguaje “Max-MSP” .....	42
2.5.3	Aplicaciones principales de “Max-MSP” .....	43
2.6	Sistemas de grabación y proceso digital .....	44
2.6.1	Conversión AD/DA.....	44
2.6.2	Muestreo .....	45
2.6.3	Cuantización .....	46
2.6.4	Convolución .....	47
2.6.5	Digitalización y almacenamiento.....	48
<b>Capítulo 3.</b>	.....	<b>49</b>
3.1	El Entrenamiento auditivo.....	49
3.1.1	Entrenamiento auditivo para músicos.....	49
3.1.2	Entrenamiento auditivo para personas con capacidades diferentes .	50
3.1.3	Entrenamiento auditivo para ingenieros de sonido y profesionales del audio .....	51
3.2	Métodos actuales de entrenamiento auditivo .....	52
3.3	Requerimientos previos al desarrollo del software .....	53

3.3.1	Micrófonos seleccionados.....	53
3.3.2	Posicionamiento para la grabación.....	53
3.3.3	Selección de las muestras.....	57
3.4	Desarrollo del software.....	58
3.4.1	Comandos de “Max-MSP”.....	58
3.4.2	Desarrollo de la interfaz y funcionamiento del sistema.....	61
3.4.2.1	Botón de encendido.....	61
3.4.2.2	Sección de muestras monofónicas.....	63
3.4.2.3	Sección de técnicas de microfonía.....	66
3.4.2.4	Patch “p convolución” y “p MASTER CONV”.....	67
3.4.2.4	Patch “poly~convSub.pat 1vs32”.....	71
3.4.2.5	Sección de muestras originales.....	73
3.4.2.6	Botones “PLAY” y “STOP”.....	74
3.5	Implementaciones futuras.....	75
3.5.1	Control de ganancia individual.....	75
3.5.2	Gráfica individual de las señales combinadas cuantizadas.....	75
3.5.3	Carga de muestras.....	75
3.5.4	Ecualizadores generales e individuales.....	76
<b>Capítulo 4.</b>	<b>.....</b>	<b>77</b>
4.1	Análisis descriptivo del muestreo.....	77
4.2	Diseño metodológico de la encuesta.....	78
4.2.1	Descripción parámetros de análisis.....	82
4.3	Resultados de ejecución de experimentación.....	82
4.4	Descripción de resultados generales.....	82
4.5	Tablas de contingencia.....	85
4.6	Prueba de hipótesis.....	90

4.6.1 PDH técnica AB .....	92
4.6.2 PDH técnica XY .....	94
4.6.3 PDH técnica ORTF .....	97
4.6.4 PDH técnica Mid-side .....	99
4.6.5 PDH técnica Blumlein .....	102
<b>Capítulo 5.</b> .....	<b>105</b>
5.1 Análisis del costo de implementación y desarrollo del software .....	105
5.2 Beneficios de la implementación del software .....	107
<b>Capítulo 6.</b> .....	<b>108</b>
6.1 Conclusiones y recomendaciones .....	108
6.1.1 Conclusiones generales .....	108
6.1.2 Conclusiones específicas .....	108
6.1.3 Conclusiones técnicas .....	109
6.1.3.1 Conclusiones de la etapa de muestreo .....	109
6.1.3.2 Conclusiones de la etapa de diseño y programación .....	110
6.1.3.3 Conclusiones de la etapa de implementación y ejecución .....	111
6.2 Recomendaciones .....	112
<b>Referencias.</b> .....	<b>114</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>118</b>

## **Capítulo1.**

### **1.1 Antecedentes**

El entrenamiento auditivo es una de las herramientas de preparación esencial para un ingeniero especializado o profesional que este enfocado en el ámbito de la ingeniería de sonido y producción musical.

Existen hoy en día algunos modelos de entrenamiento auditivo, específicamente orientados a las áreas de ingeniería de sonido que se implementan de varias formas, estos métodos se basan en las capacidades auditivas de reconocer, identificar, analizar y memorizar; las mismas que con la práctica continua permiten al usuario un desempeño óptimo en el reconocimiento y familiarización de elementos del entorno de un profesional del área del audio y sonido.

Estos métodos de entrenamiento auditivo, se implementan de varias maneras y permiten diferenciar los distintos parámetros que se modifican dentro de: ecualizadores, procesadores de dinámica, procesadores de efectos y microfonía. El reconocimiento auditivo con ecualizadores se basa en la identificación de la banda de frecuencias modificada sobre señales (música o ruido rosa), así como el tipo de dispositivo según su clase y forma de seleccionar la frecuencia. En cuanto a los procesadores dinámicos y procesadores de efectos el método se basa en el reconocimiento auditivo sobre la variación de los parámetros de los mismos y su respuesta sonora frente a esta modificación.

El reconocimiento auditivo de elementos de microfonía es amplio y va desde su patrón polar de captación, característica tímbrica, sensibilidad y su principio de funcionamiento; sin embargo una área de estudio importante dentro del entrenamiento auditivo es el reconocimiento e identificación de técnicas de microfonía estéreo; este es uno de los procesos de grabación que mayor debate conlleva, debido a las múltiples características que estas técnicas presentan y los distintos resultados que se pueden lograr mediante este proceso de registro.

## 1.2 Justificación

El presente trabajo de investigación está pensado como un aporte a la enseñanza del entrenamiento auditivo, con el desarrollo de una herramienta de estudio complementario a los distintos métodos existentes de entrenamiento para ingenieros en sonido o profesionales del audio que requiera de un elevado nivel de reconocimiento de elementos de sonido.

Por lo que este aporte viene a ser una herramienta innovadora y se sustenta en el diseño de un software basado en métodos de convolución, que permitan la simulación de señales y su consiguiente respuesta sonora frente a la aplicación de una u otra técnica de microfónica estéreo, orientando al reconocimiento de técnicas de posicionamiento, patrones de captación y de cómo dicha técnica afecta al sonido que se desea obtener.

El desarrollo de este software permite, por medio de una interfaz gráfica, fácil de usar, el entrenamiento audio-visual de técnicas de microfónica estéreo, incrementando la capacidad del usuario (sonidista, ingeniero, músico, productor, etc.), para el reconocimiento visual y sonoro de la técnica presentada.

Las técnicas de microfónica estéreo, permiten tener una imagen del posicionamiento de uno o varios instrumentos más subjetivamente mediante la audición en un patrón de reproducción estéreo, sin la necesidad de realizar variaciones panorámicas para crear una imagen sonora, obteniendo así una perspectiva más interesante de la profundidad, altura y disposición de frecuencias.

Este software permitirá fortalecer la calidad de percepción auditiva de una fuente sonora (banda, conjunto de cuerdas, sinfónica, entre otras) que se desee obtener de manera estereofónica, brindando un nuevo recurso al sonidista.

### **1.3 Alcance**

El alcance del presente trabajo de investigación se sustenta en un software de diseño basado en convolución que apoyado en una interfaz gráfica, permita el entrenamiento auditivo en técnicas de microfonía estéreo, con el objeto de ser un recurso auditivo orientado a áreas del audio profesional.

### **1.4 Objetivo general**

Generar una herramienta de aprendizaje, orientada al reconocimiento auditivo de técnicas de microfonía estéreo, basada en un software de diseño mediante el proceso de convolución.

### **1.5 Objetivos específicos**

- Analizar las técnicas estereofónicas para entregar una nueva herramienta de entrenamiento y práctica que sea accesible para profesionales del área del audio.
- Generar la base de datos de elementos de programación para la implementación del software e interfaz de usuario mediante el uso de las muestras grabadas y el proceso de convolución.
- Realizar una evaluación comparativa de las muestras obtenidas y su respuesta a través del procesamiento del software.

### **1.6 Hipótesis**

La hipótesis se sostiene en que a través del uso de un programa de software basado en el proceso de convolución orientado a la simulación de técnicas de microfonía estéreo, el o los usuarios de este mejoran su capacidad de percepción, reconocimiento e identificación auditiva de la respuesta sonora de estas técnicas de microfonía; familiarizándose y mejorando su comprensión con las mismas.

## **Capítulo 2.**

### **2.1 Micrófonos**

El primer elemento de la cadena de audio es el micrófono, un transductor capaz de convertir señal sonora en señal eléctrica. (Miyara, 2003). El primer micrófono fue construido por Emile Berliner en 1876.

El micrófono tiene como función actuar como vínculo electromecánico, entre el generador de presión (variación de presión en el aire), música, locución, o cualquier perturbación sonora que genere presión entre las moléculas de aire; y el modelo de transducción eléctrica que posea el micrófono.

Existe gran variedad de micrófonos y modos de transducción que presentan los mismos; es por ello que se debe considerar estrictamente relevante los parámetros y especificaciones de cada uno de los micrófonos, ya que estos serán influyentes en la sonoridad.

“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.” (Zúñiga, 2010, p.15).

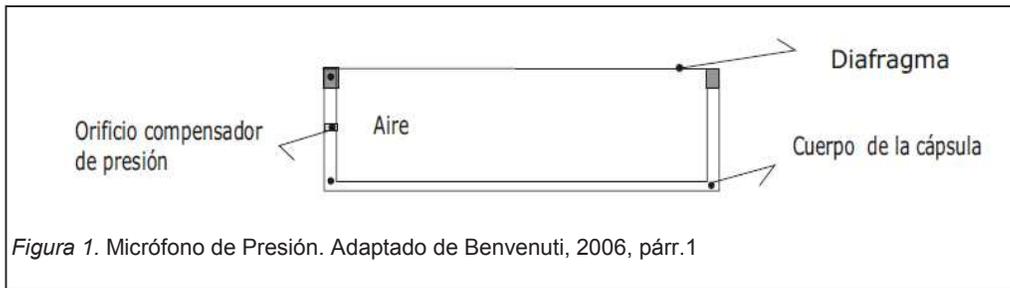
#### **2.1.1 Especificaciones de los micrófonos**

##### **2.1.1.1 Clasificación de los micrófonos según su transducción mecano-acústica**

###### **2.1.1.1.1 Micrófonos de presión**

Estos micrófonos no dependen ni de la frecuencia generada sobre el mismo ni tampoco del ángulo de incidencia que se ejerza. “Sistema de cápsula en el cual sólo una cara del diafragma está expuesta al campo sonoro. El diafragma es sensible a las variaciones de presión sobre la superficie, sin importar la

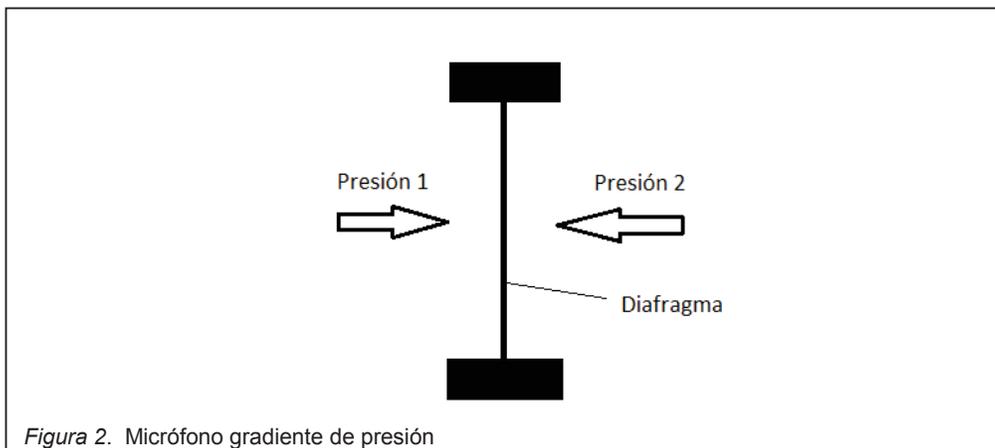
ubicación de la fuente dando como resultado un diagrama polar omnidireccional.” (Arango, sf, párr.5).



### 2.1.1.1.2 Micrófonos de gradiente de presión

En este tipo de micrófono a diferencia del anterior, ambas superficies del diafragma se encuentran expuestas a la incidencia de presión sonora. Lo que quiere decir que su patrón de polaridad es bidireccional. “Este tipo de micrófono tiene la máxima sensibilidad en la dirección perpendicular al diafragma y la mínima en dirección paralela al mismo.”(Benvenuti, 2006, párr. 2).

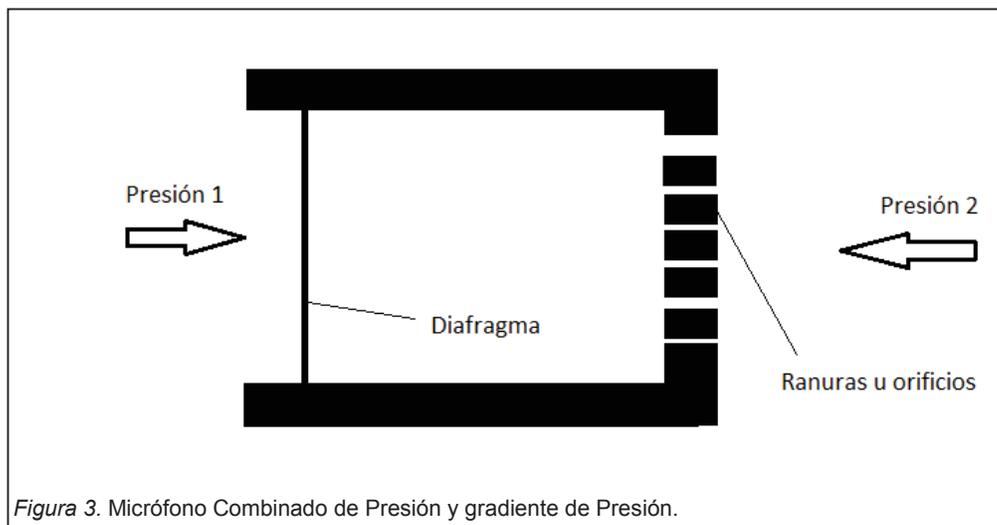
A diferencia del micrófono de presión, en este sí influye el ángulo de incidencia, como se menciona anteriormente, además tiene como característica colorear las bajas frecuencias cuando el micrófono se encuentra muy cerca de la fuente.



### 2.1.1.1.3 Micrófonos de combinación de gradiente de presión

El micrófono de combinación de gradiente de presión y presión, tiene como característica que la cápsula de éste, es similar a la de un micrófono de presión con la diferencia de que este posee pequeños orificios o ranuras, las mismas que funcionan a manera de “retardador sonoro” para la onda que incide en la parte posterior de la cápsula; provocando un desfase entre la onda incidente frontal y la onda posterior.

“Como es este desfase el que da lugar a la característica directiva del micrófono, es evidente que la directividad será distinta según sea la frecuencia. Para evitar esto y conseguir un diagrama de directividad más o menos uniforme en todas las bandas de frecuencia, se recurre a montar redes de inversión de fase distintas: una para alta frecuencia y otra para baja frecuencia.” (Laboratorio de Procesado de Imagen, 2006, párr.19).



### **2.1.1.2 Clasificación de los micrófonos según su transducción electro-mecánica.**

#### **2.1.1.2.1 Micrófonos electro-magnéticos**

Esta clase de micrófonos la característica principal es que la vibración generada por la presión sonora ejercida sobre el diafragma, provoca un movimiento si bien de una bobina móvil o una cinta (lámina de metal corrugado), los mismo que se encuentran fijos a un imán permanente que con este movimiento produce un campo magnético, cuyas fluctuaciones se convierten en energía eléctrica.

Los micrófonos de bobina móvil se los conoce como dinámicos y a los micrófonos que poseen la lamina de metal corrugado como micrófonos de cinta.

#### **2.1.1.2.2 Micrófonos dinámicos**

También se los conoce como micrófonos de bobina móvil, debido a que la base de su funcionamiento está en una bobina de cobre que se encuentra enrollada alrededor de un imán al cual se le conoce como pieza polo. Dicha bobina se encuentra unida al diafragma por medio de suspensiones elástica; permitiendo el movimiento de la bobina cuando el diafragma recibe una presión sonora. Estos micrófonos utilizan inducción electromagnética para transformar la incidencia de presión sonora sobre el diafragma en energía eléctrica.

El funcionamiento consiste en el siguiente proceso: la bobina enrollada alrededor de la pieza polo se encuentra encerrada por un imán permanente el cual genera un campo magnético homogéneo, dicho espacio existente entre ambos imanes el de la pieza polo y el imán permanente se conoce como entrehierro. Como se mencionó antes la bobina móvil se encuentra unida al diafragma, de tal forma que cuando el diafragma es excitado por una presión determinada genera movimiento de la bobina en el interior del imán

permanente; este movimiento produce una variación de voltaje en los terminales de la bobina proporcional a la presión sonora incidente en el diafragma.

La circulación de corriente alrededor de la bobina por la presencia del campo magnético, ocurre puesto que:

**Ecuación 1**

$$f = BL * i$$

Donde:

$f$  = fuerza aplicada al diafragma y por ende bobina. [N]

$B$  = es la densidad del campo magnético. [T]

$L$  = es la longitud de la bobina. [m]

$i$  = es la corriente eléctrica. [A]

(Esto se cumple si y solo si  $BL$  es un valor constante.)

Físicamente hablando se conoce que el movimiento de de una bobina dentro de un campo magnético (entrehierro) genera en sus terminales una tensión eléctrica denominada fuerza electromotriz. (Miyara, 2003).

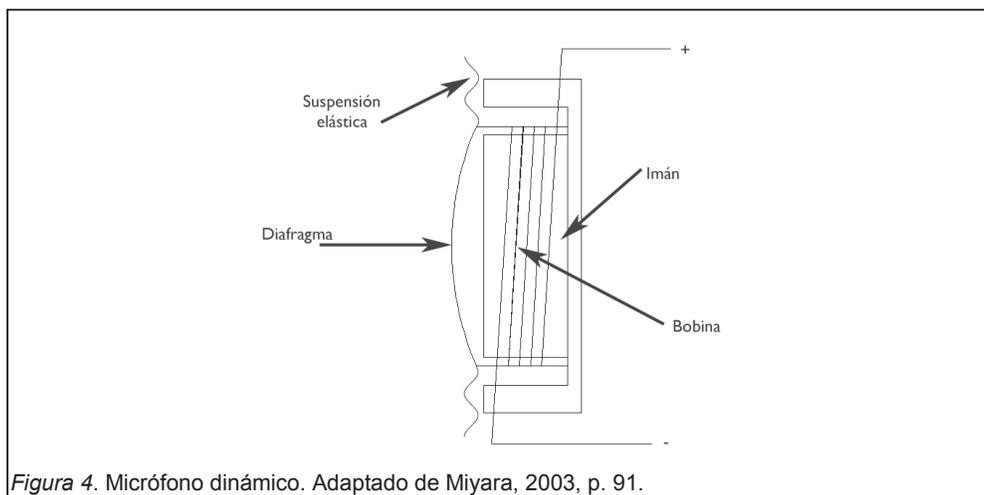


Figura 4. Micrófono dinámico. Adaptado de Miyara, 2003, p. 91.

Estos micrófonos generan tensiones bajas, de entre 1 a 4 mV/Pa (milivolts por Pascal); si se deseara generar mayor sensibilidad se requeriría que la bobina tuviese mayor cantidad de espirales; lo cual trae como consecuencia negativa el aumento de masa, por ende el aumento de inercia. Esto se verá afectado con mayor impacto en frecuencias altas, ya que no generarían la presión necesaria para mover la bobina. Sin embargo el comportamiento de este

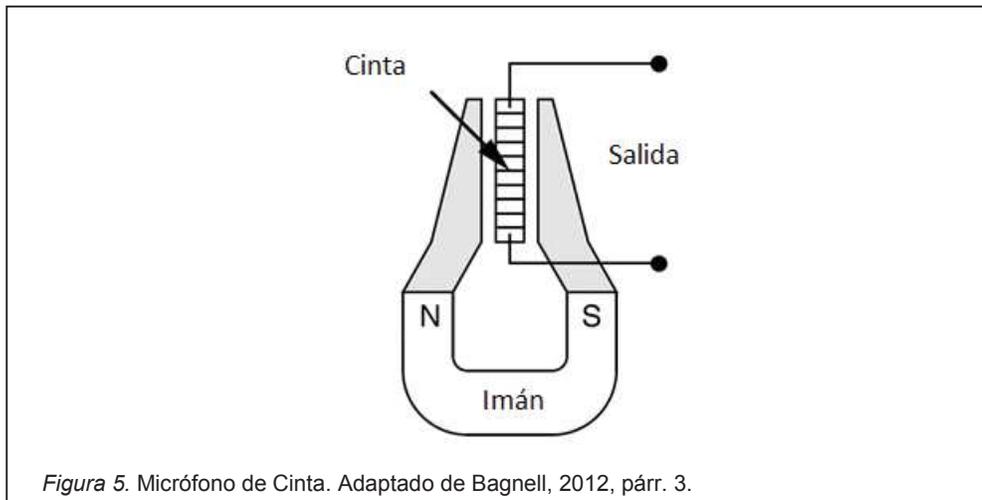
micrófono con las espiras que normalmente tiene, presenta una respuesta de frecuencia por lo general hasta 16 kHz.

Las principales características que hacen este micrófono uno de los más apetecibles del mercado son su robustez y capacidad de resistencia a condiciones caóticas de operación, como pueden ser variaciones climáticas (temperatura, humedad, etc.), grandes presiones sonoras ejercidas sobre el mismo, golpes, sacudidas, etc., lo cual los convierte en micrófonos deseados en especial para cuando se refiere a sonido en vivo. Además de otra ventaja es que no requiere alimentación externa para generar señales eléctricas.

### **2.1.1.2.3 Micrófonos de cinta**

Este tipo de micrófonos funcionan de manera similar a los micrófonos de bobina móvil, es decir trabaja bajo el principio de inducción electromagnética. La principal diferencia entre ambos, tanto dinámicos como de cinta, es que en los micrófonos de cinta en vez del diafragma actúa una lámina metálica de aluminio extremadamente delgada, de tal forma que se pueda vibrar con las moléculas de aire; esta lámina se encuentra situada entre dos piezas de polo magnético.

El campo magnético generado a través de la ranura es paralelo al ancho de la cinta, es decir que cuando la incidencia de presión sonora sobre la lámina de manera perpendicular a los imanes, genera una fuerza en los electrones libres de la cinta, los cuales tienen un movimiento longitudinal con la cinta, creando un voltaje AC entre los extremos; este voltaje en la salida es muy pequeño por lo que se necesita de un transformador de salida que permita tener un nivel manejable de señal. (Owinski, 2005).



De manera similar al micrófono dinámico, las frecuencias altas están controladas por la incidencia en la masa de la lámina, pero como el “diafragma” es también un transductor esto hace que su masa sea menor que la de un micrófono dinámico. Por lo tanto se considera que la frecuencia más alta capaz de respuesta que tiene este tipo de micrófono es alrededor de los 14 kHz.

Una de las características que hace de estos micrófonos esenciales es su respuesta de frecuencia, que es mucho más plana que la de un dinámico.

Los buenos micrófonos de cinta, permiten al ingeniero tener la capacidad de obtener una señal prácticamente plana, ya que el pico de resonancia del micrófono está en final de la respuesta de frecuencia que éste presenta, lo que significa que los micrófonos de cinta no añaden ninguna frecuencia extra.

Este clase de micrófonos resultan principalmente en los modelos antiguos ser muy frágiles y delicados, esto debido a que la cinta puede doblarse, o salirse del eje por acción de movimientos bruscos o presiones de aire muy fuertes; lo que obligadamente significaba tener grandes pantallas de aire que recubrieran la cinta.

Una gran ventaja es que este modelo de micrófonos no necesita de alimentación externa o interna para su funcionamiento, su mayor capacidad de transducción es de manera perpendicular a la lámina por su patrón de polaridad, y su mínima incidencia será a 90° del eje.

### 2.1.1.2.2 Micrófonos electro-estáticos

Es un micrófono el cual al ser excitado con presión sonora sobre su membrana de incidencia, la cual está cargada con un voltaje determinado para mantener polarizado el material, produce una oscilación de la membrana variando la energía que existe dentro de la cápsula del micrófono lo que implica que exista una de tensión eléctrica en su salida.

#### 2.1.1.2.2.1 Micrófonos de condensador

A este micrófono se le conoce también como micrófono capacitivo o electro-capacitivo; se basa en el uso de campos eléctricos a diferencia de los anteriores que empleaban campos magnéticos. Está compuesto principalmente por dos placas si bien metálicas o en algunos casos cerámicas. Una de las placas es móvil la cual será también el diafragma y la otra placa será fija que por lo general se encuentra ranurada o perforada; la distancia que existe entre las dos placas es aproximadamente de 0.001 in (una milésima de pulgada). La variación de la distancia entre las placas crea una variación de voltaje en los terminales del micrófono.

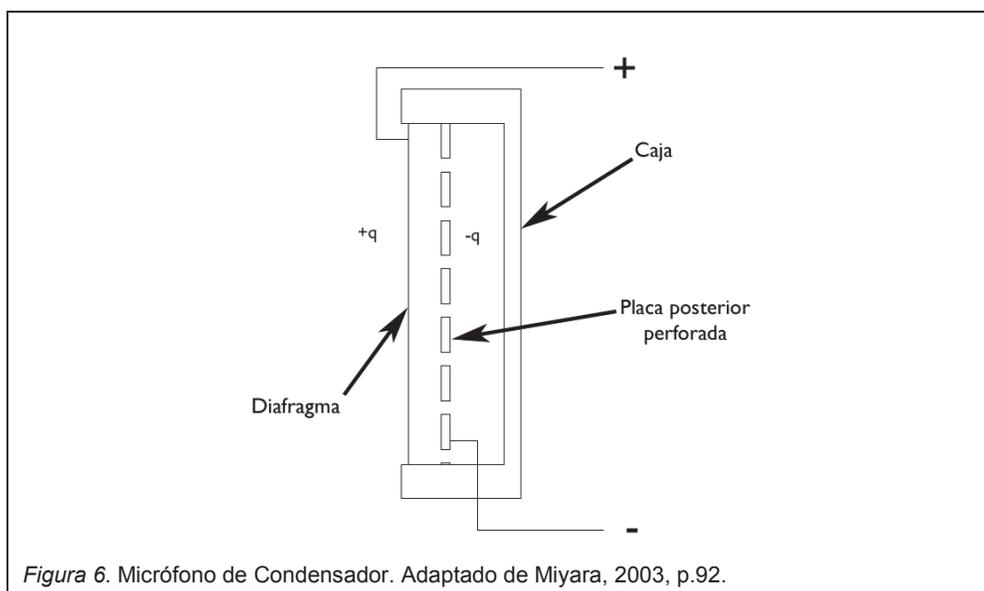


Figura 6. Micrófono de Condensador. Adaptado de Miyara, 2003, p.92.

Los micrófonos de condensador necesitan de una fuente de alimentación externa para poder polarizar las placas, esta alimentación puede ser si bien por medio de batería o de *phantom power* que tiene un valor comprendido entre +1.2 V y +52 V, este valor se lo conoce como fantasma debido a que lo provee por lo general la consola o preamplificador al cual se conecta el micrófono.

Todos los micrófonos capacitivos vienen con amplificador interno debido a que la impedancia que este presenta es demasiado alta, por lo cual se emplea un preamplificador sencillo para reducir la impedancia.

La ecuación más representativa del funcionamiento de estos micrófonos es la de un capacitor, la cual viene dada por:

Ecuación 2

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

Donde:

V = tensión en los terminales [V]

q = carga eléctrica en sus terminales [C]

C = Valor asociado a la capacitancia del condensador [F]

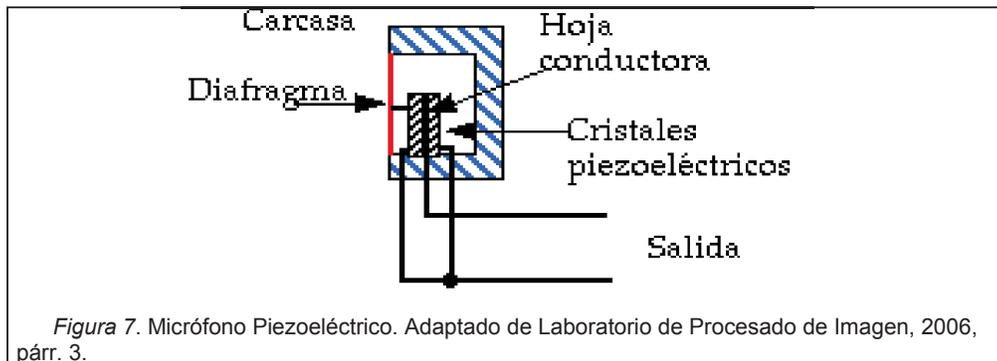
“Si de alguna manera se consigue cargar las placas del condensador con una carga fija q, al variar la capacidad C variará también la tensión V que se mide entre los terminales. Este es el principio físico de funcionamiento de los micrófonos capacitivos.” (Miyara, 2003, p.92).

#### **2.1.1.2.2.2 Micrófonos piezoeléctricos**

Los micrófonos piezoeléctricos, tiene la característica principal de adoptar una carga o polarizarse cuando estos se deforman por la acción de ondas de presión incidentes. Son principalmente de materiales cerámicos y cristales; por lo cual su deformación genera un voltaje que se relaciona de manera lineal con la deformación mecánica que estos reciben.

“Se han usado ampliamente monocristales de sal de Roxhelle en la fabricación de este tipo de micrófonos. Desafortunadamente, tales cristales se deterioran en la presencia de humedad y se dañan permanentemente si se someten a

temperaturas por encima de 46° C.” (Laboratorio de Procesado de Imagen, 2006, párr. 3).



Estos micrófonos tienen una excelente respuesta de ataque, es decir que apenas recibe la presión incidente entrega la respuesta eléctrica por lo que se emplea para realizar *triggers*.

### 2.1.2 Sensibilidad

La sensibilidad de un micrófono indica la relación que existe entre el voltaje generado a la salida de los terminales en circuito abierto de un micrófono y la presión sonora incidente en Pascales, a una frecuencia de 1 kHz con un Nivel de Presión Sonora (NPS) de 94 dB. Se expresa por lo general mV/Pa (mili volt sobre Pascales) aunque también se puede expresarse en dBv mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 3} \\ S = 20 \log \left( \frac{V}{V_{ref}} \right) [dBv]$$

Donde:

S = sensibilidad [dBv]

V = voltaje de incidencia [V]

Vref = voltaje de referencia (1 Volt). (Chávez, 2012)

La sensibilidad de un micrófono puede definirse como el cociente entre la tensión producida y la presión incidente:

Ecuación 4

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

Donde:

S = sensibilidad expresada en [mV/ Pa]

P = presión incidente [Pa]

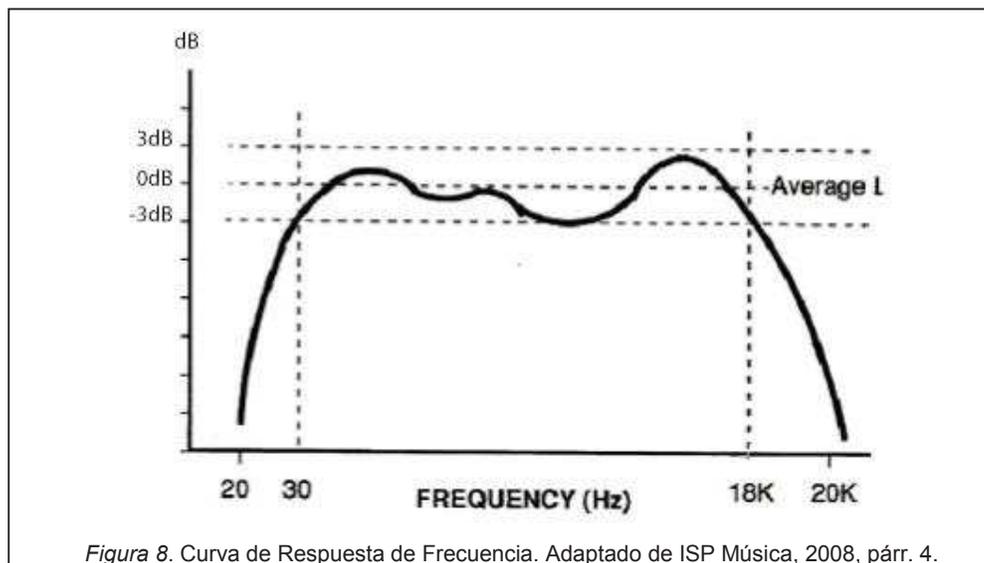
V = voltaje de salida resultante [V].

(Miyara, 2003).

### 2.1.3 Respuesta en frecuencia

La respuesta de frecuencia es una característica esencial de un sistema que procesa señal, ya que este parámetro presenta la sensibilidad en dB que posee un sistema en función de la frecuencia, la cual si bien reproducirá (altavoces) o captará (micrófonos).

Esto se representa en la curva frecuencia (Hz) vs. Nivel (dB); donde se espera que la curva sea lo más plana posible, es decir que tenga una respuesta sin variaciones sonoras por características propias del equipo.



Para las especificaciones sencillas se detalla únicamente las frecuencias extremas, tanto inferior como superior, definidas donde el nivel cae 3 dB en

comparación con el nivel que se encuentra a 1 kHz, con esta especificación se puede determinar si el micrófono es conveniente para nuestro uso o no.

#### **2.1.4 Timbre**

“El timbre de un sonido es la cualidad compleja, que depende de varias características físicas.” (Miyara, 2003, p.22).

El origen del estudio del timbre fue impulsado por la necesidad y el deseo de reproducir sonidos característicos naturales de manera artificial, así como también crear nuevos sonidos únicos que en la naturaleza no existen o es imposible reproducirlos. A esto se lo conoce como síntesis de sonidos. (Miyara, 2003).

Existen dos tipos de enfoques para el análisis del tímbrico. “El primero estudia los sonidos aislados, y se propone identificar todos los elementos que los distinguen de otros sonidos. El segundo enfoque, clasifica a los sonidos según la fuente (por ejemplo un instrumento), y asocia una cualidad tímbrica con cada fuente” (Miyara, 2003, p. 23).

Para la encuesta se realizará un enfoque como el segundo mencionado, pero donde las fuentes características serán las muestras de audio, convolucionada y original.

#### **2.1.5 Intensidad**

“Intensidad sonora: (*sound intensity*) energía sonora que atraviesa una superficie por unidad de tiempo y por unidad de área.” (Miyara, 2003, p.292).

También se conoce como la sensación de sonoridad, es decir la fuerza o el volumen que posee un sonido, que en un principio está relacionado con su amplitud. Esta relación no es tan directa ya que dependerá también de la frecuencia, ya que la respuesta frecuencial del oído humano no es plana en su totalidad, tiene variaciones drásticas en los extremos tanto agudos como graves. Estos valores se determinaron gracias al experimento realizado por los

investigadores norteamericanos en el año de 1933, Fletcher y Munson. (Miyara, 2003).

Hoy en día estas curvas de respuesta de frecuencia característica humana se conocen como curvas de igual nivel de sonoridad o curvas de Fletcher y Munson. (Miyara, 2003).

### **2.1.6 Distribución espectral**

“Espectro: (*spectrum*) Amplitudes de las diversas componentes senoidales de un sonido (y en algunas aplicaciones, también fases).” (Miyara, 2003, p. 289).

Un sonido periódico puede representarse como una sumatoria de armónicos, es decir sonidos sinusoidales que son superiores a la frecuencia fundamental,  $f$ ,  $2f$ ,  $3f$ , etc. Cada uno de estos armónicos puede tener su propia amplitud. (Miyara, 2003).

“La información sobre las frecuencias que contiene un determinado sonido y sus respectivas amplitudes constituyen lo que se denomina el espectro del sonido. El espectro se puede especificar en forma de tabla, o se puede representar gráficamente mediante un espectrograma, que es un gráfico con dos ejes: el horizontal, graduado en frecuencia, y el vertical, en amplitud.” (Miyara, 2003, p.14).

### **2.1.7 Dinámica**

En esta sección se debe tener en cuenta que es el rango dinámico primero. El rango dinámico es la diferencia en decibeles entre el mínimo nivel de la señal y el máximo de la misma. (Miyara, 2003).

Este proceso tiene tendencia a aplanar los planos dinámicos. Es decir que si una obra musical tiene cambios de dinámica como de un *mezzoforte* a un *triple fortissimo*, después de un proceso de variación dinámica, la misma interpretación se puede ver afectada de tal forma que la dinámica pase de un *mezzoforte* a apenas *forte*. (Miyara, 2003).

“... restará interés a la interpretación de determinados tipos de música en la cual los contrastes dinámicos tienen gran importancia expresiva, como la música clásica y la contemporánea, y en cambio tendrá un efecto menos perjudicial en aquellos tipos de música que, como el rock, no dependen de esencialmente de los contrastes para la misma expresión.” (Miyara, 2003, p. 149).

### **2.1.8 Panorama estéreo**

El panorama se refiere al posicionamiento de un elemento sonoro en el campo estéreo, para comprender el panorama se debe conocer el sistema de funcionamiento estéreo (dos canales), y que mediante el uso del parámetro paneo es posible posicionar dentro del campo sonoro un elemento. (Owsinski, 1999).

El panorama entonces es el posicionamiento que existe entre los altavoces, izquierdo y derecho; además del conocido fantasma central (*phantom center*). El fantasma central quiere decir que la salida de los altavoces izquierdo y derecho, generan la misma señal y están posicionados de tal manera que simulan un tercer parlante en la mitad de los dos. (Owsinski, 1999).

### **2.1.9 Direccionalidad y patrones polares**

Este parámetro es muy importante en los micrófonos ya que indica que “la sensibilidad de un micrófono varía según el ángulo respecto a su eje de donde viene el sonido”. (Miyara, 2003, p.86).

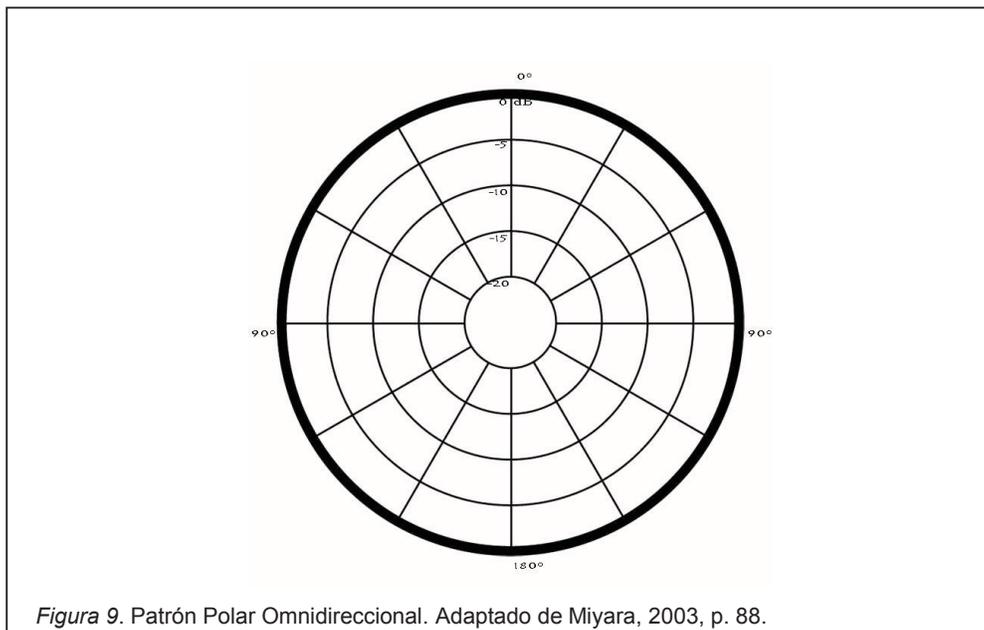
Para representar este parámetro con mayor claridad se han creado ciertas curvas de respuesta, denominadas patrones polares. Los patrones polares representan la respuesta del micrófono a una frecuencia determinada a un nivel de presión sonora establecido frente a un ángulo de incidencia dado. De esta manera se obtiene un determinado nivel de presión sonora a un ángulo incidente determinado.

Existen varios patrones polares que se han popularizado a lo largo del tiempo. Estos son los siguientes.

### 2.1.9.1 Omnidireccional

Este tipo de patrón tiene como característica principal captar de igual manera la presión sonora incidente desde cualquier posición, por ello presenta la mejor respuesta sin colorear “*off-axis*”.

