

FECHA	4-06-2010
-------	-----------

NÚMERO RA	
PROGRAMA	Ingeniería de Sonido

AUTOR (ES)	FORERO, Santiago y RUIZ, Julián
TÍTULO	APLICACIÓN DE LA TÉCNICA BINAURAL "IN EARS" PARA LA ELABORACIÓN DE UN AUDIOLIBRO PROFESIONAL DE LITERATURA COLOMBIANA MEDIANTE EL DISEÑO DE BANDA SONORA

PALABRAS CLAVES	<ul style="list-style-type: none">• Binaural• Grabación• In Ears• Audiolibro• Banda Sonora• Medición• Ecualización• ITD• ILD• HRTF• Paisajes Sonoros• Foleys• Encuesta Subjetiva• Sonido 3D
-----------------	--

DESCRIPCIÓN	Este proyecto se basa en las mediciones de las funciones de transferencia de la cabeza de un individuo para el posterior ajuste de estas funciones a las funciones de transferencia estándar por medio de ecualización, con el fin de aplicar la técnica de grabación binaural "in ears" en la elaboración de un audiolibro de la literatura colombiana mediante el diseño de la banda sonora buscando que el comportamiento del efecto tridimensional que se produce pueda ser apreciado por la mayoría de oyentes.
-------------	--

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	<ul style="list-style-type: none">• GRANTHAM, Wesley. Spatial hearing and related phenomena en: Handbook of Perception and Cognition, Second Edition. London, UK. 1995, p. 312.• FERNANDEZ, Federico y MARTINEZ, José. Manual básico de lenguaje y narrativa audiovisual. Ed. Paidós. 1999.
------------------------	--

- GARDNER, Bill y MARTIN, Keith. HRTF Measurements of a KEMAR Dummy-Head Microphone MIT Media Lab May, 1994. <http://sound.media.mit.edu/resources/KEMAR.html>
- HUOPANIEMI, Jyri. Virtual Acoustics and 3D Sound in Multimedia Signal Processing. Helsinki: University of Technology. Department of Electrical and Communications Engineering; 1999. 189 p.
- RUMSEY, Francis y McCORMICK Tim. Sound and Recording: An Introduction. Oxford: Focal Press, 2006. 553 p.
- GIORGI, Henry Fabián y MORENO, Javier Ricardo. Implementación en Tiempo Real de Modelos de Sonido Binaural dentro de un sistema Integrado de Imagen y Sonido. Trabajo de Grado Ingeniería Electrónica. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana. 2005.
- CARDOZO, Mayra. Empleo de técnicas de grabación para emulación de tridimensionalidad en una aplicación estereofónica. Trabajo de grado Ingeniería de sonido. Bogotá D.C. Universidad San Buenaventura. 2008.
- ARENAS, Fabián y QUISHPI, Santiago. Desarrollo de una Producción Musical Basada en la Comparación de Cuatro Técnicas que Simulan Captura Binaural. Trabajo de Grado Ingeniería de Sonido. Bogotá D.C. Universidad San Buenaventura, 2009.
- BALLOU, Glen, "Handbook for Sound Engineers ", SAMS, 1991.
- BARTI Roberto. y ORDOYO Fabiola., Comparación entre las técnicas binaural y estéreo para la localización de fuentes en el espacio 3D Tecnicacústica, Barcelona marzo 2000.
- BEGAULT, Durand R., "3-D Sound for virtual reality and multimedia ", AP Professional, Academic Press, Inc.,California, 1994.
- BUXTON, Gaver & Bly., "Psychoacoustics" MIT, 2002.
- FONTANA S., Farina Angelo y Grenier Y., Binaural For Popular Music: A Case Of Study, Universidad de Parma Italia, Junio 2007.
- HUMES, Larry E., Fundamentos de Audiología manual moderno, P. 92, 2003.
- JAKKA, Julia. Binaural to Multichannel Audio Upmix, Helsinki University Of Technology, Junio de 2005.

- MOYA, Antonio J., *Sonido 3D Ingeniería Acústica*, Granada España, 2008.
- RUMSEY, Francis., *Spatial Audio*, Oxford Inglaterra, Focal Press, 2001.
- TSAKOSTAS, Christos, *Binaural Simulation applied to standard stereo audio signals aiming to the enhancement of the listening experience*, HOLISTIKS, Atenas Grecia, 2004.
- BLAKE, Edwin y VERWEY Johan. *3D Sound for Virtual Environments.*, Department of Computer Science, University of Cape Town, 2008
- GARDNER, William. *3D Audio and Acoustic Environment Modeling*, Ph.D. Wave Arts, Inc. March 15, 1999
- BRAASCH, Jonas. *Communication Acoustics*, Springer, Holanda, 2005.

NÚMERO RA	
PROGRAMA	Ingeniería de Sonido

CONTENIDOS	<p>CALIBRACIÓN DEL SISTEMA IN EARS Se calibran los micrófonos binaurales "in ears" para optimizar y garantizar la obtención de resultados</p> <p>MEDICIÓN DE ITD, ILD Y HRTF Se miden los parámetros ITD, ILD y HRTF según los métodos utilizados por las mediciones de referencia y otros autores con los micrófonos colocados en un individuo y se obtienen gráficas que muestran los resultados obtenidos por parte de las mediciones para un posterior análisis.</p> <p>DISEÑO DE BANDA SONORA Se hace una lista con todos los elementos de la banda sonora a convenir en el trabajo a realizar, los foleys, los ambientes, la música y las voces. Se hace toda la planeación de donde se va a grabar todo, cómo y en qué momento.</p> <p>GRABACIÓN y EDICIÓN Se procede a grabar todos los elementos de la banda sonora tomando de referencia la grabación de la voz que permita una posterior edición y una guía de tiempo junto con el guión ilustrado de la obra. Luego se editan los audios dejando lo mejor de cada toma en el tiempo requerido y se ajustan ganancias.</p> <p>MEZCLA Se aplican procesos generales de ajustes de ganancia y compresión para obtener un balance general de todos los canales y elementos presentes. Una vez realizado esto se aplica la ecualización para ajustar la respuesta de los oídos del individuo a la respuesta de un Dummy head profesional, se hacen automatizaciones y ajustes generales de los audios en el tiempo.</p> <p>POST PRODUCCIÓN Se optimiza el producto, definiendo el nivel de intensidad general, la compresión y limitación, un excitador armónico y una reverberación maestra para que quede listo para la masterización y su posterior reproducción.</p> <p>DISEÑO Y APLICACIÓN DE PRUEBA SUBJETIVA (ENCUESTA) Se diseñan dos tipos de encuesta que según la muestra tienen grupos de población distintos, el primer grupo conformado por personas invidentes y no invidentes y el segundo grupo por ingenieros de sonido. Todo con el fin de evaluar la respuesta y el comportamiento de la técnica desde el punto de vista afectivo y desde el punto de vista cuantitativo</p>
------------	--

NÚMERO RA	
PROGRAMA	Ingeniería de Sonido

METODOLOGÍA	
<p>1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>El enfoque de la investigación es de tipo empírico analítico, ya que el mayor interés es la aplicación de la técnica grabación de binaural "in ears" al producto y la parte ingenieril del mismo, que a su vez va a ser plasmada en un audiolibro, logrando que los futuros ingenieros de sonido de Hispanoamérica, tengan un buen antecedente sobre un trabajo de esta categoría.</p> <p>La línea de investigación de la Universidad de San Buenaventura para este proyecto es Tecnología actual y sociedad ya que lo que se busca es a partir de una tecnología en desarrollo y crecimiento, demostrar lo que ésta es capaz de hacer en otros campos diferentes a lo que fue concebido, aparte de esto también se encuentra enfocado a un público que hace parte de la sociedad, relacionada con la sublínea de Sistemas de Información y Comunicación, porque se manejará durante su producción una señal desde su medición, grabación, manipulación, edición, mezcla y montaje.</p> <p>El proyecto corresponde al campo temático de grabación y producción, por ser un proyecto de comunicación del texto al oyente basado en la grabación binaural del ser humano, fundamentado en principios de producción y manipulación del audio.</p> <p>2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</p> <p>Los datos de esta tesis fueron recolectados de diferentes fuentes para tener mayor objetividad sobre la hipótesis planteada, tomando como base estudios realizados por otros sobre el tema plasmados en: libros, tesis, artículos y documentos en general, y fuentes primarias llevadas a cabo dentro del proyecto.</p> <p>Fuentes Primarias</p> <p>Se realizaron mediciones de los parámetros a tratar en el proyecto con el fin de analizarlas y compararlas con las realizadas previamente por expertos. Esta información fue vital en los procesos de grabación y mezcla del audiolibro, para ajustar las grabaciones con la técnica "in ears" al resultado que se obtiene al grabar con una cabeza Dummy head profesional.</p> <p>Fuentes Secundarias</p> <p>Como otras fuentes de información para la parte teórica e incluso la práctica, se ha tomado como referencias, varios estudios sobre el tema en su mayoría documentos de internet, libros electrónicos o e-books y libros convencionales, presentaciones de powerpoint e incluso otras tesis. Estas fueron las bases para la planeación, desarrollo y consecución de las fuentes primarias.</p> <p>3. POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Para realizar la encuesta se contó con una muestra de 30 personas. Esta muestra se basa en el muestreo por conglomerados de tipo intencional donde la extracción de muestra y su tamaño para ser representativa se valora de forma subjetiva). Para la muestra seleccionada se optó por un grupo de 10 personas invidentes y otro de 10 personas del común y 10 Ingenieros de sonido,</p>	

que se pueden juzgar aleatoriamente y al azar como representantes típicos de su población y que permiten evaluar este tipo de sensaciones auditivas.

4. HIPÓTESIS

Con base en la técnica de grabación binaural "in ears" y la implementación de un diseño de una banda sonora, es posible lograr la estimulación de la percepción acústica del oyente en cuanto al realismo de un audiolibro, simulando la respuesta en frecuencia que tiene una cabeza Dummy Head profesional.

5. VARIABLES

Variables Independientes

Para lograr la calidad en el desarrollo de este proyecto, es muy importante verificar el tipo de micrófonos in ears, su desempeño y el máximo provecho que se pueda obtener de ellos para la realización del audiolibro, como por ejemplo la respuesta en frecuencia pretendiendo imitar la respuesta de una cabeza Dummy head profesional.

Variables Dependientes

El resultado de este proyecto gira en torno a dos variables, la calidad sonora que se podrá obtener a partir de la técnica de grabación binaural "in ears" y el proceso de realización de una banda sonora, diciendo con esto que el producto siempre estará ligado a la correlación existente entre lo imaginativo y lo audible para el oyente.

CONCLUSIONES

En primera instancia se realizaron las mediciones de los parámetros ITD, ILD y HRTF, con los métodos utilizados comúnmente para este tipo de mediciones por profesionales en el tema. A partir de la calibración del sistema se realizaron las mediciones y se obtuvieron unos resultados similares a los propuestos por el MIT, validando así las mediciones hechas para ésta tesis.

Las leves variaciones obtenidas por las mediciones hechas para esta tesis y las del MIT, difieren teniendo en cuenta que en Colombia no se cuenta con una cámara Anecóica para realizarlas, por lo que se buscó recrear un ambiente en las condiciones más ideales posibles para este fin. Cabe anotar que estas variaciones están dadas por múltiples factores tales como: el lugar de medición, condiciones atmosféricas, la anatomía del sujeto de prueba y su vestimenta, entre otros.

Al revisar las gráficas (mediciones del referencia y las realizadas para la tesis) se notó que en ambas la respuesta se muestra a partir de 400Hz, esto se debe a que en las frecuencias más graves la información no varía mucho y resulta irrelevante, como es sabido, esto se da porque las frecuencias graves no poseen casi diferencia interaural por su longitud de onda y dependen más del nivel de intensidad arrojado por la fuente con la señal MLS generada, por lo que en el rango de frecuencias bajas se comporta de forma plana.

En la realización del audiolibro se encontró que la técnica binaural es muy útil cuando se pretende dar al oyente una perspectiva auditiva en primera persona, esto porque le permite al oyente personificar y situarse en el entorno que se está simulando, dado que la técnica tiene como característica principal capturar los sonidos según la posición del mismo oyente.

Al momento de la ecualización se notó que al intentar aplicarla a los diferentes ambientes, esta no tenía una incidencia representativa en el efecto binaural que proporciona la técnica, porque estos al ser un conjunto de fuentes simultáneas, no permiten la ecualización individual de cada una de estas ya que se encuentran repartidas en diferentes puntos del espacio.

Durante el montaje final en el proceso de ecualización, se percibió que al realzar los brillos, se resaltaron las características del sonido binaural, esto sucede porque las funciones de transferencia presentan gran variación y contienen gran cantidad de información en las frecuencias altas lo que permite identificar más fácilmente los sonidos en el espacio.

Al analizar y comparar el comportamiento de la técnica binaural en las dos poblaciones se llegó a la conclusión de que la técnica fue efectiva para estas dos, puesto que en algunos ambientes se comportó mejor para la población de personas invidentes porque tienen este sentido más desarrollado; sin embargo para la población vidente también se comportó muy bien, ya que los resultados esperados fueron positivos en muchos aspectos sonoros.

En la encuesta realizada a profesores ingenieros de sonidos y estudiantes que están cursando actualmente el último semestre de Ingeniería de Sonido, se encontró que aplicando la técnica binaural "in ears" se logra tener una percepción de varios aspectos psicoacústicos donde se incluyen la claridad, el realismo, la viveza, la espacialidad, la calidez y la complicidad. Los cuales fueron evaluados y generaron el impacto de tridimensionalidad y realismo esperado en la mayoría de oyentes así como se muestra en las valoraciones dadas anteriormente, donde los únicos parámetros más bajos fueron los de viveza y calidez, relacionados con la presencia de bajas frecuencias y la reverberación natural de cada ambiente.

Finalmente es posible lograr la estimulación de la percepción acústica del oyente en cuanto al realismo y las sensaciones acústicas en el espacio tridimensional de un audiolibro, aplicando la técnica binaural "in ears" tal como lo demuestran los resultados, lo cual funciona para la mayoría de oyentes al simular la respuesta en frecuencia de una cabeza Dummy head profesional, por medio del ajuste que se hace mediante ecualización.

**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA BINAURAL “IN EARS” PARA LA
ELABORACIÓN DE UN AUDIOLIBRO PROFESIONAL DE LITERATURA
COLOMBIANA MEDIANTE EL DISEÑO DE BANDA SONORA**

**SANTIAGO FORERO MANCERA
JULIÁN DAVID RUIZ SALGADO**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTA D.C.
2010**

**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA BINAURAL “IN EARS” PARA LA
ELABORACIÓN DE UN AUDIOLIBRO PROFESIONAL DE LITERATURA
COLOMBIANA MEDIANTE EL DISEÑO DE BANDA SONORA**

**SANTIAGO FORERO MANCERA
JULIÁN DAVID RUIZ SALGADO**

PROYECTO DE GRADO

**Asesor
Ing. Carlos Andrés Cabas Vanegas**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTÁ D.C.
2010**

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a nuestros padres, quienes con su apoyo incondicional contribuyeron para que alcanzáramos este logro. También a Mario Mancera quién generosamente nos cedió los derechos del cuento “Nunca Termina el Círculo” y nos brindó consejos durante todo el proceso, igualmente a nuestro asesor por todos sus aportes.

Queremos también agradecer la valiosa colaboración de Fernando Ruiz, Fernando Salgado, Fernando Castaño, Diana Carolina Chiquiza, demás personas y familiares quienes aportaron sus conocimientos para el desarrollo y culminación del proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	8
1.5.1 Alcances.....	8
1.5.2 Limitaciones.....	8
2. MARCO DE REFERENCIA.....	9
2.1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	9
2.1.1 Sonido 3D.....	9
2.1.2 Holofonía.....	10
2.1.3 Escucha Binaural.....	11
2.1.4 Parámetros Psicoacústicos para la Localización del Sonido.....	13
2.1.4.1 ITD (Interaural Time Difference).....	13
2.1.4.2 ILD (Interaural Level Difference).....	15
2.1.4.3 HRTF (Head Related Transfer Functions).....	16
2.1.4.4 Cono de Confusión.....	17
2.1.5 Técnicas de Grabación Binaural.....	18
2.1.6 Medición parámetros ITD, ILD y HRTF.....	21
2.1.7 Banda Sonora.....	27
2.1.7.1 Diálogo.....	28
2.1.7.2 Música.....	29
2.1.7.2.1 Música Diegética y no Diegética.....	30
2.1.7.3 Efectos de Sonido.....	31
2.1.7.3.1 Efectos de impacto.....	31
2.1.7.3.2 Foleys.....	31
2.1.7.3.3 El sonido Interno.....	32
2.1.7.3.4 El Sonido “On The Air”.....	33
2.1.7.3.5 Ambientes.....	33

2.1.7.3.6 Paisaje Sonoro.....	34
2.1.7.3.7 El Silencio.....	35
2.1.7.4 Planos Sonoros.....	35
2.1.8 Audiolibro.....	37
2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO.....	37
3. METODOLOGÍA.....	38
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	39
3.4 HIPÓTESIS.....	40
3.5 VARIABLES.....	40
3.5.1 Variables Independientes.....	40
3.5.2 Variables Dependientes.....	40
4. DESARROLLO INGENIERÍL.....	41
4.1 PRE – PRODUCCIÓN.....	41
4.1.1 Calibración y Medición.....	41
4.1.1.1 Medición HRTF, ITD e ILD.....	42
4.1.1.2 Software y Equipos.....	44
4.1.1.3 Descripción General.....	45
4.1.1.4 Procedimiento de Conexión.....	45
4.1.1.5 Detalles de la Medición.....	46
4.1.1.6 Resultados de la Medición.....	47
4.1.2 Diseño de Banda Sonora.....	58
4.1.3 Grabación.....	59
4.2 PRODUCCIÓN.....	66
4.2.1 Premezcla.....	66
4.2.2 Mezcla.....	68
4.3 POST PRODUCCIÓN.....	79
4.3.1 Masterización.....	79
4.3.2 Diseño y Realización de Encuesta Subjetiva.....	80
5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83
5.1 ENCUESTA A VIDENTES E INVIDENTES.....	84
5.2 ENCUESTA A INGENIEROS DE SONIDO.....	91
6. CONCLUSIONES.....	94
7. RECOMENDACIONES.....	97
ERRORES SISTEMÁTICOS.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	99
ANEXOS	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Valores de Diferencia de HRTF Para 330 Azimut a -30 de Elevación	69
Tabla 2 – Valores de Diferencia de HRTF Para 30 Azimut a 30 de Elevación...	73
Tabla 3 – Valores de Diferencia de HRTF para 0 Azimut a 30 de Elevación.....	74
Tabla 4 – Valores de Diferencia de HRTF para 330 Azimut a 30 de Elevación..	75
Tabla 5 - Calificaciones de las encuestas a ingenieros de sonido.....	94

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Pabellón auditivo ante la recepción del frente de onda y las reflexiones.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2 - Planos de referencia y ángulos de la cabeza con respecto al sistema auditivo....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3 - Gráfica de ITD en función del azimut (ángulo en el plano horizontal.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4 - Ejemplo de HRTF's medidas por IRCAM.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5 - Cabeza Binaural Neumann KU-100.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6 - Técnica Jecklin Disc.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7a - Dimensiones y configuración.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7b - Sistema Saas Crown Audio.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8 - Spin Off.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9 - Microfonos in ears.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 10 - Montaje de medición.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 11 - Calibración y medición.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 12 - Smart Live.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 13a - Generación de señal MLS.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 13b - Deconvolución.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 14a - Plano Horizontal.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 14b - Plano Vertical.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 14c - Plano de referencia y ubicación.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 15 - Conexión.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 16 - Método de lectura para parámetros ILD e ITD en ambos oídos.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 17 - Ángulo de incidencia ILD.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 18 - Ángulo de Posición.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 19 - Ventana de Edición-Premezcla.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 20 - Ventana de Mezcla-Premezcla.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 21 - Ventana de Edición-Mezcla.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 22 - Ventana de Mezcla-Mezcla.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 23 - Ventana de Mezcla y de Valores Para Ajustar en el Ecuador.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 24 - Ventana de Edición fragmento a Automatizar con el Ecuador.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 25a - Selección de Parámetros (bandas) a Automatizar.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 25b - Selección de Opción de Automatización de Parámetros.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 26 - Nivel de la automatización según la posición de la fuente en el tiempo.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 27 - Ajuste de automatización en el plugin para posición 30-30.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 28 - Ajuste de automatización en el plugin para posición 0-30.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 29 - Ajuste de automatización en el plugin para posición 330-30.....</i>	<i>78</i>

LISTA DE GRÁFICAS

<i>Grafica 1 - Medición 0-0.....</i>	<i>47</i>
<i>Grafica 2 - Medición 0-60.....</i>	<i>49</i>
<i>Grafica 3 - Medición 0-180.....</i>	<i>50</i>
<i>Grafica 4 - Medición 0-270.....</i>	<i>51</i>
<i>Grafica 5 - Médición 0-90.....</i>	<i>51</i>
<i>Grafica 6 - Médición 30-180.....</i>	<i>52</i>
<i>Grafica 7 - Médición 60-90.....</i>	<i>53</i>
<i>Grafica 8 - Médición 90-90.....</i>	<i>53</i>
<i>Grafica 9 - Médición- 30-0.....</i>	<i>54</i>
<i>Grafica 10 - ITD.....</i>	<i>57</i>
<i>Grafica 11 – ILD.....</i>	<i>57</i>
<i>Grafica 12 - Diferencia de curvas HRTF en dB</i>	<i>70</i>

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A1 - ENCUESTA A VIDENTES E INVIDENTES.....	101
ANEXO A2 - ENCUESTA A INGENIEROS DE SONIDO.....	102
ANEXO B - MEDICIONES HRTF.....	104
ANEXO C - ILUSTRACIONES DE ESCENAS.....	124
ANEXO D - FOTOS	130

ANEXO MAGNÉTICO

Audiolibro (escuchar con audífonos).