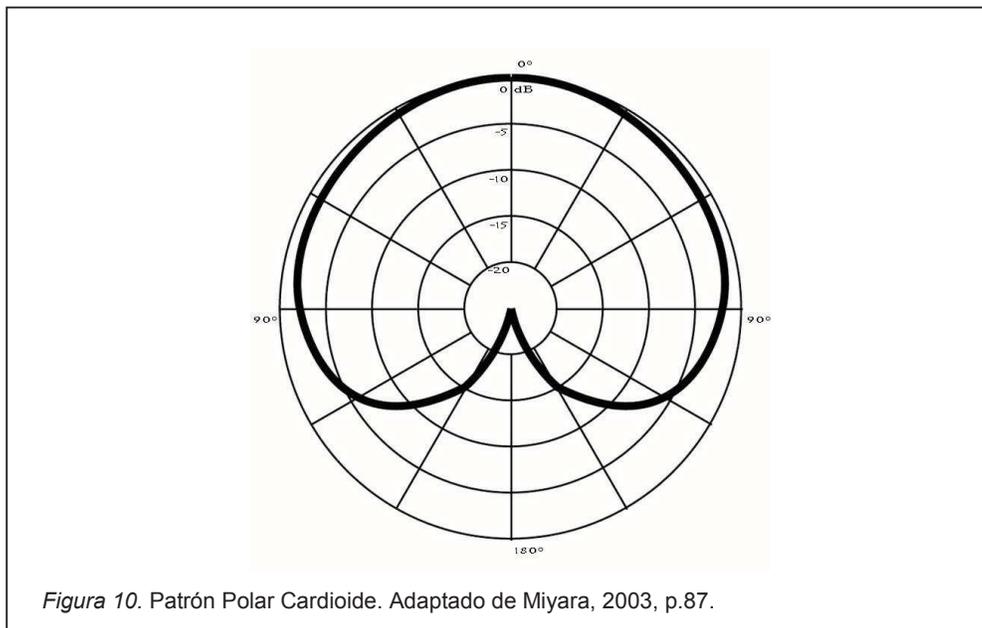
Este patrón presenta muy buena respuesta para cuando se desea captar un sonido cercano y se desea evitar el efecto de proximidad; además es muy bueno si se desea obtener un sonido ambiental con reflexiones de una sala determinada.



### 2.1.9.2 Cardioide

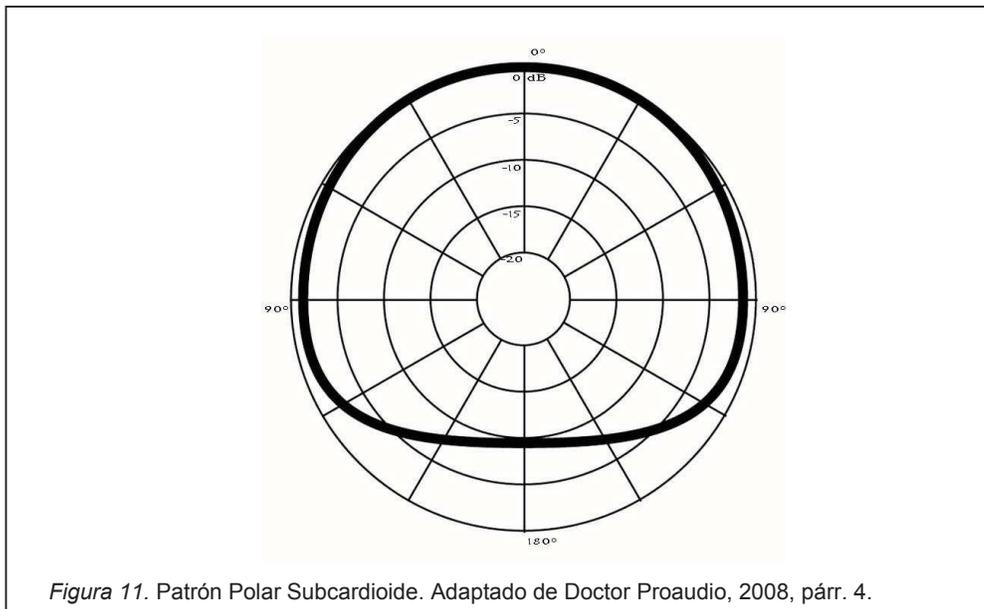
Este patrón recibe ese nombre debido a que la curva de respuesta que presenta es similar a la de un corazón idealizado. (Doctor Proaudio, 2008, párr.4).

Presenta su mayor incidencia en el eje de incidencia ( $0^\circ$ ) y un rechazo de 15 a 25 dB en el eje posterior ( $180^\circ$ ), siendo así este tipo de micrófonos cardiodes ideales para evitar ruidos y retroalimentación, por ello se los emplea bastante para realizar sonido en vivo, además de su excelente trabajo para realizar técnicas estereofónicas. (Owinski, 2005).



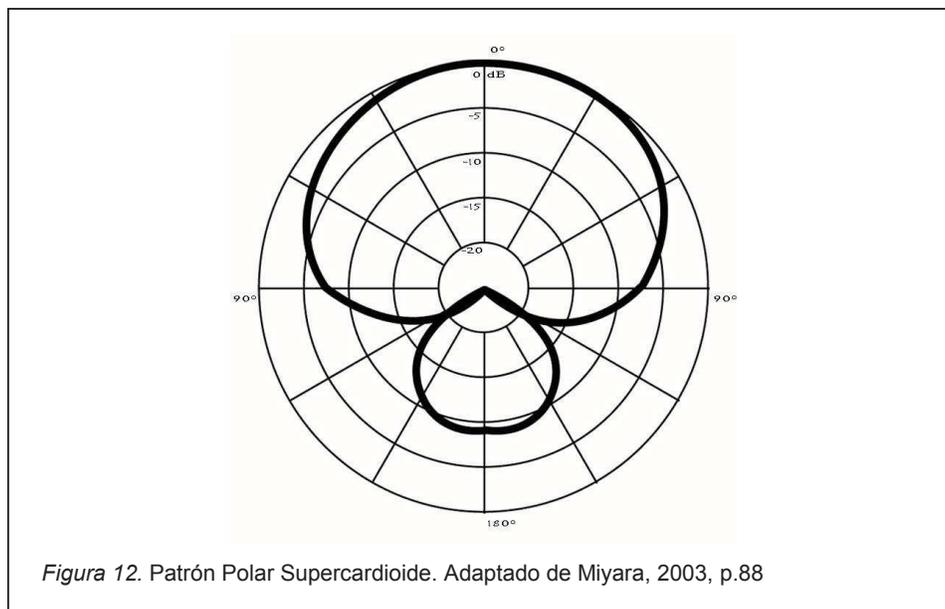
### 2.1.9.3 Subcardioide

Su respuesta es una combinación entre cardiode y omnidireccional, con 10 dB de rechazo en la parte posterior y una captación más ancha en su frente. (Doctor Proaudio, 2008, párr.4).



#### 2.1.9.4 Supercardioide

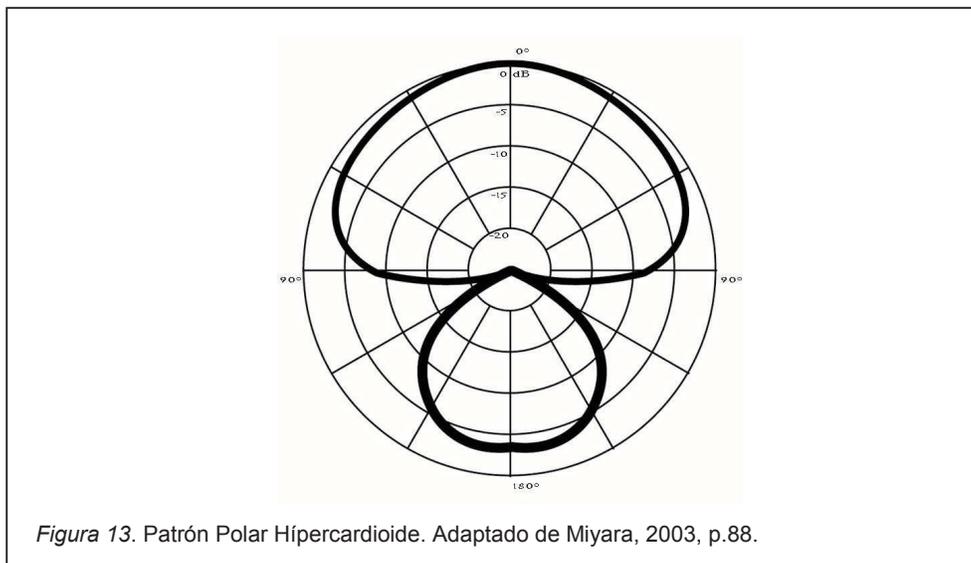
Este patrón es un poco más direccional que el cardioide, pero a diferencia de éste presenta un lóbulo trasero. Su incidencia mínima ocurre en  $127^\circ$ . Tiene menor sensibilidad en los lados a diferencia del patrón Cardioide, también presenta una atenuación de 15 dB en su parte posterior.



### 2.1.9.5 Hípercardioide

Este tipo de patrón es más direccional que el supercardioide en un pequeño porcentaje, además presenta un lóbulo trasero más largo. Su mayor sensibilidad se presenta aproximadamente cerca de los  $110^\circ$ . (Doctor Proaudio, 2008, párr.4).

Se puede incrementar la direccionalidad de los micrófonos aumentando el tamaño de las ranuras que tienen las cápsulas de los micrófonos de esta manera serán menos sensibles en los lados y parte posterior también. (Owinski, 2005).



### 2.1.9.6 Bi-direccional

También conocido como figura de 8, este patrón presenta un rechazo total en la captación de presión sonora lateral, pero tiene la misma capacidad de captación o sensibilidad en el frente como en la parte posterior. (Doctor Proaudio, 2008, párr.4).

Se debe notar que la captación de altas frecuencias (brillo) es mejor en la parte posterior del micrófono, pero que en cuanto se refiere a sensibilidad es la misma en el frente que en la parte posterior. (Owinski, 2005).

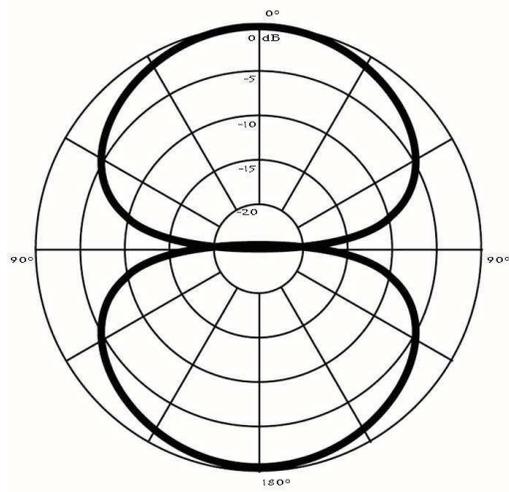


Figura 14. Patrón Polar Bi-direccional. Adaptado de Miyara, 2003, p.89.

Tabla 1  
Características de patrones de directividad. Adaptado de Doctor Proaudio, 2008, párr.5.

<b>Patrón Polar</b>	<b>Omnidireccional</b>	<b>Subcardioide</b>	<b>Cardioide</b>	<b>Supercardioide</b>	<b>Hipercardioide</b>	<b>Bi-direccional</b>
<b>Ángulo de -3 dB</b>	360°	164°	131°	116°	105°	90°
<b>Ángulo de -6 dB</b>	360°	236°	180°	157°	141°	120°
<b>Ángulo de -10 dB</b>	360°	360°	233°	197°	170°	143°
<b>Nivel relativo a 90°</b>	0 dB	-3.6 dB	-6 dB	-8.5 dB	-12 dB	- Infinito
<b>Nivel relativo a 180°</b>	0 dB	-9.9 dB	- Infinito	-12 dB	- 6dB	0 dB
<b>Mínimo Ángulo de Captación</b>	-	180°	180°	+/- 127°	+/- 110°	90°

### **2.1.10 Impedancia nominal**

La impedancia interna que presenta un micrófono, está vinculada a su modelo eléctrico la cual va a limitar el flujo de corriente que va existir en el dispositivo. Normalmente se refiere a ella como impedancia compleja, ya que se encuentra compuesta por la resistencia y la reactancia. (Duiops, 2009, párr.3).

Existen micrófonos de alta impedancia (superior a los 10,000  $\Omega$ , 10 k $\Omega$ ) y de baja impedancia (por debajo de los 500  $\Omega$ ); en sonido profesional se manejan con micrófonos que posean baja impedancia de esta manera la oposición al flujo sonoro es menor, son menos ruidosos y ofrecen mayor facilidad para el cableado en especial en grandes distancias. (Miyara, 2003).

### **2.1.11 Técnicas de microfonía estéreo**

Las técnicas de microfonía consisten en emplear dos micrófonos para simular la captación de sonidos de manera similar a la que se escucha (dos oídos) y de esta manera también se logra crear una imagen estéreo de posicionamiento.

La primera técnica estéreo que se empleó en la historia sucedió como la mayoría de técnicas de microfonía, accidentalmente. Sucedió en la Gran Exhibición Eléctrica en Paris 1881. Un diseñador francés llamado Clement Ader, estaba mostrando algunas mejoras para un sistema nuevo de teléfono empleando sin darse cuenta lo que se conoce ahora como microfonía estéreo espaciada. (SOS, 1997, párr.1). Dicha mejora que realizó al teléfono convencional de Bell, lo llamó Théâtrophone. Dicha invención permitía escuchar al teatro o conciertos de ópera mediante la línea telefónica. Consistía en tener una técnica estereofónica frente al escenario par espaciada que captaría los sonidos incidentes los mismos que irían por conductos separados (izquierdo y derecho) hasta llegar al receptor. (Lange, 2002).

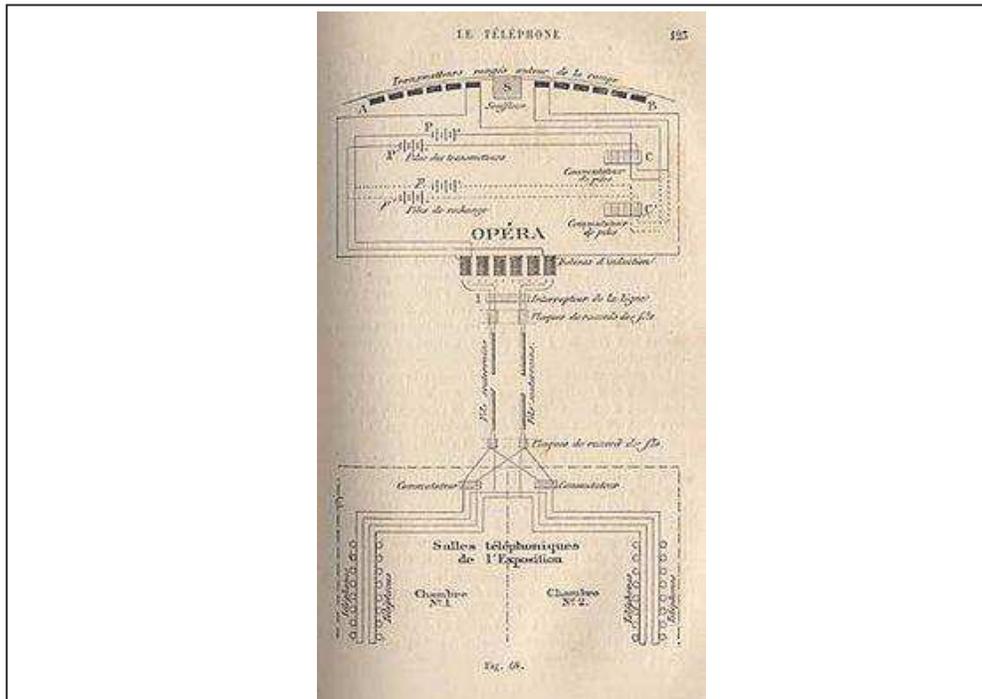


Figura 15. Funcionamiento del Théâtrophone. Adaptado de Ader, 1887, p.123.



Figura 16. Receptor del Théâtrophone. Adaptado de Clockworker, 2012, párr.1.

Pero donde comenzó a tomar mayor auge el desarrollo de las técnicas de microfónica estéreo fue en los años 30; tanto en Estados Unidos en los laboratorios Bell bajo la dirección del Dr. Harvey Fletcher, en lo que se refería a técnicas espaciadas; mientras que en Inglaterra un hombre muy listo llamado Alan Blumlein que trabajaba para EMI, estaba experimentando con técnicas estereofónicas cercanas. (SOS, 1997, párr.1).

De ahí que se van a estudiar las principales técnicas de microfónica, las cuales son:

1. Par separado (A-B).
2. Par coincidente (X-Y).
3. Blumlein.
4. Mid-side
5. ORTF

#### **2.1.11.1 Par separado (A-B)**

Esta técnica de microfónica consiste en posicionar dos micrófonos de preferencia “apareados”, que sean exactamente los mismos micrófonos. El patrón polar de los micrófonos pueden variar pero el patrón más popular empleado en esta técnica es el omnidireccional. La idea es colocar ambos micrófonos separados una determinada distancia, que por lo general se emplea la regla de 3 es a 1 (por cada distancia que existe entre la fuente y el centro de los dos micrófonos, se separan tres veces dicha distancia a los micrófonos). (Owinski, 2005).

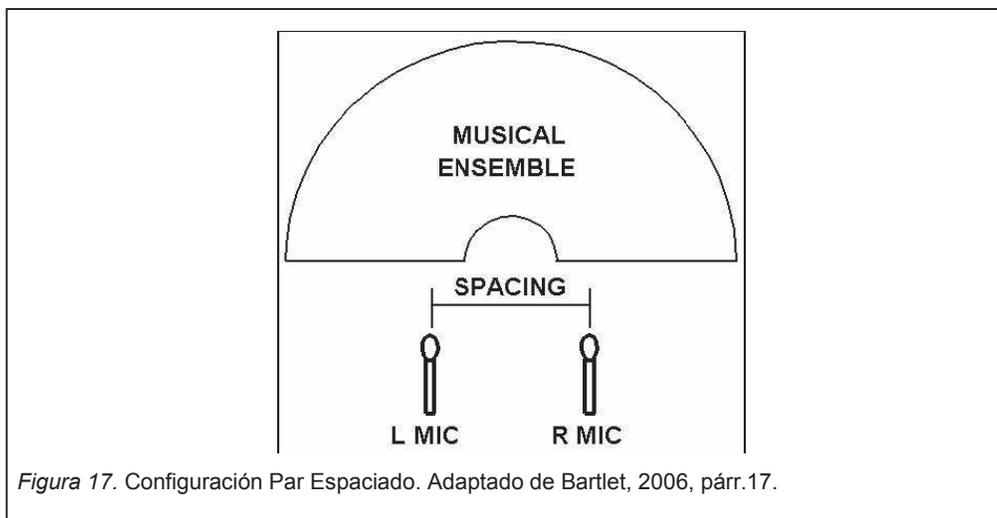
Se debe tomar en cuenta que al existir demasiada separación entre los micrófonos se genera una imagen estéreo demasiado exagerada, pero de manera similar si están muy cerca los micrófonos se genera una propagación estéreo inadecuada (efecto *crossstalk*). Por lo general para tener una imagen estéreo adecuada se posicionan los micrófonos entre 3 a 4 metros de distancia en salas de concierto.

Se debe tener también en cuenta que ésta técnica tiene una tendencia a colorear el centro de la imagen y volver confusa su localización, lo que trae

como consecuencia al combinar ambos micrófonos un desfase y cancelación de algunas frecuencias.

Una de las ventajas que presenta esta técnica de microfónica es que tiene tendencia a crear un ambiente cálido en el cual existe una reverberación de tipo sala de concierto que rodea a los instrumentos e incluso en algunos casos al oyente. (Owinski, 2005).

Esta configuración es creada a partir de la diferencia de tiempo que tarda en llegar la onda al micrófono, la imagen estéreo puede cambiar drásticamente si la distancia de la fuente es variada.



### 2.1.11.2 Par coincidente (X-Y)

En esta técnica se requieren dos micrófonos iguales que sean direccionales, donde uno de los micrófonos está posicionado sobre el otro de tal manera que sus grillas estén casi juntas y que los diafragmas estén apuntando hacia los extremos de la fuente sonora. (Owinski, 2005).

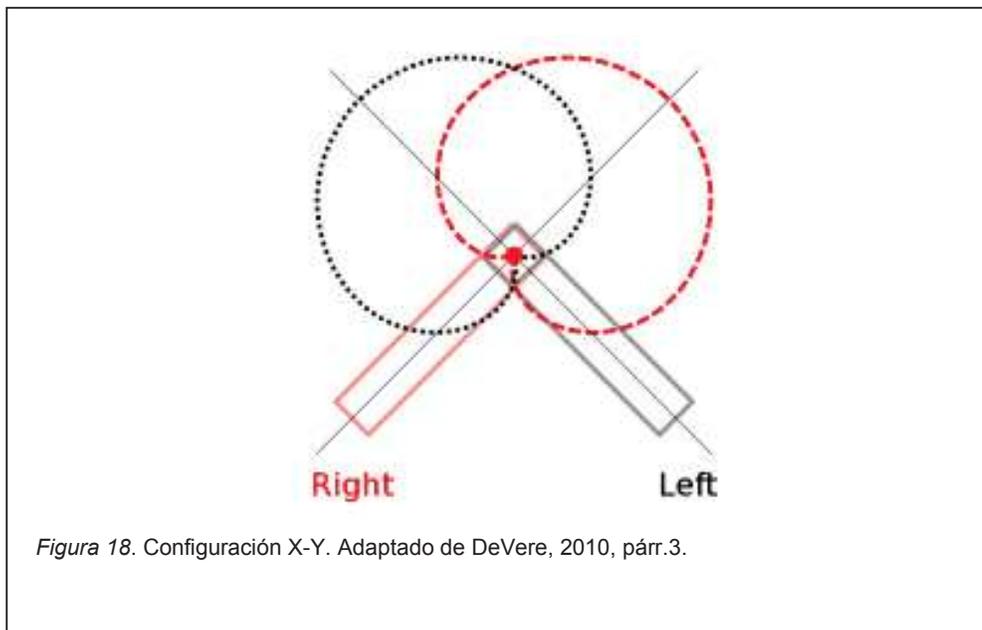
Debido a que los diafragmas están posicionados prácticamente uno encima del otro no existe una variación de fase. Se pueden emplear patrones polares cardioides, bi-direccionales y hasta hipercardioides.

La angulación típica que existe entre los micrófonos es de  $90^\circ$  entre sus ejes, pero también se han empleado ángulos de  $120^\circ$  a  $135^\circ$  e incluso de hasta  $180^\circ$ . Debido a que no presenta teóricamente un desfase notorio entre las

señales captadas, y además su imagen estéreo no es extremadamente exagerada como la del par espaciado, esta técnica tiene una compatibilidad monofónica buena. (SYA, sf, párr.13).

Es una de las técnicas que más se emplea debido a su posicionamiento cercano muy bueno, y a que tiene una compatibilidad estereofónica bastante alta. Además de evitar el problema de desfase que existe en la técnica par espaciado.

Esta configuración es creada a partir de la diferencia de presión sonora que existe entre una cápsula y la otra.

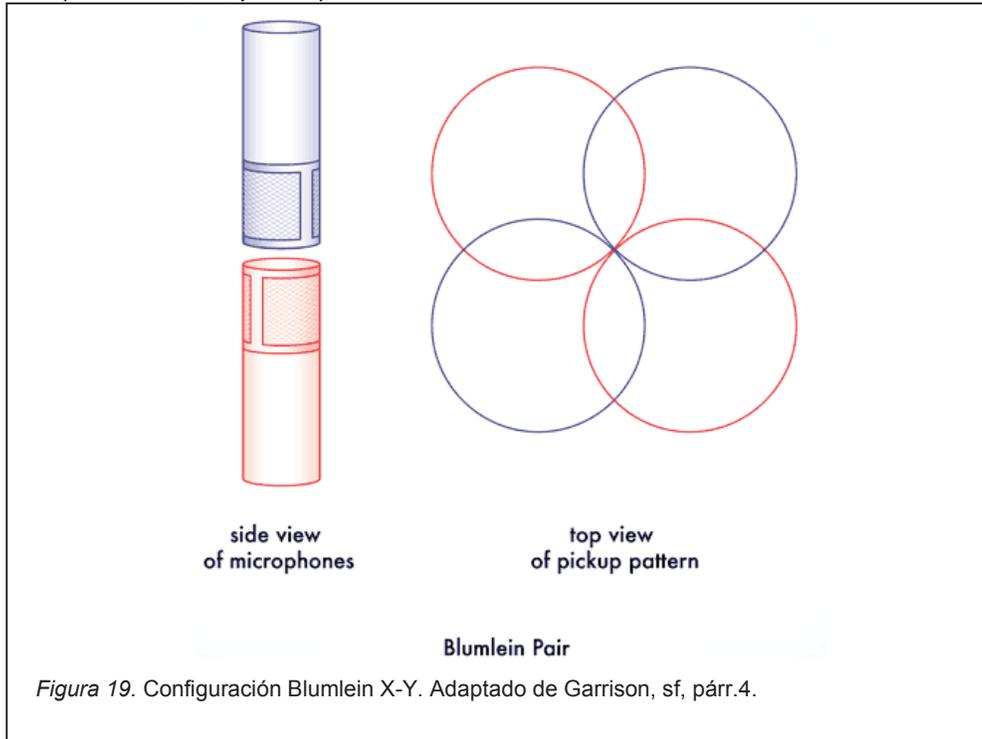


### 2.1.11.3 Blumlein

Esta técnica fue desarrollada en 1935 para la empresa EMI por el pionero del audio Alan Blumlein, esta técnica consiste en el uso de dos micrófonos con patrones bi-direccionales colocados a  $90^\circ$  el uno del otro. Esta técnica tendría tendencia a funcionar mejor si es cercana a la fuente sonora, ya que a grandes distancias estos micrófonos tienden a perder la captación de frecuencias bajas. (Owinski, 2005).

Los resultados de esta técnica se podrían decir que son *surround* ya que el frente izquierdo y su parte posterior están captados por un micrófono, mientras

que el lado derecho está captado por el otro micrófono, genera una imagen de 360°. (Garrison, sf, párr.4).



#### 2.1.11.4 Mid-side

Esta técnica consiste en emplear dos micrófonos de direccionalidades diferentes, el primer micrófono con un patrón direccional por lo general es un cardiode, también se puede utilizar un omnidireccional o cualquier patrón que sea direccional; dicho micrófono está enfocado a la captación del medio (Mid), este micrófono se encuentra encima del otro micrófono.

El segundo micrófono debe tener un patrón polar bi-direccional, dicho micrófono está concentrado a la captación lateral (Side). De igual manera que en la técnica par coincidente se requiere que sus cápsulas estén lo más cercanas posibles para evitar problemas de fase.

Al no tener problemas de fase, esta técnica es excelente para la compatibilidad mono-estéreo; además crea una imagen estéreo de sala y ambiente, siempre y cuando la locación sea adecuada. (Owinski, 2005).

Para almacenar las señales que provienen de los micrófonos se crea una pista para el micrófono direccional (Mid) y una pista para el micrófono bi-direccional

(Sides). A dicha pista se realiza una copia con la fase invertida en su totalidad. A una de las pistas de los lados (Sides) se le panea totalmente a la izquierda y otra a la derecha; para comprobar su inversión de fase, las señales almacenadas deberán cancelarse en su totalidad si ambas pistas están paneadas al centro. (Garrison, sf, párr.6).

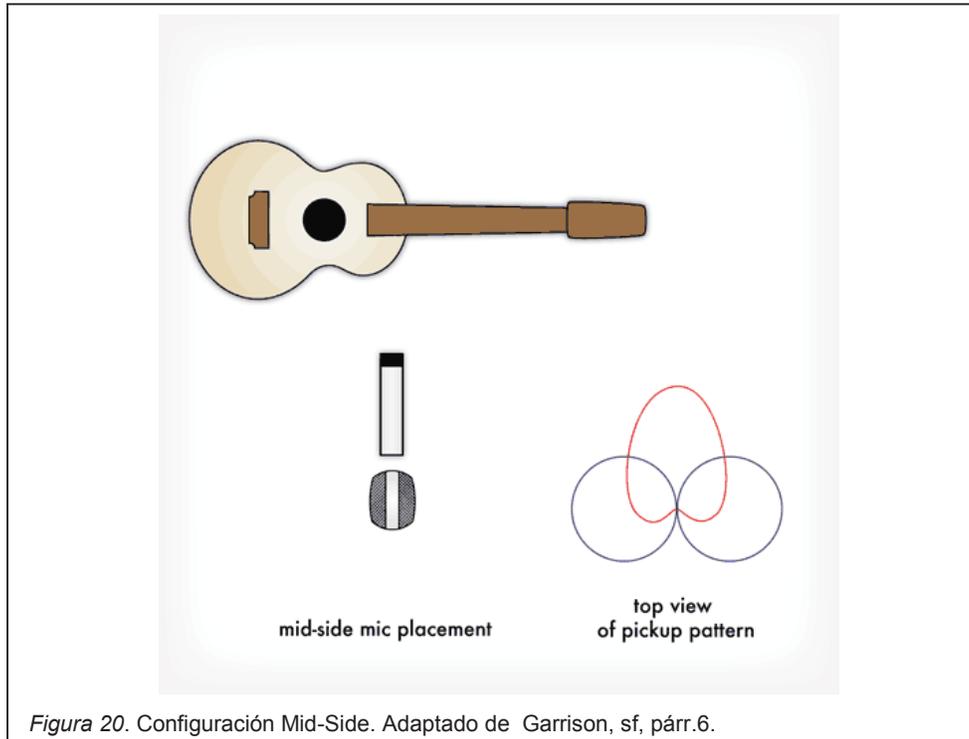
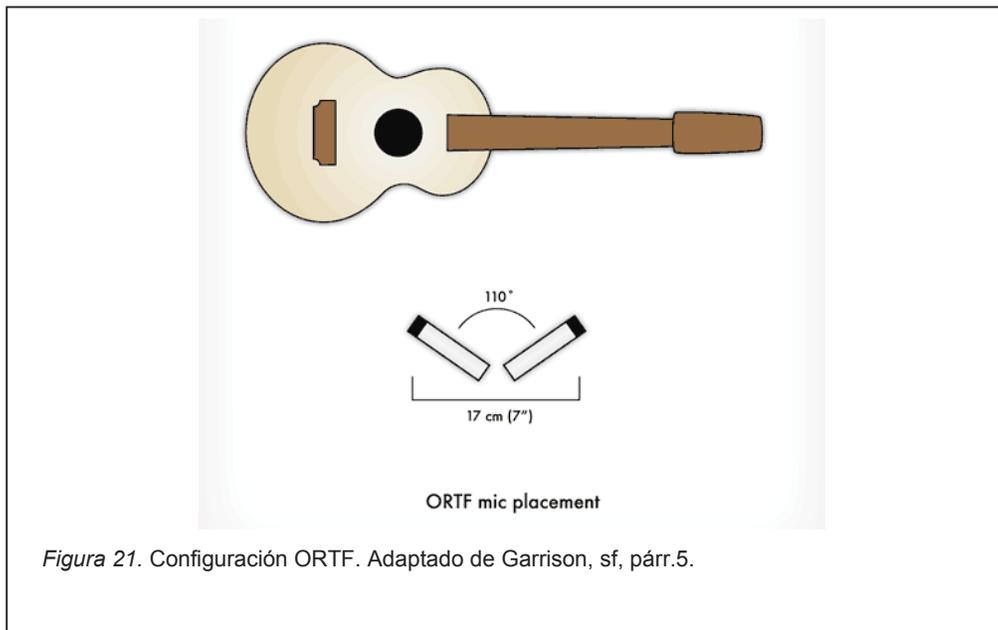


Figura 20. Configuración Mid-Side. Adaptado de Garrison, sf, párr.6.

### 2.1.11.5 ORTF

Esta técnica fue nombrada así por la televisión Francesa y radiodifusión (*Office de Radiodiffusion-Télévision Française*). En esta técnica se emplean dos micrófonos de direccionalidad cardiodes posicionados con una angulación de  $110^\circ$  y espaciados horizontalmente a 17 cm (7"). Esta técnica permite tener una mejor sensación de posicionamiento y espacio, debido a la diferencia de tiempo y fase que existe por la separación entre las cápsulas, que simulan el posicionamiento de las orejas en la cabeza humana. (Owinski, 2005, p.60). (Garrison, sf, párr.5).



## 2.2 Compatibilidad mono-estéreo

La compatibilidad mono-estéreo permite a los ingenieros realizar un mejor análisis sobre las muestras almacenadas estereofónicas, en cuanto se refiere a la captación de señales; mientras que en el caso de reproducción se puede considerar este factor para comprobar que la mezcla estereofónica está correctamente realizada.

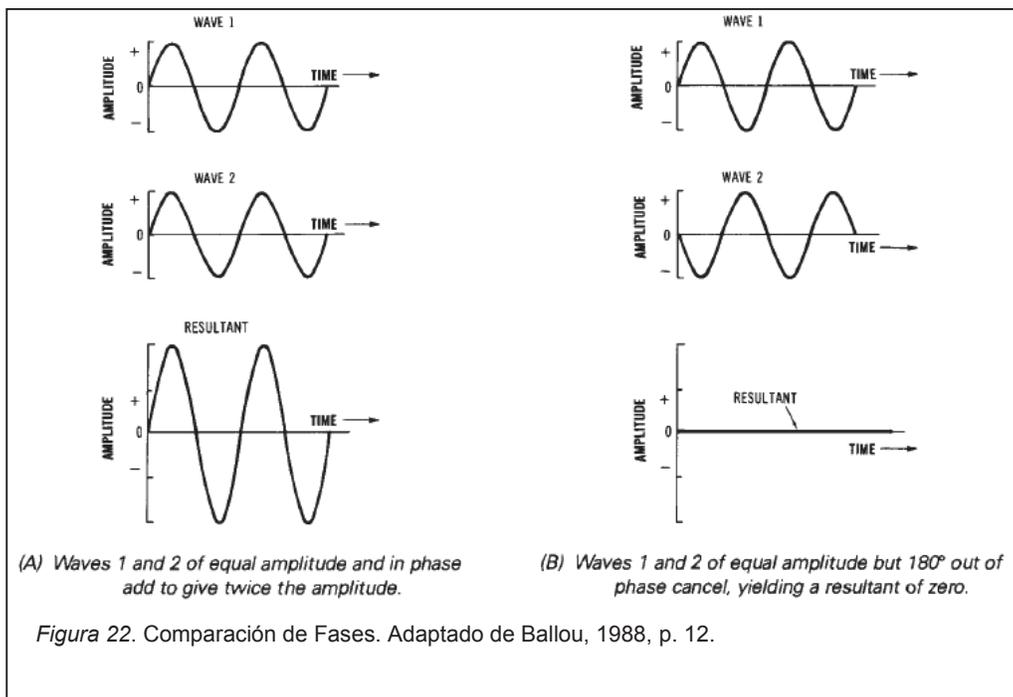
Por lo general existe buena compatibilidad con las técnicas de captación estereofónica las cuales no tienen distancia entre sus cápsulas o es mínima ya que la longitud de onda arriba a las cápsulas de manera simultánea, mientras que existirán desfases más notorios en aquellas técnicas las cuales tienen tendencia a crear una imagen estereofónica más abierta, con cápsulas separadas.

Principalmente este factor se enfoca sobre tres aspectos principalmente, estos son:

- Coherencia de fase.
- Balance.
- Paneo.

### 2.2.1 Coherencia de fase

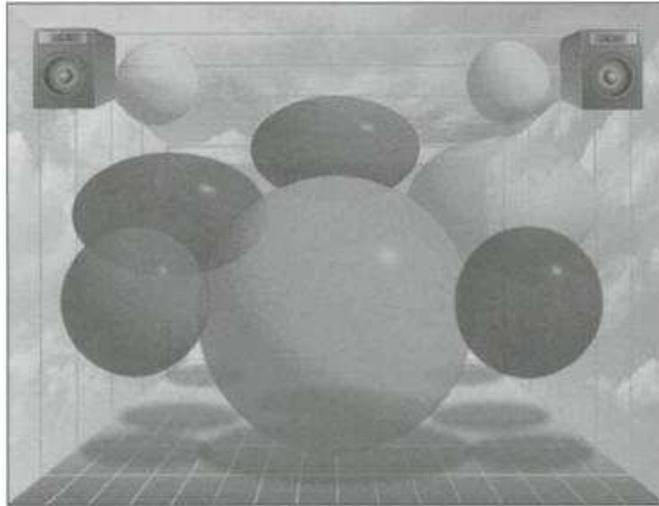
Cuando una señal estereofónica es combinada a monofónica, se puede comprobar que las fases de la/las fuente/s sonoras que han sido captadas de manera estereofónica están en fase; esto ocurre siempre y cuando no existan pérdidas si bien de frecuencia, de nivel o incluso exista un desfase tan extremo que se cancele en su totalidad la fuente sonora emitida o almacenada. (Owinski, 2005).



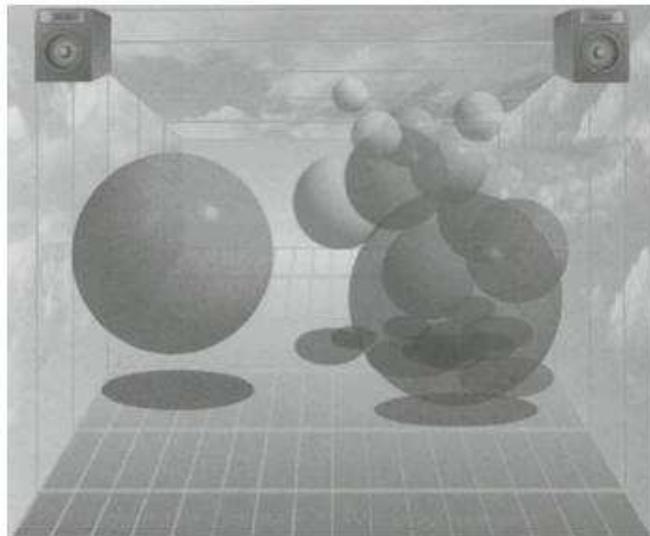
### 2.2.2 Paneo

Este parámetro al estar en monitoreo monofónico permite notar si existe un apropiado balance de las señales..

Además permite tener una claridad sobre el posicionamiento correcto de las señales e incluso dar a notar si existe un enmascaramiento de una señal con respecto a otra y también permite controlar si existe conflicto de frecuencias.



*Figura 23. Imagen Estéreo Balanceada. Adaptada de Gibson, 1997, p.18.*



*Figura 24. Imagen Estéreo Desbalanceada. Adaptado de Gibson, 1997, p.18.*

## 2.3 Descripción del método de entrenamiento auditivo para reconocimiento de técnicas de microfónica estereofónicas

En el entrenamiento auditivo se tomará en cuenta además algunos parámetros que influirán directamente sobre el sonido.

Para este entrenamiento se debe tomar en cuenta que al ser estereofónico deben estar los altavoces colocados a una distancia determinada, dentro de un espacio que no tenga reflexiones, además del lugar donde se realiza el estudio. A continuación se detallan parámetros para el óptimo funcionamiento.

## 2.4 Sistemas de referencia y entorno acústico

### 2.4.1 Altavoces

Los altavoces son el último proceso dentro de la cadena electroacústica, estos dispositivos permiten transducir la energía eléctrica nuevamente en energía acústica. Los altavoces por lo general son de bobina móvil tanto para altas como bajas frecuencias, para altas frecuencias se suelen emplear altavoces piezoeléctricos.

Los altavoces tanto en sonido de alta fidelidad (sonido de calidad buena para consumo familiar) como sonido profesional (sonido de calidad específico para grabaciones y eventos en vivo), es muy común emplear cajas acústicas que estén compuestas de dos o más altavoces que serán encargados de cubrir distintos rangos de frecuencia. (Miyara, 2003).

1. *Subwoofer*: 20 – 80, 200 [Hz].
2. *Woofers*: 50 – 800, 2k [Hz].
3. *Squakers*: 250 – 3k; 5k [Hz].
4. *Tweeters*: 1k – 16k; 18k [Hz].
5. *Super Tweeters*: 3k; 5k – 25k [Hz].
6. *Sistema Horn-Driver*: 500 – 20 k [Hz].
7. *Full Range*: 40; 80 – 14; 16k [Hz].