GLOSARIO

Ambiente: Conjunto de sonidos que evoca o envuelve una escena, situación o espacio, generalmente diegéticos, es decir, que ejercen una coherencia audiovisual inmediata con lo que está sucediendo en la pantalla.

Azimut: Ángulo de dirección con respecto al plano horizontal, donde 0° se considera al frente de la cabeza y va en sentido de las manecillas del reloj.

Banda Sonora: Es un conjunto de elementos sonoros que hacen parte de una producción bien sea fílmica, audiovisual (videojuegos, entornos de simulación, presentaciones, etc.), televisión o radio.

Binaural: Hace relación a la percepción del sonido con ambos oídos, dicha percepción se hace sobre la interpretación que tiene el cerebro de las señales y la transformación que tienen al llegar a cada oído

Campo Directo: Sonido proveniente directamente de la fuente, el cual no tiene contenido de reflexiones.

Cono de Confusión: Es el rango de espacio donde puede haber una confusión en la percepción de donde proviene el sonido, influyendo en ambigüedades de localización del sonido frontal ó trasera y ambigüedades de elevación.

Dummy Head: Es un prototipo de maniquí que consta de la cabeza y algunas veces del torso.

Foley: Los foleys son efectos de sonido que reemplazan los sonidos de ambiente y los efectos que se pierden cuando se doblan diálogos o se graban en directo por lo que deben realizarse durante el proceso de post-producción.

Holofonía: Es una imagen sonora que permite que, con tan sólo un sistema estéreo, el oyente pueda percibir sonidos desde diferentes distancias, alturas y todo tipo de ubicación, en tres dimensiones.

HRTF (head related transfer functions): Son funciones de transferencia de la cabeza que se basan en la transformación que sufre un sonido desde un punto en el espacio hasta la llegada de este al canal auditivo.

ILD (Interaural Level Difference): Diferencia de tiempo de nivel, es la diferencia de amplitud de la señal auditiva entre ambos oídos.

In Ears: Es una técnica de grabación binaural que consiste en tomar la cabeza real de una persona como Dummy head, donde los micrófonos van ubicados dentro de los oídos hasta antes del tímpano con el canal auditivo bloqueado, capturando así las filtraciones y respuestas reales que el ser humano percibe.

ITD (Interaural Time Difference): Diferencia de tiempo interaural, es la diferencia de tiempo de llegada de la señal auditiva entre los 2 oídos.

Música no Diegética (acusmática): Música escrita con el fin de ser grabada sin la posibilidad de ver la fuente sonora físicamente en la imagen, la cual surge sin que esté motivada desde dentro de la acción y se inserta en la banda sonora con el fin de conseguir unos determinados efectos estéticos o funcionales.

Música Diegética: Cuando la música surge de la misma acción se le conoce como música diegética o narrativa, realista y que procede de fuentes sonoras que pueden estar presentes en la pantalla.

Paisaje Sonoro: Es un sonido o un conjunto de sonidos combinados que se forma o surge de un ambiente de inmersión. El término "paisaje sonoro" también puede referirse a una grabación de audio o el rendimiento de los sonidos que crean la sensación de experimentar un entorno acústico especial, o composiciones creadas con los sonidos encontrados de un ambiente acústico, ya sea exclusivamente o junto con actuaciones musicales.

Plano Sonoro: Determina la situación, ya sea temporal, física o de intención de los distintos sonidos.

Sonido 3d: Significa crear o recrear artificialmente las señales auditivas que el oyente usa para determinar la ubicación de un sonido en un ambiente irreal.

Técnicas de Grabación Binaural: Son métodos de grabación de audio los cuales permiten establecer un ambiente tridimensional en cuanto al sonido como tal, y están enfocadas principalmente para que sean reproducidas a través de auriculares.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda del ser humano por capturar la realidad en cuanto a imagen y sonido para su posterior reproducción, favorece el desarrollo de diferentes técnicas y métodos que permiten acercarse a la percepción del realismo lo más fielmente posible.

Las técnicas de grabación binaural permiten crear un ambiente de tridimensionalidad en el sonido, ya que se basan en la forma como el ser humano percibe características de las fuentes sonoras tales como; el tiempo de duración (ITD), la intensidad (IID) y la ubicación en el espacio; teniendo en cuenta la anatomía y la respuesta en frecuencia del oído humano. En este caso, la técnica de grabación binaural “in ears” toma la cabeza de la persona como la cabeza Dummy head, adoptando características físicas humanas reales que influyen en la captación del sonido a través del oído humano.

Al grabar con la técnica binaural “in ears”, la captura depende de las características propias del sujeto con el que se vaya a realizar la grabación, haciendo que la apreciación del efecto binaural funcione mejor para dicho sujeto. Esto quiere decir que otras personas no perciben el efecto de la misma forma al ser reproducido, por este motivo, durante el desarrollo del proyecto, se realizaron diferentes mediciones con el sujeto de prueba que permitieran tener un patrón de ajuste para poderlas aproximar a las mediciones estándar proporcionadas por el MIT (Massachusetts Institute of Technology).

Una de las aplicaciones en donde se puede plasmar la grabación binaural “in ears” es el audiolibro, el cual ofrece diferentes posibilidades de introducir varios elementos sonoros que permiten apreciar las propiedades de la técnica. A diferencia de la música, el audiolibro es una obra de cierta forma interactiva basada en el texto escrito por el autor o los autores, donde se relata y se trata de recrear lo que el autor quiso plasmar en su libro.

Con el fin de complementar la percepción y estimulación auditiva del audiolibro, la banda sonora ayuda al oyente a identificarse con la trama, da fluidez al desarrollo de los acontecimientos, es muy eficaz como recurso para exponer situaciones sin explicación verbal, para introducir o culminar una exposición y para puntualizar una acción o para marcar una transición. Para el diseño de la banda sonora es muy importante trabajar los siguientes tres elementos principales: la música, las voces (narración y actuación) y los ruidos (foleys, efectos y ambientes).

En la producción de audiolibros hay un gran listado de obras realizadas, pero muy pocas las que cuentan con el empleo de nuevas tecnologías en el campo del audio, en este caso la aplicación de técnicas de grabación binaural, la implementación de banda sonora e incluso la participación de más narradores o actores que interpretan a los personajes principales del libro. Todo esto con el objetivo de crear un ambiente lo más real posible dentro del campo sonoro, haciendo sentir al oyente un efecto de espacialidad y realismo de la obra.

Los audiolibros son usualmente distribuidos en formatos de DVD, Compact Disc, cintas de Casete, formatos de audio digitales como el MP3, Windows media Audio (wma) y Ogg Vorbis entre otros. Gracias a los avances tecnológicos, dichos formatos son cada vez más pequeños dentro del mundo digital y es posible tenerlos y transportarlos en medios como los Ipod, reproductores de MP3, portátiles, teléfonos móviles, etc., permitiendo de esta manera un fácil acceso al mundo de la literatura y el aprendizaje de los usuarios, haciéndolo más práctico y entretenido.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

En la búsqueda del realismo en la reproducción del sonido, en los años 80's el argentino Hugo Zuccarelli realizó algunos experimentos con varias técnicas de grabación, utilizando cabezas de maniqués que simulaban las condiciones auditivas de la cabeza humana y colocando micrófonos en los orificios de los oídos de los maniqués, con el fin de poder crear una holofonía, creando así una de las primeras formas de tridimensionalidad en el sonido.

La industria musical ha tratado de introducir esta técnica pero no ha tenido la suficiente acogida en el medio, aunque si se adoptó por primera vez en algunas producciones discográficas tales como "The final cut" de Pink Floyd en 1983 por Hugo Zuccarelli más conocido por sus holofonías y demás grabaciones binaurales. A esto se le suma el trabajo desarrollado por dos precursores de esta técnica como lo son Chad Blake y Gordon Hempton en sus trabajos "Dawn Raga" de U Srinivas (1995), "Made in Sardinia" de Guesino Deiana (1997), "Kaira Naata" (1997) y algunas producciones discográficas de sonidos ambientales como: "A Symphony of Birdsong", "Earth Sounds", "New England Wilderness", la colección de "Sounds Of Nature" entre otros.¹

A principios del año 2000 fue cuando la técnica de grabación binaural se comenzó a volver más popular, como se ve reflejado en algunos tracks del álbum binaural de la agrupación Pearl Jam con la colaboración de Chad Blake, en algunas películas de DVD como "Monsters Inc.", también en la creación de nuevos paisajes sonoros y holofonías.

¹ En http://www.soundonsound.com/sos/1997_articles/dec97/tchadblake.html

Como punto de partida más claro y enfocado a este proyecto, existe un documento que elaboró Tecniacústica de Barcelona (España) con la colaboración de Robert Barti y Fabiola Ordoyo, donde se realiza la Comparación entre las técnicas binaural y estéreo para la localización de fuentes en el espacio 3D, que fue realizado en Marzo del 2000. En adición a esto y más recientemente, se encuentran los audiolibros “Escucha y cambia” de la autora Estella Durán, grabados también en formato 3D binaural y producidos en México por Librofonix en el 2008, como apoyo hipnoterapéutico.

En el ámbito local, la tesis de grado “Implementación en tiempo real de modelos de sonido binaural dentro de un sistema 3D integrado de imagen y audio” de los estudiantes Henry Giorgi y Javier Moreno de la Universidad Javeriana, realizada en el 2005, la cual consiste en la elaboración de espacios virtuales basándose en la tridimensionalidad tanto de la imagen como del sonido, donde el usuario logra una mejor ubicación espacial. También se encuentra más recientemente el proyecto de grado “Aplicación de técnica de grabación y mezcla binaural para audio comercial y/o publicitario” de Jorge Andrés Torres Viveros.

Actualmente existen otros proyectos desarrollados por algunos estudiantes de la Universidad de San Buenaventura como lo son: “Aplicaciones de la grabación binaural en el cine” por Alejandro Jaramillo, “Empleo de técnicas de grabación para emulación de tridimensionalidad en una aplicación estereofónica” por Mayra Cardozo, el “Desarrollo de una producción musical basada en la comparación de cuatro técnicas que simulan captura binaural” Fabián Arenas y Santiago Quishpi, y “Técnica binaural aplicada en cuentos e historias para invidentes” Por Raúl Moreno.

1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Cuando se incorporan técnicas de grabación binaural y se implementa banda sonora en un audiolibro, se requiere de un gran trabajo en la parte de planeación y producción del mismo, debido a los factores que hay que tener en cuenta para llegar a obtener las sensaciones de espacialidad y realismo, que van a enriquecer la percepción auditiva del oyente. Dentro de estos factores se contemplan las diferencias de tiempo interaural (ITD), las diferencias de nivel de intensidad (ILD),

las funciones de transferencia de la cabeza (HRTF), el análisis comparativo de las mediciones de estos parámetros que proporcionarán información adicional acerca de la percepción auditiva tridimensional, los espacios donde se realicen las capturas y la respuesta subjetiva al trabajo realizado.

La falta de hábitos de lectura, la disponibilidad de material audiovisual, la falta de tiempo y otros factores, han incidido significativamente en la disminución de la demanda de libros, por esta razón los audiolibros se han presentado como una solución alternativa para este problema, desafortunadamente los desarrollados hasta el momento carecen de realismo. ¿Cómo lograr mediante la técnica de grabación binaural “in ears”, la estimulación de la percepción acústica de realismo en el oyente, implementando un diseño de banda sonora a un audiolibro?

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el mundo real el sonido es escuchado espacialmente y es el factor principal dentro de un escenario de simulación. Es esencial tener en cuenta el sentido de la audición y su mecanismo de percepción si se quiere mejorar la calidad de la interacción humana y el realismo con el objeto de reproducción.

Para controlar las sensaciones auditivas del ser humano de una manera efectiva, se requiere examinar todos los aspectos de la sensibilidad al sonido (intensidad, respuesta en frecuencia, tiempo de respuesta), en conjunto con algunas propiedades físicas humanas reales, como la vibración ósea, el sonido interno del ser humano, el cabello, la dureza o suavidad de la piel, los huesos, las cavidades de aire internas y las dimensiones de los hombros. En este caso la técnica de captura binaural “in ears” se presenta como otra forma de explorar y comprobar los mismos resultados que ofrece una grabación binaural, utilizando un Dummy head profesional.

El efecto que produce la grabación binaural en conjunto con la implementación de una banda sonora, le permite al oyente apreciar los paisajes sonoros, emulando así un ambiente realista que resulte llamativo para éste, aumentando la percepción, comunicación y comprensión del texto narrado.

La grabación binaural ofrece una experiencia casi real en el momento de su reproducción por lo que la realización de un audiolibro sería la mejor forma de demostrar las diferentes posibilidades que se consiguen en cuanto a espacialidad (sonido 3D) y diseño de sonoro principalmente. La mayoría de audiolibros pueden resultar, en algunas ocasiones, monótonos y poco estimulantes para el oyente, debido a que carecen del enriquecimiento sonoro proporcionado por las diferentes técnicas de grabación existentes.

Es importante destacar que al utilizar las técnicas de captura binaural y la implementación de banda sonora, se puede generar mayor interés en el audiolibro, puesto que lo hace más recreativo y contribuye al desarrollo de la imaginación. Esto también permite fortalecer el desarrollo, profundización y perfeccionamiento de las técnicas binaurales como tal.

Cuando se escribe un libro, el interés del autor es poder dar a conocer su obra. El audiolibro se presenta como una opción, para que esta conocida por la mayor cantidad de personas posible, por lo cual este proyecto va dirigido a personas con discapacidades visuales y con limitaciones físicas, que presentan dificultades para la lectura de los libros, al igual que para personas que gustan de la lectura, pero que carecen del tiempo necesario para leerlos y personas que no tienen un hábito de lectura regular.

El audiolibro permite apreciar la obra mientras que la persona realiza otras actividades como: manejar un automóvil, transitar por la calle, hacer deporte, viajar, transportarse en un bus, algunos trabajos y otras actividades de esparcimiento que no requieren del uso de los cinco sentidos. De esta forma se puede disfrutar del libro sin tener que necesariamente leerlo, ahorrándole tiempo a la persona.

La grabación binaural es una alternativa en la que el ingeniero de sonido se puede desempeñar empleando todos sus conocimientos y aumentando la posibilidad de crear la necesidad de contar con un profesional especializado en ese tipo de trabajo.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Aplicar la técnica de grabación binaural “in ears” en la elaboración de un audiolibro con la implementación de un diseño de banda sonora.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Medir los parámetros: ITD, ILD y HRTF, una vez realizada la calibración del sistema “in ears”.
- Analizar los resultados obtenidos de los parámetros, para ecualizar la respuesta del HRTF obtenida y acomodarla a los estándares.
- Diseñar una banda sonora para el texto.
- Aplicar la técnica de grabación binaural “in ears” en: narración, paisajes sonoros y Foleys.
- Editar y mezclar las capturas realizadas para el desarrollo del audiolibro.
- Realizar el montaje final.
- Comprobar el comportamiento de la técnica binaural “in ears” a través de una encuesta subjetiva.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

- Masterizar el audiolibro logrando obtener un producto de buena calidad, óptimo para su consumo y aceptación en el medio.
- Con base en la aplicación de la técnica de grabación binaural “in ears”, contribuir al estudio y desarrollo de la misma, para que ésta tenga más acogida dentro del ámbito ingenieril y el mundo del audio.

1.5.2 Limitaciones

- Apreciación correcta a través de audífonos debido a que en los altavoces no se cumple el efecto 3D debido al crosstalk y las señales deben ser oídas separadamente por cada oído.
- Dificultad y demoras para obtener colaboración de entidades con equipos para las mediciones y con personal para la realización de encuestas subjetivas.
- Presupuesto, el cual sin ser un obstáculo puede ser una limitante del proyecto.
- Trámites y gestiones para reunir la muestra para la realización de la encuesta subjetiva.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1.1 Sonido 3D

El sonido tridimensional parte de la percepción espacial que tiene el oído y de la localización de las fuentes sonoras, no solo de las direcciones horizontales y verticales de un sonido sino también su distancia. El término “sonido 3D” significa crear o recrear artificialmente las señales auditivas que el oyente usa para determinar la ubicación de un sonido en un ambiente irreal.

La base para la producción de audio 3D yace en la imitación de señales necesarias para la audición espacial. Esto significa que las diferencias de tiempo y de nivel interaurales, más los cambios espectrales relevantes, necesitan estar presentes en una señal antes de que un sonido sea escuchado en una posición requerida.²

El sonido tridimensional 3D tiene la habilidad de posicionar los sonidos alrededor del oyente, haciéndolos provenir de puntos arbitrarios en el espacio y permitiendo a éste identificarlos en el mismo, así los sonidos estén siendo emitidos a través de altavoces o audífonos que están ubicados en un mismo punto, creando imágenes virtuales del sonido donde no hay altavoz.

Finalmente en la simulación acústica tres subsistemas deben ser modelados: la fuente sonora, el recinto y el oyente. La fuente sonora se especifica por sus características de directividad y respuesta en frecuencia; el recinto, por la

²PARKER, Simon, EBERLE, Geoffery, RUSSELL Martin y MCANALLY Ken Construction of 3-D Audio Systems: Background, Research and General Requirements. Australia: Defence Science and Technology Organisation. 2008, p. 7

respuesta impulsiva entre una fuente sonora y un receptor (varía con la ubicación de la dupla fuente-receptor) y el oyente, por las Respuestas Impulsivas de Cabeza (HRIR).³

2.1.2 Holofonía

El sistema holofónico fue descrito por Zucarelli en 1983 y usado en algunos proyectos a principios de los años 80's. La técnica parecía ser una alta y modificada técnica binaural, los resultados eran particularmente interesantes al ser oídos a través de auriculares, haciéndola capaz de producir localización sonora precisa; aunque las grabaciones no fueron tan convincentes al ser reproducidas a través de altavoces y por esto mismo esta técnica quedó dejada a un lado.

La holofonía se basa en un concepto muy similar a los hologramas tradicionales (imágenes planas que aparentan ser en tres dimensiones). Estos son creados al mezclar la luz reflejada de un láser con un segundo rayo que incide desde otro ángulo; el resultado es una trama de interferencia sobre el film. Luego, se lo expone nuevamente a luz con la misma longitud de onda, y de la trama emerge la imagen en 3D. Zuccarelli se preguntó si un proceso similar ocurriría en los oídos, y el descubrimiento fue sorprendente.

La holofonía es una tecnología sonora que permite que, con tan sólo un sistema estéreo, el oyente pueda percibir sonidos desde diferentes distancias, alturas y todo tipo de ubicación, en tres dimensiones. La teoría y práctica de Zuccarelli se basa en que los oídos procesan los sonidos entrantes en forma holográfica para descifrar su procedencia.

³ RAMOS Oscar, CALVO Goncal y TOMMASINI Fabián. Modelo Acústico De Cabeza Y Torso Mediante Análisis De Componentes Principales, Mecánica Computacional vol. 26. Argentina: 2007

2.1.3 Escucha Binaural

Como bien es sabido el ser humano posee dos oídos que le permiten escuchar los sonidos de forma estereofónica, sin embargo el término binaural hace referencia más exactamente a las señales que son grabadas o procesadas para representar determinadas características del sonido como la amplitud, la frecuencia y el tiempo de la presión sonora presente en los dos oídos⁴. La audición binaural procesa estímulos tanto dióticos (estímulos iguales para cada oído) y dicóticos (estímulos diferentes a cada oído). El concepto del proceso, desde el momento que el sonido llega a los oídos hasta la sensación percibida es llamada escucha binaural.