### 2.4.1.1 Altavoces de campo lejano

Los altavoces de campo lejano adoptan su nombre debido a que se encuentra fuera del *sweet spot*. Implican por lo general ser de gran tamaño, con varios altavoces con la capacidad de entregar NPS moderadamente medios y altos. Debido a su diseño y tamaño, los altavoces de campo lejano son montados sobre la pared de esta manera se trata de evitar reflexiones por la parte posterior del altavoz e influencias por parte de la sala.

Por lo general estos altavoces se usan durante la grabación por su capacidad para manejar altos niveles de presión, además sirven para realizar un monitoreo de mezclas a altos niveles para simular su respuesta en discotecas o sistemas de audio para autos. (Miles, D. y Runstein R., 2005).



Figura 25. Altavoz de Campo Lejano. Adaptado de Miles, D. y Runstein R., 2005, p. 513.

### 2.4.1.2 Altavoces de campo cercano

Son llamados así debido a que este tipo de altavoces se encuentran dentro del *sweet spot*, permitiendo obtener una respuesta de la/las señal/es directamente sin influencias de la sala donde se realiza el monitoreo.

Los monitores de campo cercano hoy en día son los altavoces más empleados en el ámbito del audio, esto por las características siguientes:

6. La calidad sonora que representan con mayor precisión el sonido que se reproducirá en parlantes caseros.
7. La situación de los altavoces en una posición más cercana al oyente, disminuye las reflexiones primarias además de los modos normales de resonancia de la sala.
8. En comparación con los monitores de campo lejano, tienen un costo menor debido a que no poseen tantos altavoces además de la fuente de poder externa que necesitan los altavoces de campo lejano. (Miles, D. y Runstein R., 2005).



Figura 26. Altavoces de Campo Cercano. Adaptado de Miles, D. y Runstein R., 2005, p. 515.

## 2.4.2 Audífonos

Los altavoces son también una herramienta esencial dentro del monitoreo de audio, ya que elimina en su totalidad el ambiente generado por la sala. Los audífonos permiten tener una claridad espacial muy clara, que permite a los profesionales de audio posicionar una fuente en un punto determinado, del campo estereofónico sin tener problemas por influencias de reflexiones generadas por la sala o incluso resonancia de la misma.

Gracias a su tamaño los audífonos son manejables, y se pueden llevar para poder realizar un monitoreo preliminar de una mezcla en un ambiente donde se desconozca la respuesta de la sala. Se debe tener en cuenta que si bien los audífonos eliminan el ambiente de la sala, no entrega una respuesta verdadera del comportamiento del sonido reproducido en altavoces, sobre todo la imagen estereofónica; además incrementa el nivel de sonidos muy bajos; por ejemplo incrementa la sensación de reverberación y otros efectos que al ser reproducidos en la sala no se perciben con tanta intensidad. (Miles, D. y Runstein R., 2005).



Figura 27. Audífonos Sony. Adaptado de Miles, D. y Runstein R., 2005, p.517.

### **2.4.3 Entorno y parámetros acústicos**

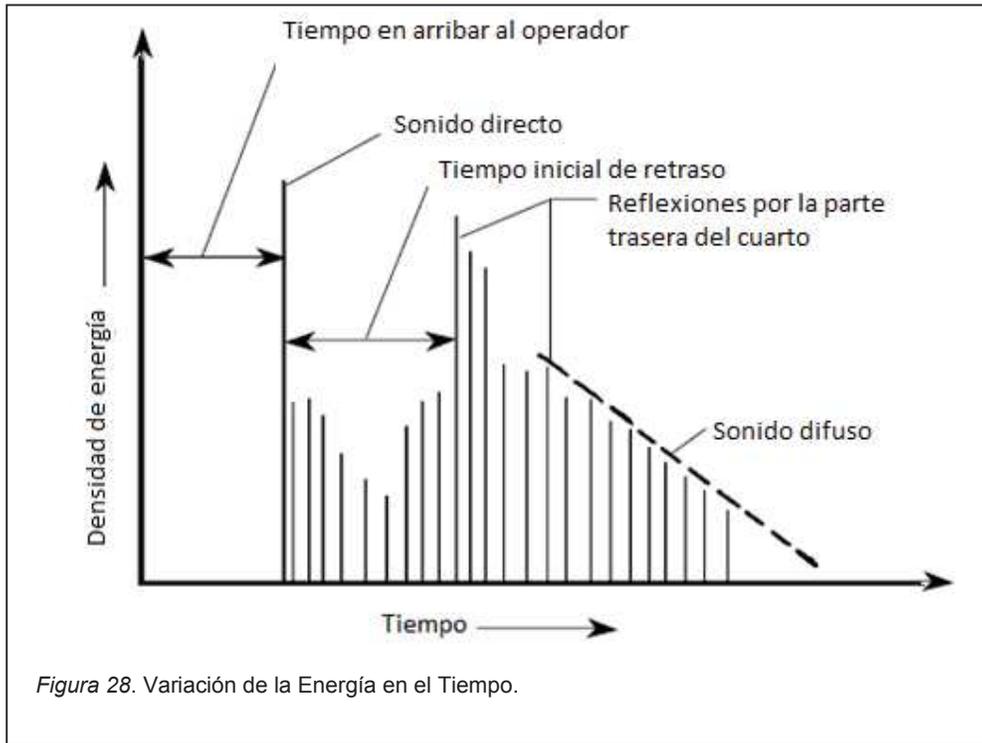
En el siguiente apartado se presenta las características principales que tienen los estudios de grabación específicamente la sala de control; donde se realiza el monitoreo de las señales que son grabadas, que posteriormente serán manipuladas y mezcladas.

#### **2.4.3.1 Tiempo de retraso inicial**

Este parámetro se refiere al tiempo que tarda en arribar al oyente la primera reflexión temprana; este parámetro es muy importante ya que da claridad al oyente y un ambiente de espacialidad exquisito.

En un inicio el tiempo de retraso inicial se consideraba únicamente con las reflexiones proporcionadas por la geometría del recinto donde se monitoreaba, lo que no permitía diferenciar con claridad las reflexiones deseadas de las no deseadas y el sonido directo; este efecto trajo como resultado un efecto peine (cancelación y desfase de frecuencias debido a arribo tardío unas con respecto de otras) desagradable.

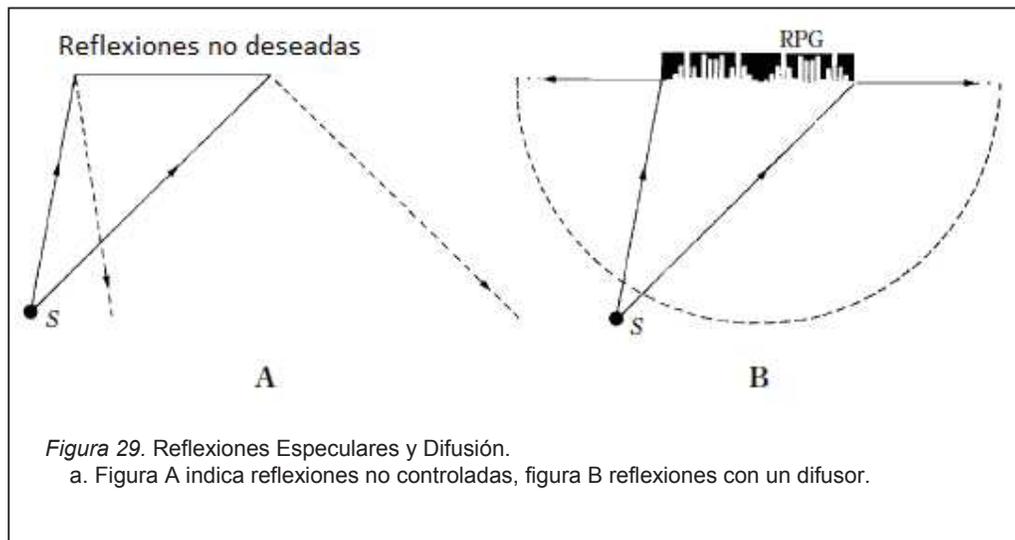
Fue entonces cuando se decidió cubrir la parte posterior con material absorbente de donde se posicionaron los altavoces, para evitar reflexiones por la pared que estaba frente al oyente siendo un extremo muerto (esto trae consigo la generación de la zona sin reflexiones tempranas llamado *sweet spot*), y la pared posterior se convertirá en el extremo vivo, donde se controlan las reflexiones tempranas deseadas. (Everest, 2001).



#### 2.4.3.2 Reflexiones no deseadas vs. difusión.

La diferencia entre estas reflexiones ocurre cuando la pared posterior al oyente, el extremo vivo, ha sido tratado para emitir reflexiones por medio de difusores. La intención de estos elementos difusores es de realizar un efecto peine el cual resulta bastante agradable al operador, mientras que las reflexiones no deseadas o especulares resultan desagradables por colorear ciertas bandas de frecuencias.

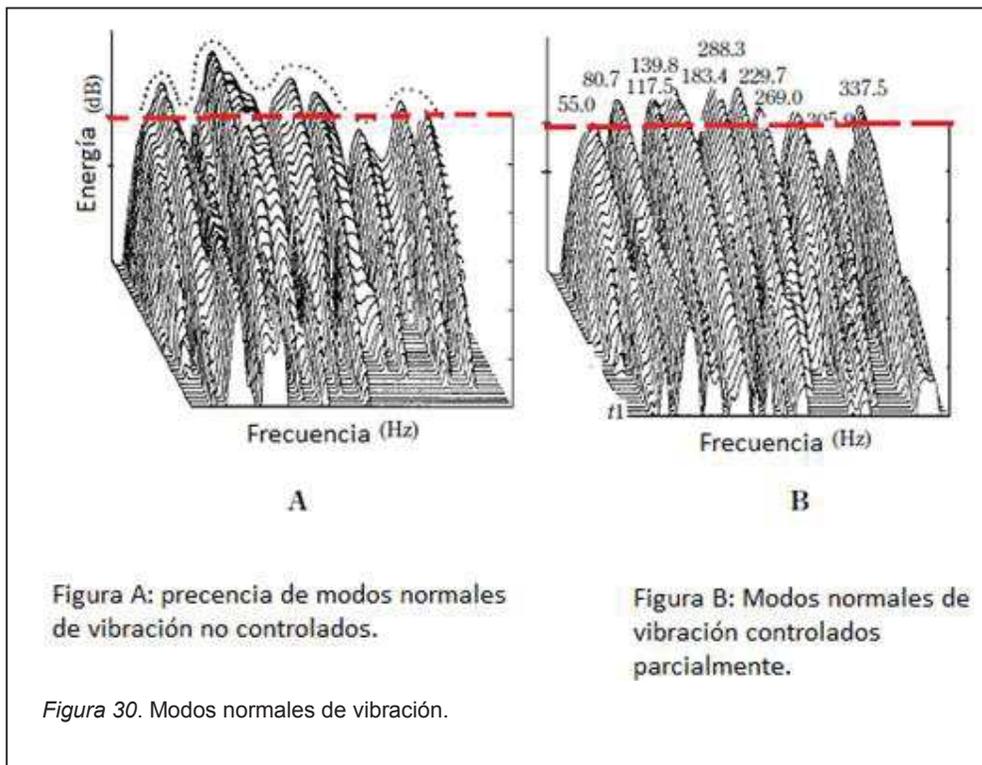
“La energía de todas las fuentes de sonido (directo o reflejado) que llegan al difusor se encuentran dispersos en todas las posiciones de observación. En lugar de un solo *sweet spot* en la consola, una gama mucho más amplia de las buenas posiciones de escucha resultados.” (Everest, 2001).



### 2.4.3.3 Control de resonancia

Todo recinto acústico posee modos normales de vibración característicos propios debido a la geometría del mismo. Esto quiere decir que existen frecuencias en las cuales el recinto actúa como resonador, incrementando su nivel de percepción auditiva. Los modos normales de vibración son por lo general frecuencias muy graves, ya que la longitud de onda de la misma debe entrar en resonancia con la geometría de la sala.

Para controlar este tipo de resonancias, se implementa en la sala de control trampas de bajos; los cuales son elementos acústicos que se pueden sintonizar para frecuencias que generen modos normales de vibración. (Everest, 2001).



## 2.5 Plataforma del diseño del software

### 2.5.1 Lenguaje de programación

Se lo define como: “un lenguaje diseñado para describir el conjunto de acciones consecutivas que un equipo debe ejecutar. Por lo tanto, un lenguaje de programación es un modo práctico para que los seres humanos puedan dar instrucciones a un equipo.” (kioskea.net, 2008, párr.1).

El lenguaje de programación permite la comunicación entre el operador o programador y el equipo que se emplea para programar; esto surge con la necesidad de asignar tareas que se desean controlar, creaciones de programas o softwares especializados en un ámbito creados por la necesidad humana de incrementar su producción o aprendizaje.

Existen varias plataformas de programación: Java, C++, Matlab, Mathematica, entre otros más; la plataforma que se va a emplear para el desarrollo de este trabajo se llama Max-MSP.

### 2.5.2 Reseña sobre el lenguaje “Max-MSP”

“Max es software especializado para música y multimedia desarrollado por Cycling '74, una empresa de programas situada en San Francisco.

El creador original del programa se llama Miller Puckette, que en los años 80's se lo conocía como Patcher. El desarrollo de este software fue pensado para que los compositores tengan acceso a un sistema de música interactiva por medio del computador.

“Después se autorizó la venta del programa por Opcode Systems, Inc., el cual publicó una versión comercial del programa en 1990 llamado Max/Opcode (desarrollado por David Zicarelli). Desde el 1999, la versión actual de Max es distribuida por la empresa de Zicarelli, Cycling '74 (fundada en 1997).” (Cycling 74, 2012, párr.2.).

Max trabaja también con audio y varias de sus extensiones, esto gracias a que en 1997 se las trasladaron de Pure Data (software libre similar a Max). “Estas fueron llamadas MSP (las iniciales de Miller S. Puckette, autor de Max y Pd). Estas adiciones para Max permitieron que el audio digital sea manipulada en tiempo real, y a la vez, permitía a los usuarios la creación de sus propios sintetizadores y efectos-procesadores.” (Cycling 74, 2012, párr.1.).

En los inicios el diseño de este software fue pensado para generar un lenguaje de comunicación común entre sintetizadores, samplers y más herramientas de generación y control electrónico por medio de un lenguaje común MIDI.

“En el 2003, la segunda adición para el Max/MSP, llamada Jitter, fue publicada, agregándole la posibilidad de procesar vídeo, 3D, y matrices en el programa. 2 años más tarde se incorporan al software los objetos mxj y js. Estos objetos son "externals" que ejecutan código Java y javascript en Max.” (Cycling 74, 2012, párr.3).

### 2.5.3 Aplicaciones principales de “Max-MSP”

El software Max-MSP, está dividido en tres grandes secciones: Max, MSP y Jitter.

La primera sección está pensada para manipulación, creación y modificación de objetos; que se interconectan entre sí creando bloques llamados *patches*. Estos objetos tienen en su interior pequeños programas, que en realidad son librerías dinámicamente interconectadas entre sí, que tiene entradas y salidas. “Max soporta seis tipos básicos de datos que pueden ser transmitidos como mensajes de objeto a objeto: int, float, lista, símbolo, bang, y la señal (para las conexiones de audio MSP). Una serie de estructuras de datos más complejas existen dentro del programa para el manejo de matrices numéricas (datos de la tabla), tablas de ash (Coll de datos), e información XML (datos pattr).” (Place, T. y Lossius, T., 2006, párr. 5.).

Como se menciona en la sección anterior, MSP está pensado para realizar manipulación de señales de audio. “MSP le ofrece más de 170 objetos de Max con el que construir sus propios sintetizadores, samplers y procesadores de efectos, como instrumentos de software que realizan el procesamiento de la señal de audio.” (Cycling 74, 2012, párr.1). Los objetos de MSP se interconectan de manera similar que MAX, mediante cables que transmitirán ahora señales de audio para su procesamiento. La idea de esta interconexión es formar una red que representa el esquema de trabajo que se realiza sobre la producción y modificación de las señales de audio.

La tercera parte de este software está pensada exclusivamente para video y multimedia, “Jitter ofrece un conjunto de herramientas completo para el desarrollo de sus propios efectos de video y gráficos en Max. Visuales de control con audio, MIDI, o cualquier otra fuente de datos. Integrar gráficos vectoriales, efectos de composición, las manipulaciones de color, y videos Quicktime con el conjunto diverso de objetos que este posee. Crear superposiciones en vivo y manipular la entrada de vídeo en directo desde una variedad de fuentes compatibles.” (Cycling 74, 2012, párr.1).

## **2.6 Sistemas de grabación y proceso digital**

Los sistemas digitales implementados para la manipulación de las señales de audio, funcionan bajo el concepto de un sistema binario, es decir la composición de unos y ceros. “Es mucho más fácil guardar un número que la magnitud física que ese número representa.” (Miyara, 2003).

Dentro de este trabajo investigativo se deben realizar cinco procesos digitales necesarios:

-Conversión A/D D/A, Muestreo, Cuantización, Digitalización y Convolución.

### **2.6.1 Conversión AD/DA**

El proceso de conversión AD/DA (analógico digital A/D; digital analógico D/A), se realiza una mediante un dispositivo denominado conversor AD/DA (el conversor AD/DA se lo conoce también como interface). Este dispositivo tiene como objetivo transformar la señal de entrada, valores de tensión o corriente eléctrica, en números binarios que es el lenguaje computacional. Este proceso se realiza mediante el muestreo y la cuantización de la señal.

Para el proceso D/A; se emplea el mismo dispositivo solo que ahora realizará el procedimiento de manera inversa, es decir transformará el lenguaje binario computacional en valores de tensión o corriente eléctrica. (Miyara, 2003)

## 2.6.2 Muestreo

El muestreo es una parte muy importante dentro del proceso de digitalización de señales; este proceso está basado en tomar las muestras de amplitud de las señales en periodos constantes. Este intervalo de tiempo con el cual se toman las muestras se denomina frecuencia de muestreo.

La frecuencia de muestreo intuitivamente debe ser alta, de esta manera se logra alcanzar un mejor grado de fidelidad con lo que respecta al sonido original. Para esto existe un criterio que deberá cumplirse estrictamente para realizar este procedimiento. La frecuencia de muestreo deberá ser mayor a dos veces la frecuencia máxima deseada a reproducir también conocida como frecuencia de Nyquist. (Miyara, 2003).

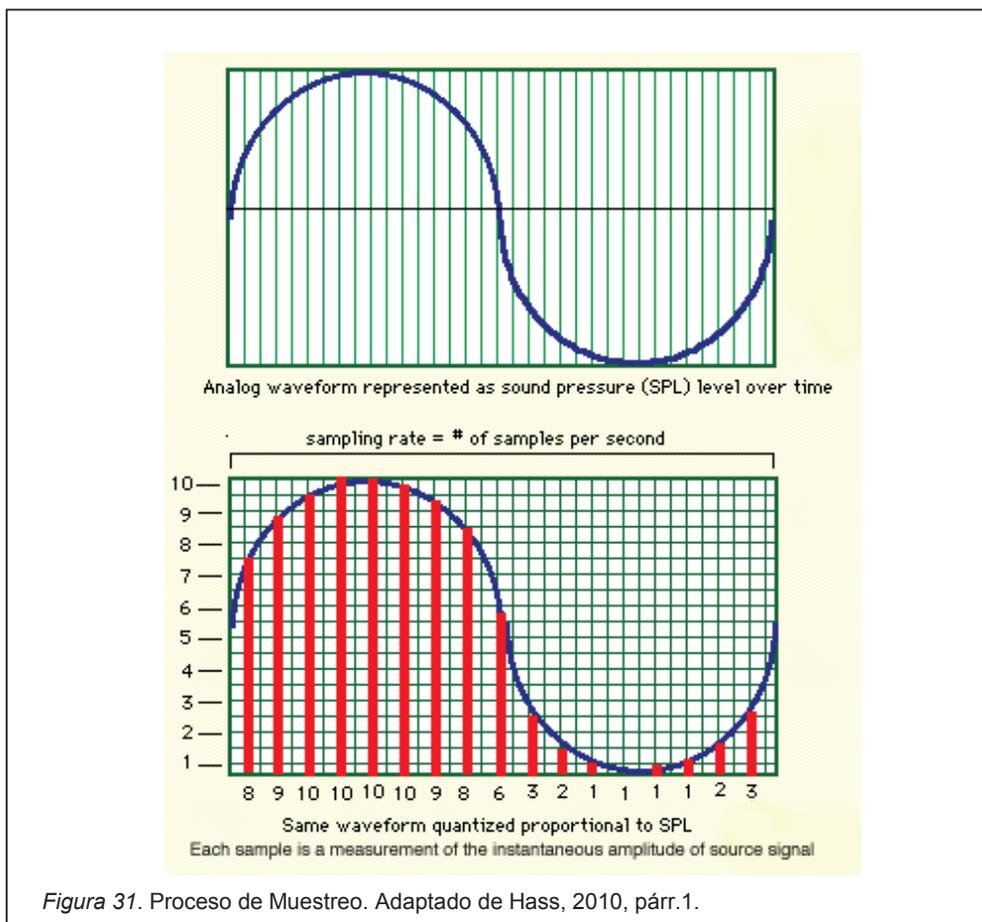


Figura 31. Proceso de Muestreo. Adaptado de Hass, 2010, párr.1.

### 2.6.3 Cuantización

Una onda análoga que ya ha sido muestreada es una composición de impulsos en función del tiempo, que representa el valor de la señal en ese instante; el proceso de cuantización indica que valor de bits se asigna al impulso obtenido. De manera similar al proceso de muestro si se desea tener una mayor fidelidad a la señal de audio, se deberá tener una mayor resolución en la cantidad de bits para tener mayor cantidad de intervalos que puedan asignarse a los impulsos muestreados. Para este proceso se emplea la siguiente fórmula:

**Ecuación 5. Número de intervalos (sistema binario).**

$$Q = 2^n$$

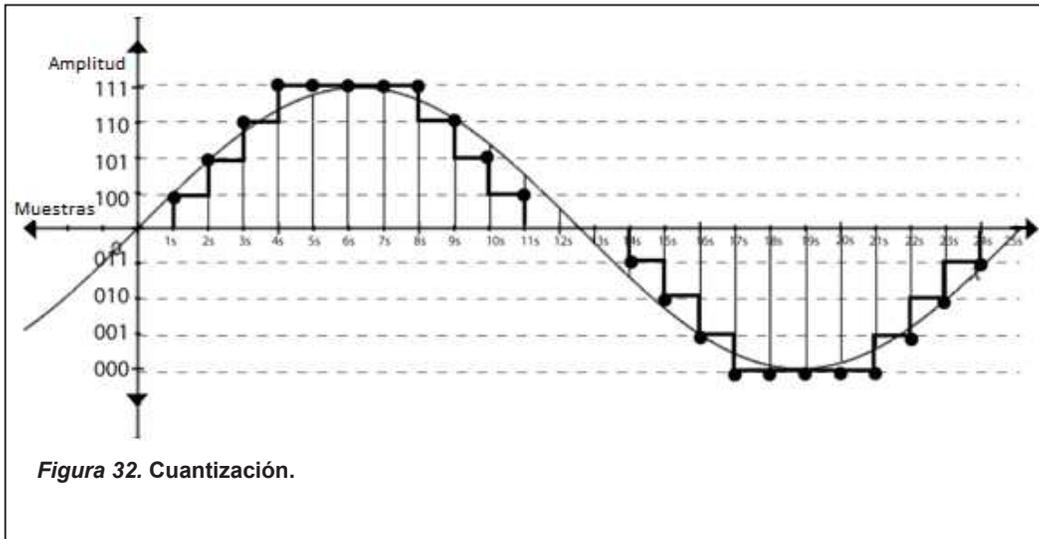
Donde:

Q = Número de intervalos

n = Número de bits empleados

Es por esto que si se tiene un 16 bits de profundidad (calidad CD), existirán 65,536 intervalos asignables para cada impulso muestreado.

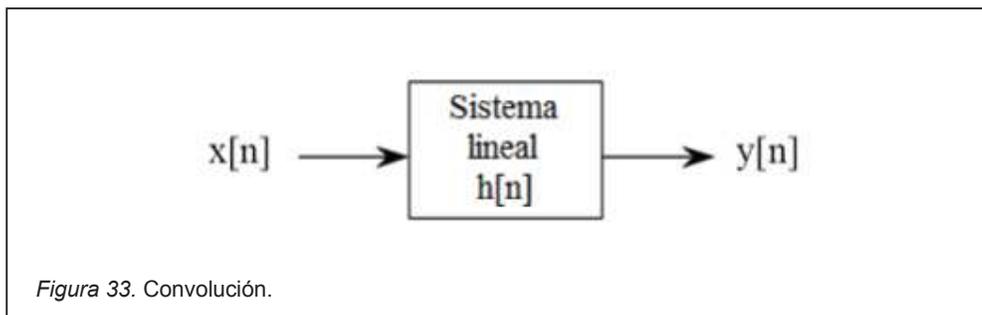
En este proceso existe un error, que genera distorsión; esto sucede cuando uno de los impulsos muestreados coincide su amplitud entre dos intervalos. Para solucionar este problema si el impulso está en la mitad o menor se le asigna al bit inmediato inferior, caso contrario al superior. (Miyara, 2003). “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.” (Zúñiga, 2010, p.38).



## 2.6.4 Convolución

Se denomina convolución al proceso matemático en sistemas lineales que describe la relación que existe entre tres señales: señal de entrada, respuesta de impulso y señal de salida.

La señal de entrada se conoce como  $x[n]$ , la respuesta impulsiva  $h[n]$  y la salida del sistema lineal  $y[n]$ .



La convolución se puede expresar mediante varios métodos, por ejemplo el método que se muestra en la Ilustración 11 se define como:

$$\text{Ecuación 6. Convolución lineal.} \\ x[n] * h[n] = y[n]$$

La convolución también se puede expresar como la suma de los productos escalar de las señales del sistema (la señal de entrada y la respuesta de impulso).

**Ecuación 7. Convolución.**

$$y[n] = \sum_{k=0}^n x[n]h[n - k]$$

Se debe considerar que para que se cumpla esta ecuación se tiene como condición que:

$$h[n-k]=0 \text{ si } n-k<0.$$

La convolución a su vez también se la puede llevar al dominio de la frecuencia, siendo una de las propiedades características de este procedimiento matemático de ser equivalente a la multiplicación compleja en el dominio de la frecuencia.

**Ecuación 8. Convolución por medio de frecuencia.**

$$Y(f) = X(f).H(f)$$

La condición para que se pueda realizar este procedimiento matemático es que primero se debe aplicar la transformada rápida de Fourier (FFT por las siglas en inglés).

La FFT es un algoritmo matemático implementado para realizar de manera eficaz la transformada discreta de Fourier (DFT por las siglas en inglés). Este procedimiento consiste en transformar a una señal digital mediante arreglos matemáticos que se basa en la suma de descomposición de la señal digitalizada en ondas sinusoidales, es decir al dominio de la frecuencia permitiendo conocer de esta manera el espectro que compone a la señal. (Teyssier , 2009, párrs. 3 y 5).

### **2.6.5 Digitalización y almacenamiento**

La digitalización es el último de los procedimientos que se realizan para manipulación de señales digitales. Este proceso consiste en el almacenamiento de las señales procesadas, para lo cual se emplea números binarios. “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.” (Zúñiga, 2010, p.38).

## Capítulo 3.

### 3.1 El Entrenamiento auditivo

El entrenamiento auditivo es la capacidad de incrementar las capacidades auditivas, ya sean estas pensadas para músicos, personas con capacidades diferentes e ingenieros de sonido y/o profesionales del audio.

Como se menciona, el entrenamiento auditivo será exclusivo de cada persona, dependiendo el área en la cual se desea mejorar la capacidad auditiva.

#### 3.1.1 Entrenamiento auditivo para músicos

El entrenamiento auditivo que realizan los músicos profesionales, está comprendido en reconocimiento de intervalos entre notas, melodías, y progresiones de acordes, pudiendo en algunos casos excepcionales poseer o desarrollar el llamado *oído absoluto*. (“...indica un conocimiento tal de los sonidos que permita identificar los nombres de las notas con sólo escucharlas, así como reproducirlas sin necesidad de una guía.”) (Definición. de, 2012, párr. 7).

Este tipo de entrenamiento “musical” permite tener una estupenda base para realizar progresiones a partir de la nota de la tonalidad; además de permitir la improvisación e incluso tener la capacidad para crear arreglos.

Los intérpretes de instrumentos como guitarra y piano, pueden entender las progresiones de acordes solamente escuchándolas, y luego transportar dichas progresiones a la escala que ellos deseen. Compositores y arreglistas tiene la capacidad de escribir música sin la necesidad de tener un instrumento en el cual se aseguren las notas que escriben; únicamente con entrenamiento de intervalo de notas pueden conseguir realizar piezas musicales extraordinarias.

Por supuesto es fundamental para cualquier músico que desee tocar cualquier manera de improvisación, tener en cuenta la variación de intervalos que se realiza en la melodía o armonía.

Este entrenamiento auditivo está pensado para que cualquier músico profesional tenga la capacidad de interpretar cualquier melodía que tenga en la cabeza en su instrumento de ejecución o escribirla. (Schmidt-Jones, 2011, párr.1).

### **3.1.2 Entrenamiento auditivo para personas con capacidades diferentes**

Las personas que tienen deficiencia auditiva, por nacimiento o por algún trauma que han sufrido, requieren de un entrenamiento auditivo además del implante auditivo coclear, para que el implante tenga un resultado mucho más eficiente.

A diferencia de las personas con deficiencia visual, la sordera no se corrige con anteojos o lentes que compensan dicha deficiencia. La estimulación auditiva tiene varias etapas para tener un óptimo desarrollo.

Como primer paso para la re-educación auditiva se realiza la operación del implante coclear, luego de esto se procede a “enseñar a escuchar” a la persona. A esto se le suma el proceso de re-educación el cual consiste en tres etapas principales.

La primera etapa para este proceso se denomina Atención ante estímulos sonoros; “El primer objetivo de esta Etapa es mostrar al paciente la existencia del sonido y su procedencia; hacerle ver que las personas y también los objetos producen sonidos y dirigir su atención hacia la fuente de esos sonidos.” (C.N.R.E.E., 2009, párr.4). Por lo general se emplean sonidos de bajas frecuencias que generen grandes vibraciones de esta manera, el estudiante puede darse cuenta de que existen personas y objetos que generan sonidos.

La segunda etapa es denominada Etapa de Identificación Sonora; en esta etapa se está consciente que el estudiante ya es capaz de distinguir los estímulos sonoros de otros tipos de estímulos, “El niño tiene que aprender que los sonidos que le llegan son diferentes entre sí, son producidos por algo o alguien, proceden de algún lugar y significan algo. La primera respuesta que pediremos al niño será que nos manifieste si oye, en algún momento, un sonido fuerte producido inesperadamente. Si es así, está preparado para atender al sonido de una manera más sistemática.” (C.N.R.E.E., 2009, párr.9).

La tercera y última etapa se denomina *Discriminación de la Palabra*; en esta etapa se enseña al estudiante a diferenciar la duración, intensidad, ritmo y característica de un fonema de distintas palabras o frases que encajen para diferenciar cada una de estas pautas.

### **3.1.3 Entrenamiento auditivo para ingenieros de sonido y profesionales del audio**

En el mundo del audio, existen múltiples herramientas que permiten la manipulación de las señales; pero existe una herramienta esencial en el estudio la cual no se puede adquirir económicamente y que es de vital importancia dentro del ámbito del audio profesional, y es el oído.

La habilidad de reconocer e identificar auditivamente parámetros para la manipulación de señales, como por ejemplo tono, timbre e intensidad; se puede realizar mediante un entrenamiento auditivo que sea enfocado para ingenieros de sonido y profesionales de audio, el que permite un mejor desempeño en el manejo de variación y ajuste de parámetros, en ecualización y manejo de efectos, así como en procesos relacionados dentro de la disciplina del audio profesional.

Algunos de los entrenamientos más importantes y/o esenciales que se deben realizar.

1. **Reconocimiento de tonalidad.**\_ Esto por lo general se desarrolla cuando un profesional del audio ha tocado un instrumento, de lo contrario se trabaja sobre la escalas de la melodía, se puede desarrollar esta habilidad mediante la práctica de un instrumento.
2. **Escucha crítica.**\_ Grandes profesionales de audio e intentar identificar como se realizaron los procesos para conseguir el resultado final que se presenta para comercializar.
3. **Reconocimiento de frecuencias.**\_ Este es uno de los procesos más esenciales que se debe analizar como profesional de audio. El reconocimiento de frecuencias influye de gran manera en el proceso de grabación, mezcla y masterización. Se debe tener en cuenta que el oído humano comienza a perder sensibilidad tanto en los extremos tanto

superior como inferior. Se debe realizar un reconocimiento de incremento o disminución de una frecuencia determinada si bien sobre ruido rosa, generando tonos puros o sobre alguna muestra de audio (música, instrumento). De esta manera el proceso de reconocimiento es mediante repetición pero que a largo plazo tendrá grandes resultados e incrementos notorios en la sensibilidad de percepción auditiva.

4. **Reconocimiento de variaciones de intensidad.**\_ Esto se puede realizar de igual manera incrementando un número de decibeles o reduciéndolos.

El entrenamiento auditivo diario del oído es esencial para un ingeniero en sonido o profesional del audio, incrementando su capacidad auditiva para poder memorizar e identificar rápida y eficazmente el problema que existe o la mejora que aportaría un factor de manipulación de la señal o procesador en cuestión. (Maningo, 2012, párr.1).

### **3.2 Métodos actuales de entrenamiento auditivo**

Hoy en día existen múltiples métodos de entrenamiento auditivo enfocado para ingenieros de sonido y profesionales de audio; estos métodos actuales se enfocan indistintamente en incrementar la capacidad de reconocimiento auditivo de la variación de parámetros de una mezcla como: dinámica, ecualización, efectos, entornos acústicos y síntesis de sonidos. (Train YourEars, sf, Párr.1).

Para desarrollar la capacidad auditiva de reconocimiento, existen varios métodos de entrenamiento, que tienen una metodología de memorizar basada en la repetición. Algunos métodos consisten en la repetición aleatoria para incrementar la capacidad de memorizar y reconocer.

### 3.3 Requerimientos previos al desarrollo del software

#### 3.3.1 Micrófonos seleccionados

Los micrófonos que se seleccionaron para el desarrollo del presente trabajo fueron micrófonos basados en principio de condensador por su mejor respuesta a transientes y diversidad en patrones de captación. De esta manera la señal pudo ser registrada y almacenada correctamente.

Se emplearon micrófonos de condensador (*match pair*) de patrón polar cardiode para las técnicas X-Y, (A-B) y ORTF; mientras que para la técnica Blumlein se emplearon micrófonos de cápsula grande y patrón polar variable, para la técnica Mid-side se empleó un micrófono de patrón polar variable de cápsula grande en patrón polar de figura 8 y un micrófono de patrón polar cardiode.

Los modelos empleados en el experimento fueron:

- AKG C1000s
- AKG C414 XL II

Si se desea más especificaciones técnicas de los micrófonos mencionados ir al anexo 8.2.1.

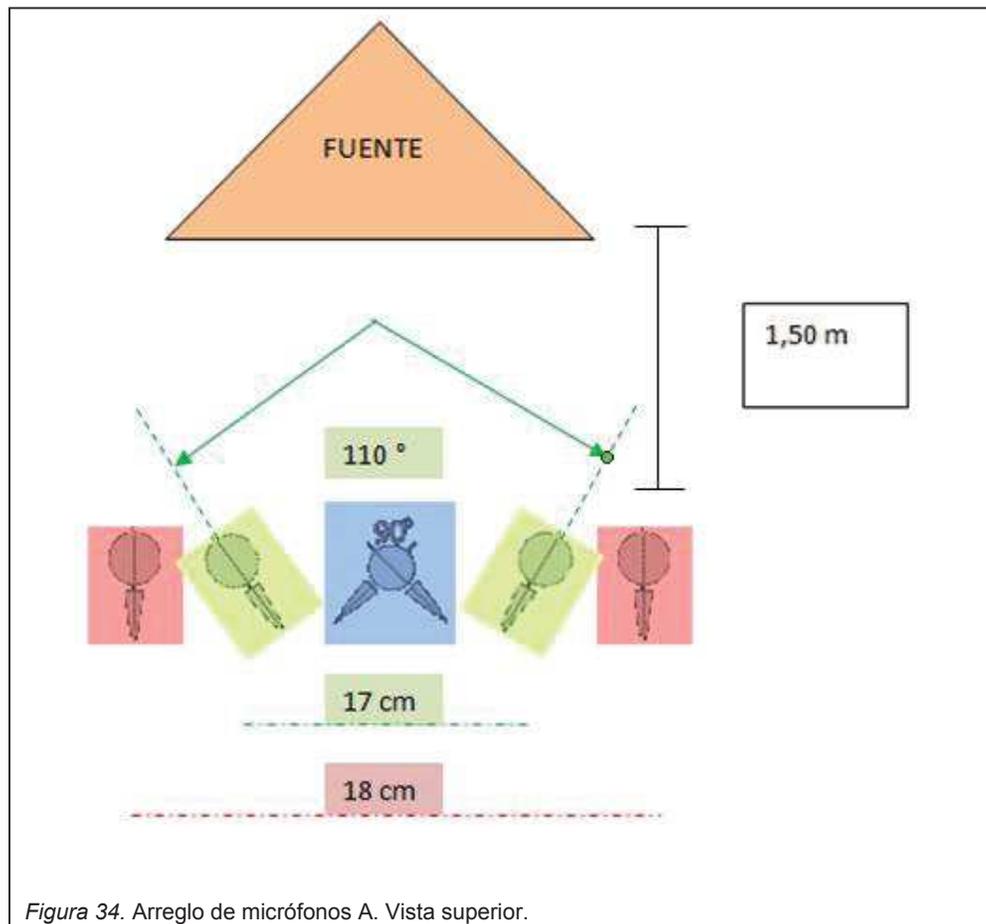
#### 3.3.2 Posicionamiento para la grabación

El posicionamiento de los micrófonos es similar entre todas las técnicas que se emplean, de esta manera se trata de recrear las mismas condiciones de experimentación y evitar problemas futuros en las muestras obtenidas.

Los micrófonos con cada una de sus técnicas determinadas, se posicionan a 1,50 m del suelo y a una distancia de 1,50m de la fuente, de esta manera se evitan posibles reflexiones no deseadas a causa de la sala. Se puede ver las imágenes correspondientes en anexos 8.2.2.