En lo concerniente a localización de fuentes sonoras, debido a su complejidad, el sistema auditivo del ser humano tiene como referencia algunos mecanismos que interfieren en el proceso de interpretación para la ubicación de la fuente sonora. La percepción de dirección de una fuente sonora es parcialmente el resultado de la asombrosa función codificadora del oído externo (pinna). El sonido reflejado desde las variadas crestas, convoluciones y superficies del pabellón auditivo que modifican el contenido tonal de la señal en combinación con el sonido directo en la entrada del canal auditivo llega codificado al oído interno para que luego dicha información direccional pueda ser interpretada por el cerebro.⁵

En la siguiente figura se describe como el frente de onda puede ser considerado como una multiplicidad de rayos sonoros provenientes de una fuente específica en un ángulo vertical y horizontal específico. Como dichos rayos son reflejados en las diferentes superficies, algunas de estas reflexiones van cerca del canal auditivo. En dicho punto esos componentes reflejados se combinan con los componentes del sonido directo.

⁴ RUMSEY, Francis. Spatial Audio. Spatial audio psychoacoustics. Reino Unido: Focal Press, 2001, p.13

⁵ EVEREST, Alton. The Master Handbook of Acoustics USA: McGraw-Hill 2001, p.64

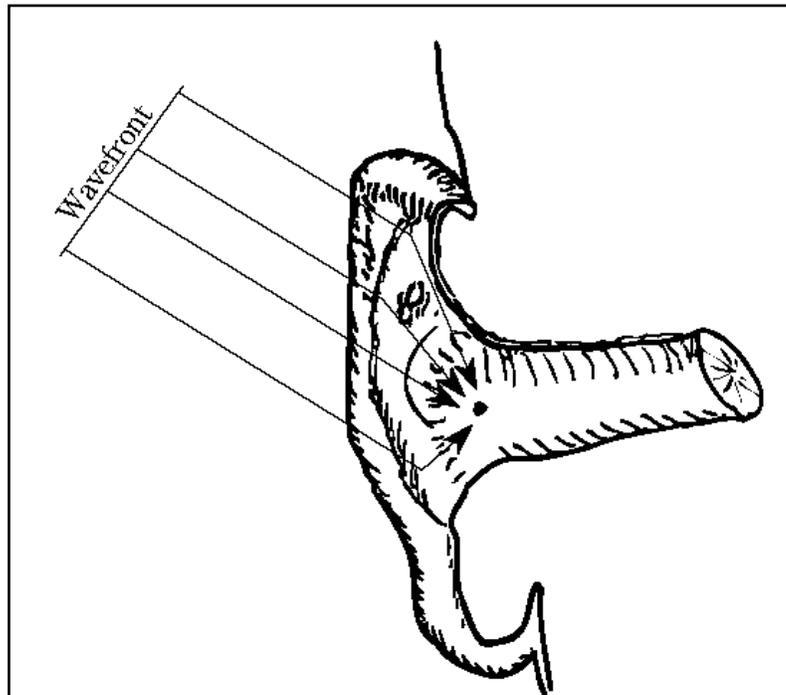


Fig. 1 - Pabellón auditivo ante la recepción del frente de onda y las reflexiones.⁶

El plano medio es un plano vertical que queda pasando simétricamente a través del centro de la cabeza y la nariz. Las fuentes sonoras en este plano presentan funciones de transferencia idénticas en los dos oídos, por lo que el sistema auditivo utiliza otro mecanismo para percibir la dirección, tomando en cuenta diferentes frecuencias para asignarle un lugar específico, por ejemplo las componentes de la señal cerca de 500 y 8000 Hz son percibidas como provenientes de encima de la cabeza, los componentes entre 1000 y 10000 Hz como provenientes de atrás. Sonidos provenientes del frente da como resultado un pico en la función de transferencia en el tímpano para el rango de frecuencias comprendido entre 2 y 3 KHz, lo que se conoce como añadidura de presencia en las grabaciones.⁷

La escucha estéreo junto con las grabaciones estereofónicas y los sistemas de sonido se ocupan de la localización de las fuentes sonoras. Hay dos factores implícitos en este sentido; la diferencia en intensidad y la diferencia de tiempo de

⁶ Ibid, p.65

⁷ Ibid, p.66

llegada (fase) del sonido que llega a los oídos. Por debajo de 1 KHz la diferencia de tiempo domina en este aspecto mientras que arriba de 1 KHz predomina la intensidad, todo esto a excepción de los puntos ciegos donde la intensidad y el tiempo de llegada a cada oído son iguales.

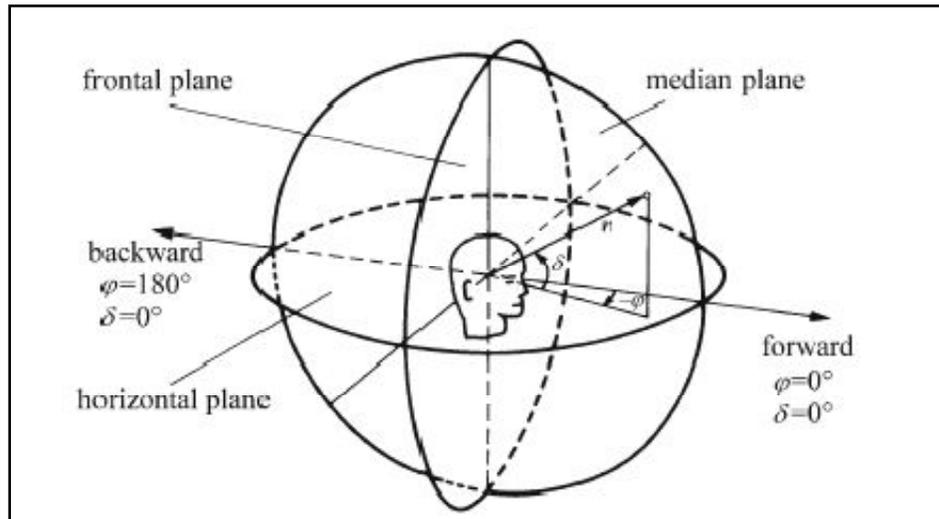


Fig. 2 - Planos de referencia y ángulos de la cabeza con respecto al sistema auditivo.⁸

2.1.4 Parámetros Psicoacústicos para la Localización del Sonido

Existen varias señales acústicas, parámetros y/o propiedades que les permiten a los humanos ubicar el sonido, los más importantes y necesarios para tal fin se describen a continuación.

2.1.4.1 ITD (Interaural Time Difference)

Debido a las diferentes longitudes de los caminos que tiene que recorrer el sonido para llegar a los oídos, se crea una diferencia de fase y de tiempo de llegada del sonido, habiendo un retraso en la señal de un oído con respecto al otro, esta diferencia se le conoce como diferencias interaurales de tiempo (ITD). Esto puede

⁸ BRAASCH Jonas, Communication Acoustics, Springer, Holanda 2005 p.77

ser visto como el máximo ITD medido cuando la onda sonora llega desde el lado largo del eje el cual intersecta ambos tímpanos. En este caso el ITD puede ser estimado como la distancia entre ambos tímpanos que es aproximadamente 18 cm, dividido por la velocidad del sonido para 340 m/s para un valor de $529 \mu\text{s} \cong 0.6 \text{ ms}$. De todas formas, los ITD's más largos son aquellos observados en la naturaleza, debido a los efectos de sombreado de la cabeza, donde los ITDs encontrados pueden ser del orden de los $800 \mu\text{s}$ dependiendo del tamaño de la cabeza.⁹

Las diferencias de tiempo interaural son aprovechadas por el sistema auditivo de dos formas diferentes dependiendo de la frecuencia del sonido. Hasta aproximadamente los 800 Hz el retraso de fase entre las señales izquierda y derecha es el atributo dominante considerando que para frecuencias altas de aproximadamente 1.5 KHz, el retardo toma gran importancia. Para las frecuencias por encima de 800 Hz la habilidad de usar retraso de fase en la localización disminuye y no es usada para frecuencias altas aproximadas a los 1.5 KHz. En el rango de frecuencia de los 800 a los 1500 Hz tanto fase como retraso son usadas como señales para la localización.¹⁰ (Frecuencias en las que la longitud de onda del sonido se aproxima al doble de la distancia entre los dos oídos).

Los seres humanos pueden detectar un cambio en la ITD tan pequeño como $10 \mu\text{s}$ de un ITD original de $400 \mu\text{s}$. Para producir una diferencia notable de ITD para una incidencia frontal, el tiempo de retraso relativo entre los oídos tiene que ser alrededor de $50 T_s$ para frecuencias por debajo de los 1,5 KHz, lo que corresponde a un ángulo de 5° , lo que puede variar de sujeto a sujeto; investigaciones han medido valores entre 30 y $200 T_s$ para un notable retraso interaural.¹¹

⁹ Ibid, p.76

¹⁰ MADELENE, Person y TORSTENSSON, Peter. Simplified Binaural Measurement Systems for Interior Noise Evaluation of Truck Vehicle Compartments, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY: Göteborg, Suecia 2007 p.6

¹¹ Ibid., p.7

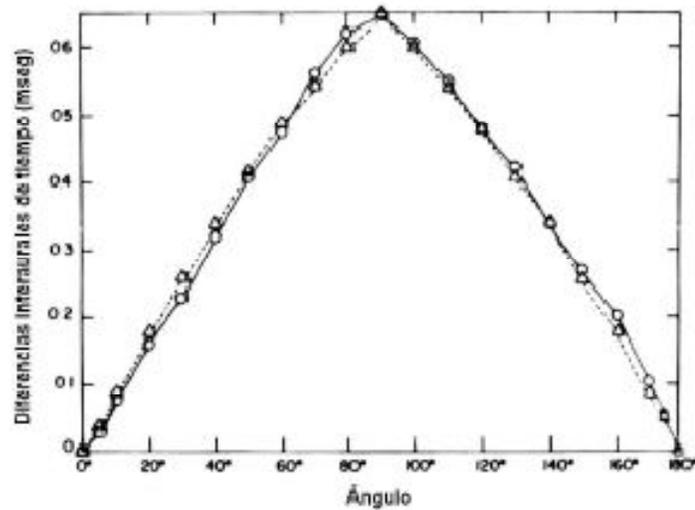


Fig. 3 - Gráfica de ITD en función del azimut (ángulo en el plano horizontal)¹²

2.1.4.2 ILD (Interaural Level Difference)

Usando ambos oídos al escuchar un sonido dará la posibilidad de adquirir una sensación con respecto de donde viene el sonido. En este caso la diferencia de nivel entre los dos oídos a lo que se le conoce como diferencias interaurales de nivel ILD, se convierte en una cantidad compleja que depende de la cabeza y de los efectos de sombreado del oído, la frecuencia y el ángulo de incidencia.

Para fuentes sonoras a una distancia relativa mayor a 1m, el sonido tiene que recorrer diferentes distancias y caminos desde la fuente hasta los oídos, estas son pequeñas comparadas a la distancia desde la fuente a la cabeza del oyente. Esto a menudo es referido como un sombreado acústico el cuál atenúa el nivel de presión sonora para el oído que se encuentra más lejano. Cuando la fuente está a 1m de la cabeza, la diferencia de recorrido es insignificante y el ILD es también creado por la atenuación adicional a lo largo del recorrido hacia el oído más lejano de la fuente¹³.

¹² GRANTHAM, Wesley. Spatial hearing and related phenomena en: Handbook of Perception and Cognition, Second Edition. London, UK. 1995, p. 312

¹³ MADELENE, Person y TORSTENSSON, Peter. Simplified Binaural Measurement Systems for Interior Noise Evaluation of Truck Vehicle Compartments, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY: Göteborg, Suecia 2007, p.5

Para frecuencias con una longitud de onda mayor que la corta distancia entre los oídos el ILD será pequeño. Para altas frecuencias la dispersión de la señal hacia la cabeza incrementará significativamente y el ILD incrementará como resultado. Dicha diferencia obedece también a la ley del inverso cuadrado de la distancia, además es usada por el cerebro en la localización de sonidos en el plano horizontal siendo más efectivo en sonidos de frecuencias del rango de los 1500 Hz a los 6Khz.

2.1.4.3 HRTF (Head Related Transfer Functions)

Las HRTF son entendidas como las funciones de transferencia relacionadas con la cabeza, estas son funciones de la posición en donde se encuentra la fuente sonora, siendo diferentes para cada uno de los oídos ya que dependen de muchos factores como la filtración espectral de las propiedades de difracción y reflexión de la cabeza, la pinna (pabellón auditivo) y el torso, todo esto antes de que el sonido llegue al tímpano. La asimetría de la forma de los pabellones auditivos causa modificación en el espectro comportándose de forma diferente dependiendo de la posición de la fuente sonora.

Las señales monoaurales y binaurales son introducidas a la presión sonora que recibe el tímpano por la difracción del sonido incidente en la cabeza y el torso. Usualmente una onda plana es considerada como referencia; la cantidad de difracción es descrita por la función de transferencia de la cabeza (HRTF). La cual se define como la presión sonora medida en el tímpano o la entrada del canal auditivo dividido por la presión sonora medida con un micrófono unidireccional en la posición central donde se encontraba la cabeza originalmente, siendo tomada como una presión de referencia. De acuerdo con esto, las funciones de transferencia de la cabeza son dependientes de la dirección del sonido.

Los principales componentes de las HRTF se dan en un orden mayor a los 200 Hz, donde el campo sonoro lineal debido a las difracciones se vuelve significativo porque la cabeza y el torso afectan la transmisión del sonido hacia el canal

auditivo para las frecuencias medias, donde el pabellón auricular contribuye para las distorsiones en frecuencias altas en un rango por encima de los 3 KHz¹⁴.

Para lograr una mejor reproducción binaural se debería medir un conjunto de HRTF personales para filtrar los sonidos grabados posteriormente. Si se usa una configuración de reproducción apropiada, la experiencia de reproducción será lo más cercana posible a la experiencia durante la grabación.

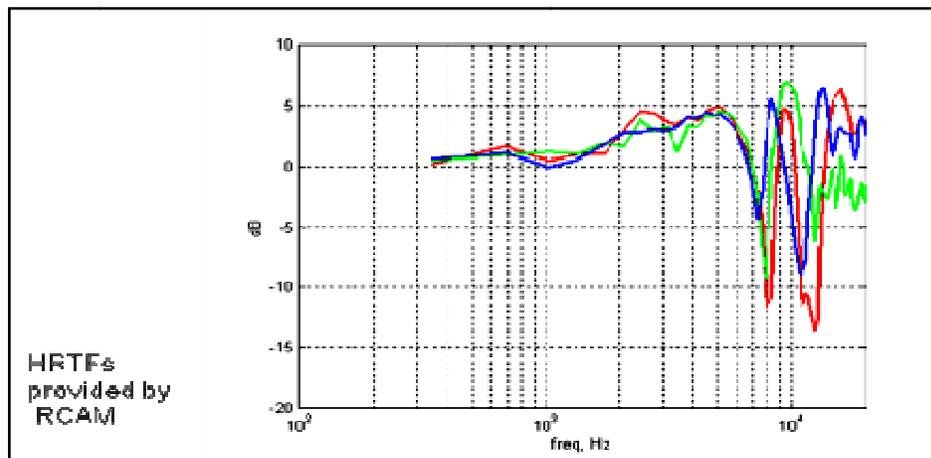


Fig. 4 - Ejemplo de HRTF's medidas por IRCAM

2.1.4.4 Cono de Confusión

Es el rango de espacio donde puede haber una confusión en la percepción de donde proviene el sonido, influyendo en ambigüedades de localización del sonido frontal ó trasera y ambigüedades de elevación. Este cono se va ampliando a medida que la distancia de la fuente de sonido se aleja y corresponde también a un ángulo en el plano vertical en el que se abre dicho cono.

¹⁴ D.R. VORLANDER, Michael. Auralization, Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality. RWTH Aachen, Germany© 2008 Springer-P. 87-88

2.1.5 Técnicas de Grabación Binaural

Las técnicas de grabación binaural son métodos de grabación de audio los cuales permiten establecer un ambiente tridimensional en cuanto al sonido como tal, y están enfocadas principalmente para que sean reproducidas a través de auriculares. En efecto las grabaciones binaurales pueden reproducir la localización de las fuentes sonoras, bien sea que provengan de cualquier dirección, puesto que se basan en como el ser humano percibe los sonidos teniendo en cuenta la anatomía y las propiedades físicas humanas que manipulan la señal para ser finalmente interpretadas por el cerebro.

Las técnicas de grabación binaural dependen del espaciamiento de los micrófonos de presión a una distancia aparte de la que hay normalmente entre los oídos del oyente, por lo que se producen dos señales que son lo más cercano posible a una representación de las presiones sonoras en cada oído. Cuando estas señales son reproducidas a través de audífonos en los mismos oídos con que fueron grabadas dichas señales, el resultado es una aproximación muy cercana al campo sonoro originalmente grabado y se convierte en una experiencia muy real.¹⁵

Existen diferentes tipos de técnicas de grabación binaural, la más sencilla es utilizando dos micrófonos separados entre sí 18 cm (distancia de separación usual entre ambos oídos) aunque esta técnica no es la más propicia para grabaciones de este estilo, debido a que no toman en cuenta varios elementos necesarios implícitos dentro del sistema auditivo humano. Normalmente se aplican otro tipo de técnicas más desarrolladas como:

La cabeza Dummy head o maniquí acústico que imitan o modelan la forma y tamaño real de la cabeza humana y/o el torso, junto con un sistema auditivo

¹⁵ TALBOT-SMITH, Michael. Audio Engineer's reference book. Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 1999 focal press p.2-94

simulado por dispositivos mecánicos y electrónicos que incluyen los pabellones auditivos, reemplazan parte del sistema auditivo con micrófonos de presión.



Fig. 5 - Cabeza Binaural Neumann KU-100

La técnica Jecklin disk consiste en colocar dos micrófonos enfrentados y separados ubicando en medio, un material acústico absorbente en forma de disco para simular la absorción de la cabeza debido al efecto sombra que este produce.

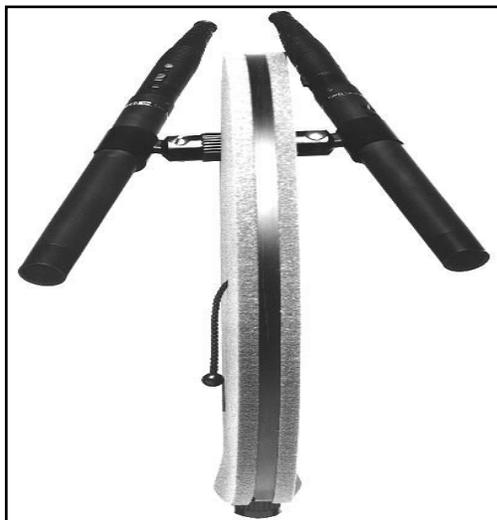


Fig. 6 - Técnica Jecklin Disc

La técnica de micrófonos PZM consiste en dos micrófonos PZM (gradiente de presión) integrados en un arreglo coincidente cercano, lo que produce buenos resultados.

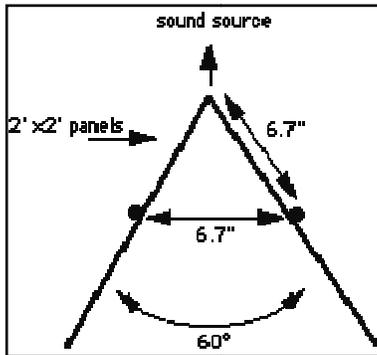


Fig. 7a - Dimesiones y configuración



Fig. 7b - Sistema Saas Crown Audio

La técnica Cutting Edge o sima cortante es una modificación de la cabeza del maniquí de grabación binaural específicamente diseñada para la reproducción de sonido surround se le conoce también con el nombre de Holophone.

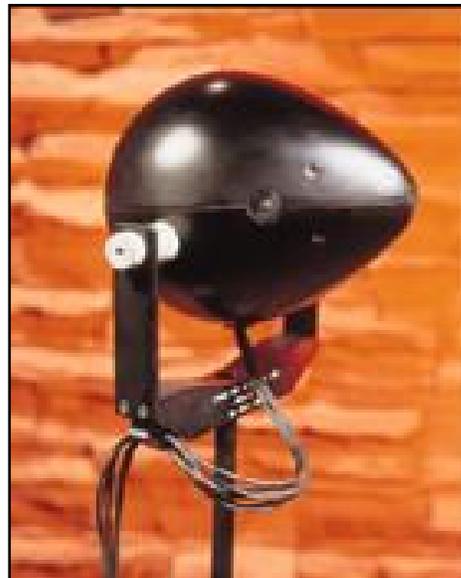


Fig. 8 – Spin Off

La técnica "In Ears" toma la cabeza real de una persona como Dummy head y los micrófonos van ubicados dentro de los oídos hasta antes del tímpano con el canal auditivo bloqueado, capturando así las filtraciones y respuestas reales que el ser

humano percibe. Al usar los micrófonos “in ears” se tiene la ventaja de que esta nos permite poder capturar la vibración ósea y el sonido interno del ser humano, implicando propiedades físicas humanas tales como el cabello, la dureza y suavidad de la piel, los huesos, las cavidades de aire internas, las dimensiones de los hombros. Todo lo anterior influye en la captación del sonido a través del oído humano.