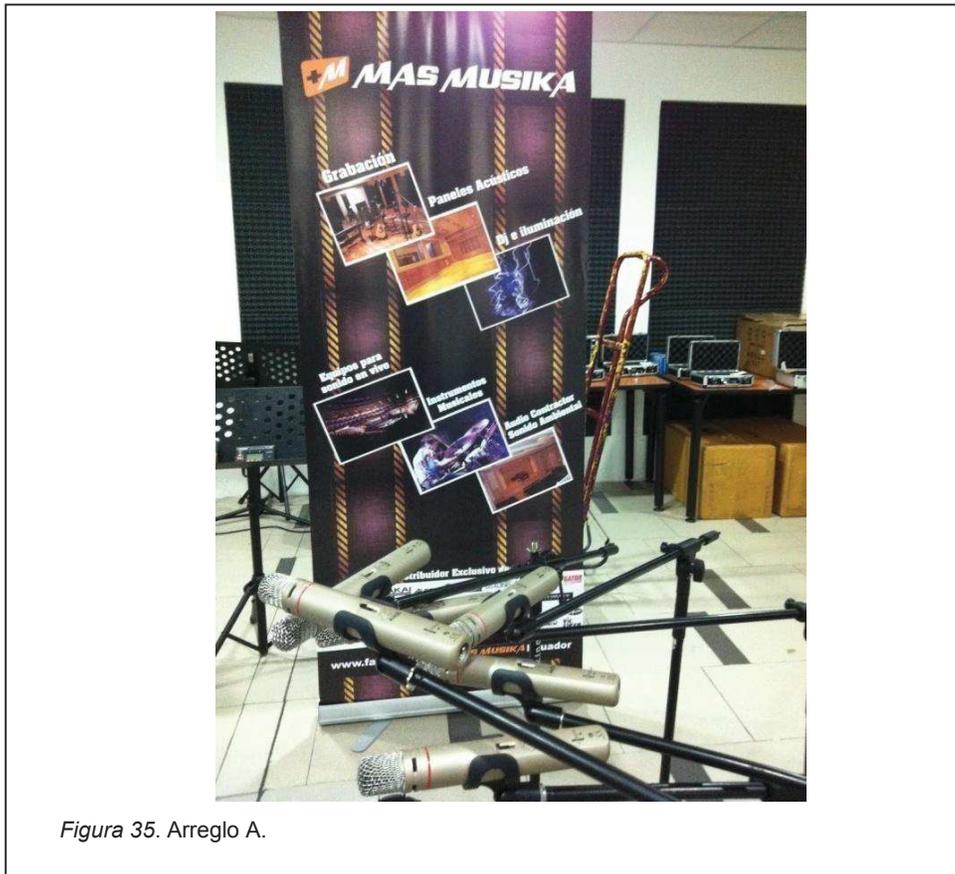
Para la grabación de las muestras se ha dividido a las técnicas de grabación estéreo en dos arreglos:

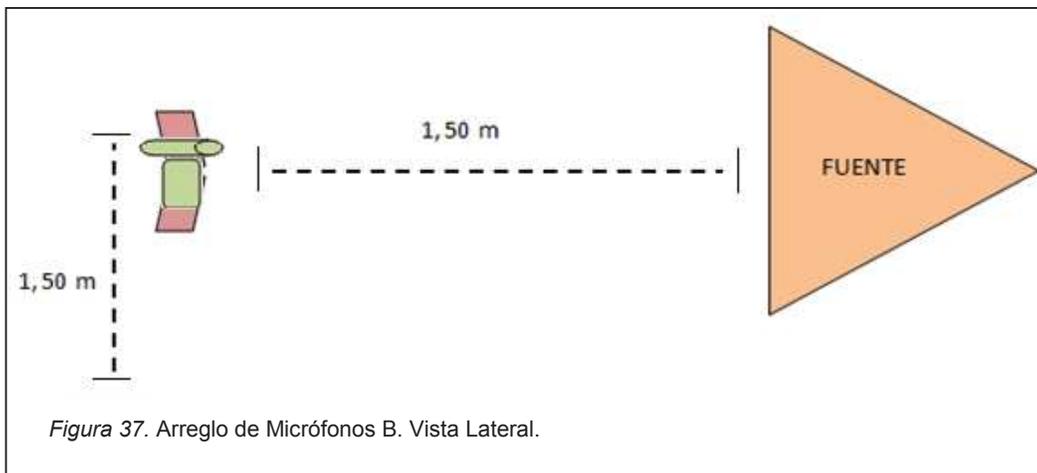
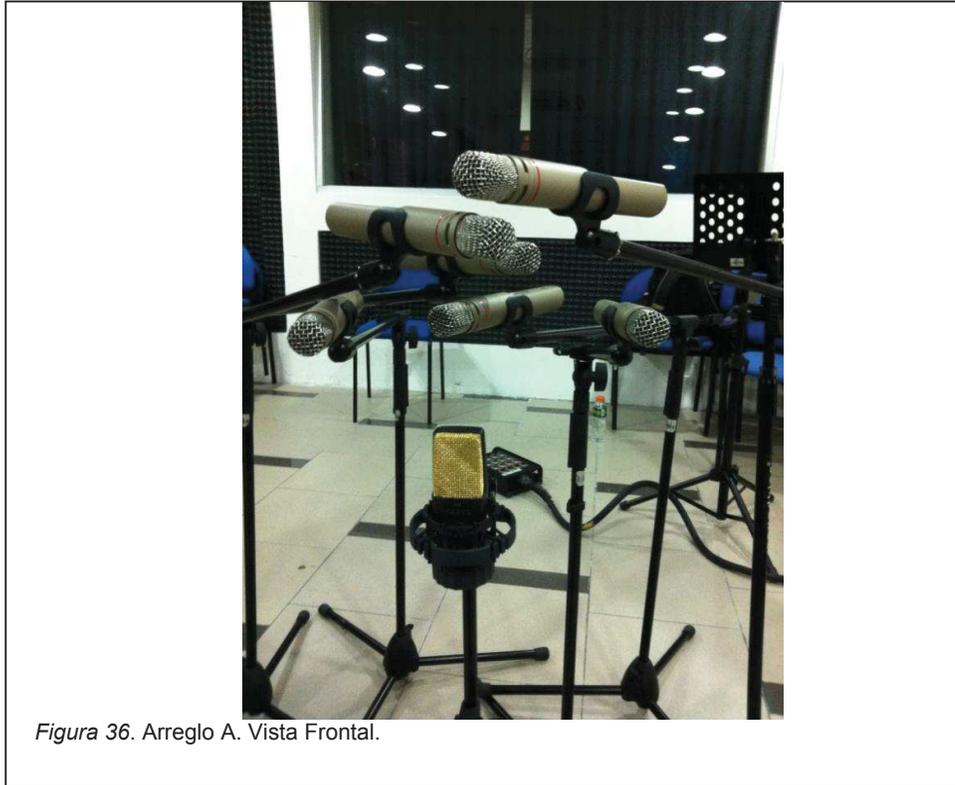
- Arreglo A.\_ Técnicas: par coincidente, par espaciado y ORTF.
- Arreglo B.\_ Técnicas: blumlein y mid-side.



Leyenda de la figura 23:

- Par coincidente a 90 grados.
- Par Espaciado a 18 cm.
- ORTF a 110 grados.





Leyenda de la figura 24:

- Blumlein.
- Mid- Side.



Figura 38. Arreglo B.

### 3.3.3 Selección de las muestras

Las muestras seleccionadas se las nombrará con su nombre según la técnica acompañado de un número al final del nombre del archivo correspondiente a su instrumento. A cada uno de los instrumentos se les asignará el número como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2  
Asignación de números a técnicas estéreo.

Número de asignación	Instrumentos
1	Guitarra
2	Teclado
3	Batería
4	Coros

De esta manera se presentarán los nombres de cada una de las muestras:

- Par espaciado (X-Y): XY\_1.wav, XY\_2.wav, XY\_3.wav, XY\_4.wav.
- Par coincidente (A-B): AB\_1.wav, AB\_2.wav, AB\_3.wav, AB\_4.wav.
- ORTF: ORTF\_1.wav, ORTF\_2.wav, ORTF\_3.wav, ORTF\_4.wav.
- Blumlein: BLM\_1.wav, BLM\_2.wav, BLM\_3.wav, BLM\_4.wav.
- Mid-side: MS\_1.wav, MS\_2.wav, MS\_3.wav, MS\_4.wav.

### 3.4 Desarrollo del software

#### 3.4.1 Comandos de “Max-MSP”

Para el desarrollo del software se explicará la codificación de tal forma que permita tener un conocimiento del funcionamiento de las redes de las que está conformado el programa. Para esto se explicarán los objetos que se han empleado para el programa.

A continuación se presenta la paleta de despliegue:

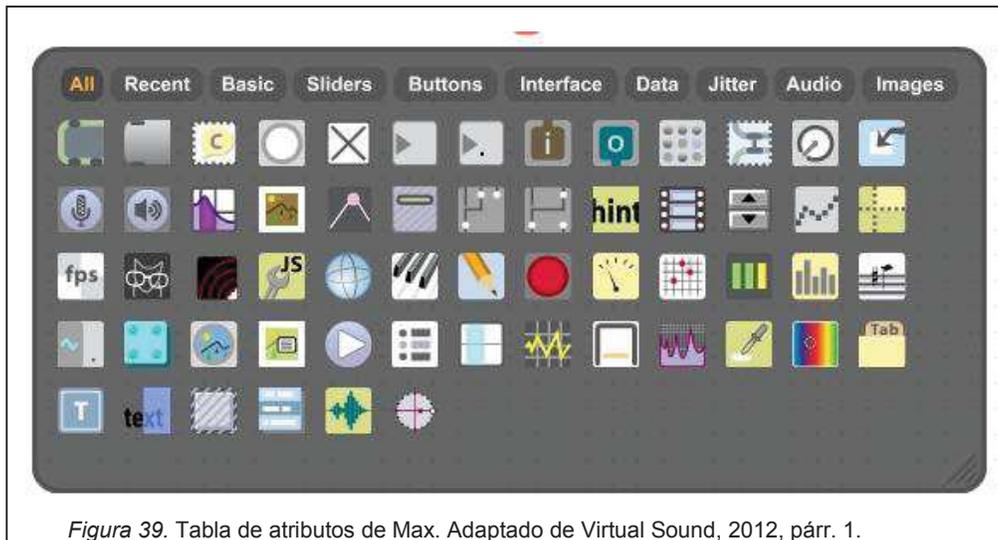


Figura 39. Tabla de atributos de Max. Adaptado de Virtual Sound, 2012, párr. 1.

Tabla 3.  
Descripción de parámetros de Max/MSP.

Nombre del objeto	Función	Imagen
object	Contiene comandos que pueden emplearse en el programa dependiendo de la función que se desea otorgar al objeto, por ejemplo: sfplay, sfrecord, etc.	

delay ~	Objeto que permite emitir un retraso de una señal.	
jit.buffer ~	Accede a la matriz de datos almacenada en el <i>buffer</i> .	
jit.unpack	Objeto que divide una señal en n divisiones.	
p	Objeto que permite crear pequeños “mini-programas” de funcionamiento dentro del <i>patch</i> principal. La letra de comando p por su nombre <i>patcher</i> .	
poly ~	Objeto que permite manejar datos de polifonía. Varias notas musicales sonando a la vez.	
receive ~	Objeto que permite recibir una señal del emisor <i>send</i> ~sin necesidad de “conexión física”.	
route	Toma un mensaje de entrada y lo compara con un argumento determinado en el interior del objeto.	
send ~	Envía una señal de manera “inalámbrica”. Hacia un receptor <i>receive</i> ~.	
sfplay ~	Objeto que permite reproducir una señal.	
sfrecord ~	Permite grabar una señal en el disco con distintas opciones.	
t	Objeto que permite gatillar una entrada a varias salidas en orden.	
message	Despliega y envía cualquier tipo de mensaje con la capacidad de manejar argumentos específicos.	
open	Tipo de mensaje que permite “abrir” y cargar un archivo preestablecido.	
patchername	Mensaje que permite cargar un patcher externo.	
comment	Permite establecer comentarios sobre el código.	

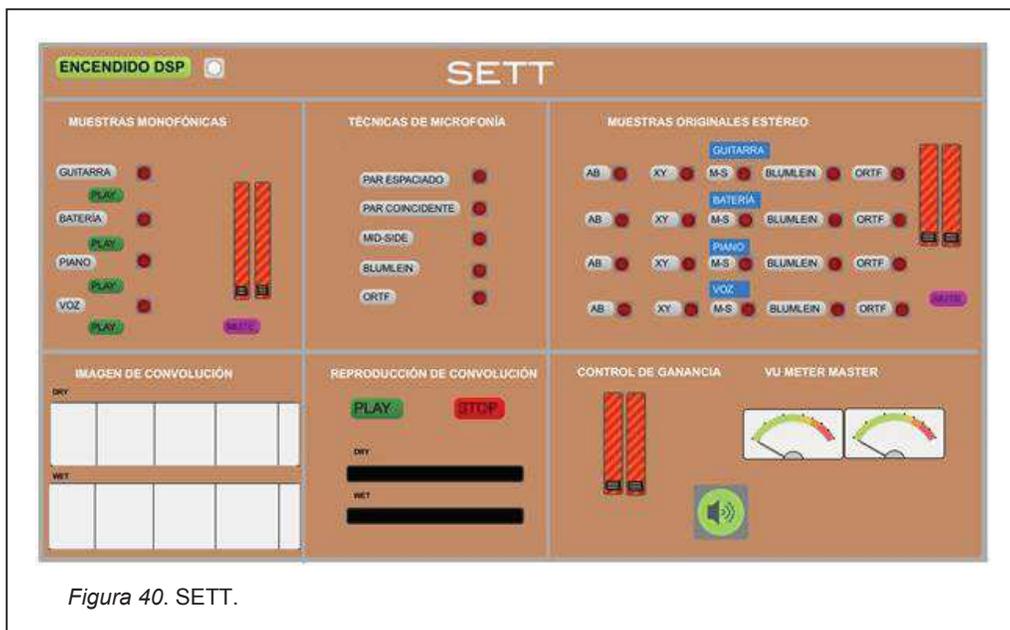
button	Es empleado para disparar mensajes o procesos.	
toggle	Es como un switch, el cual envía un cero a la salida cuando está apagado y un uno cuando esta encendido.	
ezdac ~	Funciona como botón de encendido o apagado de audio.	
gain ~	Permite controlar la ganancia de una muestra de audio.	
led	Sirve como un comprobador se enciende si el mensaje es 1 y apagado cuando es 0.	
levelmeter ~	Es un indicador de nivel, puede ser VU meter o Led meter.	
panel	Permite crear paneles rectangulares con fondos para crear interfaces.	
meter	Es un medidor de nivel que puede ser añadido a cualquier señal cuyo nivel esté entre -1 y 1.	
spectroscope	Sirve como un espectrograma para el análisis de señales.	
inlet	Es empleado dentro un <i>patcher</i> y actúa como receptor. Entrada al <i>patcher</i> .	
outlet	Es empleado dentro un <i>patcher</i> y actúa como emisor. Salida del <i>patcher</i> .	
number	Es una caja numérica empleada para desplegar, insertar y emitir números enteros.	
gswitch	Sirve como <i>switch</i> controlado por un dato de activación en su entrada para emitir una salida determinada.	
waveform~	Objeto empleado para visualizar o modificar un contenido en el <i>buffer</i> .	

### 3.4.2 Desarrollo de la interfaz y funcionamiento del sistema

Para el desarrollo de la interfaz se planteo de tal manera que sea una tabla con dos filas y tres columnas, dando el nombre de SETT para el programa por las siglas en inglés de: *Stereo Ear Training Techniques*.

La disposición de la interfaz va a ser en la parte superior los archivos de audio, y en la parte inferior todos los procesos que se permiten en el software.

Para el desarrollo de la interfaz de las divisiones y marcos se empleo el objeto “panel”. (Se puede apreciar el diagrama de bloques del programa en el anexo 8.2.3).

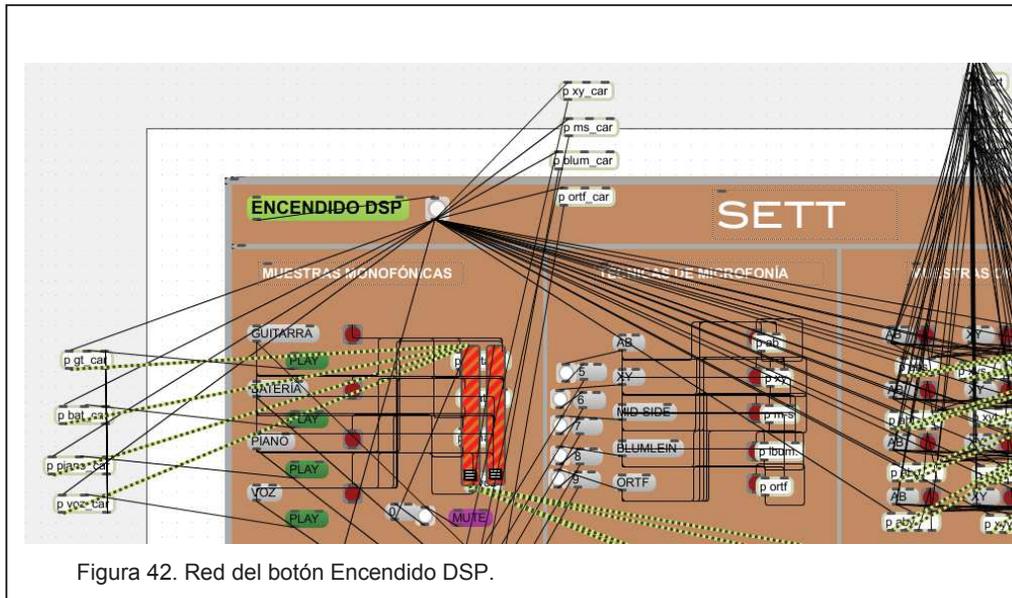


#### 3.4.2.1 Botón de encendido

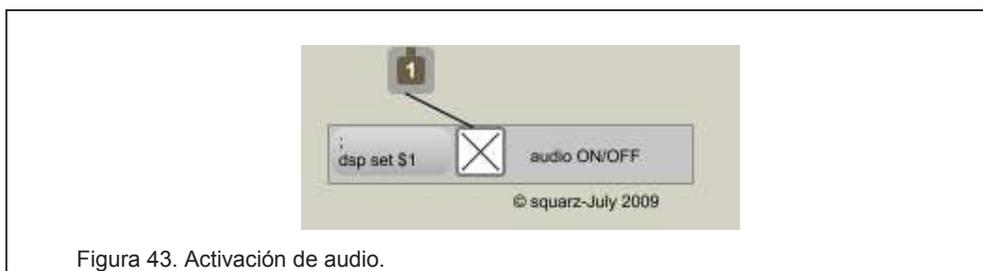
En la sección superior izquierda se encuentra el botón de encendido que emite un mensaje de activación mediante el *led* posicionado junto al botón (el *led* se activa una sola vez no se mantiene encendido es de color amarillo).



Este botón emite un mensaje el cual activa el sistema de monitoreo general, habilita al *ezdac* ~, el cual se colorea de color verde al estar encendido el audio. También activa por medio del mensaje *open* los archivos de audio preestablecidos en cada uno de los *patchers* para cada monitoreo monofónico y comparación con las muestras estereofónicas.



Además emite un mensaje de señal dirigido al *patcher* de convolución “p convolución” donde se activa el audio por medio del uso de un *toggle* (*patch* adaptado de *squarz*), por ende una vez que es activado este *patch*, se prenden los espectrogramas y los vu metros también.



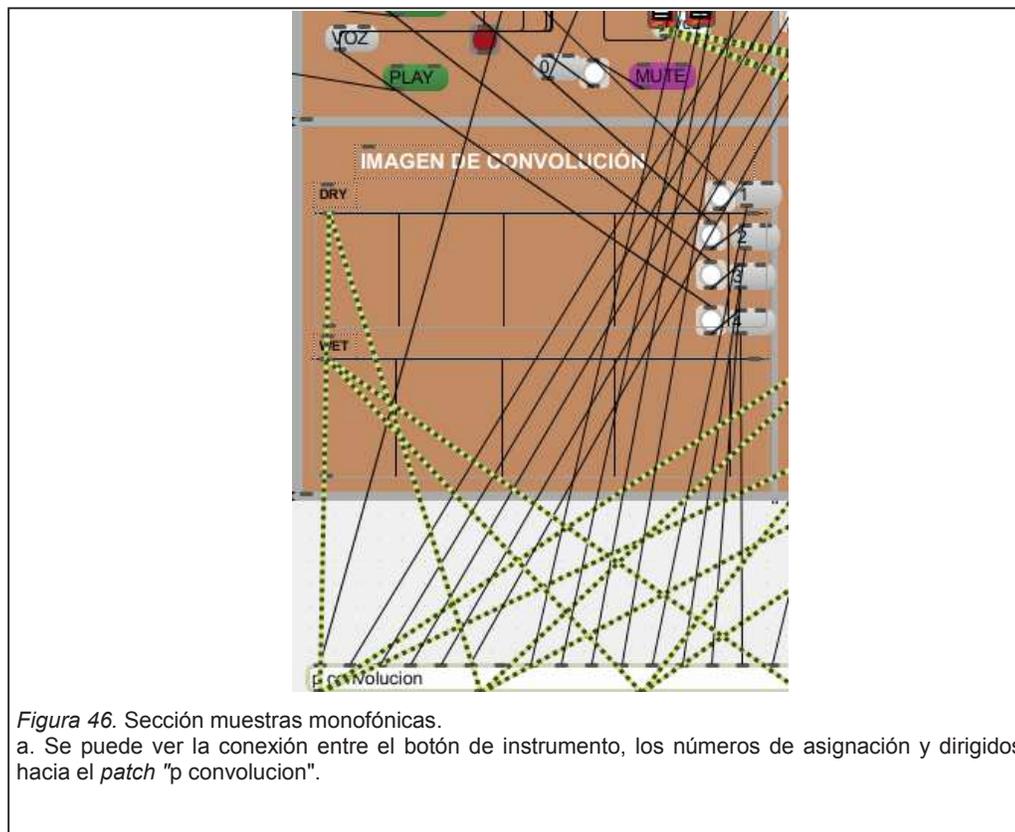
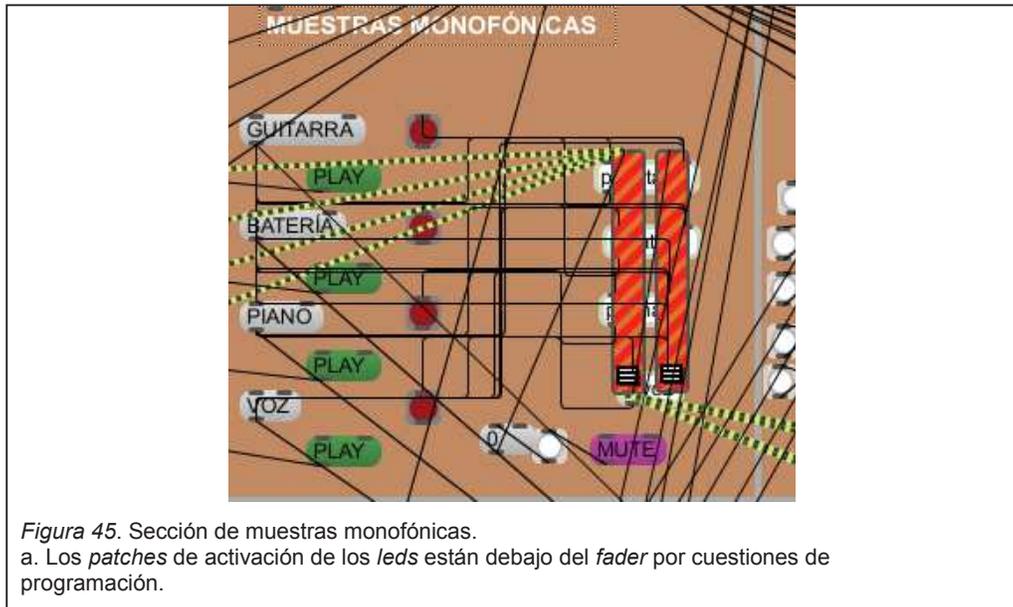
### 3.4.2.2 Sección de muestras monofónicas

En la sección de muestras monofónicas existen botones grises que permiten seleccionar el instrumento a convolucionar que se denota con un *led* rojo encendido estáticamente, y además existe un botón verde debajo de cada uno de los instrumentos que permite realizar un monitoreo a la señal monofónica, dicho monitoreo se puede apreciar cuando el controlador de nivel no está en su mínima posición. El *fader* que existe es para el monitoreo de la señal monofónica exclusivamente. El botón *mute* es para emitir un valor de 0 al *fader* y regresarlo a su mínima posición para evitar el paso del audio al monitoreo.



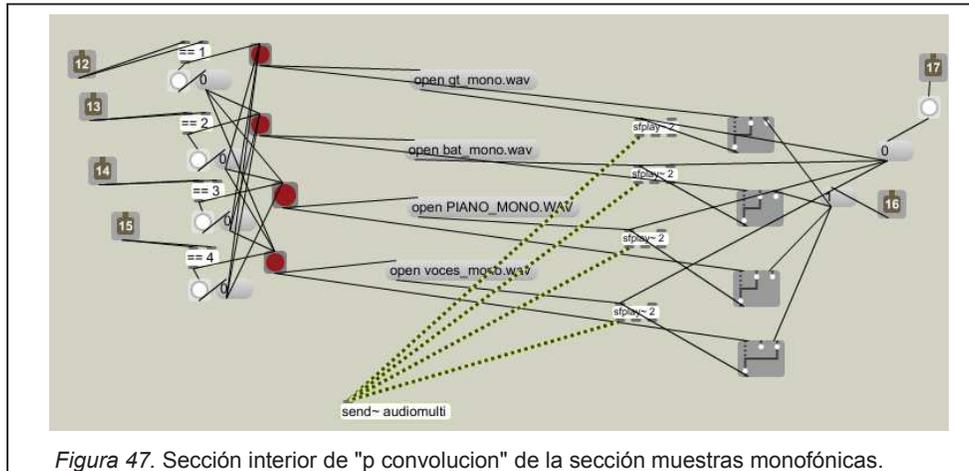
Figura 44. Sección de muestras monofónicas.

Los botones de asignación de cada instrumento emiten un mensaje que va direccionado hacia los *patches* donde se realiza el proceso de encendido o apagado de los *leds* dependiendo la selección del instrumento, además el mismo mensaje mencionado es enviado a un objeto *button* el mismo que gatilla un mensaje de activación numérico del 1-4 correspondiente a cada instrumento guitarra, batería, piano y voz, dicho mensaje va direccionado al *patcher* “p convolucion”.

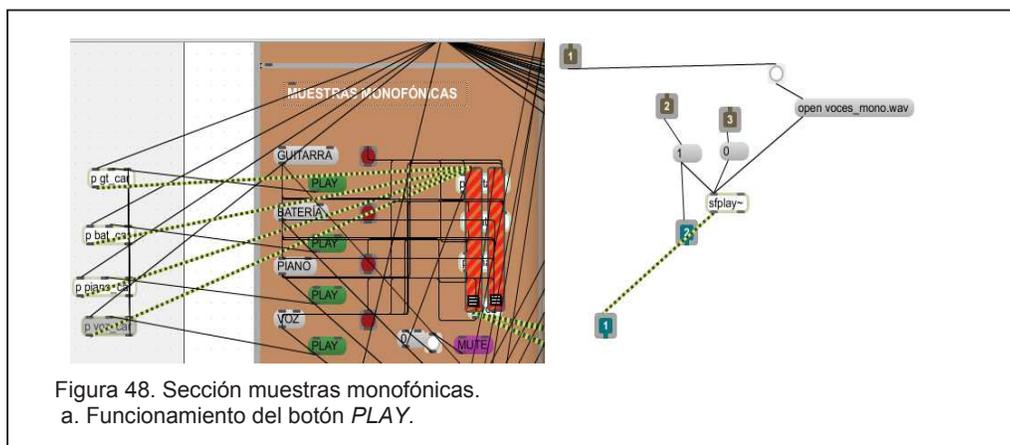


En el interior del *patch* "p convolucion", ingresan por los *inlets* 12, 13, 14 y 15, donde son comparados por un mensaje de igualdad. Una vez que se termina el

proceso de comparación el mensaje activa un *led* y un *button*. El *led* emite dos mensajes paralelos, el primero es para activar el mensaje de abrir las muestras monofónicas a convolucionar y el mensaje de datos para el *gswitch*, el cual activa un envía un mensaje al objeto *sfplay* el cual transmite un mensaje de audio por medio del objeto *send* hacia el *patch* "p MASTER CONV".



El botón *play* gatilla un *bang* correspondiente a su respectivo instrumento de reproducción de audio o detención del mismo, el cual es enviado por el *outlet* 1 dirigido al *fader* de nivel y este a su vez a los *vu* metros y *ezdac*. El botón *MUTE* envía un *bang* para activar el 0 y bajar el nivel del *fader* a su mínima posición. El monitoreo se realiza de una muestra a la vez, para evitar confusión en el usuario.



### 3.4.2.3 Sección de técnicas de microfónica

En esta sección se tiene de manera similar a la anterior los botones de selección de la técnica de microfónica con su respectivo *led*.

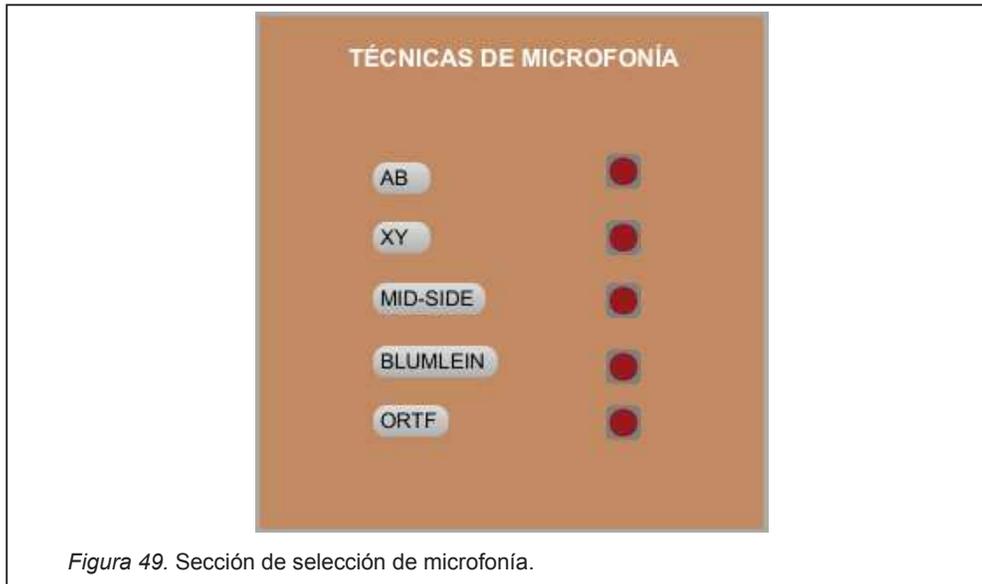


Figura 49. Sección de selección de microfónica.

El botón de selección de la técnica activa un *button* el cual envía un mensaje de número que van del 5-9 correspondientes a las técnicas AB, XY, MID-SIDE, BLUMLEIN y ORTF y son enviados hacia el *patch* "p convolucion" en el cual de manera similar a la sección anterior se compara el mensaje primero y luego se permite el paso de la señal determinada dirigida hacia el *patch* "p MASTER CONV".

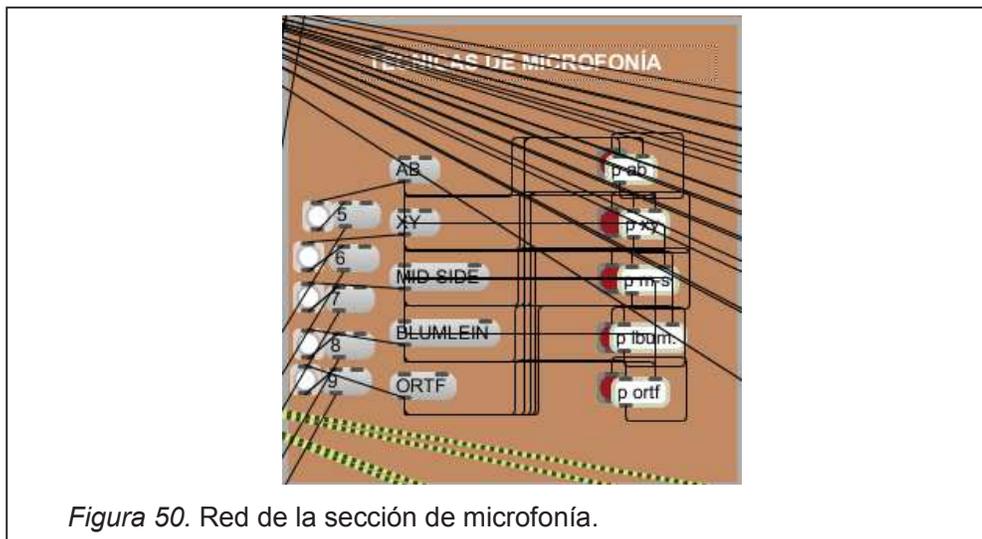
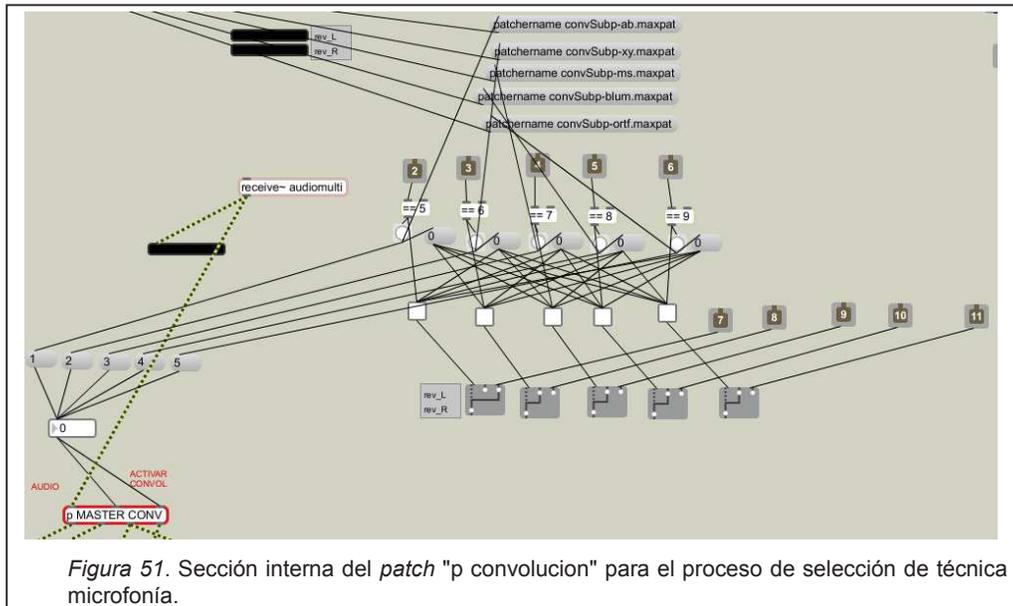
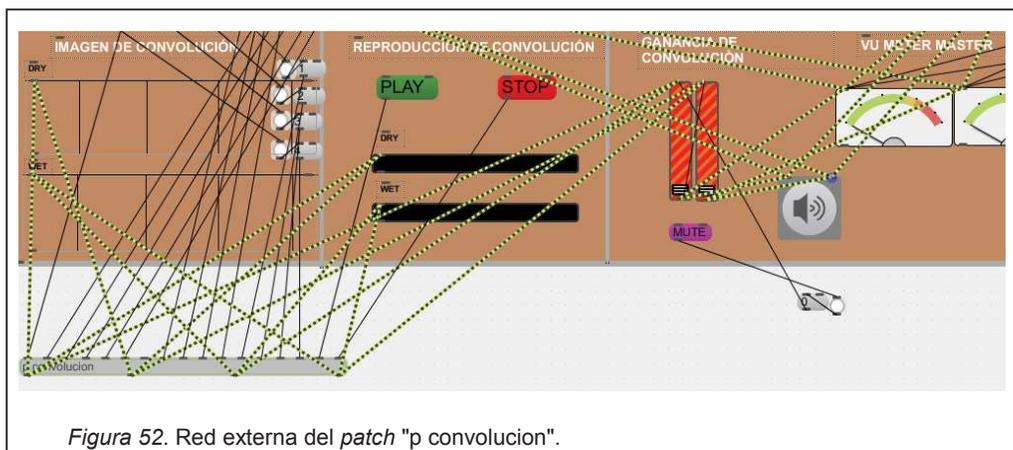


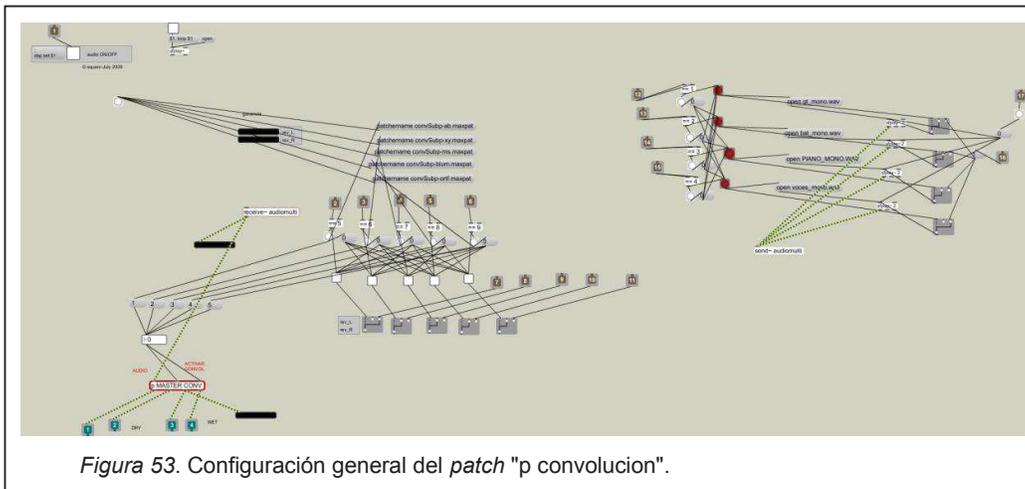
Figura 50. Red de la sección de microfónica.



### 3.4.2.4 Patch "p convolucion" y "p MASTER CONV"

Una vez que se analizó las dos secciones principales del programa, se procede al análisis del motor del funcionamiento principal del software SETT. Debido a que se explicó en las secciones anteriores como ingresan las señales monofónicas y las técnicas de microfónica, se analiza el funcionamiento del patch.

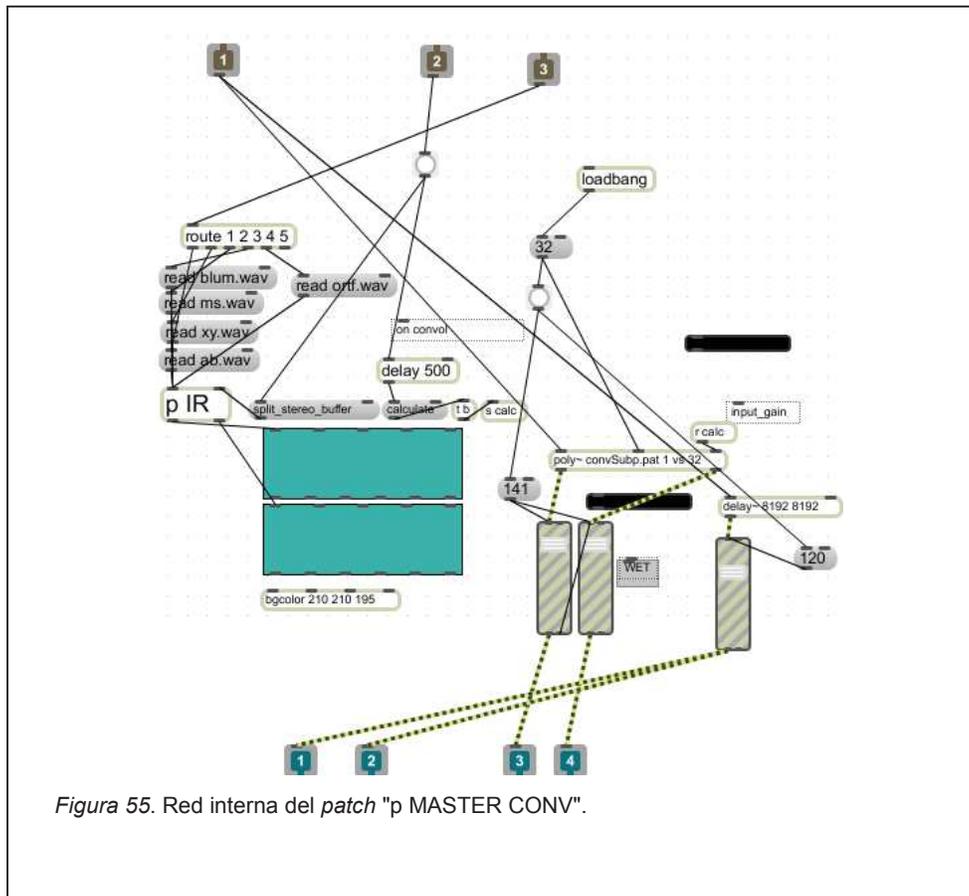




En la figura 52, se muestra un esquema general de cómo está distribuidas las secciones dentro del *patch* ya mencionadas en los apartados 3.4.2.1, 3.4.2.2 y 3.4.2.3.

Ahora se procede al análisis del *patch* que general el proceso convolutivo del sistema.



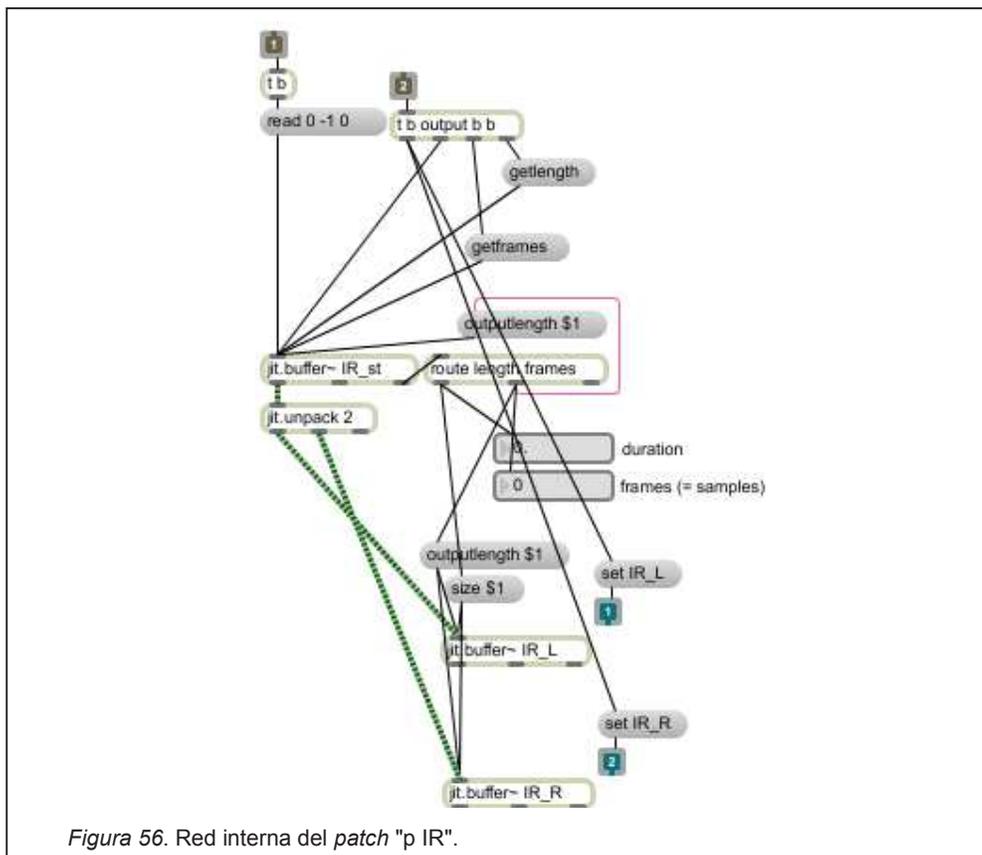


En el *inlet* 1, se recibe la señal proveniente del *receive*, es decir la señal monofónica seleccionada, ésta a su vez se dirige al patch "*poly~ convSub.pat 1vs32*" (se explica su funcionamiento más adelante en esta sección) hacia la entrada 1 y paralelamente se envía a un objeto *delay~* cuyo valor está determinado para que coincida con el proceso que se realiza dentro del patch *poly~* y que suenen juntos sin ningún tipo de latencia. La salida del objeto *delay~* se dirige a un *fader* con valor predeterminado de 120 y es enviada una señal normalizada a los *outlets* 1 y 2. Esta señal se la denominó "DRY" ya que no contiene ningún procesamiento (como se observa en la figura 53).

En los *inlets* 2 y 3, la señal que se recibe proviene de la caja de número. El mensaje emitido del *inlet* 2 es dirigido al *button* el cual activa el mensaje de dividir a la señal estéreo y a de manera paralela se dirige a un objeto *delay~*, este mensaje va al objeto *calculate* el mismo que se transmite hacia el receptor

*rcalc* de manera “inalámbrica” (objetos: “*t b*” y “*s calc*”). . Esta señal ingresa al *patch poly~* y después del proceso realizado en el interior del *patch* se puede observar que a su salida es una señal estéreo dirigida hacia los *oulets* 3 y 4. Esta señal se denomina “*WET*” ya que es la señal procesada.

El mensaje emitido del *inlet* 3 es dirigido al objeto *route* el cual según corresponda encamina la señal a cada archivo de audio de característica impulsiva. Esta señal ingresa al *patch* “*p IR*” donde la señal se transforma en mensajes matriciales por medio de *jit.buffer~* y estos a su vez se dividen por *jit.unpack* (ver la figura 55). En la entrada 2 del *patch* ingresa el mensaje de *split\_stereo\_buffer*. Las salidas del *patch* son dirigidas al objeto *waverform~* para su visualización.

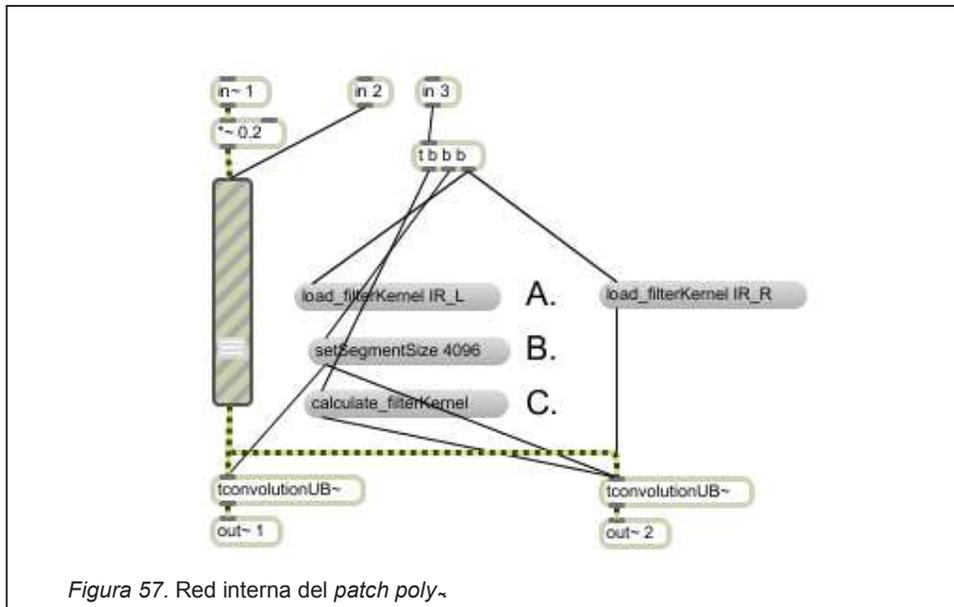


Por último pero no menos importante el mensaje *loadbang* (activa un mensaje cuando se activa un *bang* ubicado en una posición superior a la suya) emite un

mensaje a un *button* que preestablece valores para ganancia dentro del *patch poly-* y control del *fader*.

### 3.4.2.4 Patch “poly-convSub.pat 1vs32”

En este *patch* se realiza la transformación de la señal monofónica a estéreo, a continuación se explica el proceso que se realiza.



Se debe tener en cuenta que este *patch* se presenta únicamente como de lectura eso determinado por su creador *squarz*.

En las entradas 1 ingresa la señal de audio monofónica que se ve incrementada por el objeto de multiplicación de audio (*\*~*) y de ahí dirigido al *fader*, que tiene un valor de 32 unidades determinado por la entrada 2 (ver figura 54).

En la entrada 3 ingresa la señal de respuesta impulsiva, la cual es direccionada en un orden determinado por el objeto *t*, hacia tres mensajes en orden determinados por el objeto mencionado.

El primer objeto carga el núcleo de la señal emitida por el *patch* “p IR”, el segundo segmenta al archivo en segmentos establecidos para su óptimo funcionamiento y por último el cálculo del nuevo núcleo o también conocido como *kernel*

Como se aprecia en la figura 56, la primera salida de audio es directamente del *fader* con la segmentación establecida y de esta se realiza una división de la señal original para convertirla en estéreo por medio del objeto *tconvolutionUB-* desarrollado por Thomas Resch.

El objeto *tconvolutionUB-* realiza una transformada rápida de Fourier, en inglés *fast fourier transform* *fft*, para mayor información sobre el objeto se puede acceder a las siguientes direcciones:

- [http://www.zippernoise.net/data/index.php?option=com\\_content&task=view&id=21&Itemid=48](http://www.zippernoise.net/data/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=48)
- [http://www.zippernoise.net/data/index.php?option=com\\_content&task=view&id=22&Itemid=59](http://www.zippernoise.net/data/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=59)
- [http://www.maxobjects.com/?v=objects&id\\_objet=4305&](http://www.maxobjects.com/?v=objects&id_objet=4305&)
- <http://www.av3t3k.com/documents/convolin.pdf> Página 5, sección 2.6 Processing, párr.2.

Una vez realizado el proceso de convolución se procede a enviar la señal resultante por medio de las salidas 1 y 2 correspondientes a izquierda y derecha respectivamente. Estas salidas están destinadas a la salida del *patch* “p MASTER CONV” del cual se envían hacia los espectrómetros, vu metros, y medidores *leds* ubicados debajo de los botones de control “PLAY” Y “STOP”. (Si se desea una descripción del *patch* realizada por el autor ir a anexos 8.2.3)

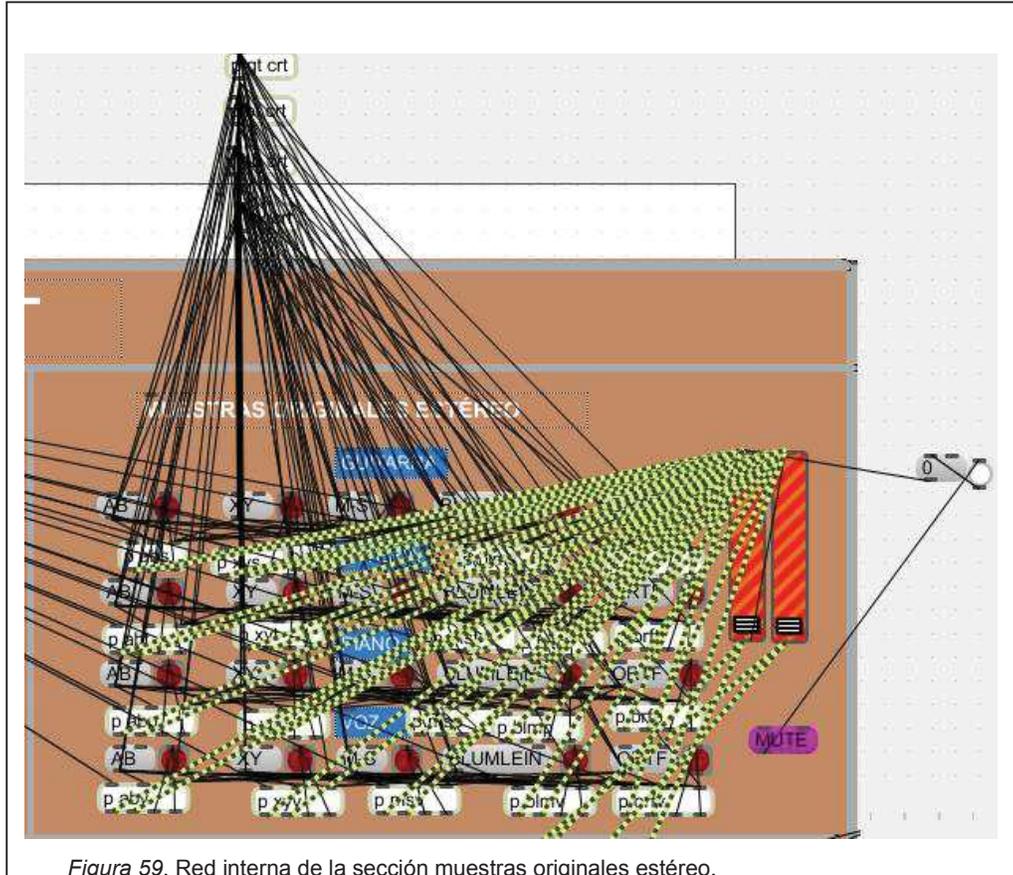
### 3.4.2.5 Sección de muestras originales



Figura 58. Sección de muestras originales estéreo.

En esta sección el funcionamiento es bastante sencillo, al seleccionar una técnica correspondiente a una zona de un instrumento denotada con el fondo azul y letras en blanco en la parte superior de cada botón. El archivo de audio se reproduce automáticamente de manera similar se indica por medio de un *led* la selección activada. De manera similar a la sección de muestras monofónicas se debe variar la posición del *fader* para poder monitorear, y el botón de *MUTE* actúa de igual manera que en las secciones anteriores emite un valor de 0 al *fader*.

La configuración de ésta sección está diseñada de tal manera que solamente se puede monitorear una muestra a la vez para evitar la confusión del usuario.



### 3.4.2.6 Botones “PLAY” y “STOP”



Los botones de reproducción realizan un proceso sencillo pero vital para el funcionamiento del programa. Estos activan un mensaje de reproducción del

audio dentro del *patch* “p convolucion” en la sección de muestras monofónicas, para que una vez realizado el proceso de convolución estas muestras nuevas por así decirlo puedan ser monitoreadas.

### **3.5 Implementaciones futuras**

Las implementaciones futuras se desarrollarán para incrementar opciones en el presente programa, de tal manera que permitan un mejor desempeño para los profesionales del audio.

A continuación se detallan posibles implementaciones para una futura versión del programa.

#### **3.5.1 Control de ganancia individual**

La implementación de *faders* individuales dentro del proceso de convolución que permitan controlar los niveles de ganancia, entregan la opción al usuario de tener un mayor control sobre las muestras seleccionadas y del nivel que estas presentan; en caso de necesitar incrementar o disminuir.

#### **3.5.2 Gráfica individual de las señales combinadas cuantizadas**

La presencia de espectrogramas incrementaría la posibilidad de realizar una comparación mucho más acertada, pese a que auditivamente es más importante que gráficamente, pero como se mencionó antes es un implemento de gran utilidad.

#### **3.5.3 Carga de muestras**

Esta implementación será de gran ayuda, ya que el usuario tendrá la opción de poder seleccionar que muestra se va a convolucionar, de esta manera se permite al usuario tener una gran opción pero también existe el riesgo de que la muestra de audio no se complemente de la mejor manera con el proceso de convolución.

### **3.5.4 Ecualizadores generales e individuales**

Tener la capacidad de que exista este tipo de implementación incrementa la facilidad del usuario de poder realizar un entrenamiento apropiado, ya que además del entrenamiento estéreo de las técnicas se puede también realizar un entrenamiento combinado entre técnicas estéreo y variaciones de frecuencia; además de controlar la ecualización general que puede servir para salas que no han sido tratadas o necesitan ser calibradas para un mejor desarrollo de la capacidad auditiva entrenada.

## Capítulo 4.

### 4.1 Análisis descriptivo del muestreo

Para la comprobación del proceso de análisis de los archivos de audio procesados, se realizó una encuesta que está enfocada para alumnos de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica que estén en noveno y décimo semestre es decir que ya hayan cursado y aprobado las materias de: *Técnicas de grabación I - IES 750* y *Técnicas de grabación II – IES 850* donde se imparten los conocimientos sobre técnicas de microfónica estéreo, Técnico Superior en Grabación y Producción Musical que estén en octavo trimestre es decir que ya hayan cursado y aprobado la materia de : *Técnicas de microfónica – TGP 340* (para ver las mallas de ambas carreras ir al anexo 8.2.4) y para profesionales del audio que tengan conocimiento sobre las técnicas de posicionamiento estéreo, y que se desenvuelvan con estas técnicas.

Se ha considerado que para la encuesta se seleccionó el archivo de guitarra clásica, con sus respectivas técnicas estereofónicas convolucionadas y sus archivos originales para conocer si existen diferencias auditivas características. Se escogió únicamente el archivo de guitarra para agilizar la encuesta y no volver un proceso largo y tedioso para los voluntarios, además de evitar la fatiga auditiva y obtener resultados incoherentes.

Los parámetros a analizar son:

- Timbre.
- Intensidad.
- Distribución espectral.(No de manera auditiva sino comprobatoria).
- Dinámica.
- Panorama estéreo.

#### 4.2 Diseño metodológico de la encuesta

En el diseño metodológico de la encuesta se ha seleccionado preguntas directas sobre las muestras ya mencionadas, no se dará una pauta de que técnica estéreo se va a evaluar, ya que esto provocaría sugestionar el criterio auditivo del participante.

Se ha seleccionado como denominación para las muestras las letras desde la A hasta la J, agrupadas en parejas representando a cada una de las muestras original y convolucionada respectivamente.

Tabla 4  
Asignación de muestras a letras para la encuesta.

Representación en Encuesta	Muestra convolucionada y original
Muestras A y B	Técnica Estéreo AB
Muestras C y D	Técnica Estéreo XY
Muestras E y F	Técnica Estéreo ORTF
Muestras G y H	Técnica Estéreo Mid Side
Muestras I y J	Técnica Estéreo Blumlein

También se ha establecido una escala de valores desde 1 hasta el 5, siendo el valor más bajo el número 1 y el valor más alto el 5. Es decir que si existe una variación drástica se escogerá el valor 5 y si no existe variación se escogerá el valor 1, estadísticamente se establece una escala categórica de tipo ordinal.

**1** no existe variación.

**2** existe muy poca variación.

**3** hay variación.

**4** mucha variación.

**5** totalmente diferentes.

A continuación se presenta la encuesta con el formato presentado a los encuestados. (Si se desea repetir la encuesta, los archivos de audio se encuentran en el *CD-ROOM* anexo al trabajo escrito en la carpeta denominada "Audio-Encuesta").

#### ENCUESTA AUDITIVA

Por favor responda cada una de las preguntas seleccionando según su apreciación auditiva, siendo **1 el valor más BAJO y 5 el valor más ALTO.**

**1** - no existe variación.

**2** - poca variación.

3 - hay variación.

4 - mucha variación.

5 - totalmente diferentes.

**Encierre su respuesta en un círculo.**

### **MUESTRAS A Y B**

1) Existe variación Tímbrica entre las muestras A y B.

1      2      3      4      5

2) Existe variación en el espectro (variación frecuencial) entre las muestras A y B.

1      2      3      4      5

3) Existe variación dinámica (compresión) entre las muestras A y B.

1      2      3      4      5

4) Existe variación en la intensidad (nivel de presión sonora) entre las muestras A y B.

1      2      3      4      5

5) Existe variación en la imagen estereofónica entre las muestras A y B.

1      2      3      4      5

### **MUESTRAS C Y D**

6) Existe variación Tímbrica entre las muestras C y D.

1      2      3      4      5

7) Existe variación en el espectro (variación frecuencial) entre las muestras C y D.

1      2      3      4      5

8) Existe variación dinámica (compresión) entre las muestras C y D.

1      2      3      4      5

9) Existe variación en la intensidad (nivel de presión sonora) entre las muestras C y D.

1      2      3      4      5

10)Existe variación en la imagen estereofónica entre las muestras C y D.

1      2      3      4      5

### **MUESTRAS E Y F**

11)Existe variación Tímbrica entre las muestras E y F.

1      2      3      4      5

12)Existe variación en el espectro (variación frecuencial) entre las muestras E y F.

1      2      3      4      5

13)Existe variación dinámica (compresión) entre las muestras E y F.

1      2      3      4      5

14)Existe variación en la intensidad (nivel de presión sonora) entre las muestras E y F.

1      2      3      4      5

15)Existe variación en la imagen estereofónica entre las muestras E y F.

1      2      3      4      5

### **MUESTRAS G Y H**

16)Existe variación Tímbrica entre las muestras G y H.

1      2      3      4      5

17)Existe variación en el espectro (variación frecuencial) entre las muestras G y H.

1      2      3      4      5

18)Existe variación dinámica (compresión) entre las muestras G y H.

1      2      3      4      5

19)Existe variación en la intensidad (nivel de presión sonora) entre las muestras G y H.

1      2      3      4      5

20)Existe variación en la imagen estereofónica entre las muestras G y H.

1      2      3      4      5

**MUESTRAS I y J.**

21)Existe variación Tímbrica entre las muestras I y J.

1      2      3      4      5

22)Existe variación en el espectro (variación frecuencial) entre las muestras I y J.

1      2      3      4      5

23)Existe variación dinámica (compresión) entre las muestras I y J.

1      2      3      4      5

24)Existe variación en la intensidad (nivel de presión sonora) entre las muestras I y J.

1      2      3      4      5

25)Existe variación en la imagen estereofónica entre las muestras I y J.

1      2      3      4      5

#### 4.2.1 Descripción parámetros de análisis

#### 4.3 Resultados de ejecución de experimentación

El universo de evaluación conforma un total de 119 personas, de los cuales se centralizó en una muestra de 77 personas seleccionadas aleatoriamente.

Los resultados que presentan las encuestas realizadas a los 77 participantes, que conforman entre: alumnos de Ingeniería en Sonido y acústica, Técnico Superior en Grabación y Producción Musical, y profesionales del audio.

Al no presentar una pauta de qué eran técnicas estéreo los criterios para responder se centralizaban más en cada uno de los parámetros de evaluación. Las muestras de evaluación se reprodujeron solo dos veces cada una, esto a fin de que el encuestado no encuentre diferencias inexistentes forzadas por la presión psicológica de encontrar diferencias.

Los resultados indican que existe una variación tímbrica, y de espectro; muy poca variación de dinamismo y casi nada de variación en el posicionamiento estéreo.

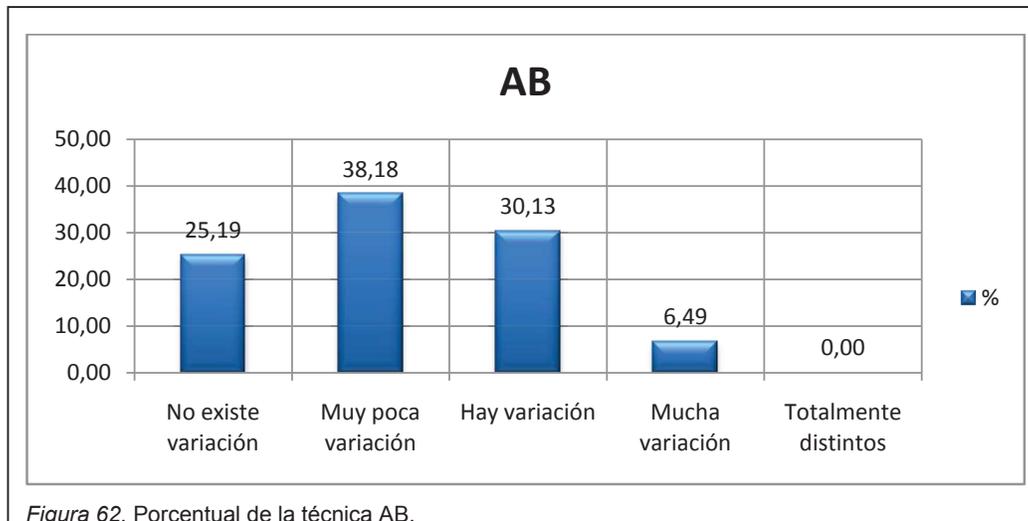
#### 4.4 Descripción de resultados generales

En la siguiente tabla se presenta porcentualmente los resultados obtenidos de manera general por los 77 encuestados, es decir es una sumatoria de cada una de las respuestas seleccionadas indiferentemente del parámetro al que correspondan.

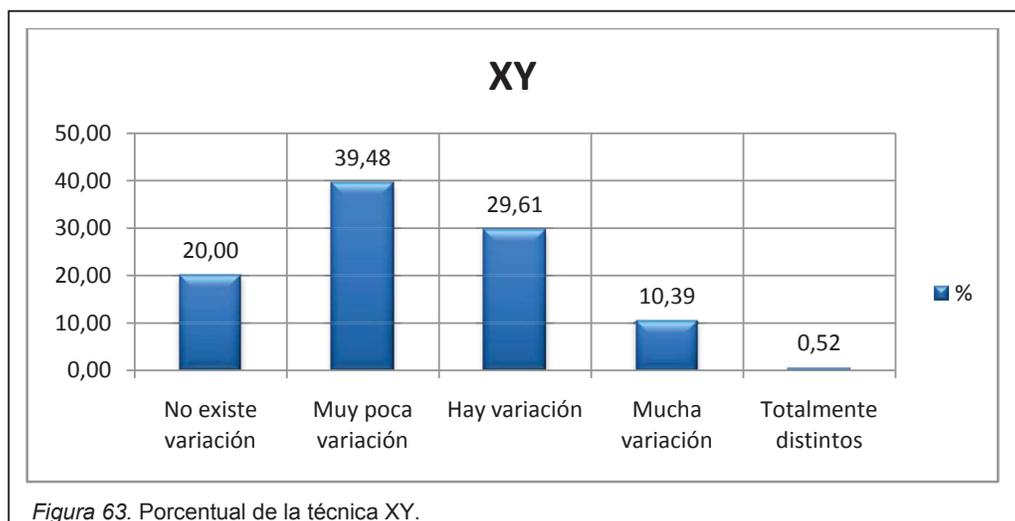


En la figura 60 se observa los resultados de todas las encuestas referente a los criterios de evaluación; siendo el criterio más seleccionado el de “Muy poca variación” con un 34,34% y al valor más bajo con un 5,66% al criterio “Totalmente distintos”.

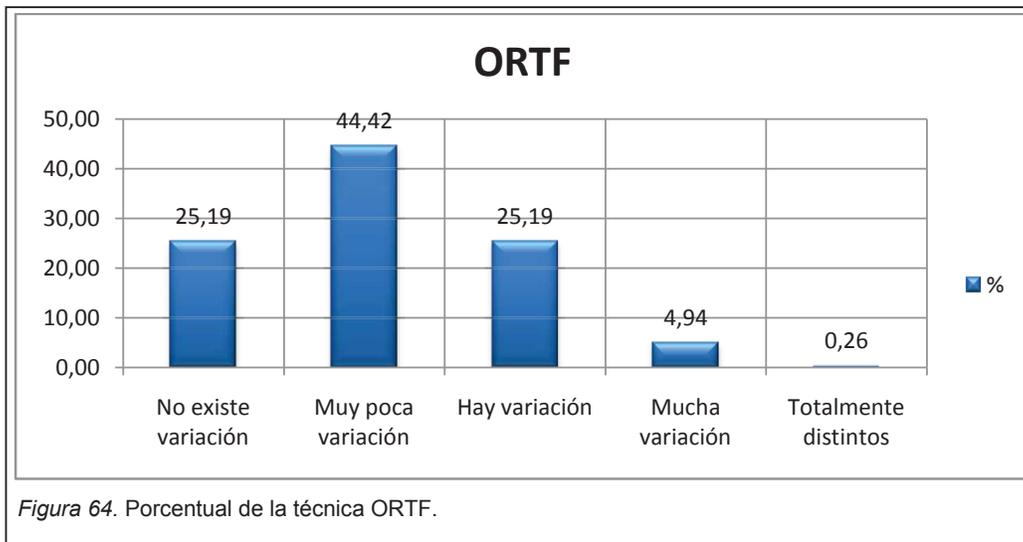
A continuación cada una de las técnicas de manera individual de manera general.



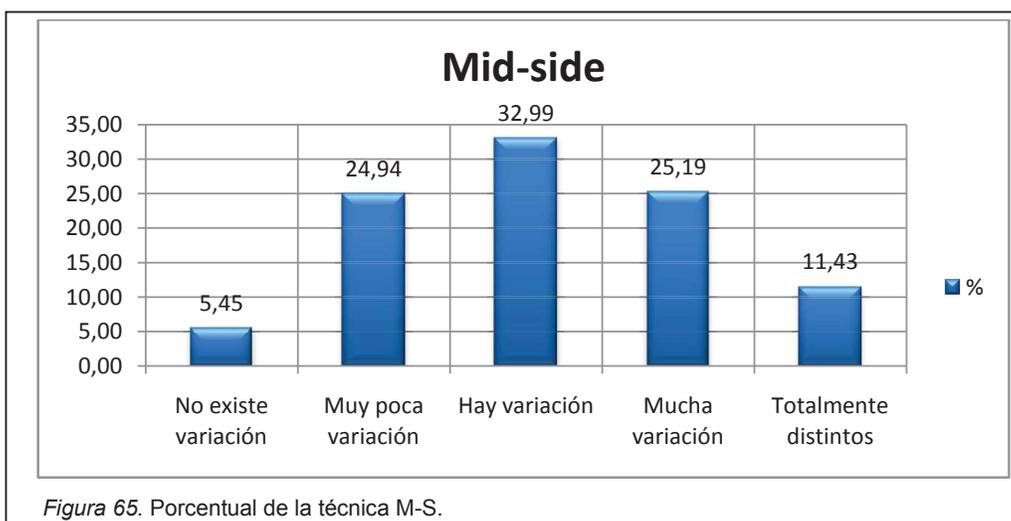
En la figura 62 se observa los valores porcentuales de cada uno de los criterios evaluados de manera general en la técnica AB, presenta al valor más alto con un 38,18% al criterio de “Muy poca variación” y al valor más bajo con un 0% en el criterio “Totalmente distintos”.



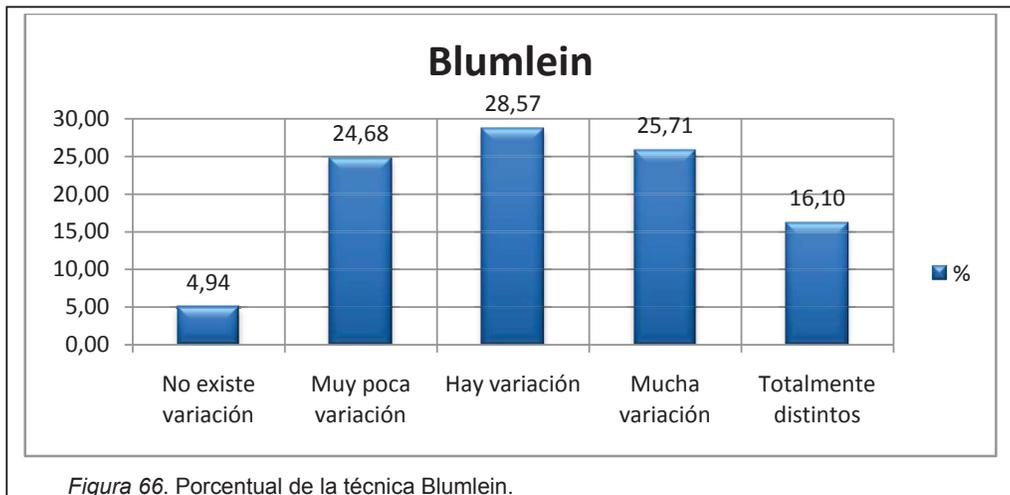
En la figura 63 se presenta los valores porcentuales de los posibles criterios; siendo el valor más alto 39,48% el criterio de “Muy poca variación” y el criterio más bajo con un 0,52% “Totalmente distintos”.



En la figura 64, se representa los criterios seleccionados de manera porcentual siendo el valor más alto el correspondiente a “Muy poca variación” con un 44,42% y el valor más bajo con un 0,26% “totalmente distintos”.



Se presenta en la figura 65, a manera de porcentaje la respuesta de criterios de manera general; siendo el valor más alto 32,99% “Hay variación” y el valor más bajo “No existe variación” con un 5,45%.



En la figura 66, se presenta como al valor más alto con 28,57% al criterio “Hay variación”, siendo el más bajo “No existe variación” con un 4,94%.

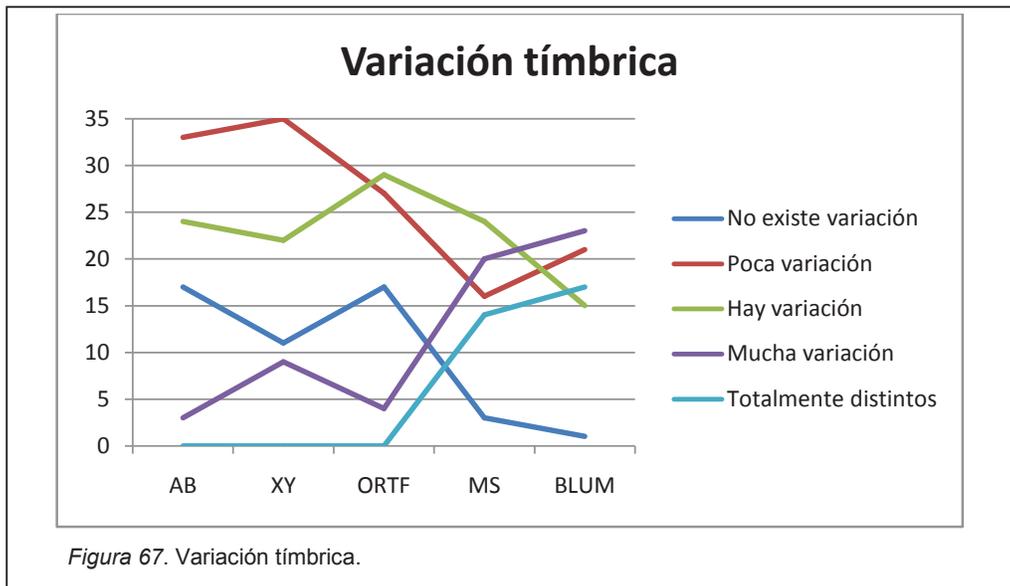
#### 4.5 Tablas de contingencia

Para la realización de las tablas de contingencia se organizan los datos obtenidos, agrupándolos por cada parámetro de evaluación a todas las técnicas.

Tabla 5  
Variación tímbrica.

Variación tímbrica		Técnica de microfónica				
		AB	XY	ORTF	MS	BLUM
Parámetros de calificación	No existe variación	17	11	17	3	1
	Poca variación	33	35	27	16	21
	Hay variación	24	22	29	24	15
	Mucha variación	3	9	4	20	23
	Totalmente distintos	0	0	0	14	17

Para poder clarificar los datos estipulados en la tabla de contingencia se presente un gráfico explicativo.

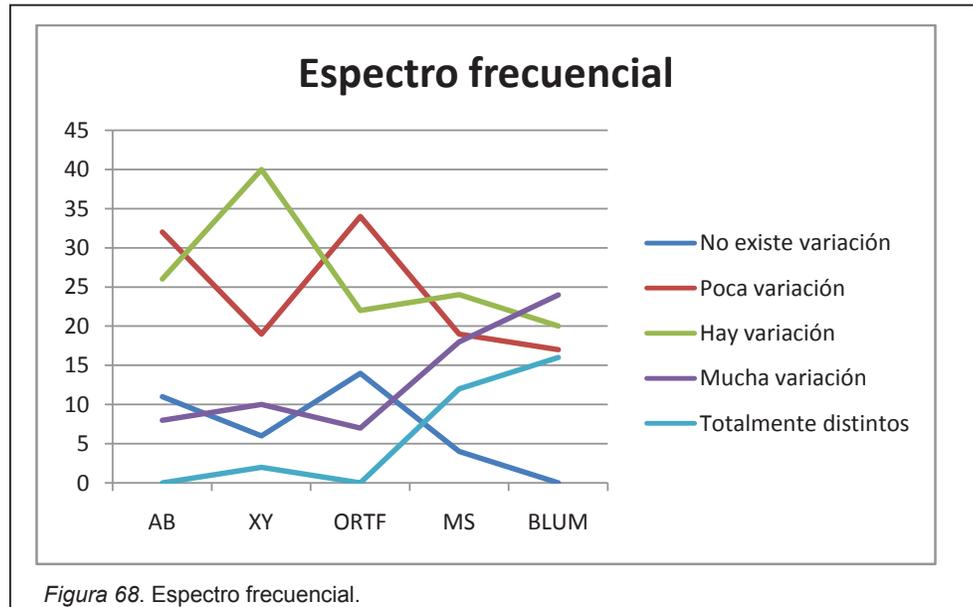


En la figura 67 se puede analizar que los valores establecidos para el parámetro “Totalmente diferentes” en las técnicas AB, XY y ORTF son nulos y mientras que para las técnicas Mid-side y Blumlein la ponderación de la curva “Totalmente distintos” es muy bajo su valor siendo cercano al valor de la curva de “Poca variación”.

Tabla 6  
Espectro frecuencial

Espectro frecuencial		Técnica de microfonía				
		AB	XY	ORTF	MS	BLUM
Parámetros de calificación	No existe variación	11	6	14	4	0
	Poca variación	32	19	34	19	17
	Hay variación	26	40	22	24	20
	Mucha variación	8	10	7	18	24
	Totalmente distintos	0	2	0	12	16

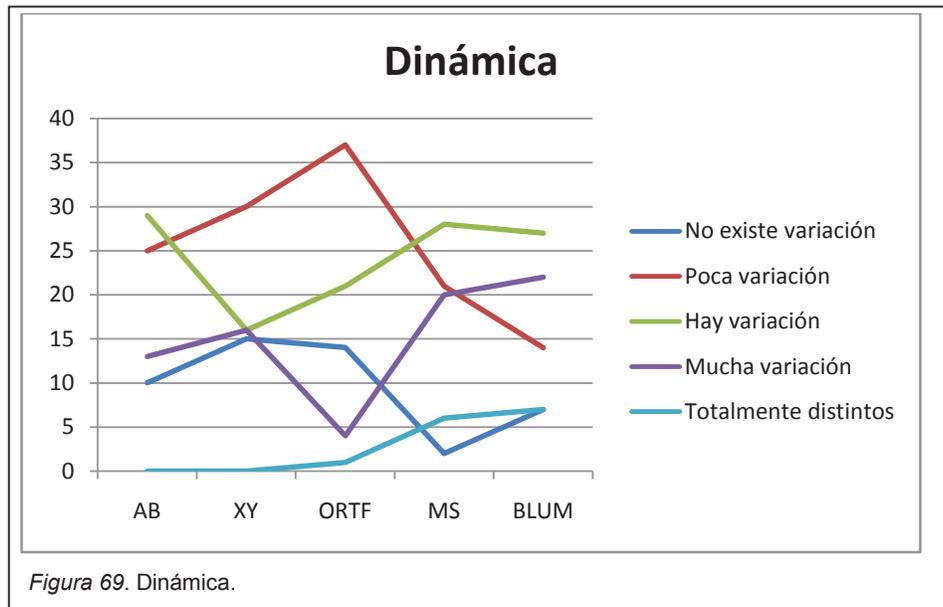
De manera similar se presenta un gráfico descriptivo para poder analizar los datos mostrados en la tabla 6.



En la figura 68, se puede observar que el parámetro calificativo “Totalmente distintos” presenta variaciones casi nulas en las técnicas AB, XY y ORTF mientras que en las técnicas Mid-side y Blumlein presentan una ligera variación casi coincidente con la curva de “Poca variación” con diferencias mínimas entre las curvas que se pueden constatar en la tabla 6. Se recomienda leer las conclusiones sobre esta sección en particular.

Tabla 7  
Dinámica

Dinámica		Técnica de microfónica				
		AB	XY	ORTF	MS	BLUM
Parámetros de calificación	No existe variación	10	15	14	2	7
	Poca variación	25	30	37	21	14
	Hay variación	29	16	21	28	27
	Mucha variación	13	16	4	20	22
	Totalmente distintos	0	0	1	6	7

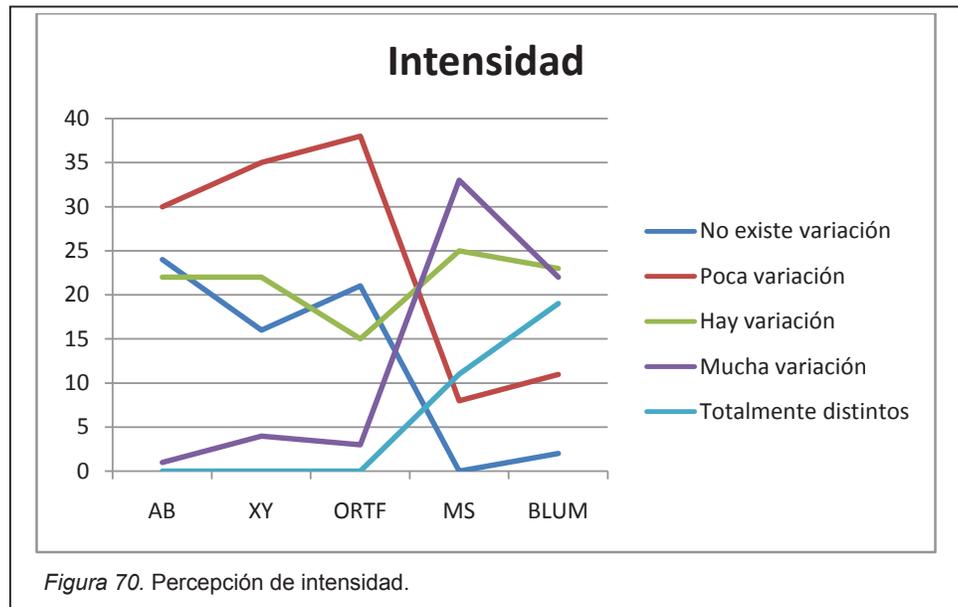


La curva de mayor realce es la que se presenta en el parámetro de evaluación “Poca variación”, es decir que la diferencia entre las muestras dinámicamente es mínima.