Fig. 9 – Microfonos in ears

2.1.5 Medición parámetros ITD, ILD y HRTF

Los datos de las mediciones HRTF de diversas posiciones se obtienen con sólo colocar la fuente sonora en la posición deseada y midiendo la respuesta del impulso para esta posición. El HRTF es dado generalmente por la relación de la presión sonora que llega al oído y la presión sonora del sonido de referencia, así:

$$HRTF(\angle) = \frac{P_{\text{ear}}}{P_{\text{ref}}}(\angle)$$

Donde: P_{ear} (presión sonora incidente en el oído), P_{ref} (presión sonora de referencia) y \angle (ángulo de incidencia).¹⁶

¹⁶ Dorte Hammershøi and Henrik Møller. Department of Acoustics, Aalborg University, Aalborg

Para esto se colocan unos micrófonos de prueba en los oídos del oyente o de un maniquí, un pulso es reproducido a través de una serie de altavoces ubicados alrededor del oyente o también se puede simular con un solo altavoz colocándolo en diferentes posiciones alrededor, el sonido capturado por dichos micrófonos representa el efecto del HRTF para esa posición de la fuente y esto puede ser codificado como un filtro de respuesta al impulso infinito FIR.

Los datos medidos son acumulados, promediados y al aplicar la transformada rápida de Fourier (FFT) la magnitud de las funciones de transferencia quedan trazadas en función de la frecuencia.¹⁷

Las mediciones de ITD e ILD consisten en analizar la atenuación y la fase de cada canal auditivo usando dos pequeños micrófonos montados en los oídos de una persona.

*Existen unas ecuaciones para analizar estos fenómenos las cuales son:

$$\text{Distancia } L = \sqrt{(\sin \theta \cdot d)^2 + \left(\cos \theta \cdot d + \frac{O}{2}\right)^2}$$

$$\text{Distancia } R = \sqrt{(\sin \theta \cdot d)^2 + \left(\cos \theta \cdot d - \frac{O}{2}\right)^2}$$

d = Distancia del centro de la cabeza a la fuente de
 θ = Ángulo
 O = Distancia entre oídos

*Para realizar los cálculos de la ILD e ITD se utiliza la fórmula del inverso cuadrado:

$$ITD = \frac{c}{\text{Distancia } L - \text{Distancia } R},$$

donde c = Velocidad del sonido

$$ILD = \frac{1}{(\text{Distancia } R)^2} - \frac{1}{(\text{Distancia } L)^2},$$

*(RAMIREZ, José Antonio. Generación de Fuentes Virtuales de Sonido en Audífonos, Trabajo de grado en ingeniería electrónica. Universidad de las Américas Puebla, 2005, P.57)

¹⁷ WERSENYI, Gyorgy. Directional properties of the dummy head in measurement techniques based on binaural evaluation. Journal of engineering, computing and architecture, szechenyi istvan university Vol. 1 2007

Cuando los ITD's y ILD's son prácticamente los mismos, entra en juego otro factor, el HRTF (Head Related Transfer Functions). Esto ocurre cuando el sonido está localizado en el plano medio. De tal modo, que parece que la localización se lleva a cabo con la convolución de la señal y de la forma de nuestro torso superior, cabeza, cuello y nuestras orejas. La información recogida es útil para determinar tanto la elevación como la localización trasera o delantera.

Nuestra habilidad para mover la cabeza nos ayuda para integrar la información visual y auditiva. Además, nos sirve para minimizar el ITD, ILD y la diferencia entre las HRTFs de los dos oídos.

Para encontrar la presión sonora que una señal $x(t)$ generada en el pabellón auditivo, necesitamos la respuesta al impulso $h(t)$ de esa fuente en el mismo. Esto se llama "Head Related Impulse Response" o Respuesta al Impulso de la Cabeza (HRIR), y su transformada de Fourier se le conoce como Head Related Transfer Function o funciones de transferencia relacionadas con la cabeza (HRTF). La HRTF captura muchas cualidades que utilizamos a la hora de localizar un sonido. Una vez conocido para ambos oídos, podemos sintetizar señales binaurales a partir de una señal monoaural.

Un sistema de audio 3D funciona imitando el proceso de la escucha natural, esencialmente reproduciendo las señales de localización sonora en los oídos del oyente. Esto se hace usando las mediciones de HRTF realizadas como una especificación para un par de filtros digitales (que funcionan como ecualizadores de las señales). Cuando una señal es procesada por los filtros digitales y escuchada a través de audífonos, las señales de localización para cada oído son reproducidas, el oyente debería percibir el sonido en la posición especificada por las funciones de transferencia HRTF: este proceso es llamado síntesis binaural. Esto trabaja bien cuando las HRTF medidas previamente, son del mismo oyente, las cuales son usadas como señales de localización. Debido a que los pabellones auditivos de cada individuo son diferentes y su percepción de localización varía también de acuerdo a como el individuo aprendió a identificar la posición de los sonidos en su etapa de crecimiento, se usa solo un conjunto de HRTF's estándar o promedio que sirven bien a la mayoría de personas.

Esta función es bastante compleja y depende de 4 variables, tres espaciales y una frecuencial. Para distancias mayores de un metro, decimos que la fuente está en el campo lejano de audición y la HRTF cae con el inverso de la distancia. La mayoría de las mediciones del HRTF se miden en el campo lejano, ya que así dependerá fundamentalmente del azimut, elevación y la frecuencia.

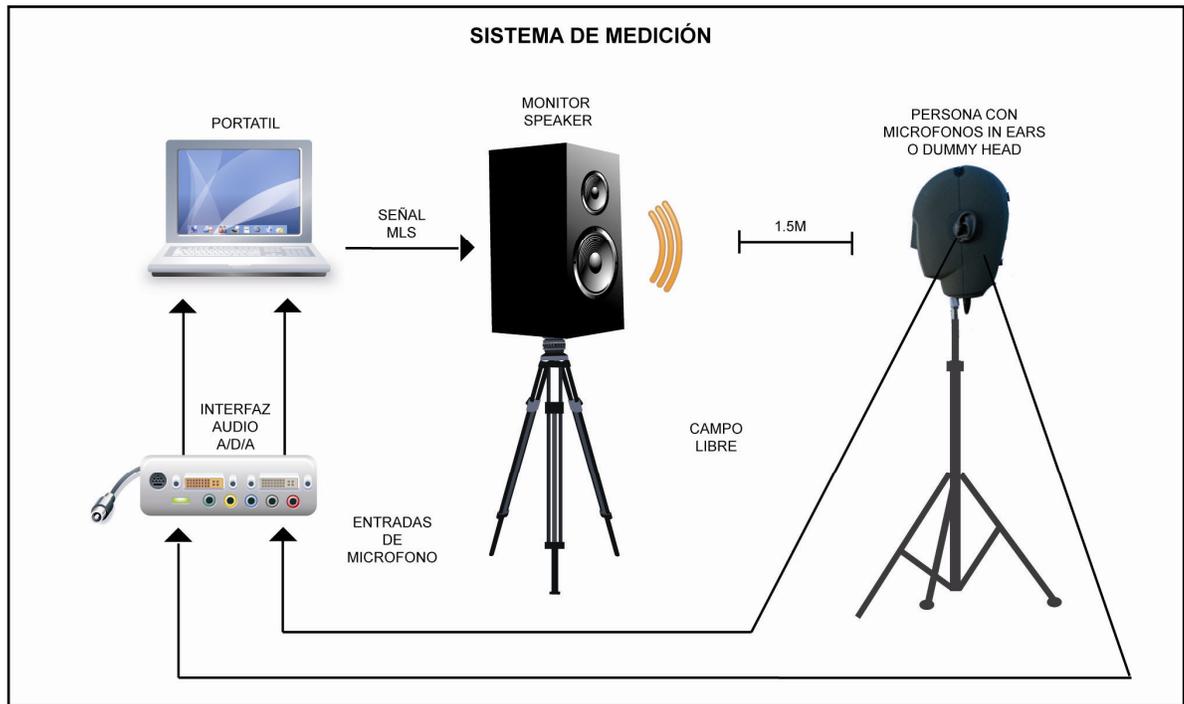


Fig. 10 – Montaje de medición

Por motivos técnicos, resulta más sencillo realizar medidas de la respuesta al impulso de la cabeza HRIR (Head Related Impulse Response). Para obtener la HRTF basta con realizar la transformada de Fourier de la HRIR. Esta función es obtenida por medio de la medición en ambos canales de la respuesta a un impulso. Una vez obtenida la HRTF de cada uno de los oídos para cualquier posición de la fuente, se pueden sintetizar señales binaurales precisas de una fuente individual o serie de fuentes. En el proceso de medida de las funciones HRTF se han empleado secuencias pseudo-aleatorias o secuencias MLS (Maximum Length Sequence). Esta técnica permite conmutar el tiempo de la medida del impulso realizando la deconvolución rápida de la respuesta al impulso del sistema mediante la correlación de la señal medida con la secuencia original con un algoritmo rápido FHT (Fast Hadamard Transform).

El proceso de medida es el siguiente: se generan secuencias MLS en la fuente y se registran las señales binaurales por medio de los micrófonos instalados en un maniquí acústico. Estas señales son posteriormente deconvolucionadas para obtener la respuesta al impulso binaural. Este proceso de medida se repite para las diferentes posiciones relativas entre el maniquí y la fuente.

Existen otros factores a tener en cuenta como:

El volumen que aunque parezca muy sencillo, el volumen de un sonido es un parámetro poco fiable para la localización del sonido. Sabemos que la energía acústica cae inversamente al cuadrado de la distancia, pero cuando se manejan sólo amplitudes no es lo mismo que la impresión de volumen. Esto es debido a que el volumen no está linealmente relacionado con la amplitud y es muy dependiente de nuestro conocimiento adquirido del comportamiento de las fuentes sonoras que lo crean.

En la percepción de distancia hay factores que intervienen en la apreciación auditiva de esta, como la ley del inverso cuadrado $I=1/R^2$ donde a medida que la fuente sonora se aleja, esta disminuye su intensidad el inverso cuadrado de la distancia. También cuando una fuente sonora estando cerca tiene la misma presión sonora que una fuente que produce la misma presión sonora estando más lejos por ejemplo: una abeja cerca y un camión lejos con un mismo SPL, esto se conoce como efecto de enmascaramiento. Por otro lado el contenido espectral está influenciado por la absorción molecular, la curvatura del frente de onda y las condiciones atmosféricas.

El efecto Doppler es un parámetro que también juega un papel importante, que hay que tener en cuenta para detectar la localización de un sonido. De esta manera observar cómo el tono de una fuente en movimiento, aumenta o disminuye según se aleja o se acerca, incrementándose o disminuyendo respectivamente. Este es porque en el momento que toma el objeto en emitir una onda, el objeto se ha movido más cerca del oyente, y por tanto la longitud de onda emitida es más corta de lo normal. Del mismo modo, cuando el objeto se aleja del oyente, el tono es más bajo que el tono de reposo, porque las longitudes de onda emitidas son más largas de lo normal

El efecto de precedencia o "el Efecto Hass". Este efecto explica cómo somos capaces de localizar una fuente aunque seamos confundidos por las reflexiones y los ecos. En realidad discernimos entre ellos y somos capaces de localizar la fuente del sonido, y veremos más adelante cómo estos efectos hacen que percibamos en qué tipo de ambiente estamos.

El sonido que alcanza el micrófono de medición dentro del oído del oyente representa el efecto de las HRTF's para esa posición de fuente, lo cual puede ser codificado como un filtro FIR (filtro de respuesta al impulso finita).

Para cada oído hay que hallar los cuatro filtros HRTF rodeando dicha locación, luego encontrar los coeficientes de filtros para la ubicación de la fuente a través de la interpolación de los cuatro coeficientes de los filtros envolventes, para finalmente aplicar el filtro resultante a la fuente. En resumidas cuentas hay que buscar la manera de ver como los oídos tratan todas las frecuencias audibles (20-20000 Hz) para determinada ubicación, y tratar de reproducir las mismas en la entrada del sonido a ambos oídos de la misma manera.

Tomando en cuenta los resultados de las mediciones realizadas, sobre los parámetros concernientes a la localización del sonido y el análisis respectivo de cada uno de ellos, se procede a acomodar la respuesta obtenida según los estándares de mediciones de un Dummy head profesional, con lo cual se puede obtener una mejor percepción acústica real, provocada por la forma del pabellón auricular, absorciones, difusiones y reflexiones ocasionadas por la cabeza y el torso, incidiendo también en la localización del sonido; lo cual influirá en el proceso de grabación binaural con la técnica "in ears". En adición a esto, con el diseño de la banda sonora se le proporcionará un entorno al oyente que le permita asociar el texto y sus paisajes sonoros más fácilmente.

Los requisitos a los cuales la técnica "in ears" debe estar enfocada son los mismos que debería cumplir una cabeza Dummy head profesional cualquiera son los siguientes:

- Recrear o responder correctamente a los parámetros ITD (que haya retraso del sonido de un oído con respecto al otro), ILD (escalamiento de la intensidad sonora) Y HRTF (creación de FFT a partir de mediciones discretas)
- Tener una suave y completa respuesta frontal.
- Variar la respuesta en brillos suavemente en el plano horizontal incrementándolos en un máximo de +5dB a 90 grados del plano horizontal.
- Duplicar las diferencias de tiempo interaural de un oyente real para Fuentes en el plano horizontal.
- Incrementar la respuesta de 8 KHz suavemente a medida que la fuente se desplaza hacia arriba en el plano vertical, alcanzando un máximo de 75 grados.
- Mover la respuesta en brillos suavemente pero abruptamente hacia abajo a medida que la fuente se coloca detrás de la cabeza.
- Simular el efecto de un torso atenuando los brillos tan bien como el rango medio superior en esa dirección.

2.1.7 Banda Sonora

Con la incorporación del sonido a la imagen, el cine experimentó un gran cambio. El sonido complementa, integra y potencia la imagen visual y contribuye al realismo. Además, en el aspecto narrativo, posibilita un importante ahorro de planos que la imagen muda tenía que utilizar para comunicar conceptos y situaciones. El mundo que nos envuelve es sonoro y por tanto el uso del sonido le añade realismo a la imagen. La relación del sonido con la imagen es de

complementariedad, lo que hace posible la creación de un todo unificado que ha de plantearse desde el comienzo del inicio del guión.

La banda sonora condiciona activamente la forma en que se percibe y se interpreta la imagen, si estas son iguales se puede tener una distinta interpretación al cambiar la banda sonora. El sonido puede anticipar algún elemento visual, además permite encausar nuestra atención dentro de la imagen dirigiendo la lectura a los puntos de interés indicándonos lo que debemos mirar, el sonido debe responder incluso a las propiedades de intensidad, de la distancia de los objetos y personajes, el espacio de los lugares y el tiempo de aparición de éstos. También puede aclarar hechos de la imagen, contradecirlos o hacerlos ambiguos. En cualquier caso, la banda sonora debe entablar una relación de sincronismo con la imagen. Con la introducción del cine sonoro, las posibilidades visuales se unieron a las sonoras.¹⁸

La banda sonora es un conjunto de elementos sonoros que hacen parte de una producción bien sea fílmica, audiovisual (videojuegos, entornos de simulación, presentaciones, etc.), televisión o radio. La banda sonora es comúnmente dividida técnicamente en tres grandes grupos: el dialogo, la música y los efectos de sonido.

2.1.7.1 Diálogo

El dialogo es un lenguaje verbalmente expresado por los personajes tanto diegéticos (el actor presente en el campo visual) y acusmáticos (actor no presente). Entiéndase como diegéticos: (cuando la fuente está en el espacio de la peripezia representada o el campo visual) y acusmáticos o no diegéticos (oír sin ver la causa o la fuente originaria del sonido).

Un espectador inherentemente se concentra en la palabra hablada, por tanto el dialogo necesita estar capturado claramente a menos que se requiera inteligible intencionalmente para propósitos narrativos. Si durante la producción, la voz está

¹⁸ FERNANDEZ, Federico y MARTINEZ, José. Manual básico de lenguaje y narrativa audiovisual. Ed. Paidós 1999

defectuosa por ruido externo, los actores son requeridos para sincronizar su voz con la parte visual en la post-producción. Lo que se conoce como ADR (reemplazo de diálogo automático), el ADR es generalmente utilizado conservativamente como la actuación original del actor que a menudo es más poderosa, y el ambiente del estudio le permite una desinhibición artística¹⁹.

2.1.7.2 Música

La música es un extraordinario medio para ser asociado a la imagen fílmica o videográfica:

- Ayuda al espectador a identificarse con la trama ya que la música es un excelente vehículo para la creación de climas convenientes.
- Da fluidez al desarrollo de los acontecimientos.
- Combinada con la voz del narrador es una forma clásica de contribuir a expresar un comentario.
- Es muy eficaz como recurso para exponer situaciones sin explicación verbal, para introducir o culminar una exposición y para puntuar una acción o para marcar una transición²⁰.

La música ha sido, desde los comienzos del cine sonoro, la parte más arbitraria de la banda sonora. Cuando no se integra en la narración, ya sea interpretada en vivo por personajes o escuchada por medio de un aparato reproductor de sonido, su grado de arbitrariedad, en el sentido de libertad de uso no unívoco respecto a las imágenes, es total.

¹⁹ TURNER, Ben. Acoustic Ambience in Cinematography: An Exploration of the Descriptive and Emotive Impact of the Aural Environment. University of KwaZulu-Natal, Durban, September 2005.

²⁰ FERNANDEZ, Federico y MARTINEZ, José. Manual básico de lenguaje y narrativa audiovisual. Ed. Paidós 1999

2.1.7.2.1 Música Diegética y no Diegética

Cuando la música surge de la misma acción se le conoce como música diegética o narrativa, realista y que procede de fuentes sonoras que pueden estar presentes en la pantalla (on) como una cadena musical, un aparato de radio, una pieza ejecutada por un intérprete o una orquesta o bien pueden estar ausentes fuera de campo (off).

La música diegética puede cumplir una función de contrapunto dramático, es decir de contraste. También es muy eficaz cuando es necesario romper la tensión por medio de una interrupción dramática, para desplazar la acción a otros nudos dramáticos o a la resolución del tema.

La capacidad de la música para motivar estados de ánimo le da grandes posibilidades estéticas pero ello puede suponer también un peligro. La música diegética debe de adaptarse a las necesidades concretas del relato.²¹

La música no diegética (acusmática) música escrita con el fin de ser grabada sin la posibilidad de ver la fuente sonora físicamente en la imagen, la cual surge sin que esté motivada desde dentro de la acción y se inserta en la banda sonora con el fin de conseguir unos determinados efectos estéticos o funcionales. El uso de la música no diegética siempre será menos realista que la utilización de la música diegética. Como sucede con la música diegética, la no diegética puede servir de contrapunto para conferir a la escena una más profunda significación.

La música no diegética es un elemento insustituible que forma parte integrante de la carga expresiva de cualquier film o programa. Es una convención e inseparable de la historia del cine pues antes del sonoro se acompañaba la proyección con la interpretación de un pianista o de una orquesta.

²¹ Ibid.

2.1.7.3 Efectos de Sonido

Los efectos de sonido como grupo componente de la banda sonora a diferencia del dialogo o la música son más detallados y específicos, generalmente están subcategorizados como: efectos de impacto, foleys y ambientes.

2.1.7.3.1 Efectos de Impacto

El termino efecto de impacto es para referirse más exactamente a objetos inanimados diegéticos que no tienen identificación aural para el mundo ordinario y también hace referencia a objetos reales que necesitan un impacto emotivo dentro de la diégesis. Como por ejemplo: una explosión, un disparo, llantas de carro frenando, etc. En el caso que se requieran sonidos poco comunes, los diseñadores sonoros crean y mezclan una combinación de sonidos que son apropiados para la imagen pertinente tanto para el estado de ánimo y la narración.²²

2.1.7.3.2 Foleys

Llamado así en honor a Jack Foley, los foleys son efectos de sonido que reemplazan los sonidos de ambiente y los efectos que se pierden cuando se doblan diálogos o se graban en directo. La necesidad de reemplazar o mejorar sonidos en un filme nace del hecho que muy a menudo los sonidos originales capturados durante la filmación son obstruidos por ruido o no resultan muy convincentes a la hora de suplir las acciones o efectos visuales.

Por lo general las órdenes de los directores y el sonido del desplazamiento de las cámaras intervienen con la captura de sonidos en directo, por lo que hay que

²² TURNER, Ben Acoustic Ambience in Cinematography: An Exploration of the Descriptive and Emotive Impact of the Aural Environment. University of KwaZulu-Natal, Durban, September 2005.

recrearlos íntegramente. Pero la mayoría de veces, por lo que la mayoría de las veces el foley busca exaltar cualidades propias de cada objeto sonoro o fuente en cuanto a textura, intensidad, ritmo y sincronismo. Otras veces, son sonidos inexistentes (una espada láser) y otras, existentes pero imposibles de conseguir (rugido de los dinosaurios).

Al grabar un primer plano y es imposible capturar el sonido en ese mismo instante, se busca a través de la manipulación de efectos sonoros en estudio, recrear la profundidad y movimientos que sean creíbles por el espectador, en cuanto al sonido sincronizado con la imagen. La capacidad creativa para generar nuevos sonidos se le delega a los artistas Foley quienes están especializados en este tipo de trabajo.

Como ya se ha expresado, el sonido ejerce un importante efecto psicológico en la producción, porque hace sentir al espectador parte de la acción del medio audiovisual. El sonido transmite valores emocionales en el cuerpo del espectador.

Posicionar el sonido desde diferentes perspectivas auditivas según la perspectiva visual, es una de las mayores dificultades para el artista Foley, todo esto con el fin de permitirle al espectador una correspondencia del campo visual con el campo sonoro registrando subconscientemente los alrededores de la escena y situándose dentro de ella.

Además, la perspectiva es vital para la edición y mezcla de audio por eso es aconsejable cambiar la configuración sonora (paneos, niveles y ecualizaciones) cada vez que se realiza un cambio de escena, tal como si efectivamente se estuviera desplazando dentro de un ámbito sonoro con sus diferentes cualidades.

2.1.7.3.3 El sonido interno

Es aquel que está situado en el presente de la acción, corresponde al interior físico y mental de un personaje, ya sean sus sonidos fisiológicos de respiración, de jadeos y de latidos del corazón (que podrían bautizarse como sonidos internos-

objetivos), o sus voces mentales, sus recuerdos, etc. (que llamaremos internos-subjetivos o internos-mentales).²³

2.1.7.3.4 El Sonido “On The Air”

Se le conoce así a los sonidos supuestamente retransmitidos eléctricamente, por radio, teléfono, amplificación, etc. Esos sonidos adquieren en la pantalla un status particular y autónomo; en ocasiones son nítidos sin ningún efecto que recree el aparato transmisor, en otras están coloreados simulando el sonido de la fuente y con reverberaciones que dan cuenta de su alejamiento.²⁴

2.1.7.3.5 Ambientes

Conjunto de sonidos que evoca o envuelve una escena, situación o espacio, generalmente diegéticos, es decir, que ejercen una coherencia audiovisual inmediata con lo que está sucediendo en la pantalla. Se trata del sonido que rodea una escena y habita su espacio sin que necesariamente nos dé información sobre la localización de su fuente o de una fuente en particular.

Un ambiente sonoro pone énfasis en el modo en que es percibido y comprendido por el individuo o por una sociedad. El paisaje sonoro depende entonces de la relación entre el individuo y cualquier entorno que lo rodee. El término puede referirse a ambientes reales o a construcciones abstractas, tales como composiciones musicales y montajes en cinta, especialmente cuando se lo considera como un ambiente artificial. La creación, mejora o modelado de cualquiera de estos ambientes corresponde al campo del diseño de paisajes sonoros²⁵.

²³ LLORCA, Joaquín. Apuntes y comentarios sobre *La Audiovisión* de Michel Chion. Paidós. Barcelona 1993. p.3

²⁴ *Ibíd*, p. 3

²⁵ TRUAX, Barry. *Handbook for Acoustic Ecology*. Cambridge Street Publishing, 1999.

También están los “sonidos expresivos”, aquellos que no necesariamente corresponden a una fuente diegética, es decir, que buscan recrear sonidos específicos sin que la fuente sea necesariamente la original, como por ejemplo el viento que puede ser recreado con la respiración humana y también sonidos que necesitan ser sintetizados para el caso de fuentes irreales o imaginarias como en el caso de los dibujos animados.

2.1.7.3.6 Paisaje Sonoro

Un paisaje sonoro es un sonido o un conjunto de sonidos combinados que se forma o surge de un ambiente de inmersión. El término "paisaje sonoro" también puede referirse a una grabación de audio o el rendimiento de los sonidos que crean la sensación de experimentar un entorno acústico especial, o composiciones creadas con los sonidos encontrados de un ambiente acústico, ya sea exclusivamente o junto con actuaciones musicales.

Elementos del paisaje sonoro: De acuerdo al autor R. Murray Schafer. Existen tres elementos principales que determinan un paisaje sonoro.

Sonidos clave: Este es un término musical que identifica a la clave de una pieza, no necesariamente audible. Los sonidos de apertura no siempre se pueden escuchar conscientemente, pero ellos "resaltan el carácter de las personas que viven allí" (Schäfer). Ellos son creados por la naturaleza (geografía y clima): viento, agua, bosques, llanuras, pájaros, insectos, animales. En muchas zonas urbanas, el tráfico se ha convertido en el sonido de apertura.

Señales sonoras: estas son sonidos en primer plano, que son escuchados conscientemente. Como por ejemplo una alarma, una campana, silbidos, etc.

Soundmark (marco sonoro): este es derivado del término landmark (lugar de referencia). Un Soundmark es un sonido particular de un área o lugar.

2.1.7.3.7 El Silencio

El silencio es un elemento que se puede utilizar como pausa entre diálogos, sonidos y música y también como recurso expresivo propio. Cuando el silencio se aparece abruptamente, agrega dramatismo, expectativa e interés. Los silencios contribuyen a la naturalidad en el desarrollo de una historia condicionando situaciones, muchas veces de angustia con una gran eficacia dramática. En ocasiones el silencio puede ser más expresivo que la palabra y de una eficacia mayor que el soporte musical.

2.1.7.4 Planos Sonoros

Los planos sonoros determinan la situación de manera temporal, física o de intención de los distintos sonidos con el fin de establecer una perspectiva sonora. Un plano sonoro contiene no sólo información sonora sobre aquello que la cámara muestra simultáneamente, sino que es posible que incluya también materiales sonoros de lo que acontece fuera del campo visual. El concepto de plano sonoro integral, que abarca los sonidos procedentes de los 360º del espacio, es lo que algunos teóricos han denominado el superplano.²⁶ Según esto, podemos hablar también de la perspectiva del plano sonoro, es decir, del mayor o menor grado de sensación de distancia o proximidad del tema que produce en el oído del espectador. Existen 4 tipos de planos sonoros:

- Plano espacial de narración: son aquellos que denotan el lugar donde se produce la acción y los cambios que la afectan. Por ejemplo, que se oiga el viento indica que es un sonido captado en exteriores, proporcionando al oyente una imagen sonora.

²⁶ SOLER, Llorenç. La realización de Documentales y Reportajes Para la TV. P. 6 En <http://www.scribd.com/doc/22384335/documental-y-reportaje>

- Plano temporal de la narración: un sonido puede situar una determinada acción en el tiempo (pasado, presente y futuro), incluso, intemporal donde no se define el tiempo y atemporal (fuera del tiempo). En el caso de los ambientes futuristas en que se recurre a música y efectos sonoros electrónicos.
- Plano de intención: éste plano encierra una intencionalidad concreta, queriendo resaltar algo. Los planos de intención, normalmente, suelen situar al oyente ante una introspección: incursión en el sueño o la fantasía, recuerdos y demás situaciones virtuales o irreales.
- Plano de presencia: Aquel que indica la distancia aparente (cercanía o lejanía) del sonido con respecto al oyente, situando a éste en lo que llamamos plano principal. La distancia entre la "supuesta" fuente sonora y el oyente se establecen cuatro etapas:
 1. **Primer plano:** La fuente sonora está junto al oyente. es aquel plano sonoro de presencia que sitúa, en profundidad sobre un plano imaginario, a la fuente sonora junto al oyente, es decir, en el plano principal. Algunos autores también llaman al primer plano **plano íntimo** o **primerísimo plano** para expresar su fuerza dramática. En este se alcanza a detectar la pronunciación en frecuencias bajas, pequeñas respiraciones y aperturas de los labios.
 2. **Plano medio o normal:** Sitúa, en profundidad sobre un plano imaginario, a la fuente sonora a una distancia prudente del oyente. Es un plano sonoro de presencia generado por varios sonidos, distribuidos de modo que unos suenan siempre en la lejanía, con respecto a otros situados en primer término, por ello, se llama también plano de fondo. El segundo plano acentúa la sensación de profundidad con respecto al plano general. En este se aprecia la conversación de dos o más personas a un metro mínimo de distancia entre personajes.
 3. **Plano lejano o general:** Establece la fuente sonora a una determinada distancia del oyente, generando por tanto, gran sensación de profundidad. Aquí se colocan generalmente los sonidos de ambiente.

4. **Plano de fondo o segundo plano:** Es un plano sonoro creado por varios sonidos, distribuidos de forma que algunos suenan siempre lejos, con respecto a otros ubicados en primer plano, a esto se llama también **plano de fondo**. El segundo plano acentúa la sensación de profundidad con respecto al plano general.

2.1.8 Audiolibro

Un audiolibro, es la grabación de los contenidos de un libro leídos en voz alta. La grabación puede ser generada por diferentes medios de grabación como computadoras, o grabadoras profesionales, los audio libros los podemos encontrar en diferentes formatos tales como: CD, cintas de casete, DVD o en formatos digitales (DAISY, MP3, Ogg Vorbis).

Estos audiolibros son muy útiles cuando la lectura directa no es posible, por ejemplo por invidencia, o bien para aprender un idioma o aprovechar momentos en que no se puede fijar la vista sobre un libro, como durante los desplazamientos en coche, al practicar ciertos deportes o al realizar trabajos repetitivos.

Cuando se crea un ambiente virtual en este caso el audiolibro, es un proceso similar a crear películas, donde el oyente tiene la posibilidad de localizar y percibir sonidos a su alrededor, poder percatarse del tamaño del cuarto donde está percibiendo los sonidos y de la forma del mismo.

2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO

DERECHO APLICABLE. Ambas partes acuerdan en que todo lo relacionado con el Contrato y no establecido en el mismo, se regirá de acuerdo a lo dispuesto en la Ley N° 23 de 1982 Nacional de Derechos de Autor.

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es de tipo empírico analítico, ya que el mayor interés es la aplicación de la técnica grabación de binaural “in ears” al producto y la parte ingenieril del mismo, que a su vez va a ser plasmada en un audiolibro, logrando que los futuros ingenieros de sonido de Hispanoamérica, tengan un buen antecedente sobre un trabajo de esta categoría.

Desde la parte de ingeniería, se evalúa la percepción del realismo que pueda ofrecer la técnica de grabación binaural “in ears” y la implementación de un diseño de banda sonora, acercándose y tratando de comprobar el resultado final que se quiere encontrar, para poder hacer una mejor implementación de estos procesos.

3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación de la Universidad de San Buenaventura para este proyecto es Tecnología actual y sociedad ya que lo que se busca es a partir de una tecnología en desarrollo y crecimiento, demostrar lo que ésta es capaz de hacer en otros campos diferentes a lo que fue concebido, aparte de esto también se encuentra enfocado a un público que hace parte de la sociedad, relacionada con la sublínea de Sistemas de Información y Comunicación, porque se manejará durante su producción una señal desde su medición, grabación, manipulación, edición, mezcla y montaje.

El proyecto corresponde al campo temático de grabación y producción, por ser un proyecto de comunicación del texto al oyente basado en la grabación binaural del ser humano, fundamentado en principios de producción y manipulación del audio.

3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Los datos de esta tesis fueron recolectados de diferentes fuentes para tener mayor objetividad sobre la hipótesis planteada, tomando como base estudios realizados por otros sobre el tema plasmados en: libros, tesis, artículos y documentos en general, y fuentes primarias llevadas a cabo dentro del proyecto.

Fuentes Primarias

Se realizaron mediciones de los parámetros a tratar en el proyecto con el fin de analizarlas y compararlas con las realizadas previamente por expertos. Esta información fue vital en los procesos de grabación y mezcla del audiolibro, para ajustar las grabaciones con la técnica “in ears” al resultado que se obtiene al grabar con una cabeza Dummy head profesional.

Las mediciones de los parámetros se hicieron buscando simular las condiciones ideales según las mediciones de la cabeza Kemar realizadas por el MIT (Massachusetts Institute of Technology).

Parámetros de medición

- HRTF (Head Related Transfer Functions)
- ITD (Interaural Time Difference)
- ILD (Interaural Level Difference)

Por último se realizó una encuesta subjetiva que permitió tener una visión sobre las sensaciones percibidas acerca del efecto de la grabación binaural frente a un estímulo sonoro; para esto se seleccionó una muestra poblacional a representantes típicos de su población, estadísticamente hablando, donde se incluyeron algunas personas del común e invidentes. Esto brinda un mejor criterio sobre el resultado (audiolibro), que permite tener más elementos para juzgar si el resultado es el esperado.

Fuentes Secundarias

Como otras fuentes de información para la parte teórica e incluso la práctica, se ha tomado como referencias, varios estudios sobre el tema en su mayoría documentos de internet, libros electrónicos o e-books y libros convencionales, presentaciones de powerpoint e incluso otras tesis. Estas fueron las bases para la planeación, desarrollo y consecución de las fuentes primarias.

3.4 HIPÓTESIS

Con base en la técnica de grabación binaural “in ears” y la implementación de un diseño de una banda sonora, es posible lograr la estimulación de la percepción acústica del oyente en cuanto al realismo de un audiolibro, simulando la respuesta en frecuencia que tiene una cabeza Dummy Head profesional.

3.5 VARIABLES

3.5.1 Variables Independientes

Para lograr la calidad en el desarrollo de este proyecto, es muy importante verificar el tipo de micrófonos in ears, su desempeño y el máximo provecho que se pueda obtener de ellos para la realización del audiolibro, como por ejemplo la respuesta en frecuencia pretendiendo imitar la respuesta de una cabeza Dummy head profesional.

3.5.2 Variables Dependientes

El resultado de este proyecto gira en torno a dos variables, la calidad sonora que se podrá obtener a partir de la técnica de grabación binaural “in ears” y el proceso de realización de una banda sonora, diciendo con esto que el producto siempre estará ligado a la correlación existente entre lo imaginativo y lo audible para el oyente.

4. DESARROLLO INGENIERIL

4.1 PRE - PRODUCCIÓN

4.1.1 Calibración y Medición

Para la calibración de nivel se usó el pistófono cirrus modelo CR: 511E, el cual emite 1Khz con una presión sonora de 94dB, esto se comprobó en los micrófonos “in ears” con una tabla de valores nominales, con un medidor de nivel y espectro que ofrece el plugin Roger Nichols Digital Inspector versión gratuita (disponible en www.rndigital.com/inspector.html) .

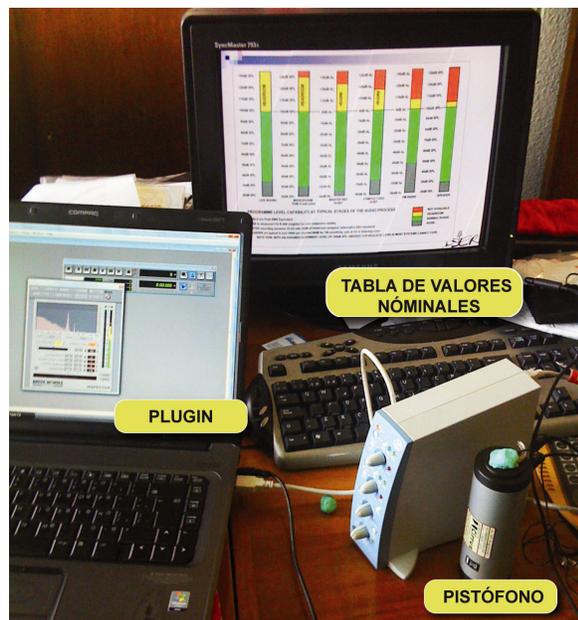


Fig. 11 – Calibración y medición

Para la medición de respuesta en frecuencia se generó una señal de ruido rosa con el Smart Live versión demo y se midió con cada micrófono en campo libre, de esta medición se obtuvo una respuesta parecida a la generada por el mismo software para ambos micrófonos con una resolución de 1/3 de banda de octava, utilizando como señal de referencia el mismo ruido rosa que generaba el Smart live 5.

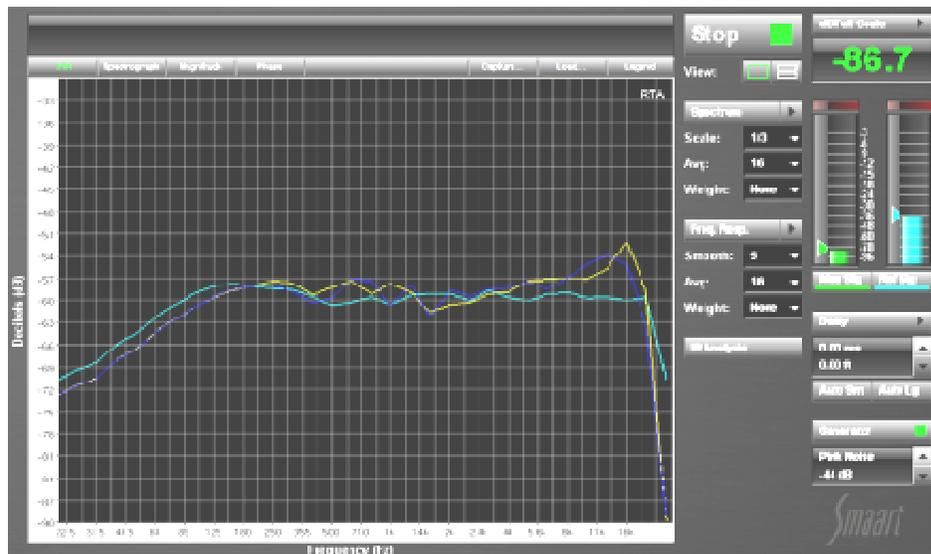


Fig. 12 – Smart Live respuesta en frecuencia

4.1.1.1 Medición HRTF, ITD e ILD

A continuación se describe el procedimiento de medición. En este caso se requiere de un emisor que es la fuente y de un receptor que son los micrófonos colocados en los oídos de una persona. Se reproduce una señal MLS o Maximun Length Sequence a través de un monitor de estudio profesional, la cual excita todas las frecuencias del rango audible y se presta para las mediciones de este tipo, la persona está ubicada a 1.5 metros de la fuente.



Fig. 13a - Generación de señal MLS

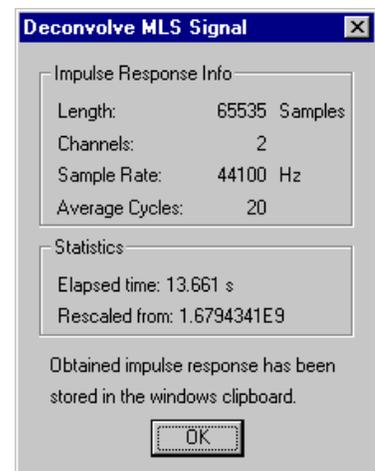


Fig. 13b - Deconvolución

Posteriormente se tomaron 6 posiciones de elevación en el eje vertical para los ángulos (-60° , -30° , 0° , 30° , 60° y 90°), para cada una de estas elevaciones de la fuente se tomaron también 12 posiciones de ángulo de posicionamiento horizontal (azimut) de la persona con respecto a la fuente cada 30 grados, hasta completar el giro y se hicieron 3 repeticiones por punto medido para descartar algunos errores, para un total de 61 puntos de medición.