Tabla 8  
Nivel de intensidad

Nivel de presión sonora		Técnica de microfónica				
		AB	XY	ORTF	MS	BLUM
Parámetros de calificación	No existe variación	24	16	21	0	2
	Poca variación	30	35	38	8	11
	Hay variación	22	22	15	25	23
	Mucha variación	1	4	3	33	22
	Totalmente distintos	0	0	0	11	19

En este parámetro se analiza auditivamente la intensidad pero se emplea la terminología de nivel de presión sonora para evitar confusión entre los encuestados.

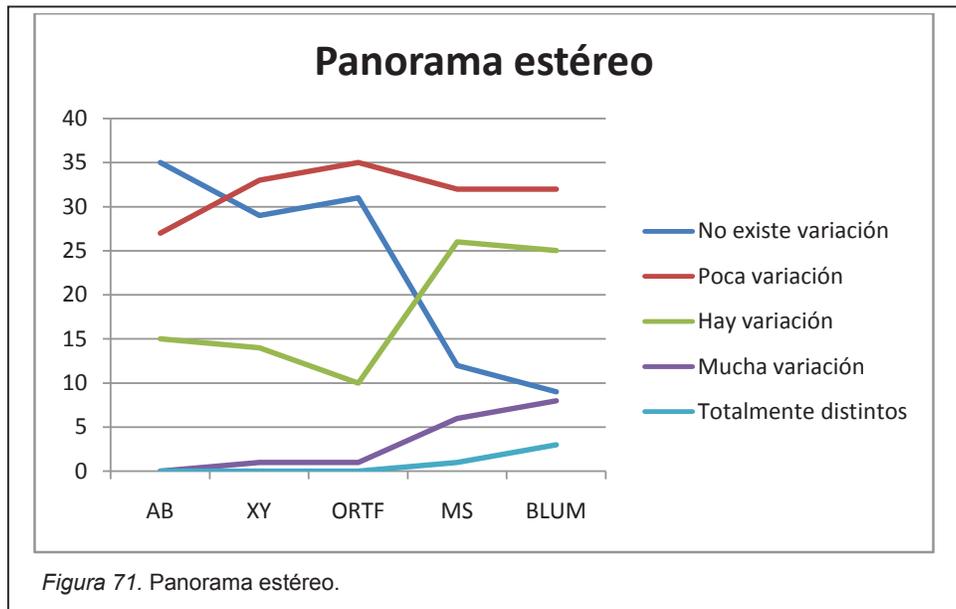


La curva con menor pronunciamiento es la del parámetro calificativo “Totalmente distintos”, presentando una desviación mínima en la técnica Blumlein que presenta un valor cercano al del parámetro de “Poca variación”.

Para finalizar se presenta el parámetro más representativo de la evaluación, debido a la naturaleza del software y su característica de conversión estereofónica este parámetro presenta los resultados de la conversión por medio del proceso convolutivo.

Tabla 9  
Panorama estéreo

Panorama estéreo		Técnica de microfónica				
		AB	XY	ORTF	MS	BLUM
Parámetros de calificación	No existe variación	35	29	31	12	9
	Poca variación	27	33	35	32	32
	Hay variación	15	14	10	26	25
	Mucha variación	0	1	1	6	8
	Totalmente distintos	0	0	0	1	3



En el gráfico descriptivo se puede notar que la variación del parámetro calificativo “Totalmente distintos” presenta valores muy bajos despreciables en comparación con el resto de valores de las curvas apreciadas en la figura 71.

#### 4.6 Prueba de hipótesis

Se la define como PDH (prueba de hipótesis) es una técnica inferencial de cinco pasos que se lleva a cabo para rechazar o aceptar una afirmación sobre un parámetro (en este caso, la proporción  $\pi$  definida en la sección siguiente) poblacional, correspondiente a cada una de las técnicas y su parámetro evaluativo.

Para establecer esta prueba de hipótesis se toma para la evaluación de la prueba a los valores calificativos “Mucha variación” y “Totalmente distintos”.

A continuación se van a definir los términos empleados en esta PDH:

1.  $H_0$ : Hipótesis nula, establece la condición inicial de análisis.
2.  $H_1$ : Hipótesis alternativa, es la condición contraria en su totalidad a la de la hipótesis nula.

3. EDP: Estadístico de prueba, valor que permite realizar la condición de criterio de rechazo o aceptación.
4. CDR: Criterio de rechazo, establece la condición que relaciona las dos posibilidades establecidas por las hipótesis mencionadas anteriormente. Se establecen las condiciones y se aplica la formula que se apegue al criterio a demostrar.
5. Decisión: Paso final e interpretativo de resultados.

Una vez definidos estos parámetros para la realización de la prueba de hipótesis se procede a mostrar el planteamiento para cada una de las técnicas y su parámetro de evaluación.

Para facilitar la comprensión del funcionamiento de la PDH empleada se definen los parámetros siguientes:

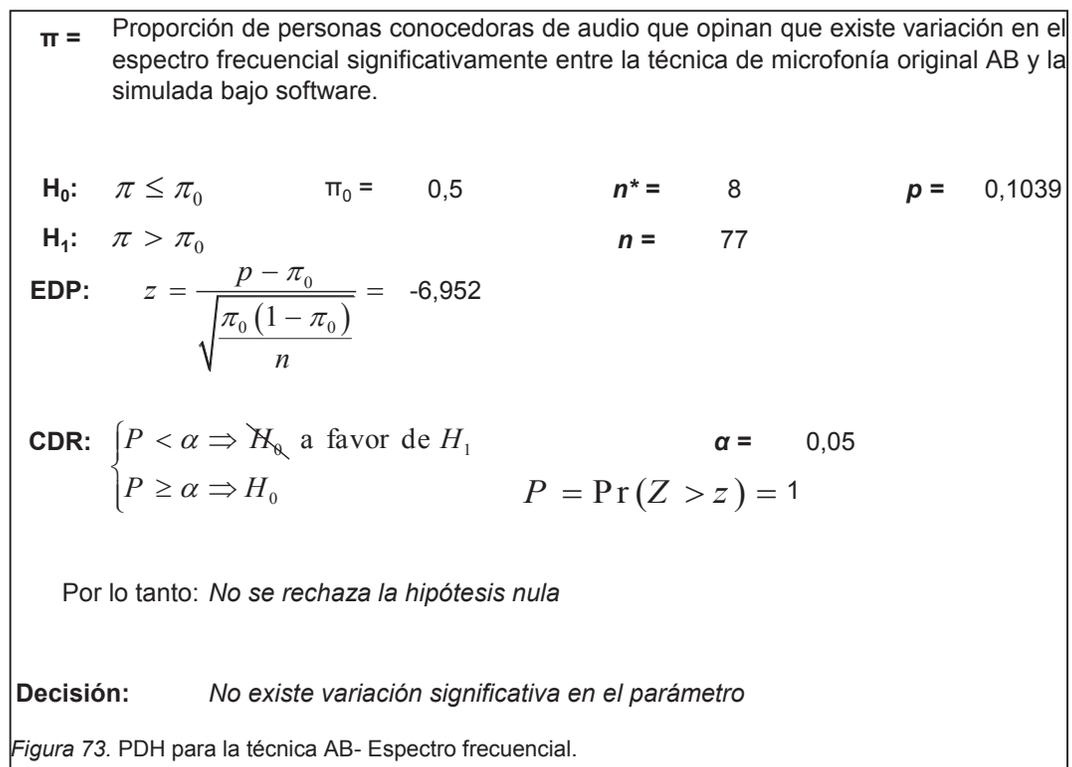
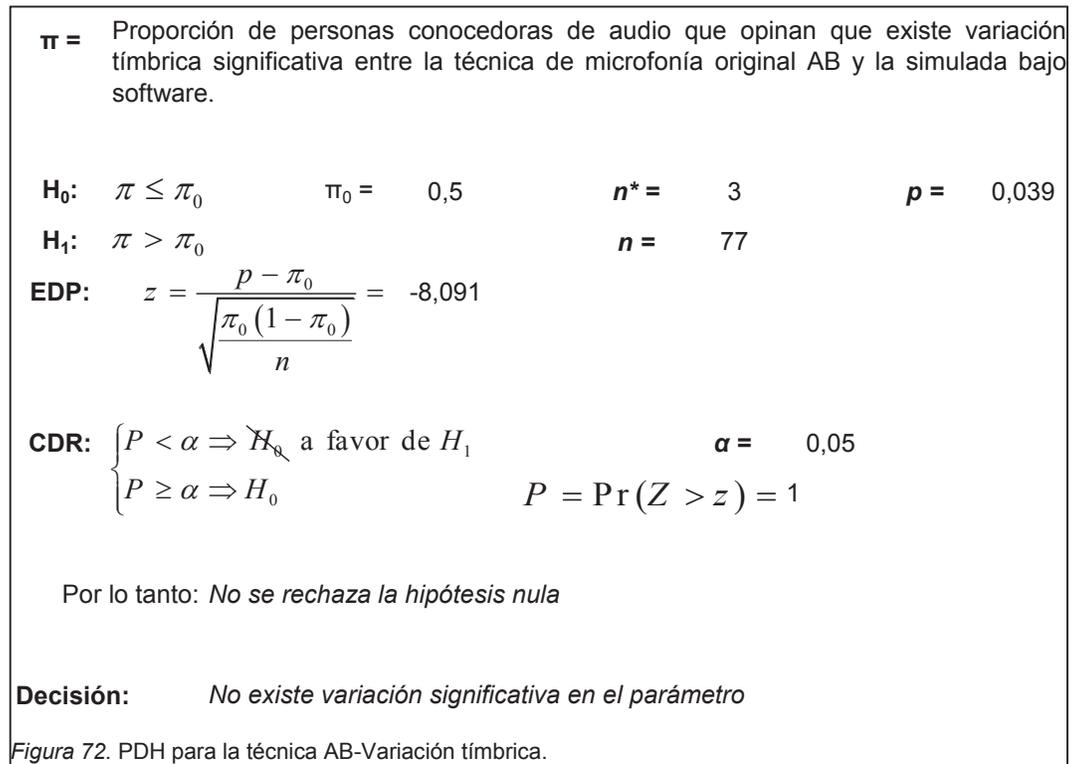
- $n^*$  = número de participantes que votaron por parámetros calificativos “Mucha variación” y “Totalmente distintos”.
- $n$  = número total de encuestados.
- $p = n^*/n$
- $\alpha$  = valor estándar de posibilidad a equivocarse determinado en un 5%.
- $\pi_0$  = valor determinado fijo en 50%, para determinar si existe variación a partir de qué porcentaje de los votantes para una variación significativa.
- $P$  = valor P, probabilidad de que se cumpla la CDR.

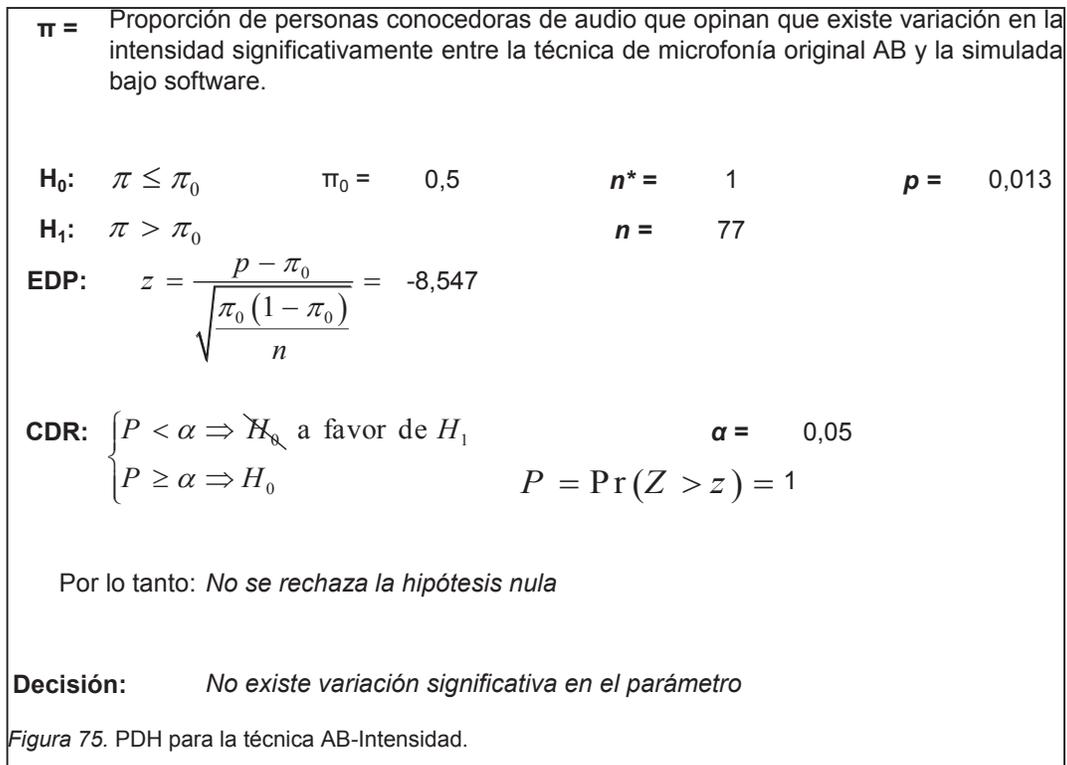
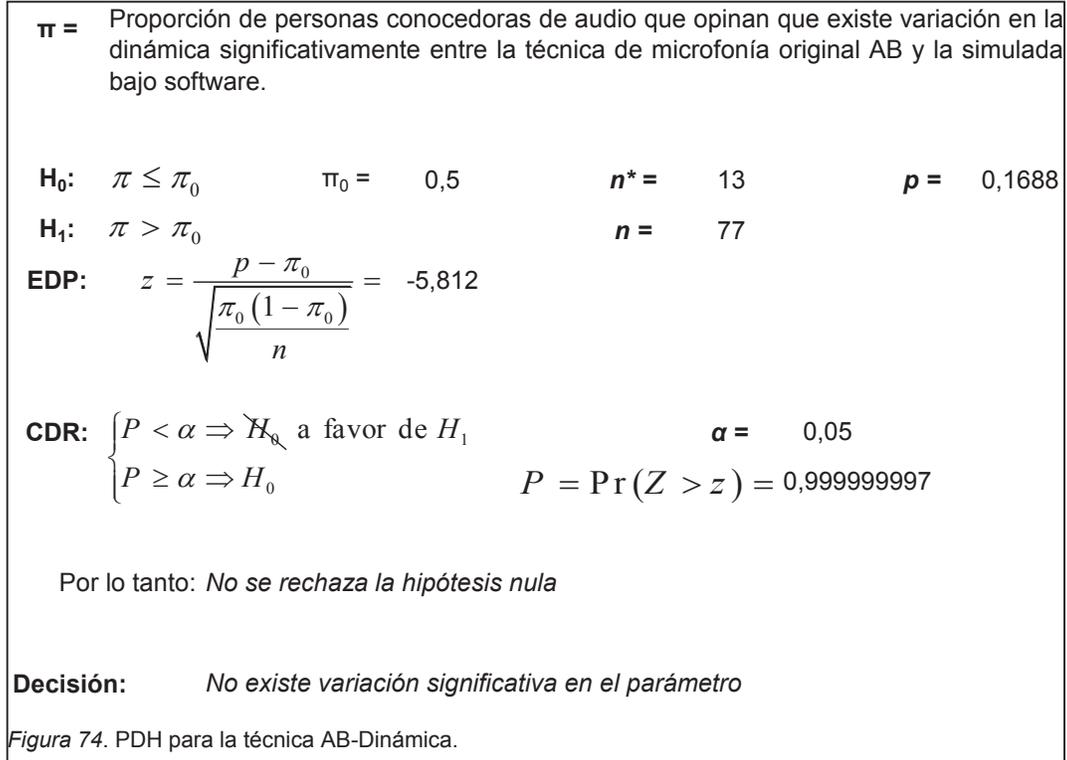
Para los parámetros  $n^*$  y  $n$  los valores se encuentran en las tablas de contingencia de la sección anterior.

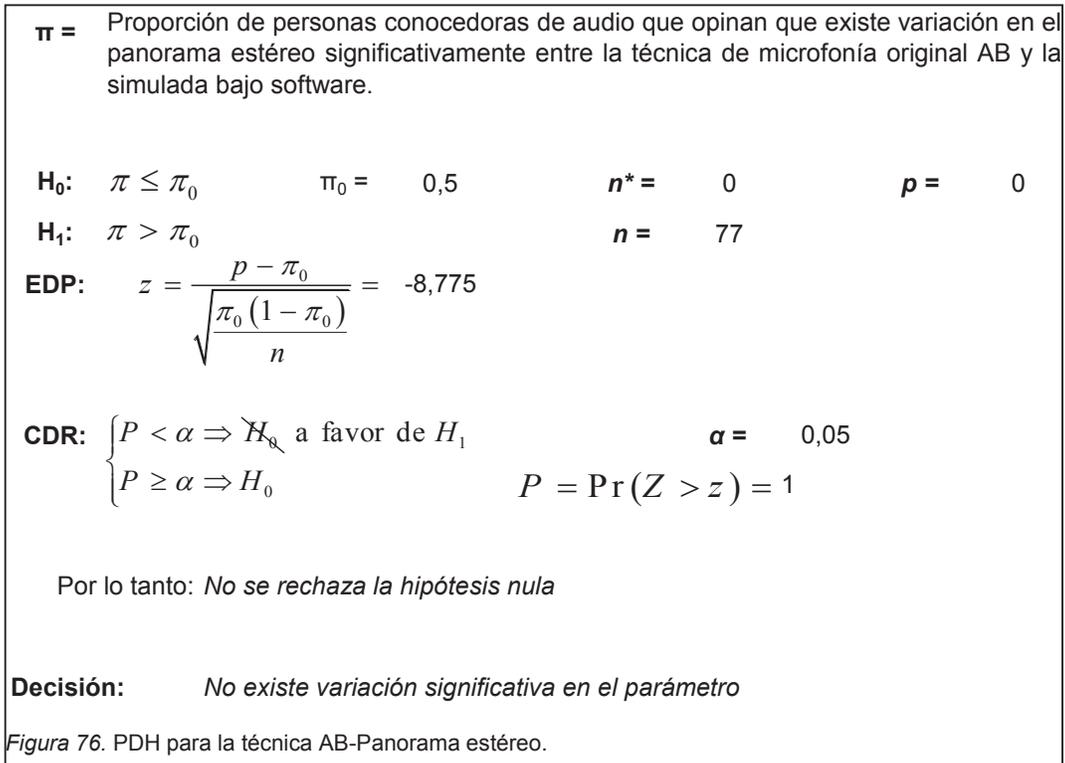
Las siguientes figuras muestran el procedimiento realizado en Excel automatizado para cada una de las técnicas de microfonía y su parámetro de evaluación.

Se han ordenado por técnica y sus parámetros evaluativos.

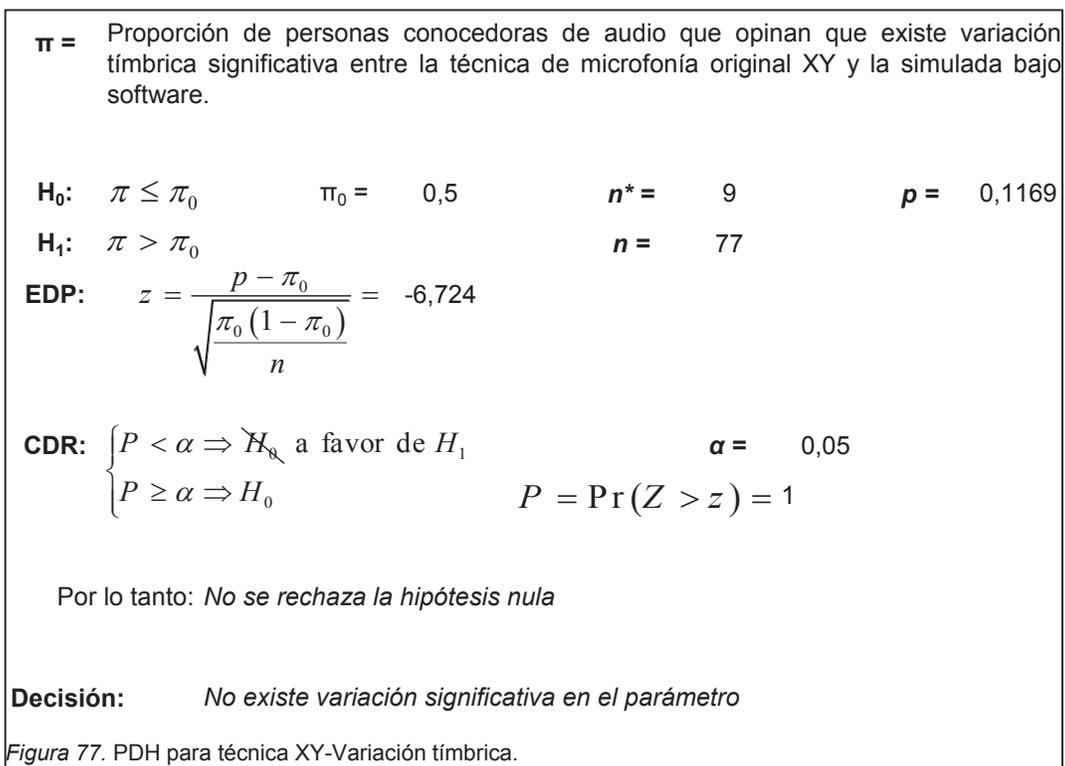
#### 4.6.1 PDH técnica AB

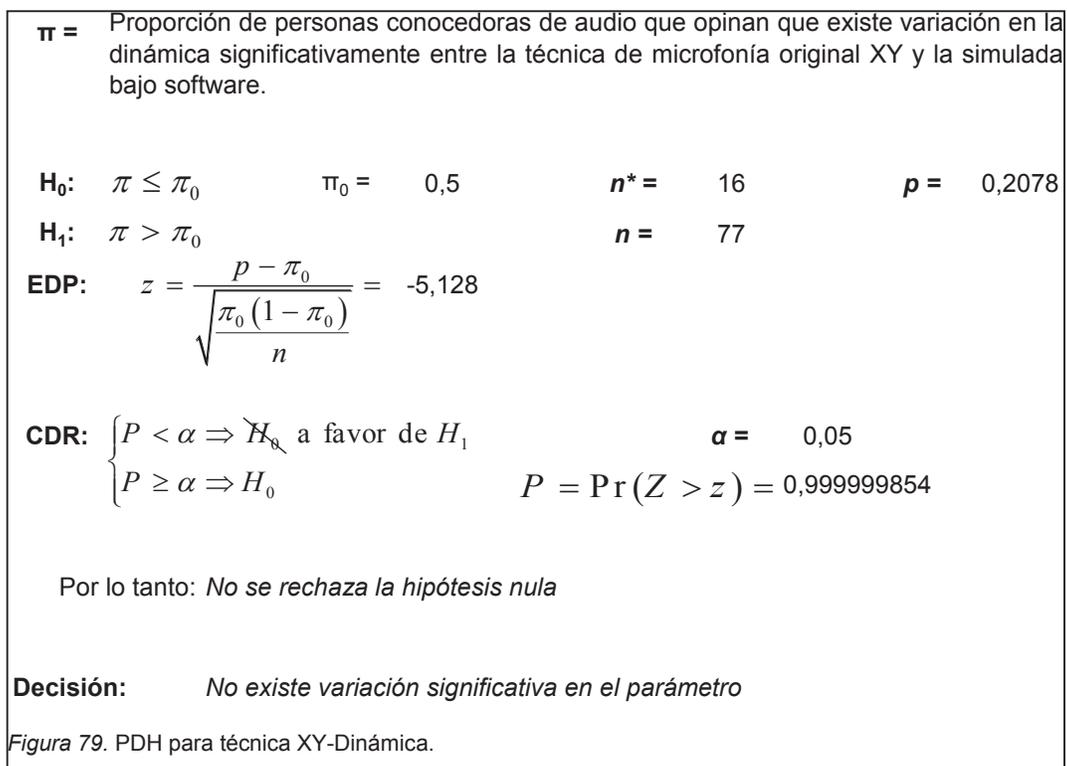
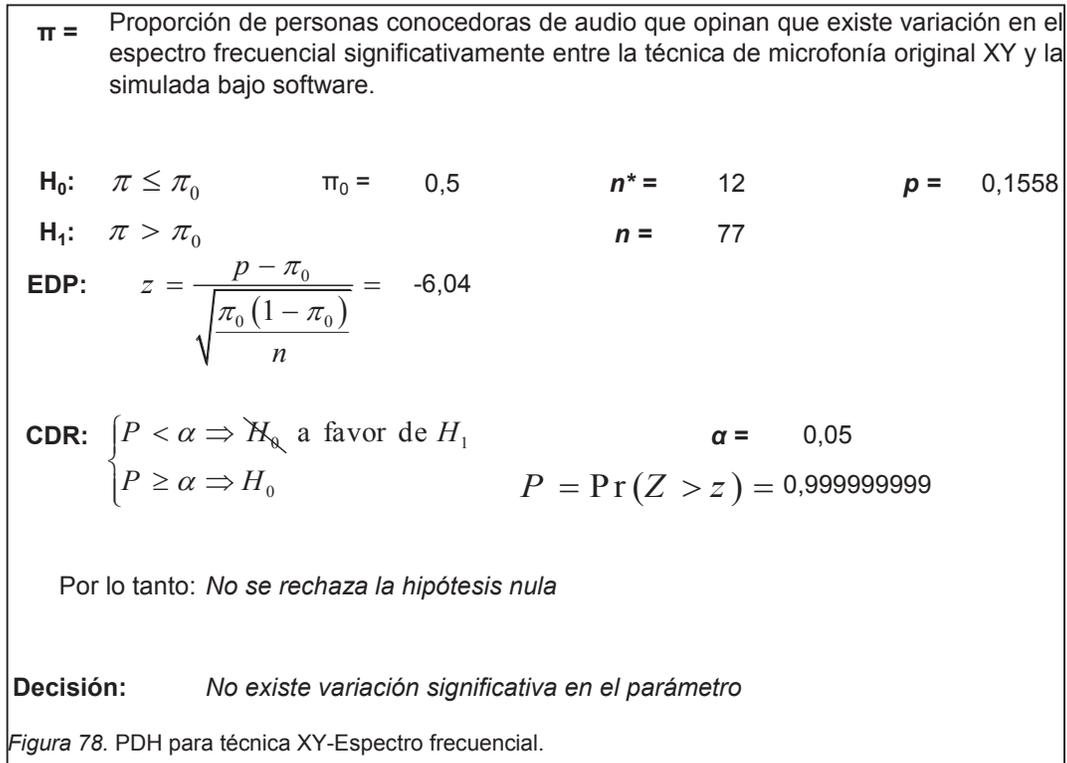






#### 4.6.2 PDH técnica XY





$\pi$  = Proporción de personas conocedoras de audio que opinan que existe variación en la intensidad significativamente entre la técnica de microfónica original XY y la simulada bajo software.

$$H_0: \pi \leq \pi_0 \quad \pi_0 = 0,5 \quad n^* = 4 \quad p = 0,0519$$

$$H_1: \pi > \pi_0 \quad n = 77$$

$$\text{EDP: } z = \frac{p - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1 - \pi_0)}{n}}} = -7,863$$

$$\text{CDR: } \begin{cases} P < \alpha \Rightarrow \cancel{H_0} \text{ a favor de } H_1 \\ P \geq \alpha \Rightarrow H_0 \end{cases} \quad \alpha = 0,05 \quad P = \text{Pr}(Z > z) = 1$$

Por lo tanto: *No se rechaza la hipótesis nula*

**Decisión:** *No existe variación significativa en el parámetro*

Figura 80. PDH para técnica XY-Intensidad.

$\pi$  = Proporción de personas conocedoras de audio que opinan que existe variación en el panorama estéreo significativamente entre la técnica de microfónica original XY y la simulada bajo software.

$$H_0: \pi \leq \pi_0 \quad \pi_0 = 0,5 \quad n^* = 1 \quad p = 0,013$$

$$H_1: \pi > \pi_0 \quad n = 77$$

$$\text{EDP: } z = \frac{p - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1 - \pi_0)}{n}}} = -8,547$$

$$\text{CDR: } \begin{cases} P < \alpha \Rightarrow \cancel{H_0} \text{ a favor de } H_1 \\ P \geq \alpha \Rightarrow H_0 \end{cases} \quad \alpha = 0,05 \quad P = \text{Pr}(Z > z) = 1$$

Por lo tanto: *No se rechaza la hipótesis nula*

**Decisión:** *No existe variación significativa en el parámetro*

Figura 81. PDH para técnica XY-Panorama estéreo.

### 4.6.3 PDH técnica ORTF

$\pi$  = Proporción de personas conocedoras de audio que opinan que existe variación tímbrica significativa entre la técnica de microfónica original ORTF y la simulada bajo software.

$$H_0: \pi \leq \pi_0 \quad \pi_0 = 0,5 \quad n^* = 4 \quad p = 0,0519$$

$$H_1: \pi > \pi_0 \quad n = 77$$

$$\text{EDP: } z = \frac{P - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1 - \pi_0)}{n}}} = -7,863$$

$$\text{CDR: } \begin{cases} P < \alpha \Rightarrow \cancel{H_0} \text{ a favor de } H_1 \\ P \geq \alpha \Rightarrow H_0 \end{cases} \quad \alpha = 0,05 \quad P = \text{Pr}(Z > z) = 1$$

Por lo tanto: *No se rechaza la hipótesis nula*

**Decisión:** *No existe variación significativa en el parámetro*

Figura 82. PDH para técnica ORTF-Variación tímbrica.

$\pi$  = Proporción de personas conocedoras de audio que opinan que existe variación en el espectro frecuencial significativamente entre la técnica de microfónica original ORTF y la simulada bajo software.

$$H_0: \pi \leq \pi_0 \quad \pi_0 = 0,5 \quad n^* = 7 \quad p = 0,0909$$

$$H_1: \pi > \pi_0 \quad n = 77$$

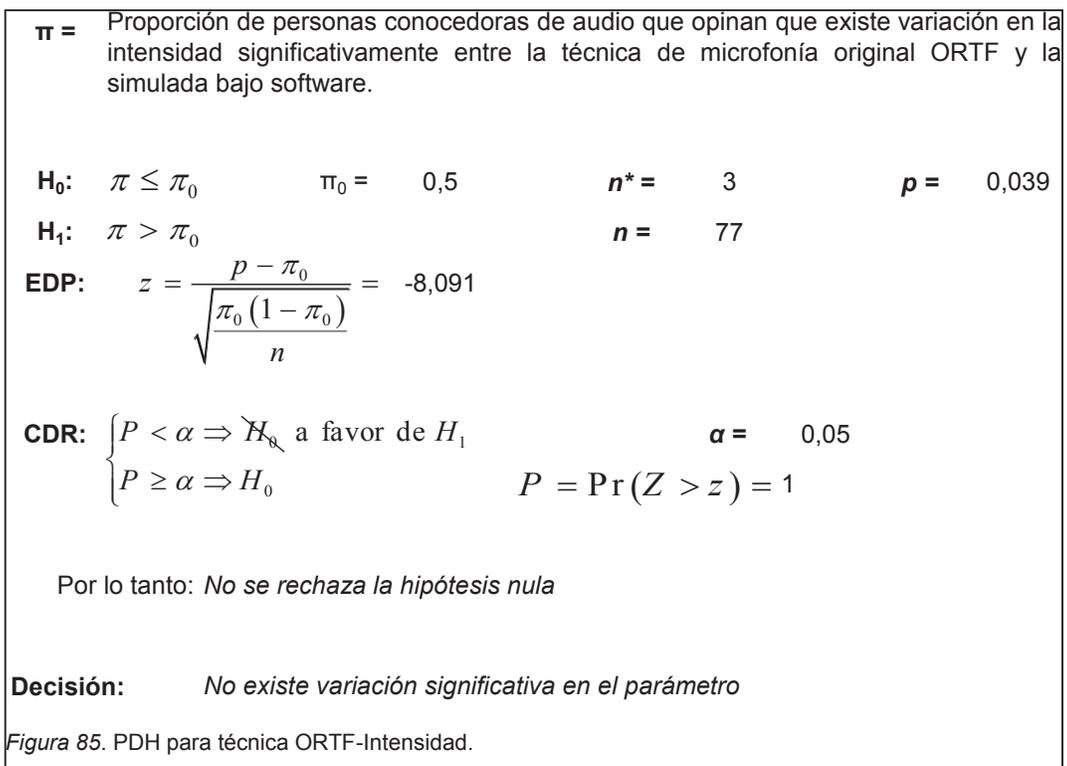
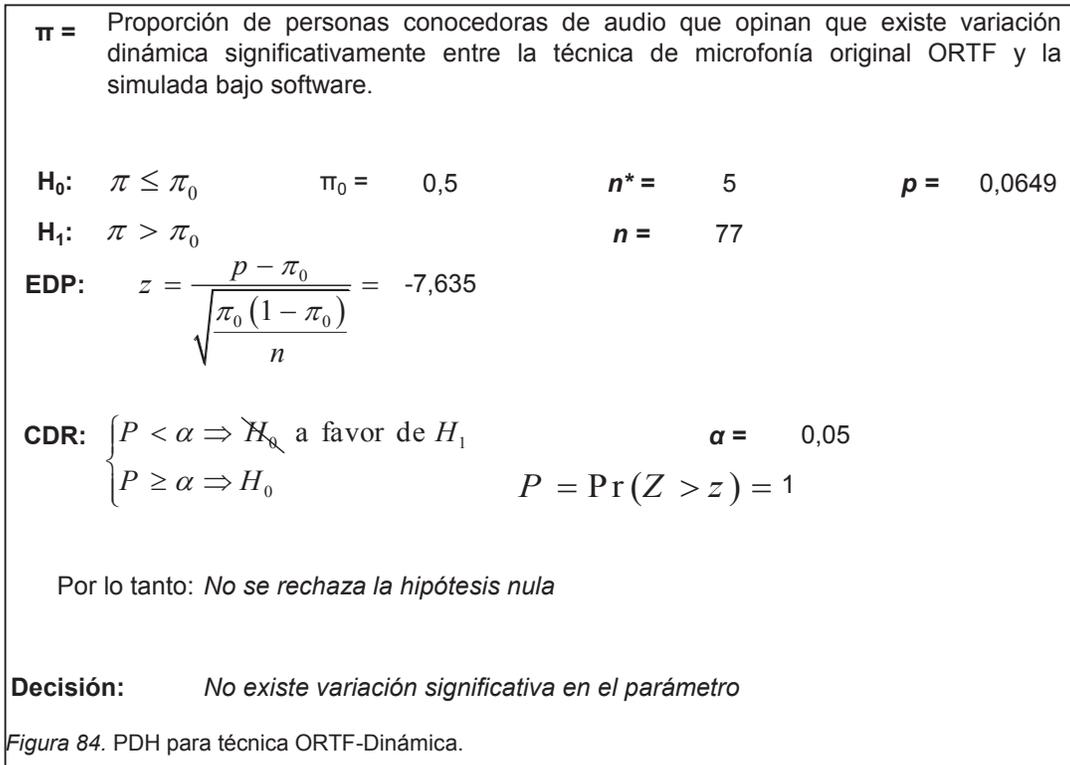
$$\text{EDP: } z = \frac{P - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1 - \pi_0)}{n}}} = -7,18$$

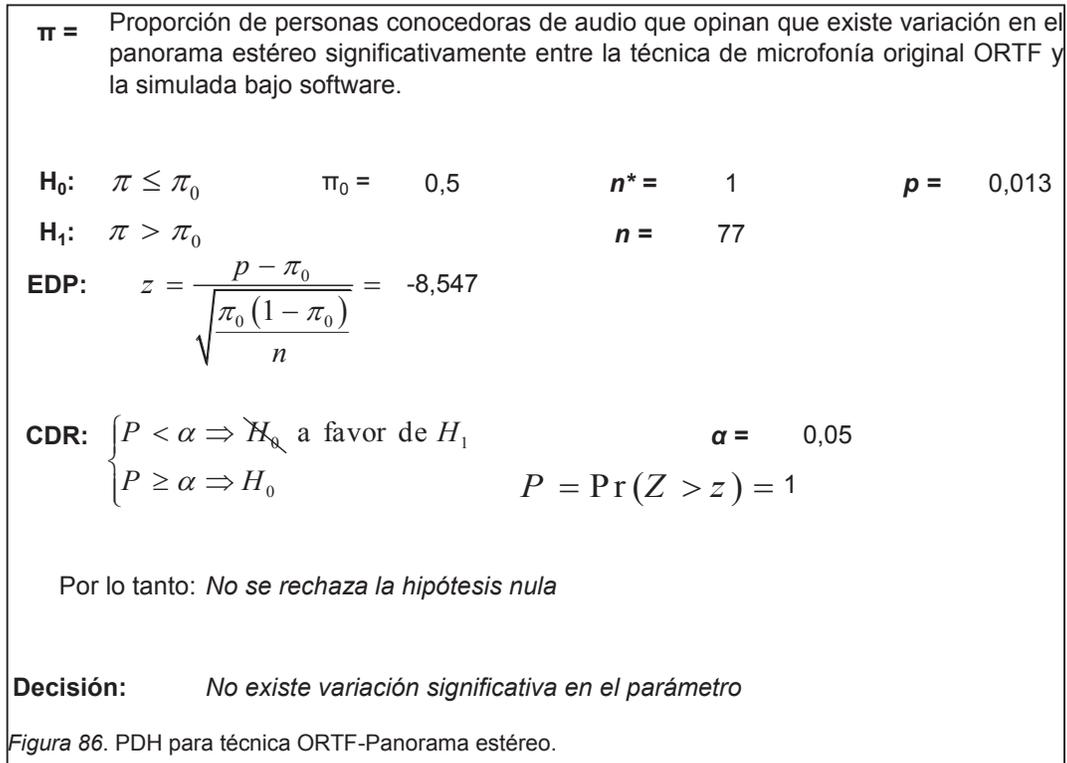
$$\text{CDR: } \begin{cases} P < \alpha \Rightarrow \cancel{H_0} \text{ a favor de } H_1 \\ P \geq \alpha \Rightarrow H_0 \end{cases} \quad \alpha = 0,05 \quad P = \text{Pr}(Z > z) = 1$$

Por lo tanto: *No se rechaza la hipótesis nula*

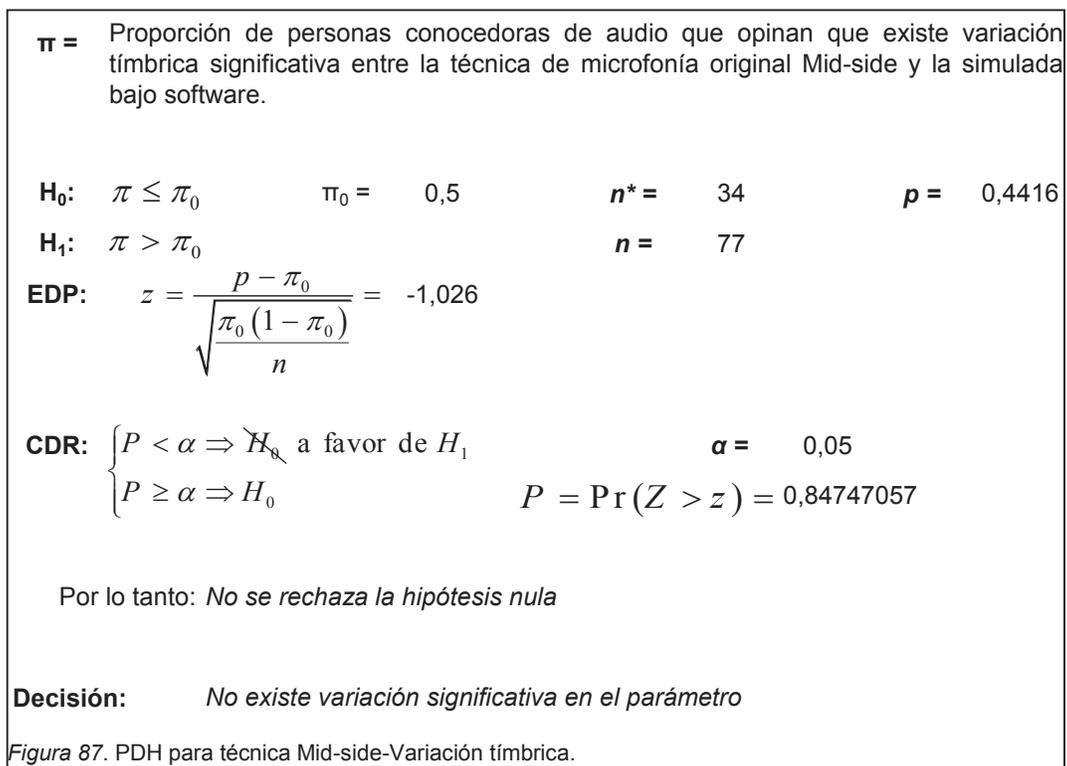
**Decisión:** *No existe variación significativa en el parámetro*