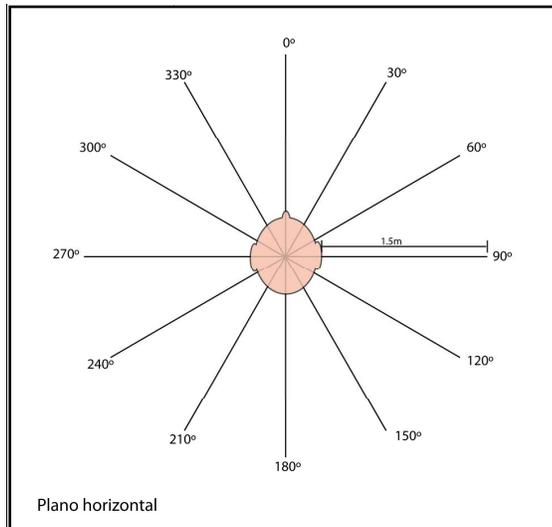


Fig. 14a
Plano Horizontal

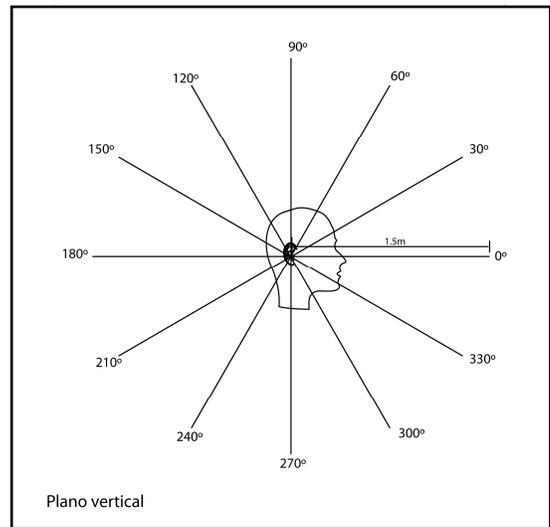


Fig. 14b
Plano Vertical

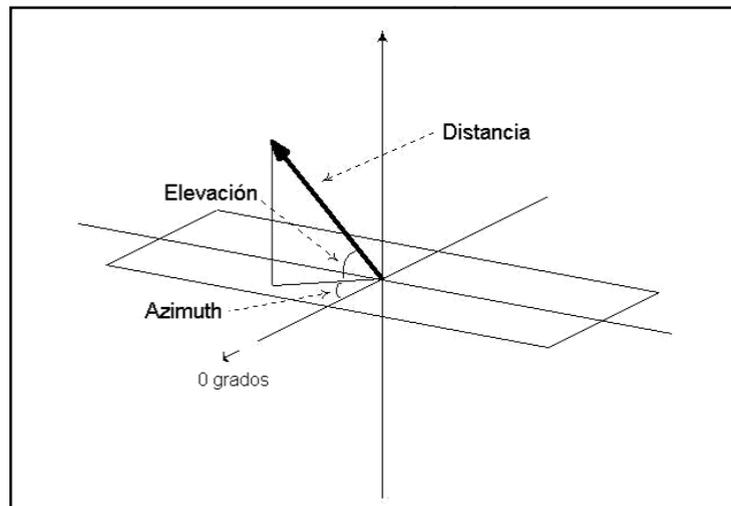


Fig. 14c - Plano de referencia y ubicación

4.1.1.2 Software y Equipos

SOFTWARE	
<ul style="list-style-type: none"> - Adobe Audition 3.0 con aurora plugins versión demo - Pro Tools versión 6.9 LE licenciado - Easera 1.1.3 versión demo 	
EQUIPOS	
Equipo	Referencia
<ul style="list-style-type: none"> • Monitor de estudio • Computador portátil • Computador portátil • Interfaz de audio • Interfaz de audio • Micrófonos “in ears” 	<ul style="list-style-type: none"> • Rokit 5 KRK • Compaq presario f-500 • Dell inspiron 1420 • M-Audio Fast Track Pro • Mbox I • Sound Professionals SP-TFB-2
OTROS EQUIPOS	
<ul style="list-style-type: none"> - Soporte Metálico - Medidor laser de distancia, nivel y temperatura marca SKIL - Medidor de ángulos Craftsman (scars) - Silla giratoria de altura ajustable - Plano para medir ángulos horizontales en el piso 	
ACCESORIOS	
<ul style="list-style-type: none"> - Multitomas. - Prensas - Cables de línea balanceado - Extensión de corriente - Convertidor estéreo 1/4-XLR - Cables USB - Cable de poder - Cuerda o pita 	

4.1.1.3 Descripción General

Lugar de medición	Finca "Tierra Linda" en Tocancipá Cundinamarca, terreno despejado al aire libre.
Fecha de medición	10 de Agosto 2009.
Hora de medición:	10:00 a.m.
Ruido de fondo:	44.2 dB
Temperatura:	18 °C
Número de personas:	4 personas
Condiciones atmosféricas:	Día soleado sin viento



4.1.1.4 Procedimiento de Conexión

Al computador portátil Dell se conectó la interfaz de audio fast track pro a través de un cable USB, utilizando el software Adobe Audition para generar la secuencia MLS con el plugin Aurora de orden 16A, comúnmente usada para este tipo de señales y mediciones con una frecuencia de muestreo de 44.1 KHz, y también se conectó el monitor activo a la salida de la tarjeta para reproducir la señal.

En el computador Compaq se conectó la interfaz de audio Mbox a través de un cable USB, en la entrada de la tarjeta se conectaron los micrófonos binaurales “in ears” y se capturó la señal a través del software Pro Tools, utilizando dos canales por separado.

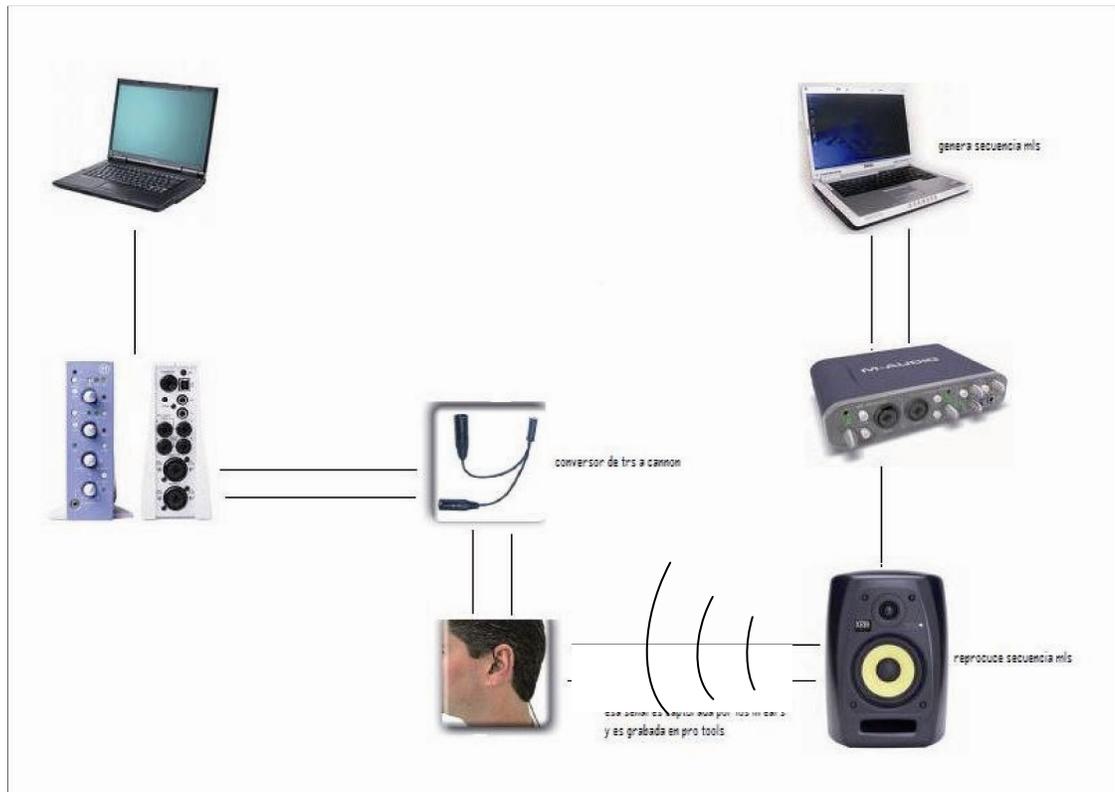


Fig. 15 – Conexión

4.1.1.5 Detalles de la Medición

Se decide hacer la medición al aire libre por la carencia de una cámara anecoica en Colombia para llevar a cabo medidas de este tipo; pero realizar la medición al aire libre implica una serie de inconvenientes enfocados básicamente a las condiciones atmosféricas.

Había poco ruido de fondo, sonido de algunas aves, avionetas que pasaban raramente sobre la finca y algunas veces la influencia del viento, por esta razón

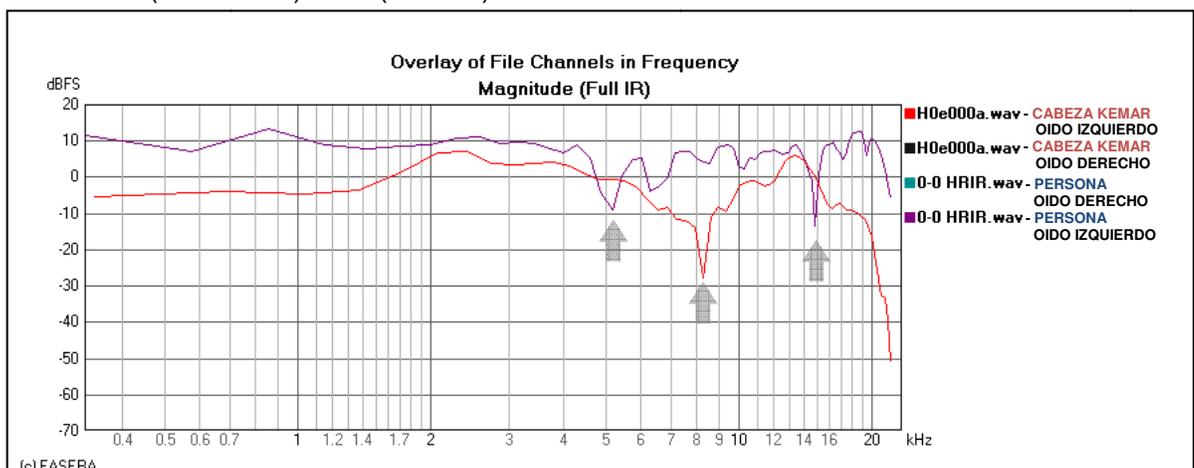
los resultados que finalmente se obtengan a partir de las mediciones en campo abierto no serán del todo apropiadas e ideales como aquellos proporcionados por una cámara anecoica o laboratorio especializado en este tipo de mediciones.

4.1.1.6 Resultados de la Medición:

Finalmente se obtuvieron los 3 parámetros psicoacústicos que son ITD, ILD y HRTF de la siguiente manera:

Para la obtención del HRTF se deconvolucionó mediante el plugin Aurora la señal MLS capturada por los micrófonos con el fin de encontrar el HRIR para cada posición, luego se procedió a la transformación rápida de Fourier FFT de la señal HRIR de las mediciones realizadas del sujeto y de las mediciones estándar hechas por el MIT²⁷ con la cabeza KEMAR que se encontraban contenidas en archivos de formato wav para cada posición, para así obtener la función de transferencia de la cabeza tanto para las mediciones de referencia como para las de medición tal como lo muestran las siguiente graficas analizadas y capturadas por el software EASERA para cada posición:

HRTF 0° (elevación) – 0° (azimut)



Gráfica.1 – Medición 0-0

²⁷ GARDNER, Bill y MARTIN, Keith. HRTF Measurements of a KEMAR Dummy-Head Microphone MIT Media Lab May, 1994. <http://sound.media.mit.edu/resources/KEMAR.html>

Como se puede observar en la gráfica de HRTF, las convenciones indican las funciones que corresponden a las mediciones de la cabeza del maniquí Kemar realizadas por el MIT Media lab²⁸ obtenidas en condiciones ideales, citadas por varios autores de otros proyectos de investigación binaural usadas como puntos de referencia, en esta gráfica se reconocen los archivos por el nombre y las convenciones.

En este caso para esta posición de HRTF 0° (elevación) – 0° (azimut) que muestra la gráfica anterior se puede observar que tanto la información de oído izquierdo como oído derecho es exactamente igual, tanto para las mediciones de referencia como para las de prueba, lo que indica que las funciones de transferencia de ambos oídos son iguales para esa posición ya que tienen que hacer el mismo recorrido y sufren la misma transformación para llegar hasta el canal auditivo.

La diferencia perceptible sobre las HRTF medidas y las de referencia se debe a la configuración del ser humano que se eligió como sujeto de prueba y de la conformación del maniquí que tienen algunas diferencias entre sí. Sin embargo el nivel de intensidad en general son parecidas a excepción algunas bandas de 1/3 de octava por frecuencia como lo son: 8 Khz donde hay un aumento de la señal de medición alrededor de 34 dBFS, en la frecuencia de 15 Khz se encuentra una disminución considerable de 13 dBFS de la señal de medición con respecto a la de medición de referencia y otras variaciones menos perceptibles en 600Hz, 850 Hz, 5.1 Khz, 6.25 Khz.

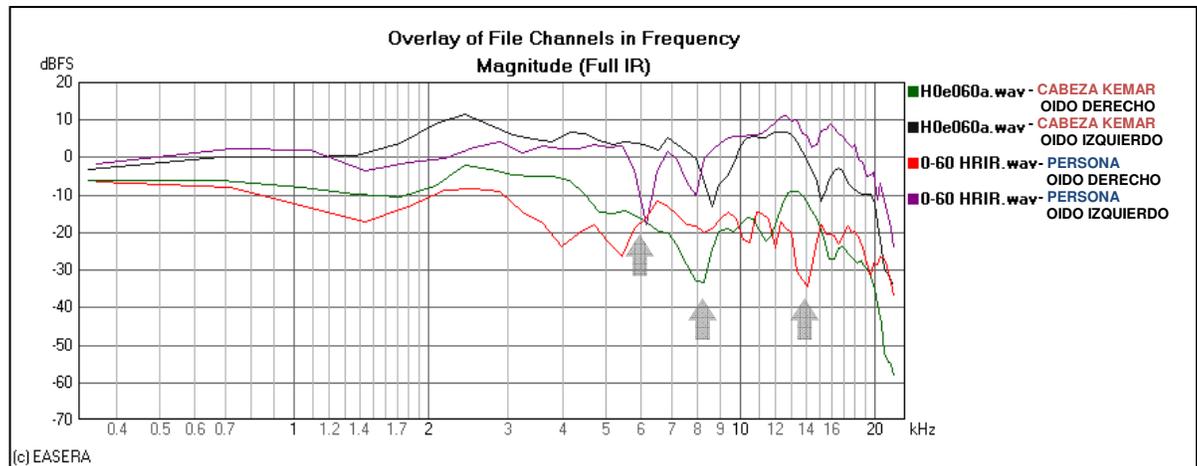
En promedio la señal tiene una diferencia de nivel de 12 dBFS una con respecto a la otra, sin embargo aquí no se mira tanto el nivel de intensidad sino más bien el componente frecuencial, el nivel solo da una forma de comparar una con respecto a la otra.

Finalmente debido a la conformación y forma del maniquí su respuesta es mas suavizada con respecto a la del ser humano, esto sucede porque en el maniquí hay menos obstáculos o barreras sonoras mientras que en el humano se

²⁸ Ibid.

encuentra con otra serie de obstáculos que transforman la señal de manera distinta. Al hacer la transformada rápida de Fourier lo evidenciamos teniendo en cuenta que influye el número de samples con que se realiza esta transformada.

HRTF 0°-60°

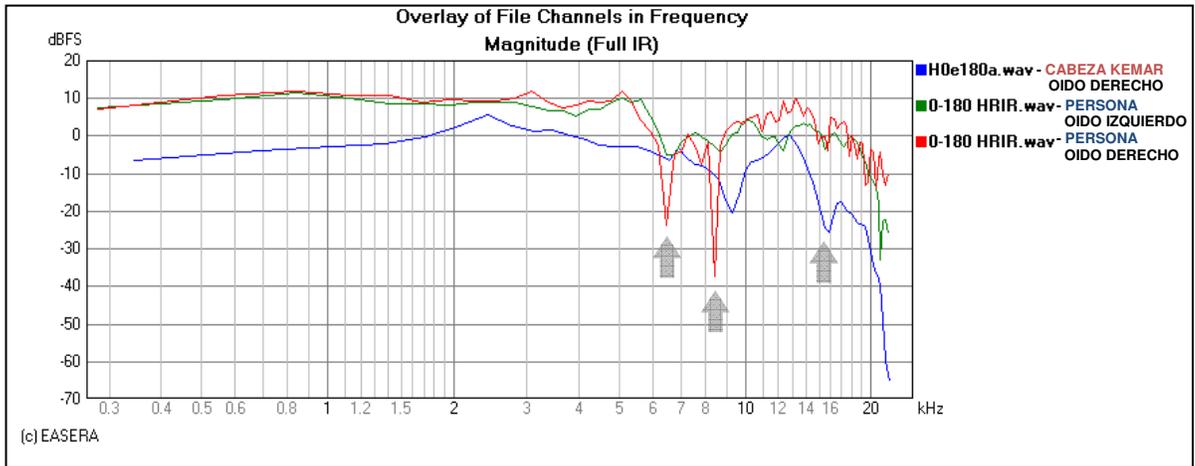


Gráfica 2 – Medición 0-60

En esta gráfica se observa como a medida que se cambia el azimut, también lo hace el comportamiento de las HRTF con respecto a las de referencia. Por lo que las bandas de frecuencias medias bajas se asemejan mucho más que las frecuencias altas, donde hay unos significativos cambios como en el caso de 6KHz, 8KHz, 9KHz y 14 KHz, donde la señal varía bien sea por la composición y anatomía del ser de prueba, o por influencia de la respuesta acústica del campo directo al aire libre.

Cabe anotar que para esta posición el nivel de intensidad que experimenta un oído con respecto al del otro es más alto, lo cual también concuerda con la teoría de que si un oído está más cerca a la fuente y no tiene tantas barreras en el recorrido de esta señal, va a llegar con mayor nivel que la señal que llega al otro oído.

HRTF 0°-180°

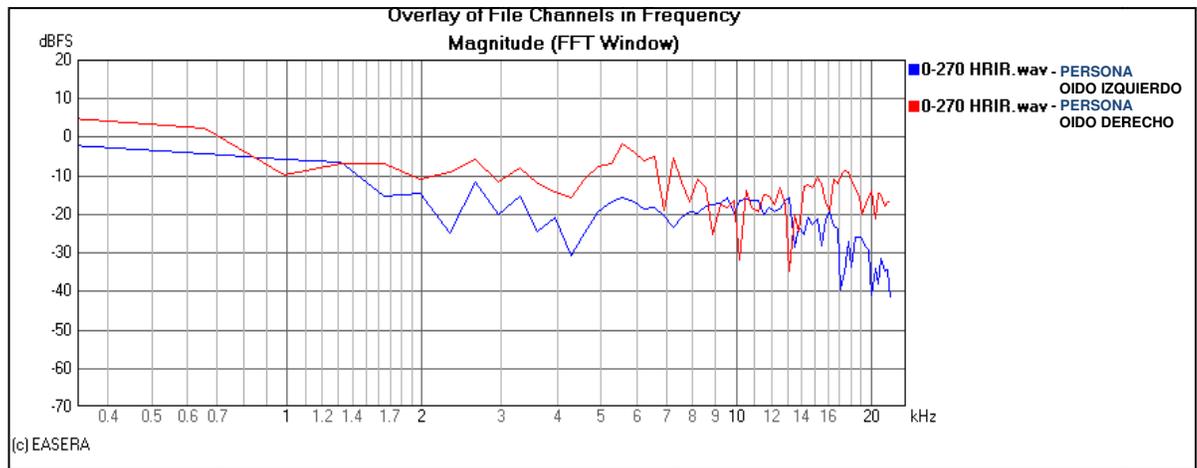


Gráfica 3 – Medición 0-180

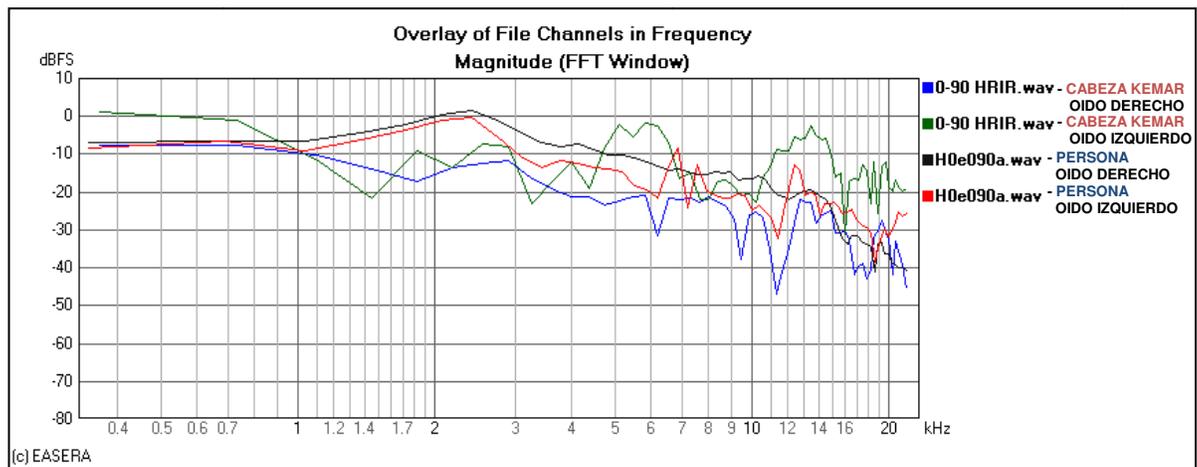
Aquí se muestra como la medición de referencia ofrece una respuesta ecuánime para ambos oídos en la posición de 180° justo detrás de la cabeza, mientras que para las curvas de medición que arrojan los oídos de la persona varían ligeramente a excepción de dos frecuencias críticas que son 6.5 KHz y 8.3 KHz., aunque la del oído derecho es la que se muestra con mayor susceptibilidad a cambios (color rojo).

En lo que concierne a la comparación de las señales de referencia con las de la medición, hay una compensación de alrededor de 5 dBFS en la banda de 2.5 KHz y un aumento para las bandas de 5 KHz y 9 KHz. Como es de esperar las frecuencias graves son las que menos sufren cambios puesto que los obstáculos o barreras en el recorrido de la señal hacia el oído son poco significativas con respecto a la longitud de onda que estas frecuencias poseen por lo que pueden recorrer grandes distancias y atravesar obstáculos.

HRTF 0°-270°

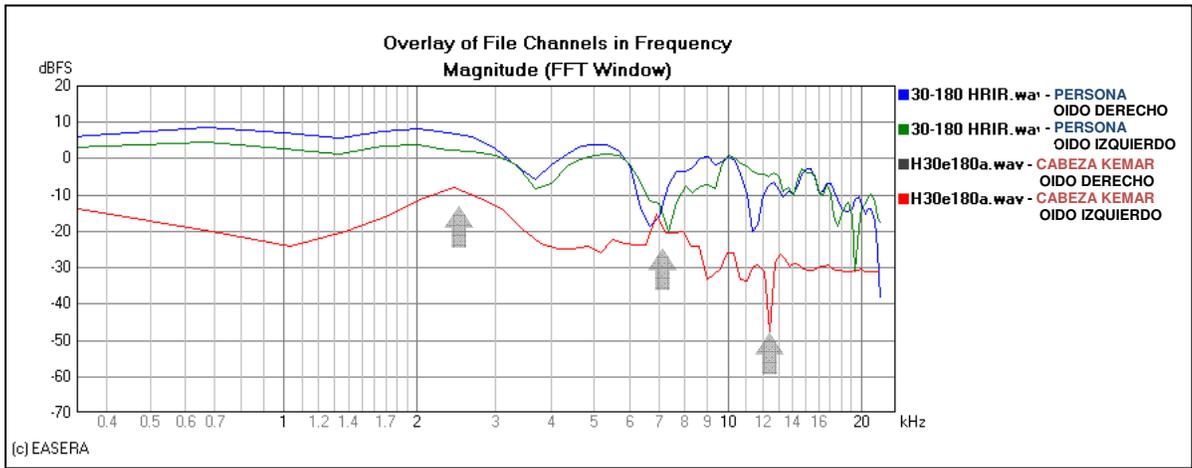


HRTF 0°-90°



Para verificar si los HRTF de una posición simétricamente igual a la del otro oído se comporta de igual manera, se optó por medir el giro completo, estas dos gráficas presentadas anteriormente son muestra de ello. Por lo que se puede apreciar, hay bastantes valores similares por lo que los cambios de ciertas frecuencias se pueden descartar. Por esta razón se toma el método con que fueron obtenidas las mediciones de referencias por el MIT ya que sigue siendo lo mismo por lado y lado, se parte de esa base porque el ser humano promedio es simétricamente compatible.

HRTF 30°-180°



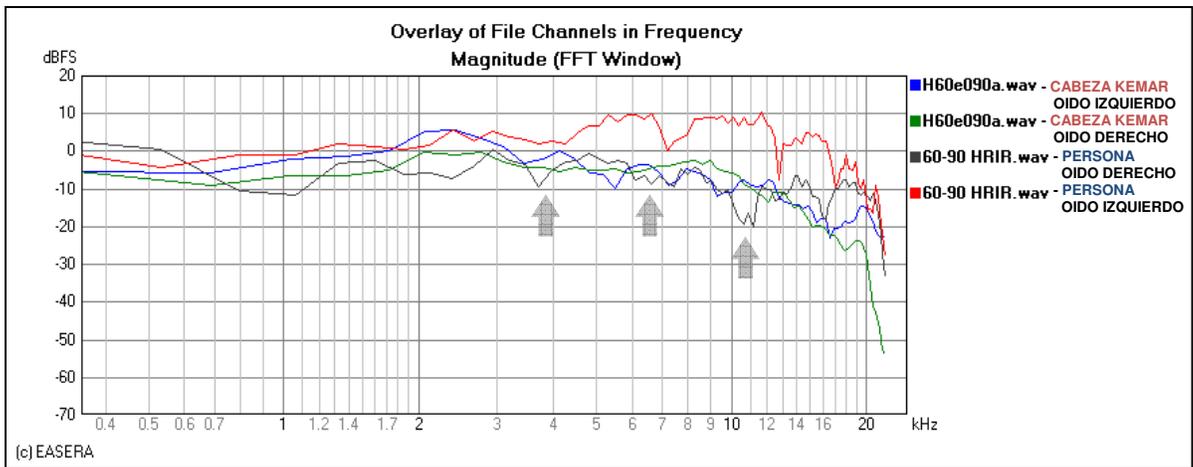
Gráfica 6 – Medición 30-180

Para esta posición ya hay un cambio notable del HRTF con respecto a la elevación de la fuente en 30°, la gráfica cambia de forma, sin embargo no difiere la señal de medición del sujeto con la señal de medición de referencia.

También hay que destacar la suposición de que las señales de cada oído deberían estar al mismo nivel, sin embargo a medida que aumenta la elevación, estas señales interaurales van a variar levemente entre sí, lo cual sólo se observa para las mediciones del sujeto de prueba.

Si comparamos la gráfica 3 con la gráfica 6 analizada previamente, hay fluctuaciones similares entre las bandas de 6 y 8 KHz de las señales de medición con la persona con respecto a las de referencia. Ambas gráficas presentan una compensación para la banda de 2.5 KHz, aunque en la gráfica de esta posición en particular hay un aumento considerable para la banda de 1KHz que puede estar dado por la configuración del pabellón auditivo del oyente que amplifica más este tipo de frecuencias relacionadas con el habla.

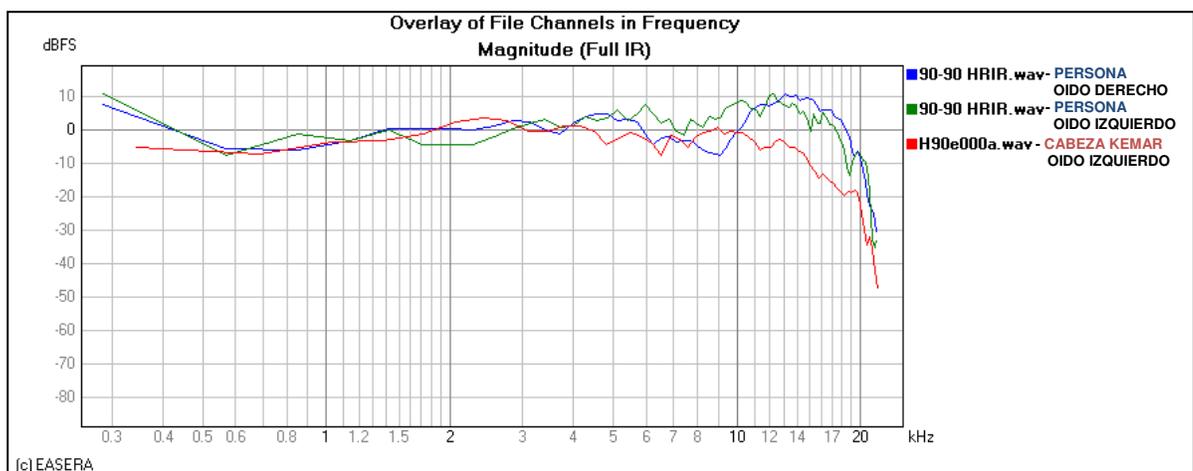
HRTF 60°-90°



Gráfica 7 – Médición 60-90

Aquí se pueden notar cambios leves de las señales en general para todas las bandas, sin embargo el oído izquierdo muestra un aumento a partir de 4 KHz pero ya después en los 17 KHz vuelve a parecerse a las demás curvas. Esto se debe a que el sonido incide directamente sobre este oído por la posición y considerando la elevación de la fuente, como es de esperar un aumento para esas frecuencias altas como lo establecen algunos autores.

HRTF 90°-90°

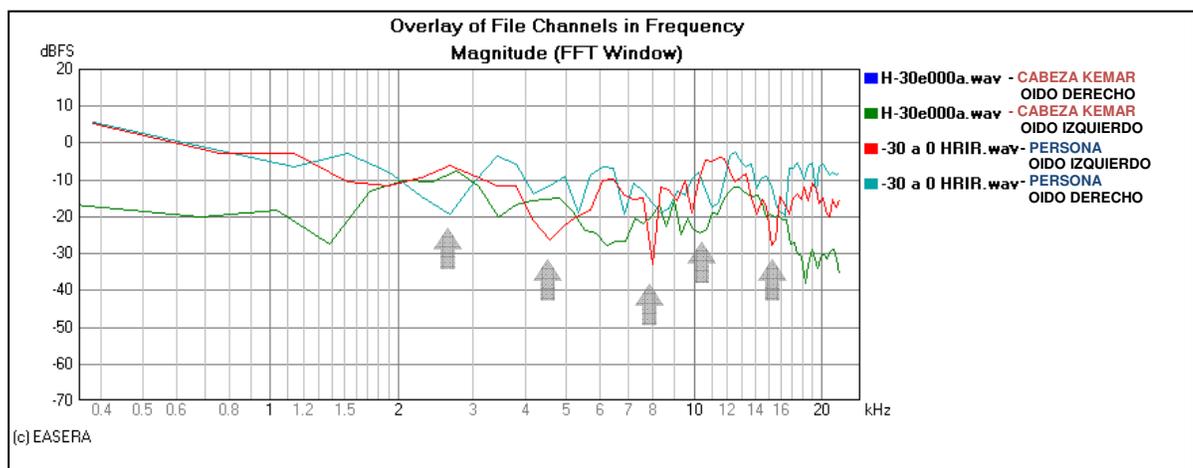


Gráfica 8 – Médición 90-90

Es predecible que en este punto sea donde más se parecen las curvas a comparación del resto de posiciones, esto se debe a que el sonido incidente por encima de la cabeza llega de igual forma para ambos oídos, la ausencia de cabello en la parte superior de la cabeza por parte del sujeto prueba, hace que el sonido pase directa y más fácilmente a los oídos, al igual que las reflexiones que provienen del torso.

Mirándolo desde otro punto de vista, se puede ver que en esta curva la respuesta en todas las frecuencias es más pareja, puede ser causado a la compensación existente de la anatomía de la persona y el lugar de la medición es donde menos se afecta todo el componente frecuencial. Porque está alejado de muchos obstáculos que impiden el normal desplazamiento del sonido de la fuente hacia el receptor.

HRTF -30° / 0°



Gráfica 9 – Medición- 30-0

Partiendo de la posición de la fuente en 30° por debajo del eje horizontal se pueden apreciar cambios en frecuencias bajas donde estas se encontrarán con mayor nivel respecto a las frecuencias altas tal como lo predice la teoría, se resaltan mas los rangos de (1.1KHz a 1.8 KHz, de 2.3 KHz a 3, 4 KHz, de 4 KHz a 5.3 KHz, de 5.3 KHz a 7KHz) mientras que bandas alrededor de los 8KHz y 14 KHz sufren cambios notables. Por el lado de las diferencias interaurales para las mediciones de referencia estas diferencias son cero, mientras que para las de medición de la persona varían entre sí para ambos oídos. Como se había

explicado anteriormente esto podría darse gracias a que la configuración de un maniquí es simétricamente casi perfecta y no posee muchas barreras para la trayectoria del sonido, mientras que la configuración anatómica del ser humano varía considerablemente.

Para obtener los parámetros ITD e ILD se hizo la lectura de diferencia de tiempo del audio de un canal con respecto al otro, con la onda extendida al máximo por el zoom ofrecido del software Adobe Audition, al igual que de la lectura que arroja el medidor de nivel del plugin Roger Nichols Digital Inspector versión gratuita. Una vez obtenidos estos parámetros se tabularon y se obtuvieron las gráficas respectivas de cada parámetro.

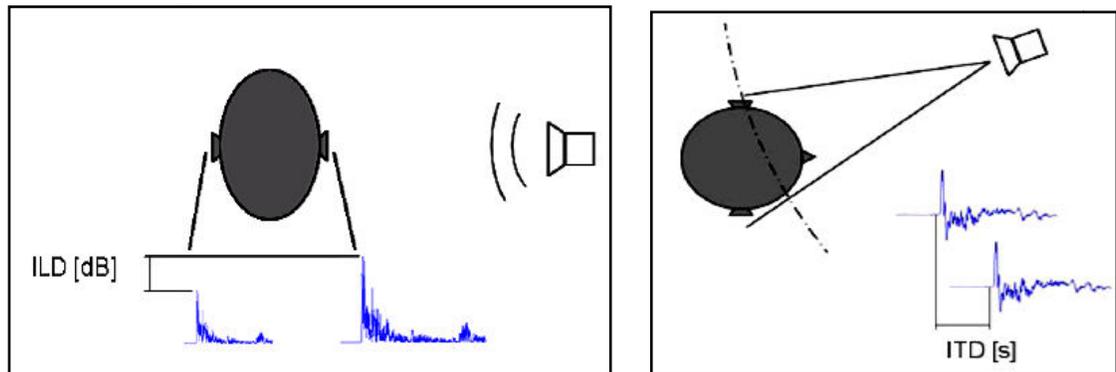


Fig. 16 Método de lectura para parámetros ILD e ITD en ambos oídos.²⁹

²⁹ PERSON, Madelene y TORTENSSON, Peter, Simplified Binaural Measurement Systems for Interior Noise Evaluation Of Truck Vehicle Compartments, Master's Thesis. Chalmers University Of Technology, Sweden 2007

A continuación se observa en la gráfica, el cambio de diferencia de tiempo interaural con respecto al azimut.

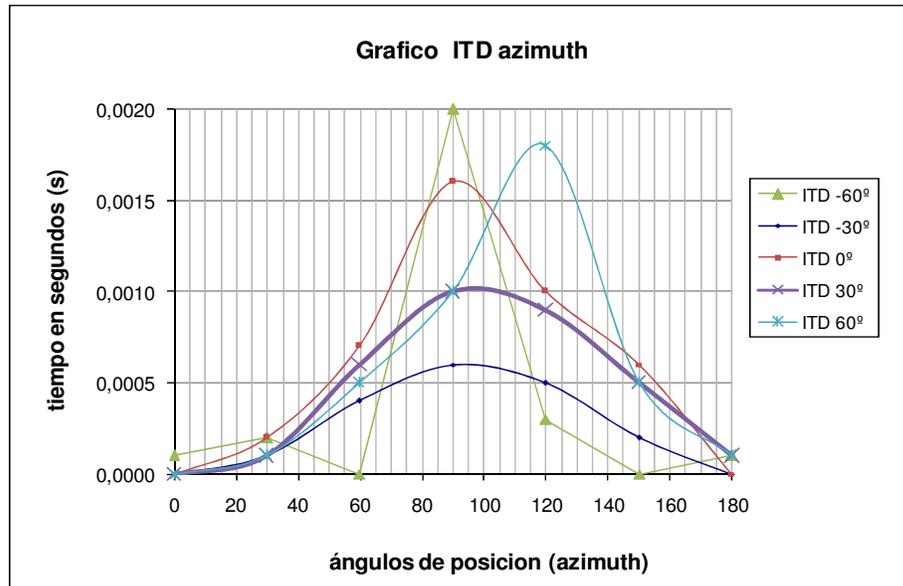


Gráfico 10 – ITD

Esta variación se da a medida que va cambiando el azimut, estas diferencias van aumentando y como es de esperarse en 90° se observa la mayor diferencia ya que la persona esta posicionada totalmente perpendicular a la fuente, sin embargo para la posición de 60° el punto se corrió 30° lo que puede sugerir un error en la medición de este parámetro obtenido de forma visual con el medidor de nivel de Roger Nichols. Dependiendo del ángulo de elevación los ITD se comportan de manera distinta porque para ciertas elevaciones hay mayor o menor incremento de la señal. Finalmente la tendencia de este parámetro medido, es como se ve en esta otra gráfica propuesta por otro autor.

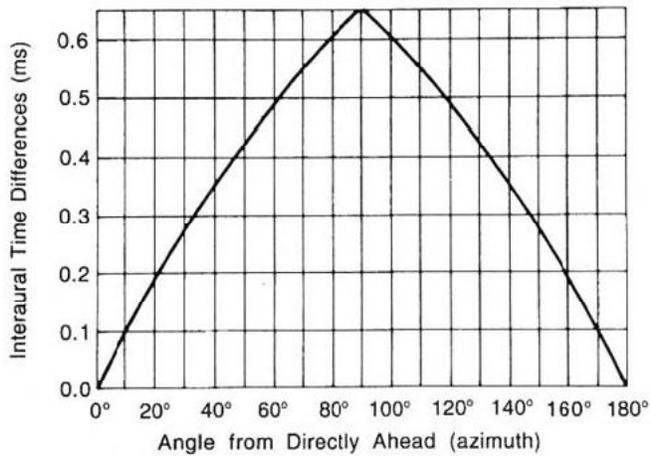
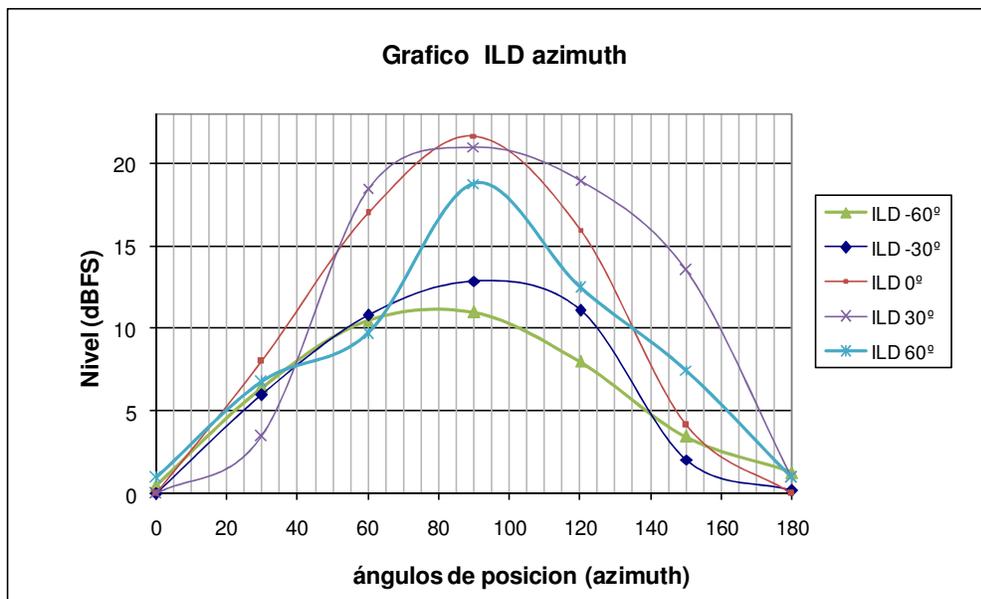


Fig. 27 – Angulo de incidencia ITD

A continuación se muestra la gráfica del ILD con respecto al azimuth:



Gráfica 11 – ILD

Se manejó solo un rango en ángulo de 0° a 180° debido a que para el otro oído se comporta de forma igual pero las diferencias son negativas conformando una onda seno como se ve más abajo. Comparando tanto la gráfica de medición propuesta por el autor tal como se puede observar que más o menos ambas gráficas conservan las mismas características y que para 90° en cada posición la diferencia de nivel va a ser mayor porque alguno de los dos oídos va a estar perpendicular a la fuente y por ende va a recibir mayor presión sonora.