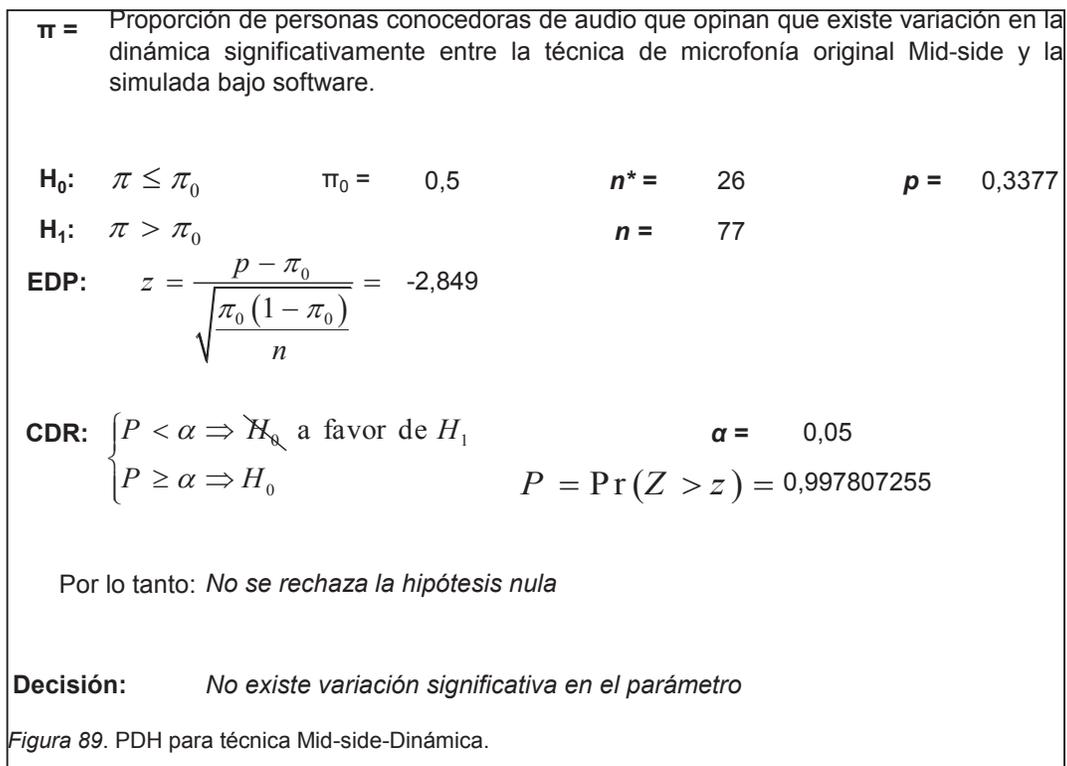
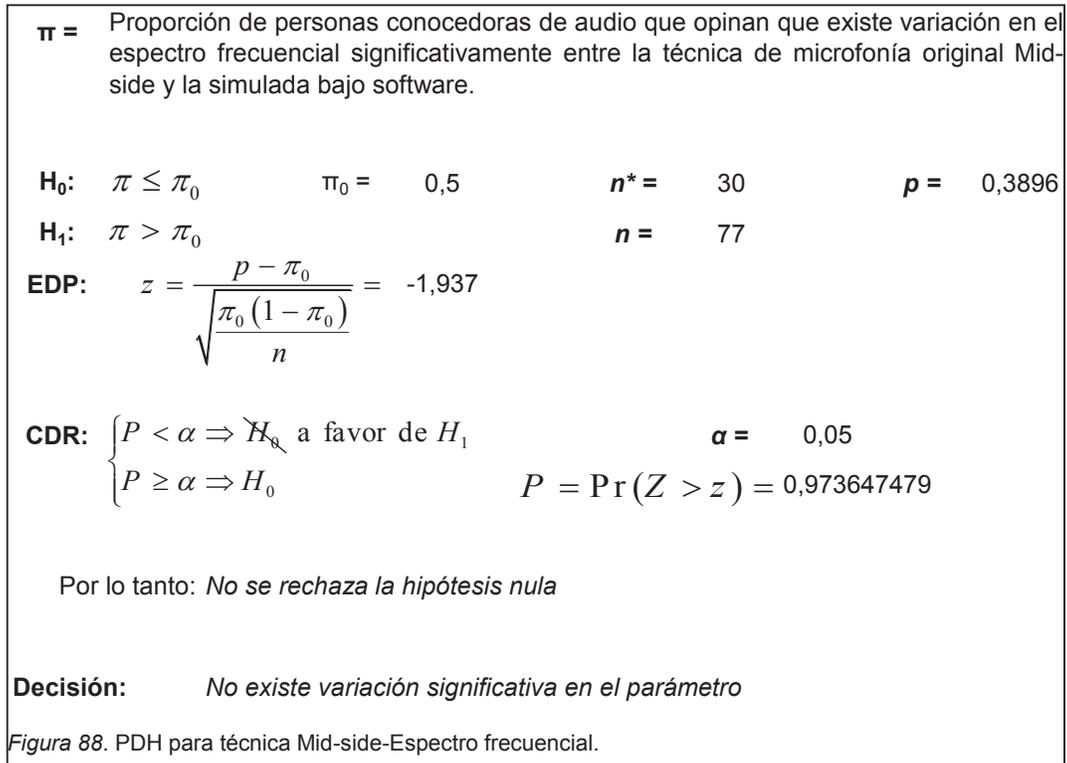
Figura 83. PDH para técnica ORTF-Espectro frecuencial.

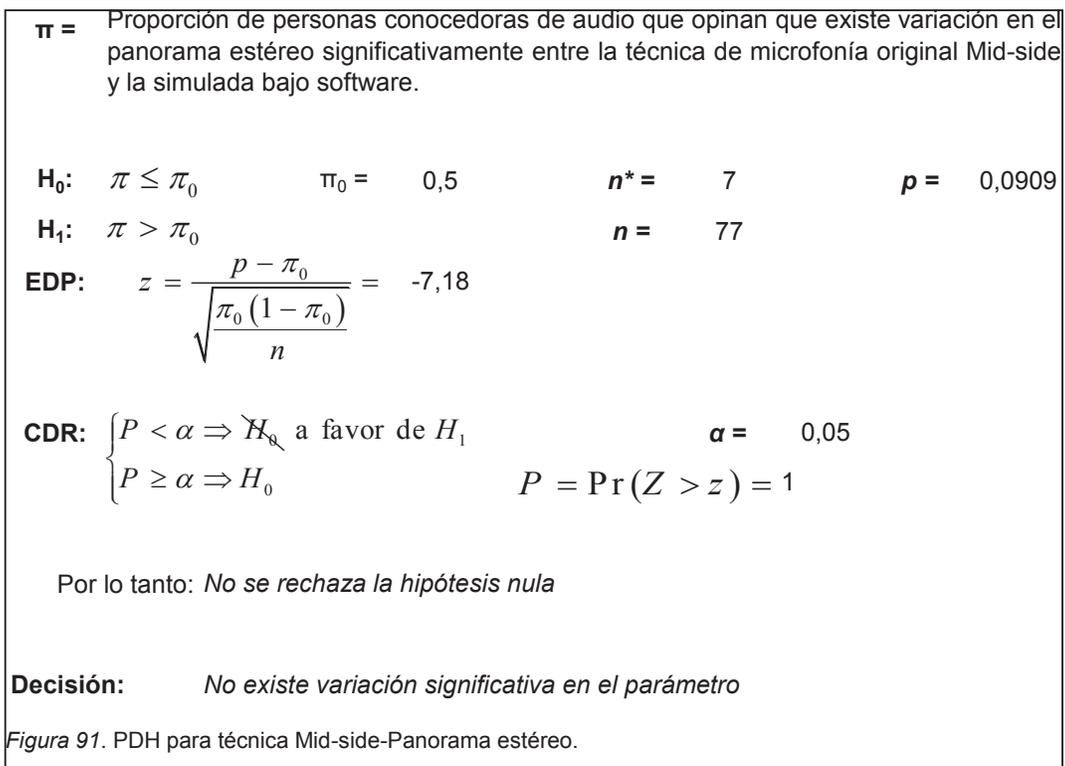
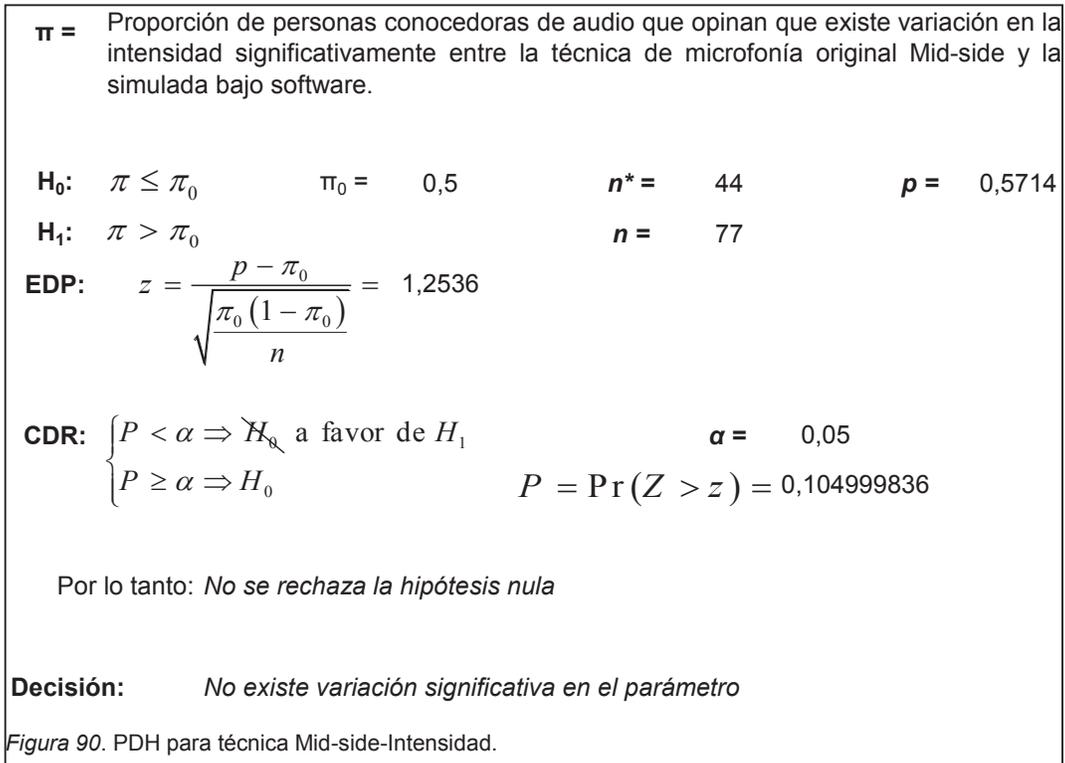




#### 4.6.4 PDH técnica Mid-side







#### 4.6.5 PDH técnica Blumlein

$\pi$  = Proporción de personas conocedoras de audio que opinan que existe variación tímbrica significativa entre la técnica de microfónica original Blumlein y la simulada bajo software.

$$H_0: \pi \leq \pi_0 \quad \pi_0 = 0,5 \quad n^* = 40 \quad p = 0,5195$$

$$H_1: \pi > \pi_0 \quad n = 77$$

$$EDP: z = \frac{p - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1 - \pi_0)}{n}}} = 0,3419$$

$$CDR: \begin{cases} P < \alpha \Rightarrow \cancel{H_0} \text{ a favor de } H_1 \\ P \geq \alpha \Rightarrow H_0 \end{cases} \quad \alpha = 0,05 \quad P = \Pr(Z > z) = 0,36621995$$

Por lo tanto: *No se rechaza la hipótesis nula*

**Decisión:** *No existe variación significativa en el parámetro*

Figura 92. PDH para técnica Blumlein-Variación tímbrica.

$\pi$  = Proporción de personas conocedoras de audio que opinan que existe variación en el espectro frecuencial significativamente entre la técnica de microfónica original Blumlein y la simulada bajo software.

$$H_0: \pi \leq \pi_0 \quad \pi_0 = 0,5 \quad n^* = 40 \quad p = 0,5195$$

$$H_1: \pi > \pi_0 \quad n = 77$$

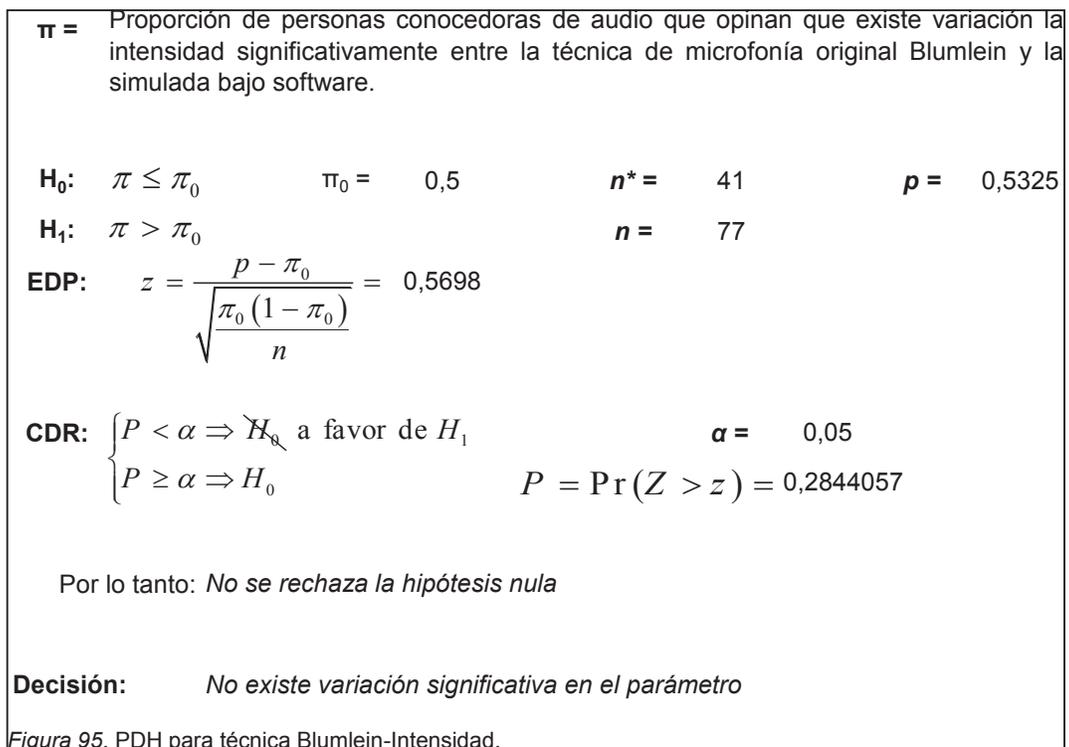
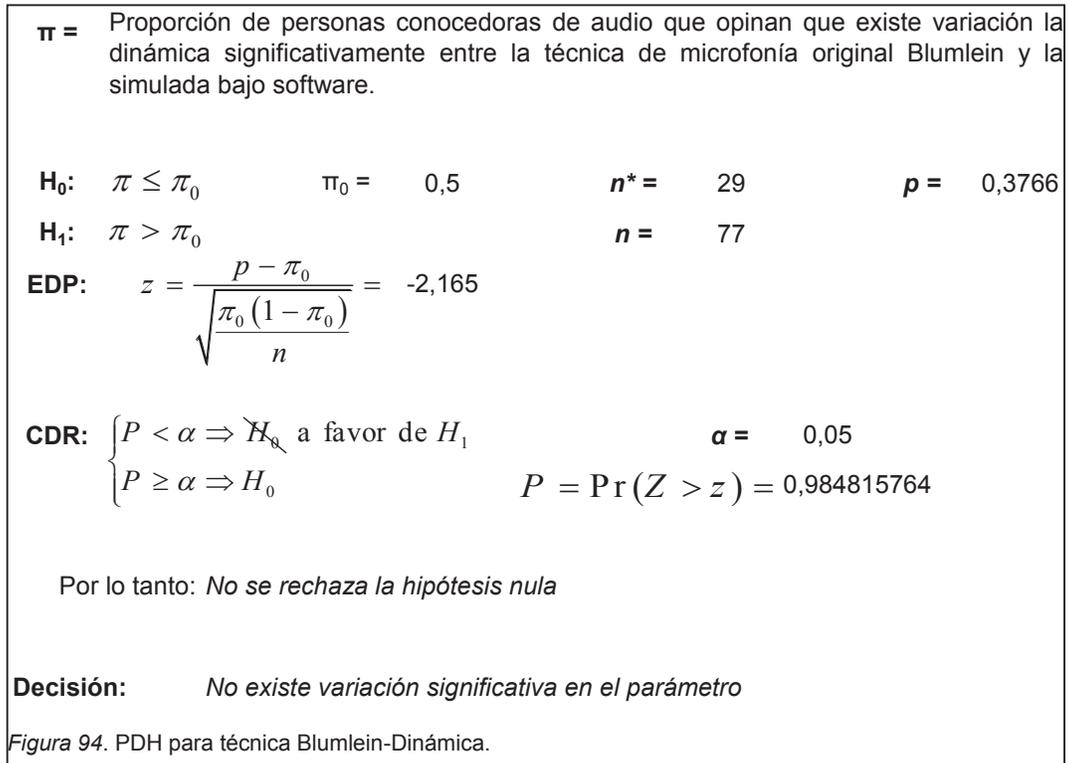
$$EDP: z = \frac{p - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1 - \pi_0)}{n}}} = 0,3419$$

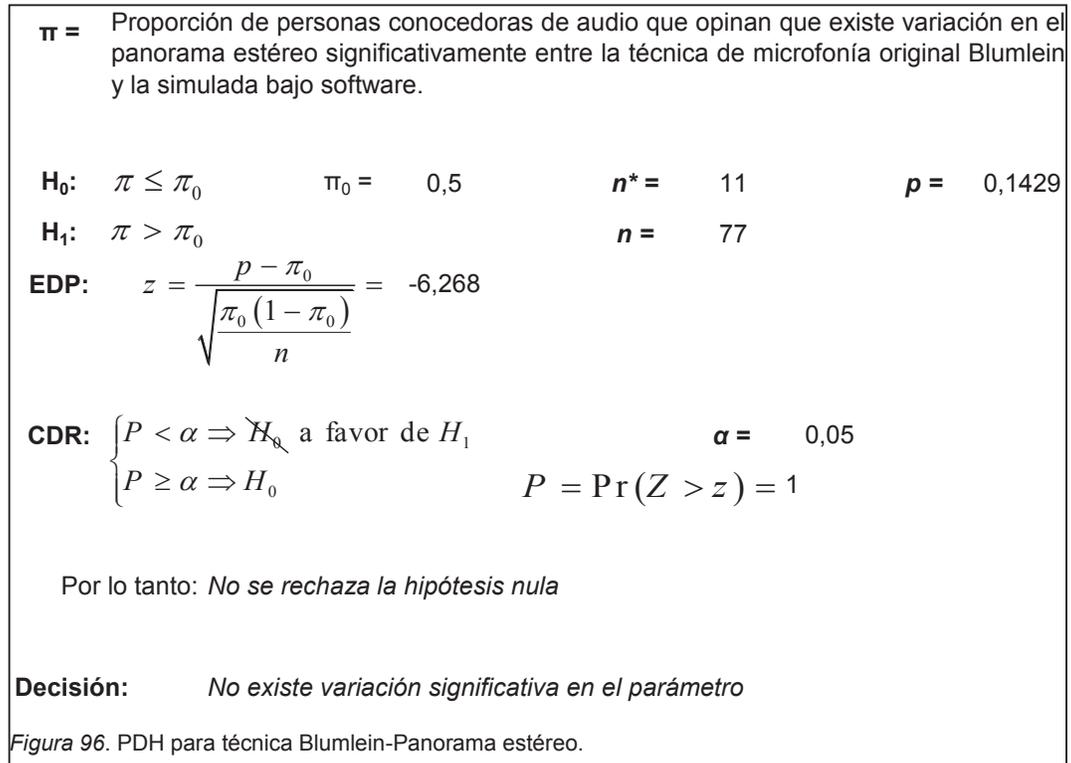
$$CDR: \begin{cases} P < \alpha \Rightarrow \cancel{H_0} \text{ a favor de } H_1 \\ P \geq \alpha \Rightarrow H_0 \end{cases} \quad \alpha = 0,05 \quad P = \Pr(Z > z) = 0,36621995$$

Por lo tanto: *No se rechaza la hipótesis nula*

**Decisión:** *No existe variación significativa en el parámetro*

Figura 93. PDH para técnica Blumlein-Espectro frecuencial.





Si se desea explorar más sobre el programa empleado para la PDH empleada en esta y las secciones anteriores ir al archivo de Excel denominado "PDH.xlsx" almacenado en el disco de respaldo.

## Capítulo 5.

### 5.1 Análisis del costo de implementación y desarrollo del software

Para el desarrollo del programa, se emplearon dos fases. La primera que comprende la grabación de la muestras; esto quiere decir que detrás de esa fase están los procesos de renta de equipos, paga a los músicos, transporte de músicos, alquiler del estudio de grabación, etc.

Y la segunda fase se refiere a la implementación del software, la cual involucra asesoramiento en el desarrollo del programa Max/MSP; además de los computadores empleados para el desarrollo del mismo.

Tabla 10  
Tabla de costos

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Computador MacBook.	1	500.00	500.00
Internet Mensual	6	20.00	120.00
Alquiler estudio de grabación (por horas) estudio de la UDLA	-	-	-
Alquiler de micrófonos adicionales (Mas Musika)	8	-	-
Pago a músico (por proyecto)	1	200.00	200.00
Transporte músicos	1	5.00	5.00
Asesoramiento Max/MSP	10	20.00	200.00
Software Max/MSP	1	267.00	267.00
		<b>TOTAL</b>	1.292.00

**Computador.\_** El computador empleado para el desarrollo de este proyecto, fue esencial debido a su estupenda relación de drivers. Las características de este elemento son:

- Procesador Intel Core 2 Duo de 2.0 GHz.
- 2 GB de DDR2 Memoria RAM.
- Tarjeta de video de 256 MB NVIDIA GeForce 9400 M.
- Tarjeta de audio Intel alta definición.
- iOS X 10.6.1

**Internet.**\_ Una conexión a internet fue totalmente necesaria para realizar las consultas sobre audio, programación, imágenes explicativas e incluso discusión de foros para tener una información verídica sobre los temas tratados.

**Estudio de grabación.**\_ El estudio de grabación fue necesario para realizar la toma de muestras, además de los instrumentos existentes en el mismo a excepción de la guitarra clásica. El estudio de grabación de la UDLA, consta con una batería Mapex Saturn, teclado Yamaha CP, ProTools 8.0.4 HD, interface Digidesign 003. El estudio de la UDLA no presenta costo por ser utilizado por un estudiante activo de la universidad, se realiza un agradecimiento por las facilidades brindadas.

**Alquiler de micrófonos.**\_ Para realizar una grabación de alta calidad y fidelidad además de facilidad para el músico, era necesario obtener más parejas de micrófonos de las que se posee en el estudio de la UDLA. Se realiza un especial agradecimiento a la colaboración de estos equipos a la empresa musical Mas Musika.

**Pago a músico.**\_ La colaboración y aporte del músico, fue esencial para realizar tomas de muestra de alta calidad, su profesionalismo y capacidad artística fueron notables.

**Transporte al músico.**\_ El músico requiere de transporte para movilizarse desde su lugar de trabajo hasta el estudio.

**Asesoramiento Max/MSP.**\_ Para la programación del software, fue necesario el asesoramiento en el lenguaje de programación para el desarrollo de la aplicación.

**Software Max/MSP.**\_ Fue necesario la adquisición de la plataforma Max/MSP de programación para el desarrollo de la aplicación pero se empleó una versión de prueba para el desarrollo del programa.

## **5.2 Beneficios de la implementación del software**

El costo total del proyecto es bajo incluso en la etapa de toma de muestras que incluye procesos como renta de estudio de grabación, equipos, movilización del músico en este caso ya que existió una colaboración por parte de todos los contribuyentes.

La segunda fase es de bajo presupuesto también ya que es una etapa más bien de desarrollo intelectual más que un desarrollo físico, pero que de la misma manera involucran una parte esencial para el desarrollo de este trabajo investigativo.

## **Capítulo 6.**

### **6.1 Conclusiones y recomendaciones**

#### **6.1.1 Conclusiones generales**

Después de haber realizado un proceso investigativo extenso, se puede llegar a la conclusión de que el uso del programa realizado que mediante el proceso de convolución permitirá incrementar en la capacidad de distinguir entre técnicas de microfónica estéreo, para estudiantes relacionados con el audio así como para profesionales que se desenvuelven en el medio; debido a que el programa tiene muy poca variación o nula en el resultado de la simulación del posicionamiento estéreo de los micrófonos.

#### **6.1.2 Conclusiones específicas**

- Al realizar un análisis de cómo es el posicionamiento adecuado para obtener los mejores resultados en el proceso de captación estereofónica, se asegura que el usuario tenga una herramienta nueva y de alta calidad para incrementar su capacidad auditiva sobre técnicas estéreo.
- Una vez obtenidas las muestras con alta calidad sonora, interpretativa e instrumental; se puede concluir que estos factores son de gran importancia para obtener una calidad de alto nivel que sirva para la programación del sistema de software donde se realiza una manipulación de la señal.
- Una vez que se tienen las muestras de alta calidad sonora, se procede a realizar el proceso de convolución entre una muestra monofónica y una respuesta de impulso que representa la técnica estéreo; para así combinadas tenga como resultado una muestra “estereofónica” de alta calidad sonora.
- Al realizar la comparación entre las muestras originales y las muestras convolucionadas; se puede determinar que el usuario no siente una

diferencia auditiva entre el posicionamiento estéreo, lo que indica que el programa es óptimo para su entrenamiento estéreo.

- La interfaz que se presenta en el programa es de fácil acceso, e interactivo mediante el uso de *leds*, botones y *faders*; además de títulos aclarativos que facilitan aún más el manejo de la interfaz.
- El usuario a quien está destinado el programa, es en general para todos los profesionales del audio que deseen incrementar su capacidad de entrenamiento auditivo; alumnos que tengan conocimiento de las técnicas estereofónicas y que de manera similar deseen incrementar su capacidad auditiva.

### **6.1.3 Conclusiones técnicas**

Las conclusiones siguientes se presentan de acuerdo al orden en el cual se realizó el proyecto de tesis.

#### **6.1.3.1 Conclusiones de la etapa de muestreo**

- El principal factor determinante en la etapa de muestreo fue la gran cantidad de micrófonos que se necesitaban para tratar de abarcar la mayor cantidad de muestras posibles y que el músico que las interpretaba no se sienta fatigado en la grabación de las muestras finales. Por ello se debe concluir que es necesario tener una gran gama de micrófonos disponibles para la captación de múltiples técnicas estereofónicas a la vez, sobre todo parejas de micrófonos.
- Ya que las técnicas estéreo se emplean en la mayoría de los casos para dar “cuarto” o en inglés “*room*” a las muestras de almacenamiento, fue determinante la adecuación de la sala en el proceso de captación de la respuesta impulsiva que daría la característica de técnica estéreo más que de una característica de sala; es por ello que se debe concluir que una sala adecuada para el proceso es necesaria para obtener alta calidad.

- Como se mencionó la calidad sonora además de depender de su intérprete e instrumentación también depende de un elemento de la cadena electroacústica importantísimo, el micrófono. Por ello se concluye que para tener muestras de alta calidad es necesario tener micrófonos que tengan una respuesta de alta calidad también.
- Para un buen almacenamiento de las muestras es necesario obtener un nivel óptimo de captación, lo cual presentó una dificultad al momento de almacenar la respuesta de impulso generada por un globo, ya que la calibración de nivel debía ser inmediata; por lo que fue necesario repetir varias veces las tomas de las respuestas de impulso a fin de obtener una señal con buen nivel y sin saturación.

#### **6.1.3.2 Conclusiones de la etapa de diseño y programación**

- Este proyecto de titulación está desarrollado en Max- MSP, debido a que es un software especializado a la manipulación de señales de audio (MSP) y procesos matemáticos como convolución (Max), que es lo que se realiza en este proyecto. Además de su capacidad para realizar interfaces interactivas al usuario que permita un manejo con parámetros sencillos y fáciles de manejar; es por ello que se considera a la plataforma Max/MSP el software indicado para la realización del software.
- El desarrollo de la interfaz fue pensado para seguir un orden desde izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, a manera de lectura; lo cual permite a cualquier usuario que tenga conocimientos de manipulación básica de un computador el acceso fácil para el manejo; por ello se determina que la interfaz desarrollada es adecuada e interactiva.
- El proceso de convolución y manipulación de señales que se presenta en el programa, es de alta calidad de conversión y manipulación por lo que se concluye que Max-MSP presenta mayor facilidad para la programación y manipulación de señales de audio.

### 6.1.3.3 Conclusiones de le etapa de implementación y ejecución

- Como se observa en las figuras desde la 61 hasta la 71, la variación estéreo es nula o muy poca; es decir que el proceso de convolución está funcionando adecuadamente al combinar la característica monofónica que presenta la muestra y la convierte a estéreo.
- La variación en tímbrica que existe entre las muestras originales y convolucionadas como se observa en las figuras desde la 61 hasta la 71; es debido a que las características propias de los micrófonos seleccionados alterando así la respuesta de frecuencia característica de la señal original monofónica y respuesta de impulso.
- Se concluyó que el ser humano no puede realizar un reconocimiento espectral debido a la gran demanda capacitiva que debe realizar en este proceso cuantitativo.
- El parámetro con un criterio de “Muy poca variación” o de “No existe variación” más elevado; es el parámetro de posicionamiento estereofónico como se puede observar desde las figuras 61 hasta la 71; esto quiere decir que el proceso de emulación estereofónico está funcionando de manera casi imperceptible.
- Se llegó a la conclusión que para poder realizar una convolución “óptima” sin intervención de la respuesta característica de un micrófono las muestras tanto musicales como respuestas de impulso deberían ser grabadas en una sala anecóica con micrófonos que tengan una respuesta plana en su totalidad; pero que incluso así la respuesta de impulso dará una variación en el espectro de la señal resultante al tener esta una característica natural propia de la respuesta.

- Los resultados de la encuesta presentan que más del 80 % de los encuestados encontraron que la variación entre la muestra original y la convolucionada presenta en una escala del 1 al 5; siendo la votación más elevada el número 2, la cual representa “Muy poca variación”, seguido de número 3 “ Hay variación” y luego el número 1 “No existe variación”. Lo que indica que el programa presenta una estructura con un 82 % a favor de 77 encuestados especializados en el estudio del audio.
- Las PDH realizadas que se presentan desde la figura 72 hasta la 96; representa poblacionalmente que el sistema de emulación mediante software tiene un alto rendimiento y es de muy alta calidad también; siendo comprobado este procedimiento hipotético mediante la prueba de hipótesis de distribución binomial.
- A pesar de presentar los valores más altos en la proporción de personas conectoras de audio en las figuras 90,92 y 93; aún así la evaluación de la PDH dio un resultado favorable hacia el proceso de emulación.

## **6.2 Recomendaciones**

- Debido a que es un programa especializado en el entrenamiento de muestras estéreo se recomienda que el usuario realice el entrenamiento en monitores semi-profesionales o profesionales para obtener un resultado más alto; esto no quiere decir que el programa no se puede emplear con altavoces caseros.
- Ya que la aplicación presenta el uso de varios recursos del sistema se recomienda cerrar ventanas y aplicaciones para su mejor desempeño.

- En el caso de que llegara a existir algún problema con la aplicación, como por ejemplo falta de sonido o mala respuesta de *faders*, se recomienda reiniciar la aplicación.
- Para evitar confusiones en la reproducción se recomienda tener únicamente una muestra de audio reproduciéndose a la vez; es decir puede ser: mono, estéreo o convolucionada. Esto se puede controlar por medio de los *faders* correspondientes a cada una de las secciones mencionadas.
- Es una aplicación ejecutable pensada para sistemas operativos de computadoras Apple.
- Si se desea realizar nuevamente la encuesta presentada en el trabajo, se recomienda realizarla dentro de un ámbito sin ruido de cualquier índole y además de estar posicionado correctamente dentro del *sweet spot*.
- Si se desea realizar el procedimiento de encuesta nuevamente se recomienda conseguir la mayor cantidad de profesionales encuestados como sea posible.
- Para un desempeño óptimo de la aplicación se recomienda tener una computadora con las siguientes características:
  - Procesador de 2 GHz.
  - 256 MB de RAM.
  - Espacio libre en el disco duro de 2 GB.
  - Salida de auriculares estéreo.
  - iOS x 10.6.1
  - 112 MB libres en el disco para la instalación de la aplicación.

## Referencias.

1. Ader, C. (1887). *Th du Moncel*. Paris-Francia.
2. AKG ACOUSTICS GMBH. (2012). *Specifications*. Recuperado el 19-06-2012 de [http://www.akg.com/site/products/powerslave,id,1129,nodeid,2,\\_language,EN,view,specs.html](http://www.akg.com/site/products/powerslave,id,1129,nodeid,2,_language,EN,view,specs.html)
3. AKG ACOUSTICS GMBH. (2012). *Specifications*. Recuperado el 19-06-2012 de [http://www.akg.com/site/products/powerslave,id,759,pid,759,nodeid,2,\\_language,EN,view,specs.html](http://www.akg.com/site/products/powerslave,id,759,pid,759,nodeid,2,_language,EN,view,specs.html)
4. Arango, M. (sf) *Teoría de Micrófonos*. Recuperado el 14-03-2012 de <http://www.ingenieriadesonido.com/upload/Teoria%20y%20Practica%20de%20Microfonos%20parte%201.pdf>
5. Bagnell, Juan C. (2012). *THE RAMBLINGS OF SOME AUDIO GUY*. Recuperado el 14-03-2012 de <http://someaudioguy.blogspot.com/2012/01/cascade-microphones-fat-head-ii-ribbon.html>
6. Ballou, G. (1988). *Handbook for Sound Engineers*. Indianapolis-Indiana: Pryor Associates & Sara Black.
7. Bartlett, B. (2006). *Stereo Microphone Techniques*. Recuperado el Fecha 20-03-2012 de [http://www.deltamedia.com/resource/stereo\\_microphone\\_techniques.html](http://www.deltamedia.com/resource/stereo_microphone_techniques.html)
8. Benvenuti, Juan C. (2006). *Tipos de micrófonos*. Recuperado el 14-03-2012 de <http://www.cetear.com/cap02microfonos.pdf>
9. Chavéz, M. (2011). *Sensibilidad y Respuesta de Frecuencia de micrófonos*, Quito-Ecuador.
10. Clockworker. (2012). *Vergessene Technik: Das Theatrophon*. Recuperado el 20-03-2012 de <http://clockworker.de/cw/2011/05/25/vergessene-technik-das-theatrophon/>
11. Cycling 74. (2012). *History and Background*. Recuperado el 08-04-2012 de [http://cycling74.com/support/faq\\_max4/#1](http://cycling74.com/support/faq_max4/#1)
12. Cycling 74. (2012). *MSP Tutorial*. Recuperado el 09-04-2012 de <http://www.cycling74.com/docs/max5/tutorials/msp-tut/mspintro.html>

13. Cycling 74. (2012). *Video with Jitter*. Recuperado el 10-04-2012 de <http://cycling74.com/products/max/video-jitter/>
14. Definición.de. (2012). *Definición de Absoluto*. Recuperado el 09-04-2012 de <http://definicion.de/absoluto/>
15. DeVere, S. (2010). *Recording in Pro-Tools. (Week Two)*. Recuperado el 20-03-2012 de <http://svere.wordpress.com/2010/09/>.
16. Doctor Proaudio. (2008). *Micrófonos. Patrones de captación*. Recuperado el 19-03-2012 de <http://www.doctorproaudio.com/doctor/temas/ref-cardioid-cardiode.shtml>
17. Duiops. (2009). *Impedancia*. Recuperado el 19-03-2012 de <http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/impedancia.htm>
18. Everest, F. (2001). *The Master Handbook of Acoustic*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
19. Garrison, M. (sf). *6 Stereo Miking Techniques You Can Use Today*. Recuperado el 21-03-2012 de [http://www.co-bw.com/Recording\\_Logic\\_Miking\\_Techiniques.htm](http://www.co-bw.com/Recording_Logic_Miking_Techiniques.htm)
20. Gibson, D. (1997). *The Art of Mixing*. Auburn Hills-Michigan: Editor George Petersen.
21. Hass, J. (2010). *Chapter Five: Digital Audio*. Recuperado el 10-04-2012 de [http://www.indiana.edu/~emusic/etext/digital\\_audio/chapter5\\_sample.shtml](http://www.indiana.edu/~emusic/etext/digital_audio/chapter5_sample.shtml)
22. ISP Música. (2008). *Mediciones, Respuesta de Frecuencia*. Recuperado el 14-03-2012 de <http://www.ispmusica.com/articulo.asp?id=898>
23. Kioskea.net. (2008). *Lenguajes de programación*. Recuperado el 07-04-2012 de <http://es.kioskea.net/contents/langages/langages.php3>
24. Laboratorio De Procesado De Imagen. (2006). *Micrófonos*. Recuperado el 14-03-2012 de [http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_04\\_05/io8/public\\_html/microfonos.htm](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io8/public_html/microfonos.htm)
25. Laboratorio De Procesado De Imagen. (2006). *Transductores Básico*. Recuperado el 15-03-2012 de [http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_02\\_03/micros\\_altavoces/microfonos\\_2.htm#CINTA](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_02_03/micros_altavoces/microfonos_2.htm#CINTA)

26. Lange, A. (2002). *Marcel Proust, Amateur De Theatrophone*. Paris-Francia. Edición: SEDES.
27. Maningo, E. (2012). *Ear Training Development Exercises for Mixing & Mastering Engineer*. Recuperado el 03-04-2012 de <http://www.audio-recording.me/ear-training-development-exercises-for-mixing-mastering-engineer.html>
28. Miles, D. y Runstein R. (2005). *Modern Recording Techniques*. New Orleans L.A.: Focal Press.
29. Miyara, F. (2003). *Acústica y Sistemas de Sonido*. Rosario-Argentina: Editora de la Universidad Nacional de Rosario.
30. Orientaciones Para La Educacion Del Niño Con Deficiencia Auditiva. C.N.R.E.E. (2009). Recuperado el 03-04-2012 de <http://orientauditivos.files.wordpress.com/2009/11/estimulacion-auditiva.pdf>
31. Owsinski, B. (1999). *The Mixing Engineer's Handbook*. Oakland-California: Editor Malcom O'Brien.
32. Owsinski, B. (2005). *The Recording Engineer's Handbook*. Oakland-California: Editor Mike Lawson.
33. Place, T. y Lossius, T. (2006). *Jamoma: a modular standard for structuring patches in max*. Recuperado el 09-04-2012 de <http://www.jamoma.org/papers/jamoma-icmc2006.pdf>
34. Schmidt-Jones, C. (2011). *Ear Training*. Recuperado el 03-04-2012 de <http://cnx.org/content/m12401/latest/>
35. SOS Group. (1997). *Stereo Microphone Techniques Explained, Part 1*. Recuperado el 20-03-2012 de [http://www.soundonsound.com/sos/1997\\_articles/feb97/stereomiking.html](http://www.soundonsound.com/sos/1997_articles/feb97/stereomiking.html)
36. SYA. (sf). *Técnicas de Microfonía Estéreo*. Recuperado el 20-03-2012 de [http://www.sonidoyaudio.com/sya/vp-tid:2-pid:13-tecnicas\\_de\\_microfonia\\_estereo.html](http://www.sonidoyaudio.com/sya/vp-tid:2-pid:13-tecnicas_de_microfonia_estereo.html)
37. Teyssier Ramírez, L. A. (2009). *Reverberación por convolución utilizando un fpga*. Recuperado el 10-04-2012 de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/teyssier\\_r\\_la/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/teyssier_r_la/capitulo2.pdf)

38. Train Your Ears. (sf). *Coming Soon*. Recuperado el 24-04-2012 de <http://www.trainyourears.com/products/coming-soon/>
39. Virtual-Sound. (sf). *Sound Synthesis with Max/Msp* Recuperado el 08-05-2012 de [http://www.virtual-sound.com/en/index.php?option=com\\_content&view=article&id=79&Itemid=131](http://www.virtual-sound.com/en/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=131)
40. Zúñiga, X. (2010). *Diseño y Programación de una aplicación de técnicas de microfonía para conjuntos de instrumentos de cuerdas*. Quito-Ecuador: Tesis UDLA.

## Anexos

### 8.1.1 Glosario

**Audio.**\_ Representación eléctrica del sonido.

**Bang.**\_ Término empleado para denotar el gatillo de un mensaje en Max/MSP.

**Bounces.**\_ Archivo de audio, tipo .aiff o .wav que es generado por una estación de trabajo digital de audio (DAW).

**Convolución.**\_ Proceso matemático mediante el cual a partir de dos funciones, se crea una tercera la cual tendrá características de ambas señales.

**Crosstalk.**\_ Del término en inglés, que significa efecto de la intermodulación es decir la percepción de una señal ajena a la deseada por un efecto determinado.

**DAW.**\_ De las siglas en inglés Digital Audio Workstation; es un software de grabación, manipulación, y modificación específicamente de audio. Algunos de estos programas tienen la capacidad de manipular video también.

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

**Fuente sonora.**\_ Término empleado para denominar a un generador de sonido.

**Full range.**\_ Conjunto de altavoces que cubre un rango de frecuencias entre 40; 80 – 14; 16k [Hz] aproximadamente.

**Hz.**\_ Símbolo de expresión de frecuencia, 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.

**Intensidad.**\_ Energía sonora que atraviesa una superficie por unidad de tiempo y unidad de área.

**Interfaz gráfica.**\_ Medio mediante el cual se puede comunicar un usuario con una máquina, computadora, software; está interfaz comprende todos los puntos necesarios para establecer comunicación. Suelen ser fáciles de entender y manejar.

**Led.\_** (En Max/MSP).Pequeña luz interactiva o estática que se enciende o se apaga con un mensaje determinado.

**mA.\_** Abreviatura de miliamperio.

**Match pair.\_** Del inglés pareja idénticas. Término empleado para denotar una pareja de micrófonos de características iguales.

**Max/MSP.\_** Es un lenguaje de programación basado en objetos conectados por medio de redes. Es un software que está dividido en tres secciones según se requiera. Max que está enfocado en la sección matemática, MSP sección de audio y Jitter que está enfocado para manipulación de video.

**Mezzoforte.\_** Término italiano empleado para indicar al músico que la interpretación es medio fuerte.

**MIDI.\_** Musical Instrument Digital Interface. Protocolo estándar industrial que define cada nota musical de forma precisa permitiendo que los distintos instrumentos musicales electrónicos y las computadoras puedan intercambiar información musical entre ellos.

**Muestra de audio.\_** Fragmento sonoro que se va a grabar, o a analizar.

**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.

**Nivel de presión sonora.\_** 20 veces el logaritmo de una presión incidente sobre una presión de referencia, 20 micro pascales. Se expresa en dB.

**NPS.\_** De las siglas de Nivel de Presión Sonora.

**Off-axis.\_** Fuera del eje frontal del micrófono.

**Pair match.\_** En español se refiere a la pareja de micrófonos empleados para una técnica estereofónica en la cual se debe tener micrófonos de características iguales.

**Respuesta impulsiva.\_** Muestra de audio que se empleará para realizar el proceso de convolución siendo esta muestra la que dará la característica de la técnica estereofónica.

**Ruido rosa.\_** Señal cuya densidad espectral disminuye con la frecuencia. Tiene la particularidad de que su energía es la misma en cada banda de octava.

**Sample.\_** En español se refiere a muestra de audio.

**Sistema horn-driver.**\_ Sistema con corneta y altavoz que cubre un rango de frecuencias entre 500 – 20 k [Hz] aproximadamente.

**Sonido.**\_ Perturbación de las moléculas del aire debido a la vibración generada en una fuente, que se transmite por este medio hasta llegar a un receptor u oyente.

**Squakers.**\_ Altavoz que cubre un rango de frecuencias entre 250 – 3k; 5k [Hz] aproximadamente.

**Subwoofer.**\_ Altavoz que cubre un rango de frecuencias entre 20 – 80, 200 [Hz] aproximadamente.

**Super tweeters.**\_ Altavoz que cubre un rango de frecuencias entre 3k; 5k – 25k [Hz] aproximadamente.

**Sweet spot.**\_ Área dentro del estudio donde no existen reflexiones primarias, únicamente sonido.

**Triggers.**\_ Son disparadores de sonido recibidos que superan un umbral, de una compuerta establecida.

**Triple fortissimo.**\_ Término italiano empleado para indicar al músico que la interpretación es tres veces muy fuerte.

**Tweeters.**\_ Altavoz que cubre un rango de frecuencias entre 1k – 16k; 18k [Hz] aproximadamente.

**Woofers.**\_ Altavoz que cubre un rango de frecuencias entre 50 – 800, 2k [Hz] aproximadamente.

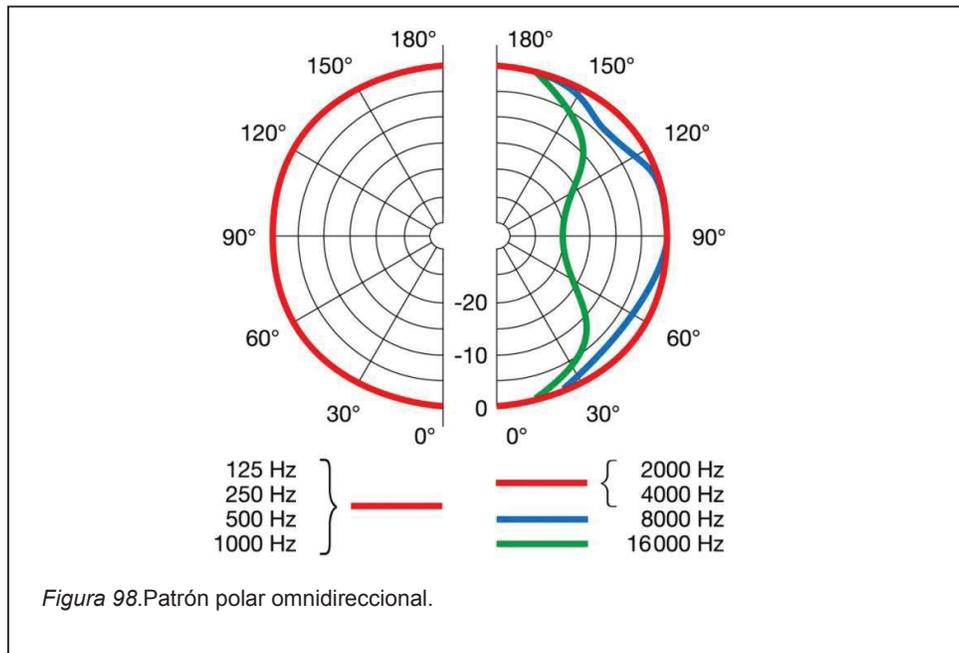
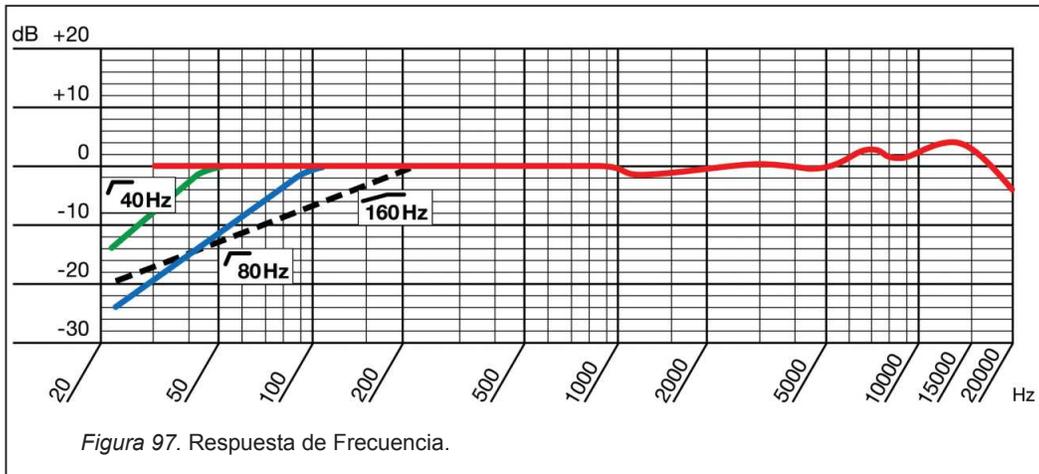
**XML.**\_ siglas en inglés de eXtensible Markup Language. Permite definir la gramática de lenguajes específicos de programación.

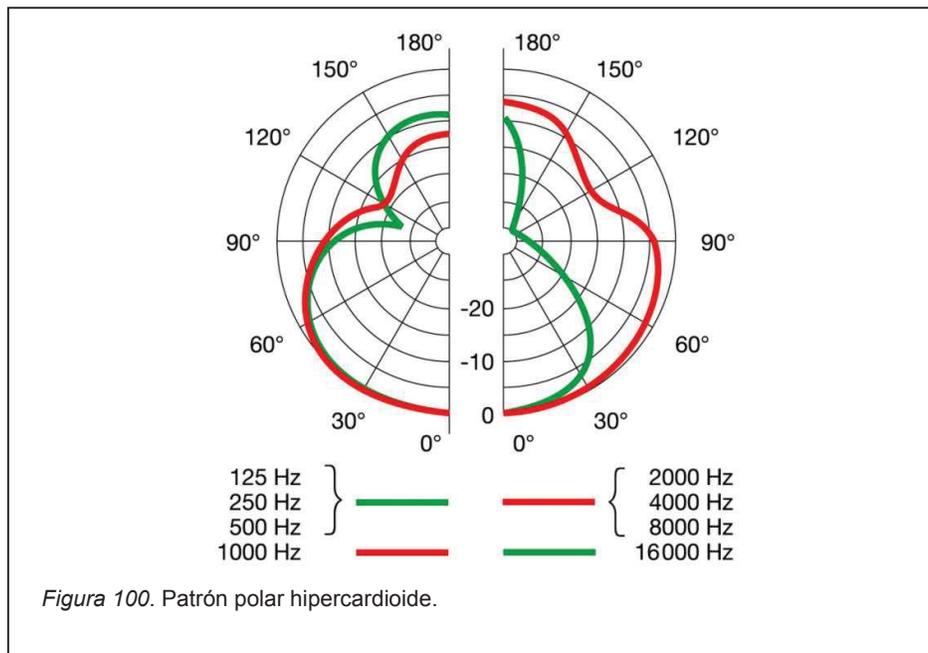
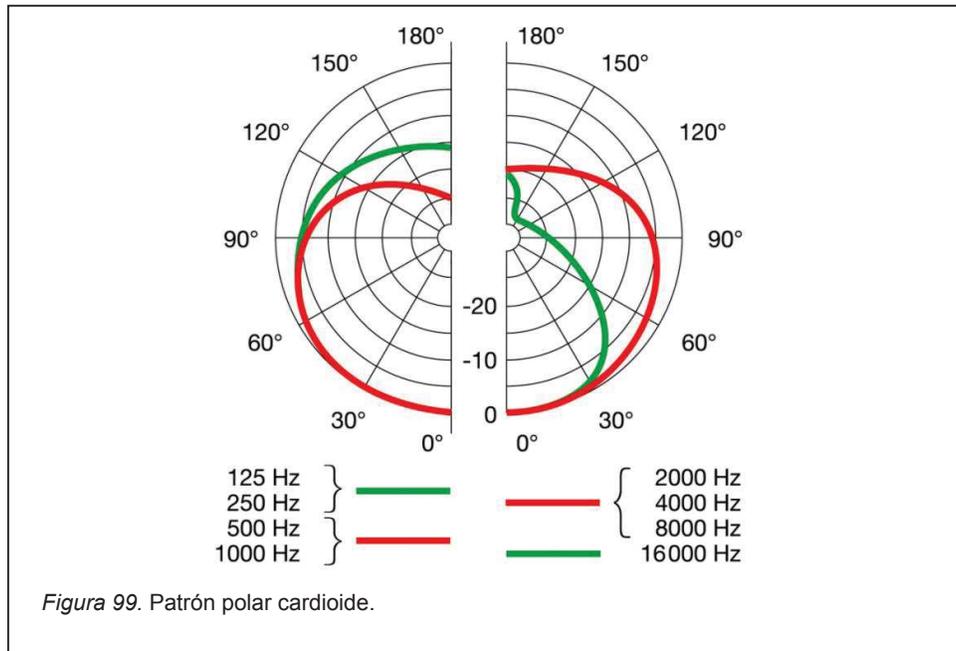
## 8.2.1 Especificaciones de los micrófonos.

### AKG C 414 XL-II

Tabla 11  
Descripciones Técnicas AKG C 414 XL II.

<b>Patrón polar</b>	Omnidireccional, subcardioide, cardioide, hipercardioide, figura ocho
<b>Sensibilidad</b>	23 mV/Pa (-33 dBV) $\pm$ 0.5 dB
<b>Max. NPS</b>	200/400/800/1600 Pa = 140/146/152/158 dB (0/-6/-12/-18 dB) for 0.5% THD
<b>Nivel de Ruido Equivalente</b>	6 dB-A (0 dB preatenuación) (IEC 60268-4)
<b>Relación señal/ruido</b>	88 dB
<b>Pad de atenuación</b>	6 dB, -12 dB, -18 dB, variable
<b>Filtro pasa altos</b>	12 dB/octava a 40 Hz and 80 Hz; 6 dB/octava a 160 Hz
<b>Impedancia</b>	$\leq$ 200 ohms
<b>Impedancia de Carga recomendada</b>	$\geq$ 2,200 ohms
<b>Voltaje de suministro</b>	48 V phantom power to IEC 61938
<b>Corriente de consumo</b>	Aprox. 4.5 mA
<b>Rango dinámico</b>	134 dB min.
<b>Conector</b>	3-pin XLR (pin 2 hot)
<b>Dimensiones</b>	50 x 38 x 160 mm / 2 x 1.5 x 6.3 in
<b>Peso neto</b>	300 g / 10.6 oz
<b>Patente</b>	Electrostatic transducer (patents nos. AT 395.225, DE 4.103.784, JP 2.815.488, US 7,356,151)





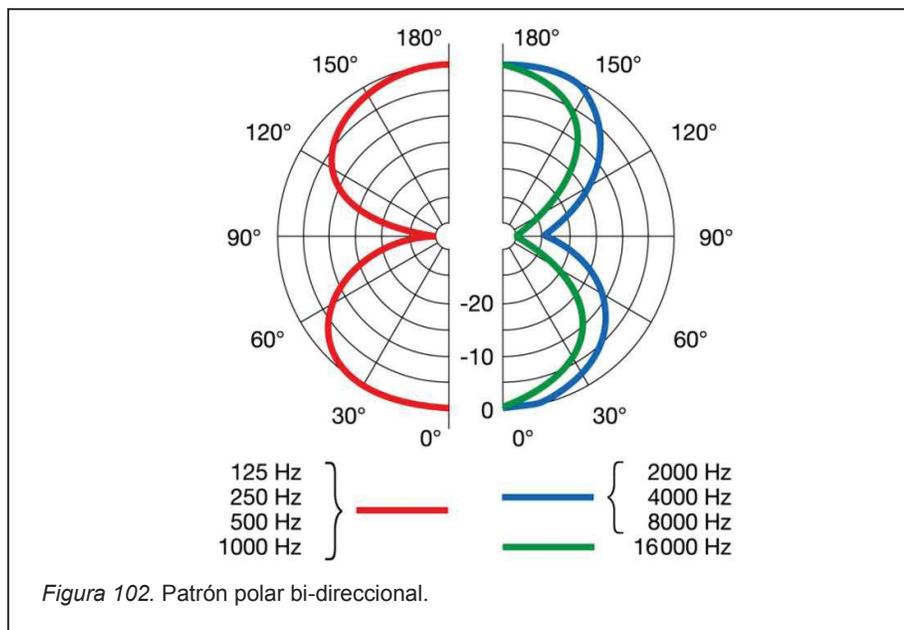
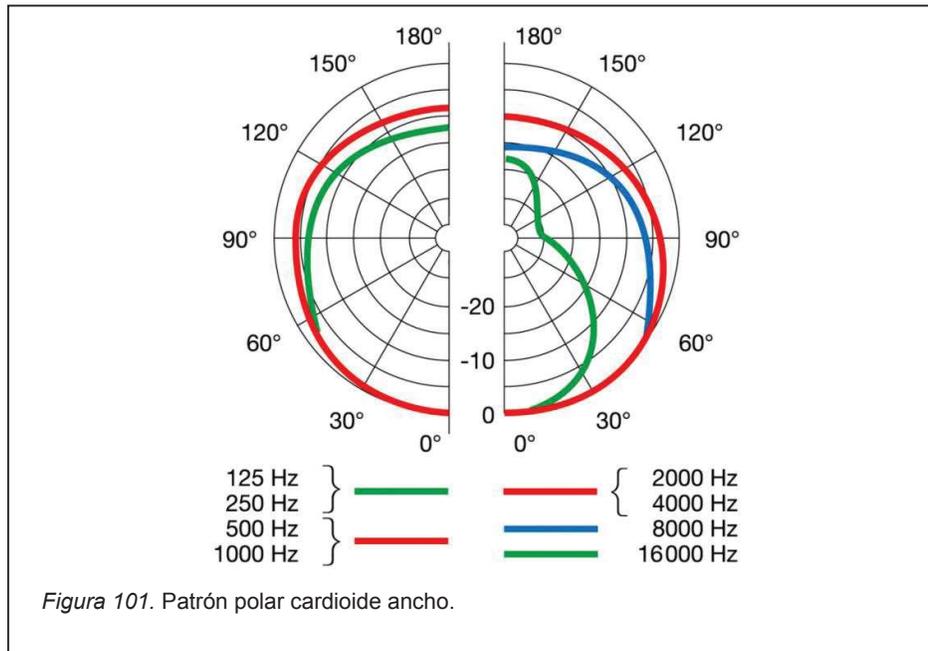




Figura 103. Panel frontal del micrófono.



Figura 104. Panel posterior del micrófono.

**AKG C 1000s**

Tabla 12  
Especificaciones de AKG C 1000s.

<b>Patrón polar</b>	Cardioide, (hipercardioide con adaptador PPC 1000).
<b>Sensibilidad</b>	6 mV/Pa (-44 dBV)
<b>Max. NPS</b>	137 dB 1% THD
<b>Nivel de Ruido Equivalente</b>	32 dB (CCIR 468-3)
<b>Relación señal/ruido</b>	73 dB
<b>Impedancia</b>	200 ohms
<b>Impedancia de Carga recomendada</b>	$\geq 2000$ ohms
<b>Voltaje de suministro</b>	9 to 52 V phantom power to IEC 61938 O batería interna de 9 V
<b>Corriente de consumo</b>	Aprox. 2 mA
<b>Rango dinámico</b>	118 dB min.
<b>Conector</b>	3-pin XLR (pin 2 hot)
<b>Dimensiones</b>	34 dia. x 220 mm / 1.4 dia. x 8.7 in
<b>Peso neto</b>	320 g / 11.3 oz
<b>Patente</b>	Electrode support for condenser transducer (Patent no. AT 392.182, DE 4.021.661)

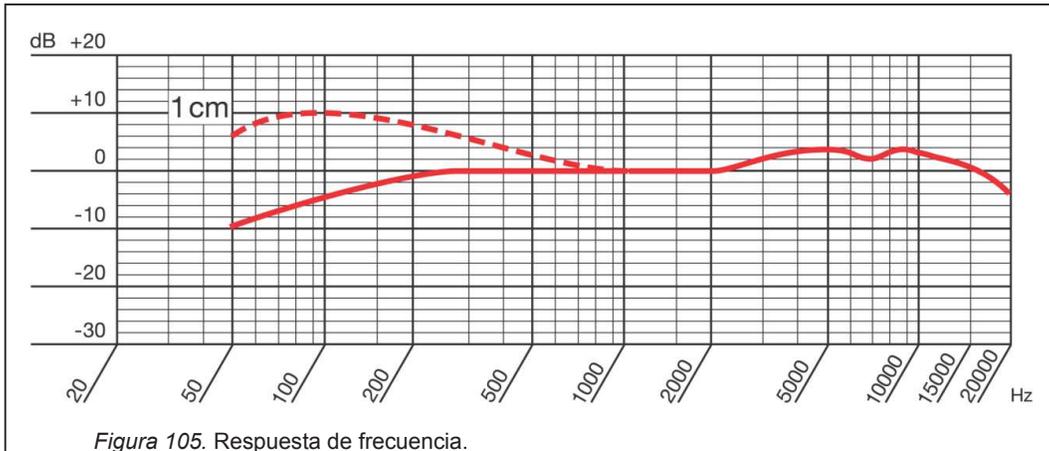


Figura 105. Respuesta de frecuencia.

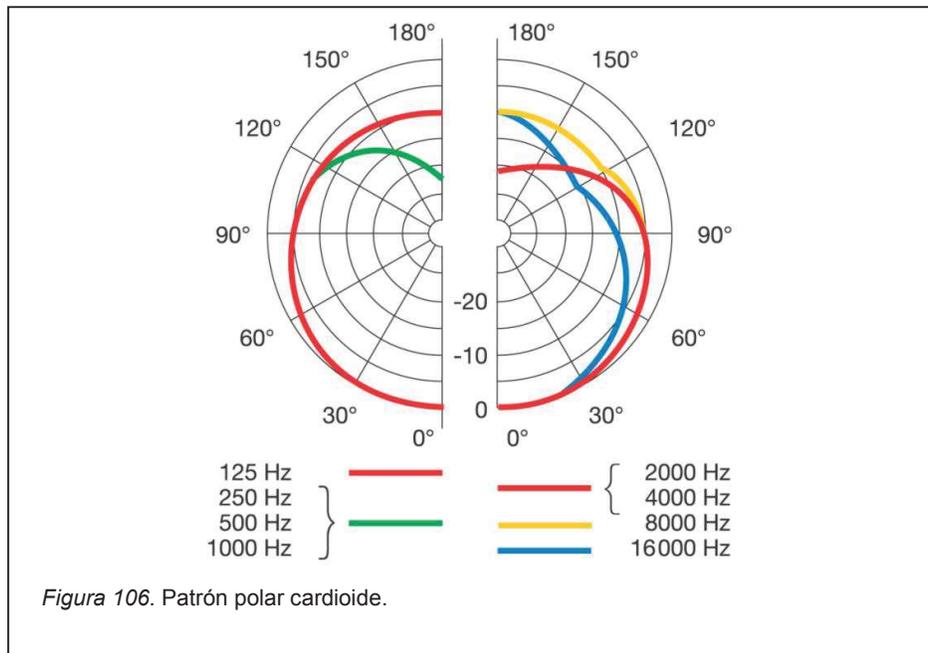


Figura 106. Patrón polar cardioide.

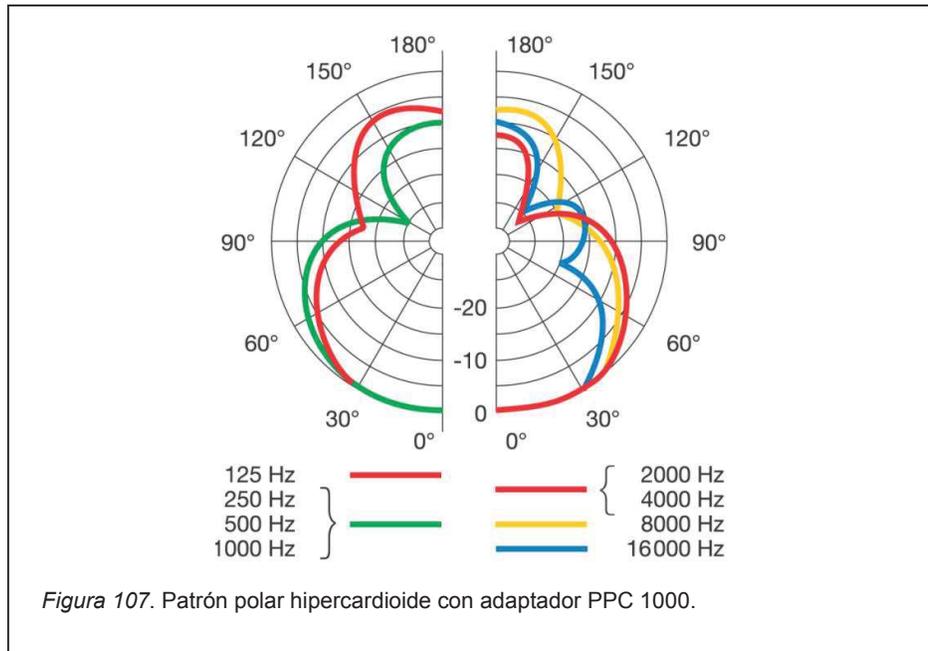




Figura 109. Panel frontal AKG C 1000s.

## 8.2.2 Imágenes de la sesión de grabación.

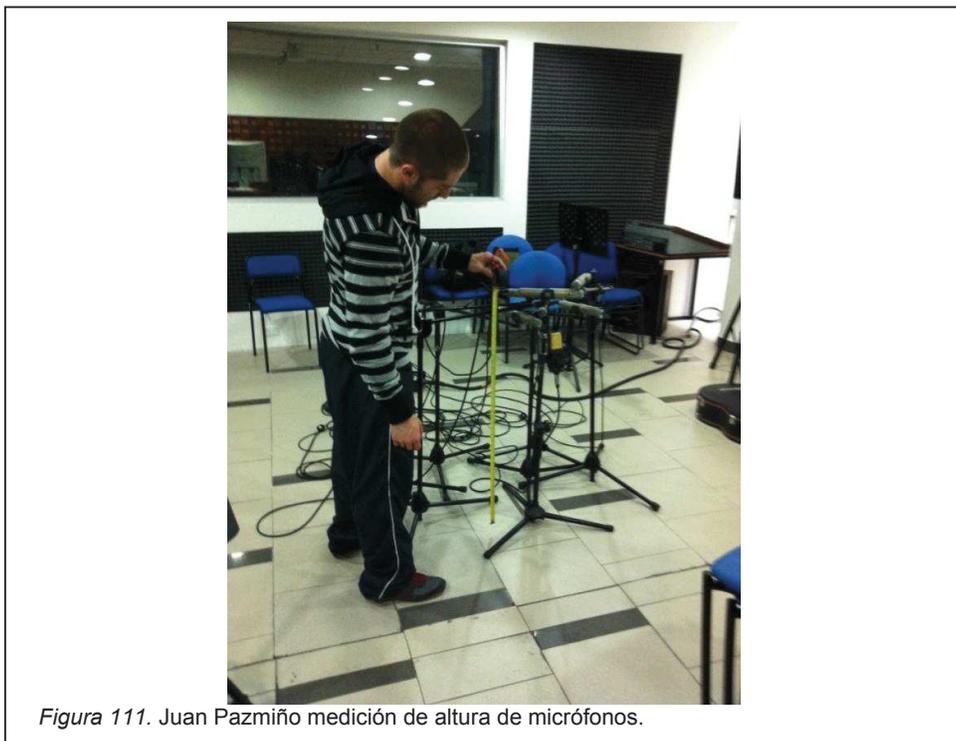
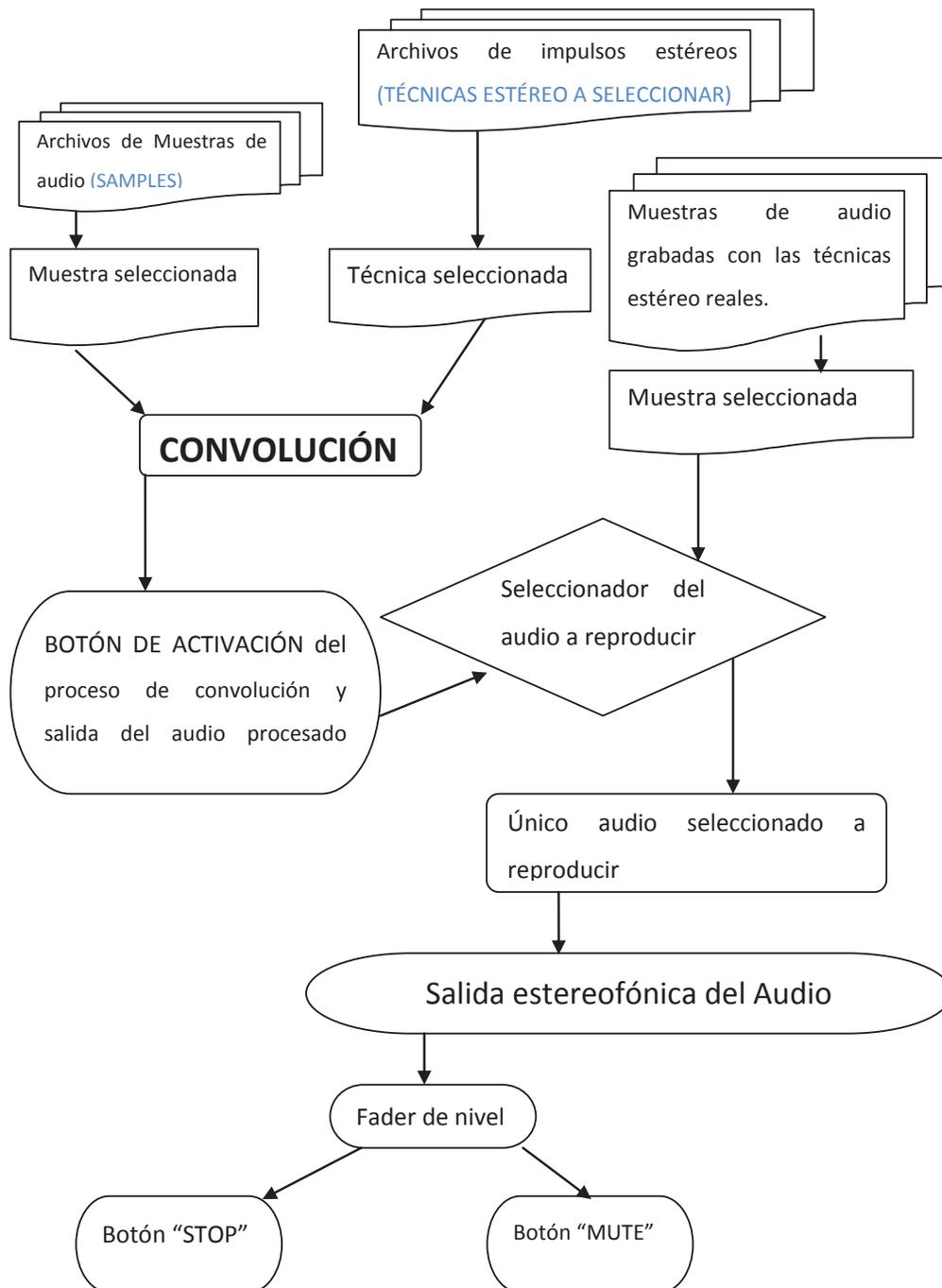
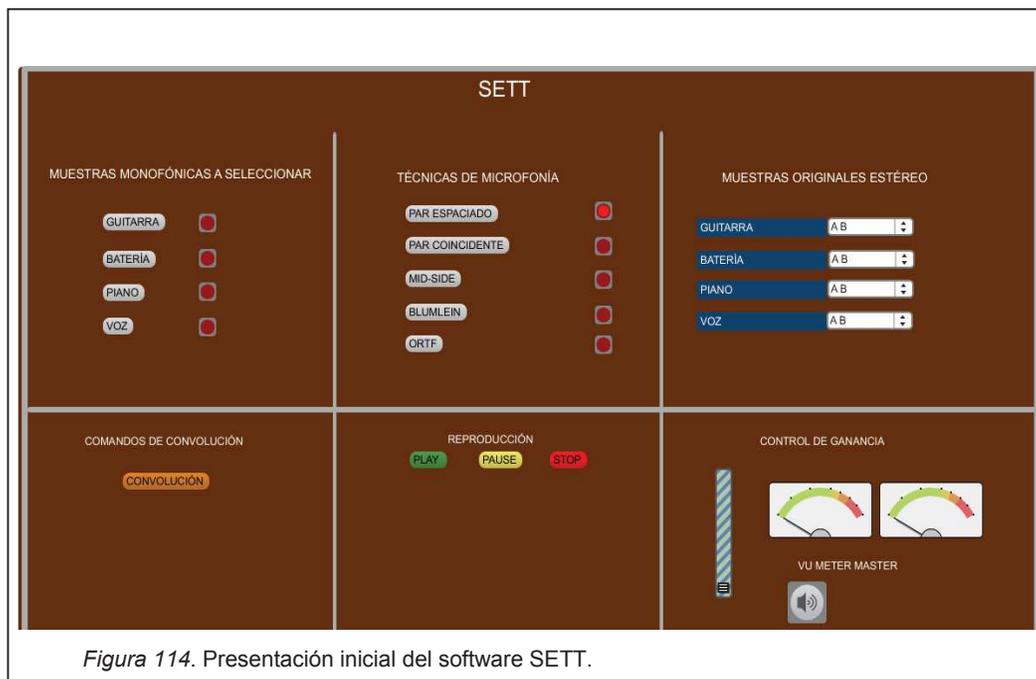




Figura 112. Músico André Pazmiño en la colaboración de la muestra de la respuesta de impulso.

### 8.2.3 Imágenes del programa





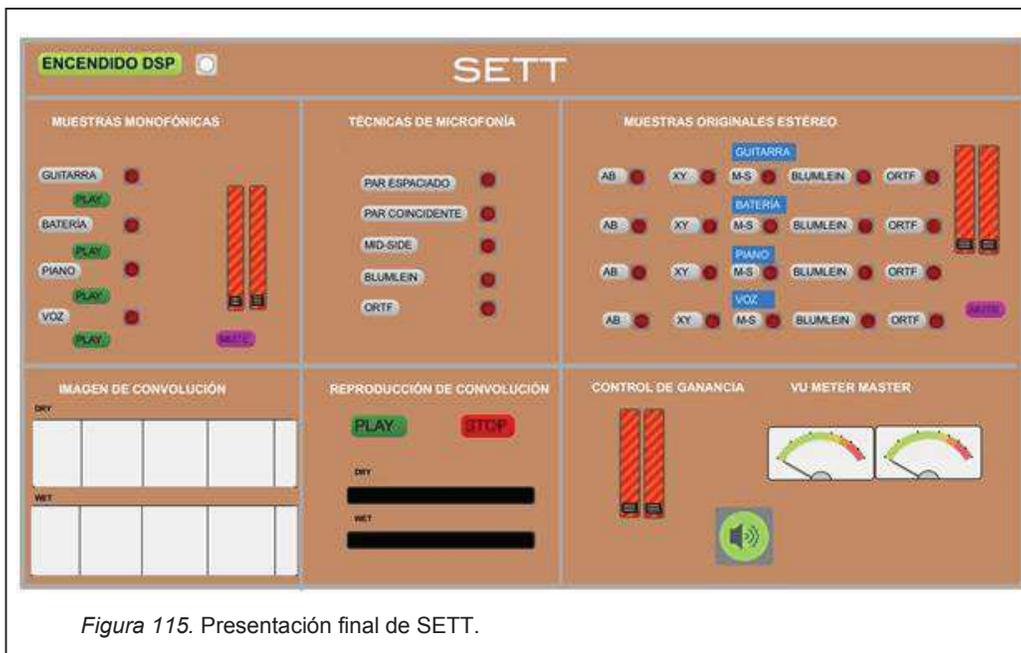


Figura 115. Presentación final de SETT.

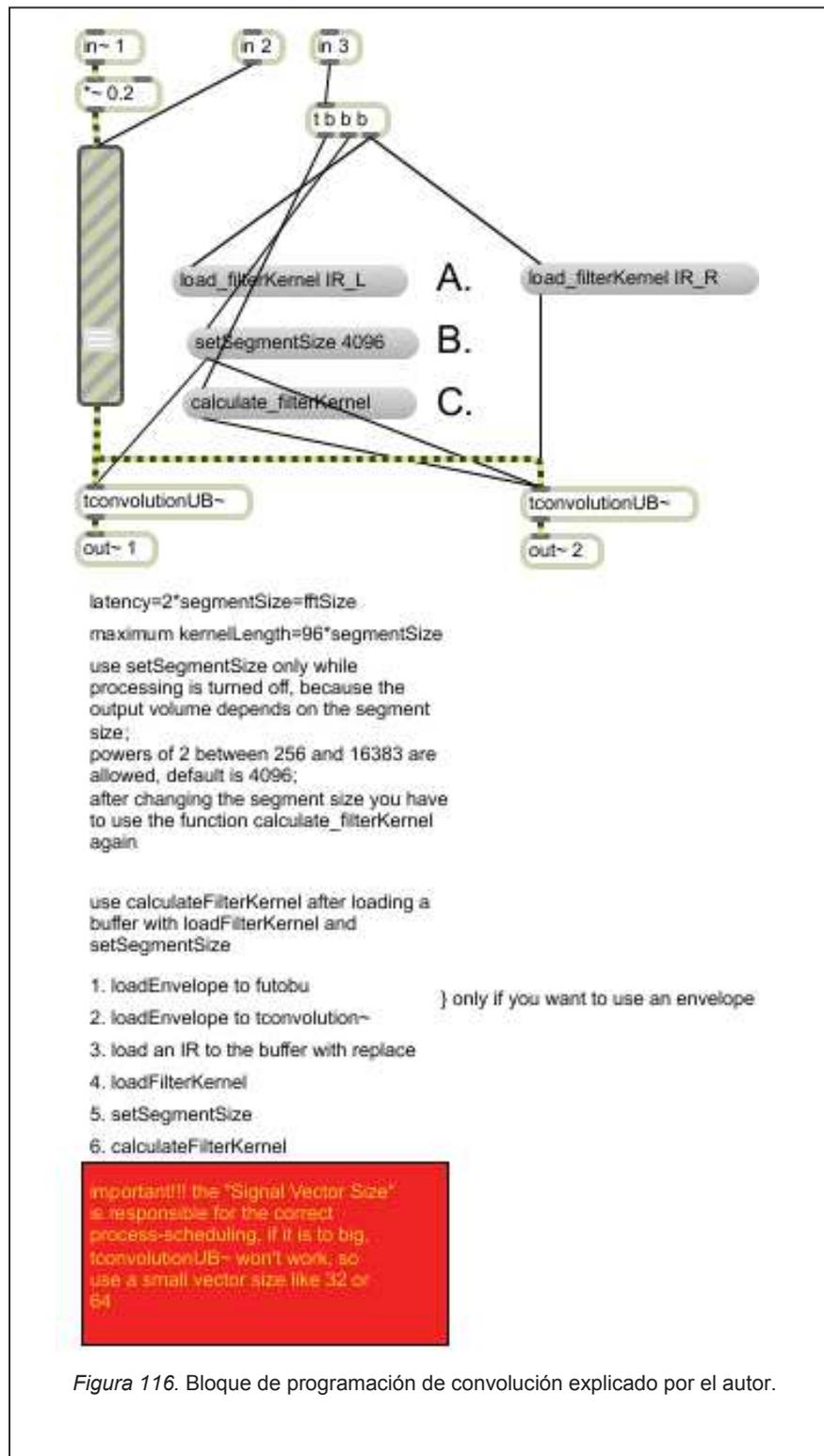


Figura 116. Bloque de programación de convolución explicado por el autor.





### **8.2.5 Líneas de programación**

Debido a que es un extenso listado de comandos, se anexó las líneas de programación al disco de contenidos anexo en un documento de Word llamado "líneas de programacion.docx".