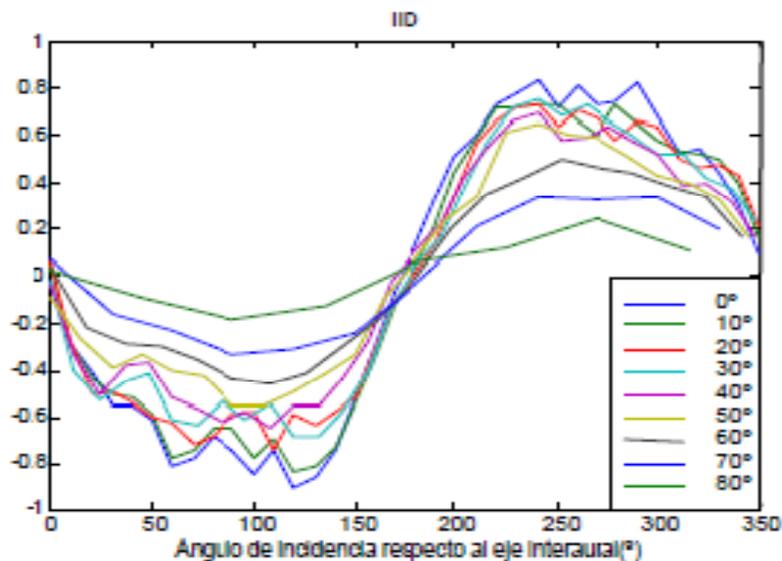


Fig. 17 – Angulo de incidencia

4.1.2 Diseño de Banda Sonora

FOLEYS	
- Monitor cardiaco (vivo y muerto)	- Firmando un papel
- Resucitador Rp desfibrilador	- Un sacerdote haciendo los oficios litúrgicos
- El masaje cardiaco (corazón latiendo)	- Cantos fúnebres
- Luz de lámpara del quirófano (ruido)	- Cargada de cajón
- Instrumental quirúrgico	- Subida de cajón al carro
- Respiración profunda	- Encendida de carro
- Sonido de tripas y fluidos	- Carro andando
- Carrito de instrumental quirúrgico	- Derrape
- Pasos personal médico	- Corona cayéndose
- Sonido del césped	- Frenada
- Colchón sonoro	- Lanzando tierra al cajón con la pala
- Transición ventana abriendo	- Personas llorando
- Pitos de carros y transito	- Sonido de gusanos
- Viento transcurriendo	- Sonido de cuervos
- Transiciones escalera (de un piso al otro)	- Crujido de madera por bichos
- Gente riendo, hablando, llorando	- Árbol crujiendo por el viento
- Levantando la caja mortuoria	- Hojas secas arrastradas
- Candelabros prendidos	- Abejas zumbando
- Transición del alma entrando en el cajón	- Pareja hablando
- Pasos de la gente	- Martilleo
- Máquina de afeitar	

- Sonido de peinilla	- Corte de madera, cepillada y lijada de madera
- Sonido del grifo del baño	- Chillido de cama
- Risa susurrada	- Pareja haciendo el amor
- Reloj tic tac	- Un radio viejo
- Persona sonándose	- Cama rompiéndose
AMBIENTES	
- Ambulancia (dentro) (día)	- Salida del velorio entrando al carro fúnebre (mueble solo y mueble ocupado)
- Sala de cirugía (urgencias),	- Carro
- Parque con niños sobre césped	- Cementerio (tarde)
- Sonido exterior de un hospital	- Cementerio sonidos de tierra dentro de cajón (noche)
- Volando sobre la ciudad (tráfico y viento)	- Bosque habitado (día)
- Velorio (pisos 1 y 2),	- Ebanistería (tarde)
- Baño con lavamanos	- casa cuarto de empleada (noche)
- Dentro del ataúd (dentro de un closet o mueble hueco),	
- Capilla con cantos fúnebres	
NARRADORES (PERSONAJES)	
- Principal voz (en off)	- Amigos
- Niños	- Pareja de novios
- Señor y señora en la funeraria	

4.1.2 Grabación

Partiendo del guión del cuento “Nunca termina el círculo” se planeo y diseñó la banda sonora buscando reunir elementos que permitirán abarcar todos los detalles de esta producción. Durante la grabación se buscó capturar los sonidos provenientes de la fuente original y real, así mismo realizar las grabaciones de ambiente en las locaciones existentes, por otro lado algunos foleys se grabaron buscando simular sonidos parecidos al original utilizando herramientas propias de artistas foleys, los sonidos restantes se tomaron de bancos de sonidos adquiridos comercialmente y regrabados con la técnica binaural en un estudio de grabación profesional. Durante toda la grabación se contó con la participación de Julio Ruiz con quién se hicieron las mediciones y de ahora en adelante se llamará el sujeto de prueba.

A continuación se describe una lista de software equipos y elementos utilizados en el proceso.

EQUIPOS		
Equipo	Referencia	
<ul style="list-style-type: none"> • Computador portátil • Computador portátil • Computador • Interfaz • Interfaz • Micrófonos In-ears • Monitores de estudio profesionales 	Compaq Macbook Imac G5 Mbox digidesign M-audio fast track pro Sound professionals stpb-2 Yamaha NS-10M	
ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE FOLEYS		
<ul style="list-style-type: none"> - Cubiertos - Bandeja de plata - Silla rodante - Closet - Pala - Peinilla - Taladro - SERRUCHO 	<ul style="list-style-type: none"> - Mototool - Lija - Martillo - Mesa de Madera - Camilla - Baúl - Lámpara de tubos - Reloj antiguo 	<ul style="list-style-type: none"> - Hojas y ramas de árbol - Radio teléfono - Cama - Automóvil - Mueble de madera en forma de cubículo - Rasuradora eléctrica - Tierra
ACCESORIOS		
<ul style="list-style-type: none"> - Cables XLR y de línea - Cuerda - Cinta pegante 	<ul style="list-style-type: none"> - Esfero - Extensiones de audio y de corriente - Cámara fotográfica 	
SOFTWARE		
<ul style="list-style-type: none"> - Protools 7.4 LE Digidesign licenciado - Reason 4 Propellerhead licenciado - Plugin EQ 31 AAY audio aq31 VST (versión demo) 		

Lugares de grabación.

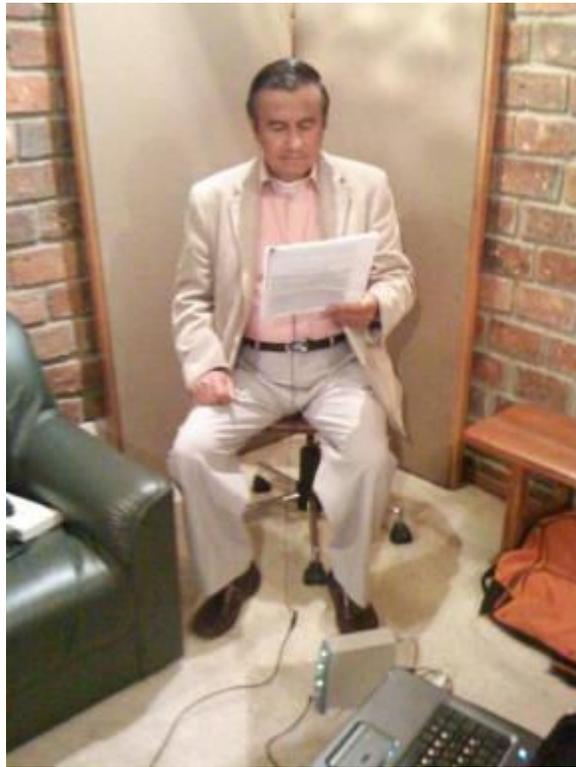
Para la grabación de los ambientes se recurrió a distintos lugares de Bogotá y sus alrededores tales como:

LOCACIONES

- Cementerio Central
- Estudio de grabación Armonía Producciones
- Apartamento de Julián Ruiz
- Apartamento de Santiago Forero
- Casa de Mario Mancera
- Iglesia de Bachué
- Parque de Santa Ana
- Sala de espera y parqueadero Clínica Sta. Bibiana
- Finca en la Mesa Cundinamarca “El Porvenir”
- Carrera Séptima y Autopista Norte para ruido de tráfico
- Ebanistería “El Ebanista”

Antes de realizar la grabación se planeó con el sujeto de prueba las posiciones que debía adoptar según el punto de vista del oyente o del personaje según como lo plantea la historia para que el sonido provenga de las direcciones reales, también de situarlo en los espacios y condiciones ideales que ayuden a dar una simulación lo más real posible.

Grabación de la voz: La grabación de la voz se desarrolló en el estudio de grabación Armonía Producciones, con la colaboración de Fernando Ruiz quién prestó su voz para narrar la historia, la captura se realizó con los micrófonos binaurales “in ears” Sound Professional ubicados en los oídos del narrador, esto con el fin de capturar la vibración sonora interna de la cabeza, la respiración, el sonido proveniente de la garganta y la respuesta acústica del recinto.



Grabación de ambulancia: Fue grabada en las instalaciones de la clínica Santa Bibiana, en primera instancia en el parqueadero para registrar la llegada de la ambulancia.



Ambiente de hospital: Esta parte fue grabada con el sonido ambiente de un hospital previamente realizado, se reprodujo en un sistema de sonido 5.1 y se capturó con los micrófonos binaurales nuevamente. Para esta grabación se hicieron dos capturas diferentes, una simulando el interior de la sala de urgencias y la otra simulando el ruido exterior.

Para capturar la transición del ambiente de hospital al exterior, donde el personaje principal sale volando (ver anexos) se ubicó al sujeto de prueba frente a una ventana cerrada de un apartamento en el piso 5, donde hizo un desplazamiento de aproximadamente 3 metros hacía la ventana que posteriormente abrió para sacar su cabeza (con los micrófonos puestos) y de esta manera registrar el sonido ambiente del exterior compuesto principalmente por ambiente vehicular.

Ambiente de parque de niños: Se grabó en el parque de Santa Ana en la localidad de Usaquén, en el momento habían niños jugando y el sujeto de prueba estaba acostado en el pasto mientras los 2 personajes (niños) se acercaban corriendo y se recostaban a sus costados siguiendo el dialogo.



Baño y rasuradora: Este ambiente fue grabado en el interior de un baño de un apartamento en donde el sujeto de prueba principal con los micrófonos en sus oídos, se rasuró con una máquina eléctrica y se peinó.



Velorio: Fue capturada en una casa antigua en el barrio Santa Bárbara, en un segundo piso simulando una funeraria, colocando al sujeto de prueba dentro de un cubículo de madera, de aquí se obtuvieron varias grabaciones tanto de foleys como de ambientes relacionadas con la funeraria y el velorio. Se capturaron los pasos de la gente en un piso de madera y el murmullo de la gente, algunos llantos y el ambiente a la entrada de la funeraria.

Coche fúnebre: Se uso un carro con sun roof, el sujeto de prueba grabó primero el sonido dentro del carro y después sacó el torso y la cabeza para registrar el viento y el tráfico al exterior.

Cementerio y entierro: Se realizó en dos locaciones, la primera, el Cementerio central donde se capturó el sonido ambiente, además de algunas palomas y otros animales que se presentaban en ese momento. La segunda locación fue el patio trasero de una casa, allí el sujeto de prueba se recostó en el suelo, poniendo la cabeza dentro de un cubículo de madera lleno de material absorbente, el cual se selló para evitar filtraciones de tierra y recoger el ambiente que se percibe estando encerrado en un ataúd y posteriormente se empezó a arrojar tierra y piedras con una pala, encima de la caja.



Ebanistería: Se grabó en el “Ebanista” situada al norte de Bogotá, el sujeto de prueba dió un paseo por el lugar acercándose a uno de los trabajadores percibiendo el uso de las distintas maquinas y herramientas de la ebanistería para capturar el ambiente propio del lugar.

Iglesia: El sujeto de prueba se introdujo en la iglesia de Bachué y se sentó en una banca y se empezó a grabar durante la celebración de la eucaristía.



Ambiente del bosque: Este ambiente se grabó en la finca “El Porvenir” en la Mesa Cundinamarca. El sujeto de prueba se ubicó en el suelo debajo de un árbol para registrar todos los sonidos allí presentes.

Grabación de la música: Primero se compuso la música original con ayuda del software Reason y de controladores MIDI para toda la parte de pianos, cuerdas, atmósferas, bajos, colchones sonoros y percusión electrónica, también se introdujeron algunos pedazos de guitarra eléctrica y acústica, todo fue grabado directamente en el software a excepción de las guitarras que fueron grabadas en el estudio Armonía Producciones con técnicas convencionales de microfonería. Posterior a esto se reprodujo la música grabada a través de los monitores del estudio profesional, donde el sujeto de prueba se situó en varias posiciones para darle así mas ambiente y espacialidad a la música porque provenía de diferentes lugares y de esta manera, volver a grabar la música binauralmente.

4.2 PRODUCCIÓN

4.2.1 Premezcla

Una vez realizadas las capturas con la técnica binaural, se organizaron y editaron los audios dentro de la sesión de Protools, estableciendo con la voz y las escenas ilustradas del cuento (Favor ver Anexo C) una guía de tiempo para el audiolibro. Estableciendo también marcadores para las escenas y los respectivos canales a los diferentes elementos de la banda sonora. Adicional a estos miraron los niveles de cada canal y paneos para agrupar canales y tener así una premezcla.

Ventana de Edición

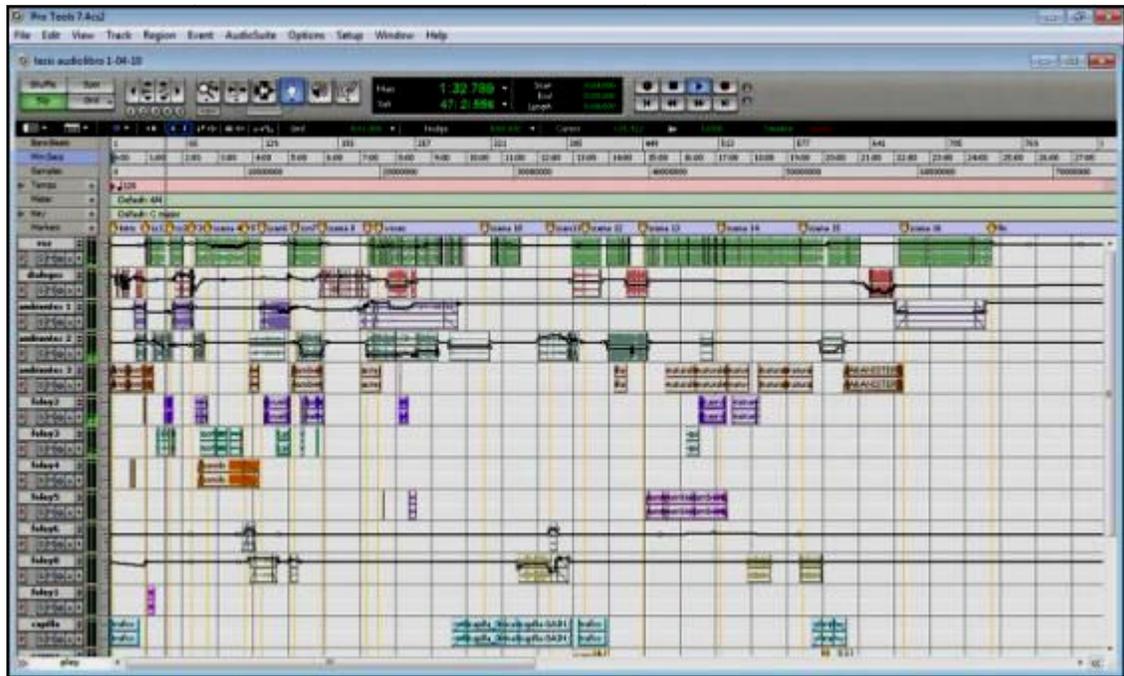


Fig. 19 – Ventana de Edición-Premezcla

Ventana de Mezcla



Fig.20 – Ventana de Mezcla-Premezcla

4.2.2 Mezcla

Tomando la premezcla como base se procede a agrupar por canales las voces, ambientes, foleys y música. Para después consolidar los audios.

Ventana de Edición

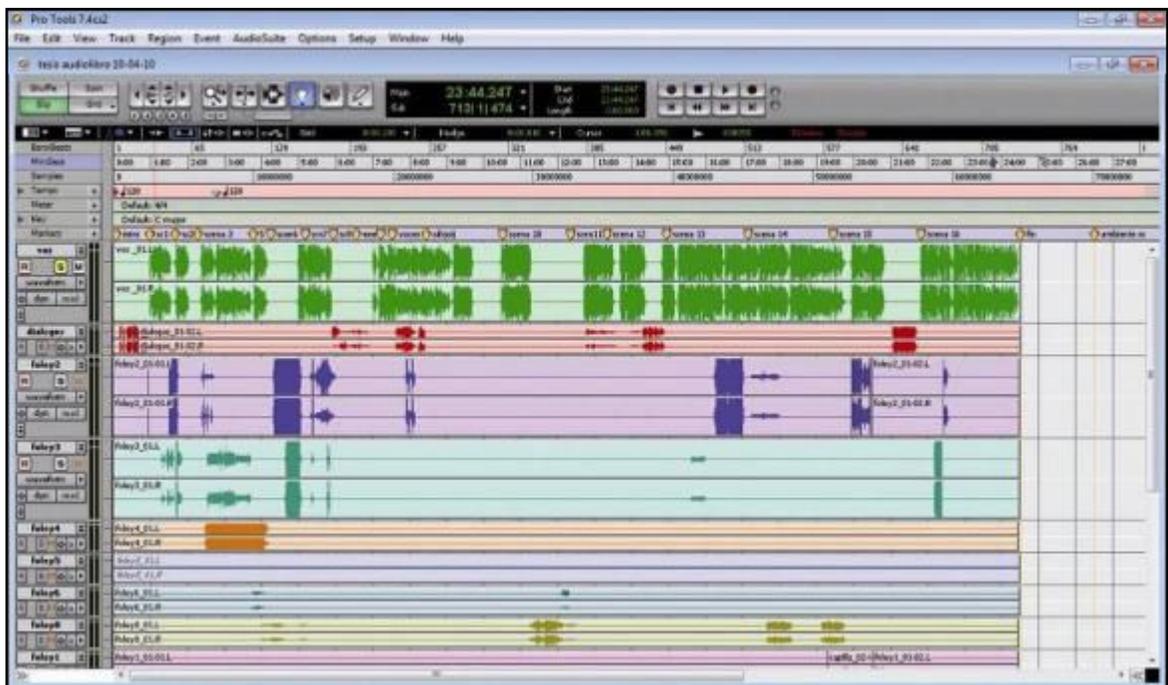


Fig. 21 – Ventana de Edición-Mezcla

Luego se aplicaron algunos procesos (plugins) para manejar dinámicas (compresión, expansión, compuerta y ganancia).

Ventana de Mezcla



Fig. 22 – Ventana de Mezcla-Mezcla

Para garantizar el comportamiento de la grabación binaural con respecto a la respuesta de los HRTF estándar según las mediciones de la cabeza KEMAR realizadas por el MIT.³⁰ Se ecualizó mediante el plugin AAY audio aQ31 (versión demo)³¹ que consiste en un ecualizador de 31 bandas de octava que funciona en forma multimonofónica, es decir tanto al canal izquierdo como al derecho le corresponde un ecualizador de 31 bandas. Esto se realizó antes de hacer la mezcla completa, es decir, se aplicó a cada track estéreo o canal individual de foleys, antes de mezclar todos los canales en un solo canal estéreo.

Foley de Fuente Fija

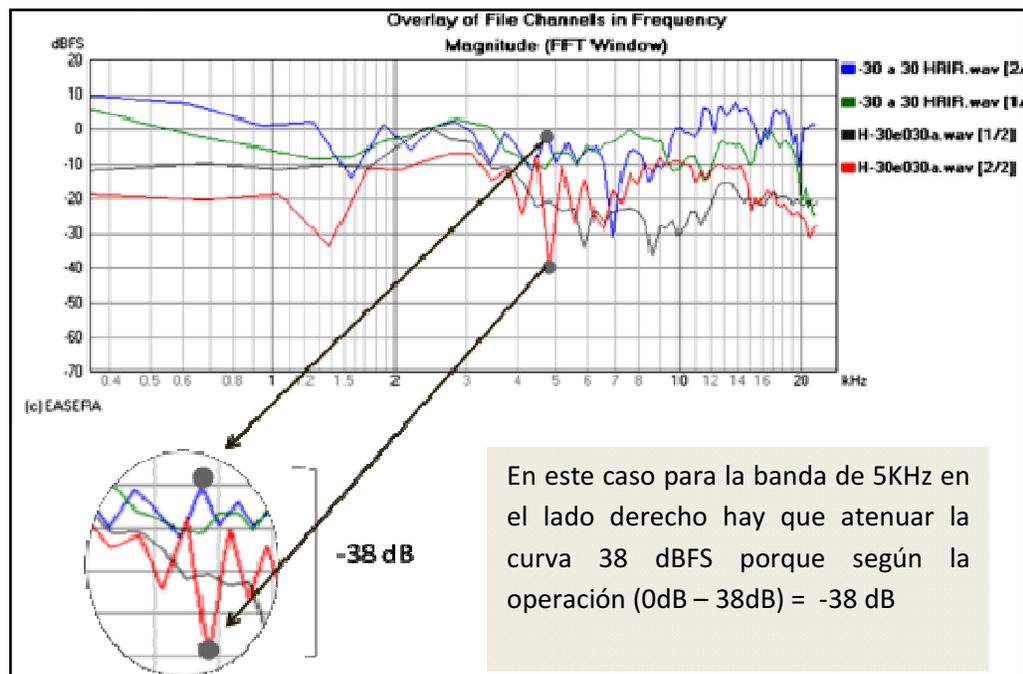
Al hablar de un Foley de fuente fija se hace referencia a un sonido que no tiene movimiento en el espacio sino que tan solo se sitúa en un punto. El procedimiento a seguir para recrear un Foley con la técnica binaural es el siguiente:

³⁰ Ibid.

³¹ http://www.aay-audio.com/index_products_aQ-31.html

1. Se selecciona el Foley en el canal individual para este ejemplo en el Foley del desfibrilador y se le inserta un ecualizador grafico de 1/3 de bandas de octava en este caso se utilizará el plugin AAY Audio aQ-31 mencionado anteriormente.
2. Teniendo en cuenta las graficas de las mediciones desarrolladas se procede a igualar la grafica de referencia en este caso la cabeza Dummy, con la grafica de la cabeza humana que se realizó para cada posición de la siguiente manera:

En la gráfica que se muestra a continuación se toma inicialmente un punto que indica diferencia de nivel entre la curva de referencia hecha con la cabeza dummy y la curva de medición hecha con el sujeto. Con esta diferencia de nivel se procede a ecualizar incrementando o disminuyendo el nivel de intensidad de dicha frecuencia según el valor de la diferencia encontrada para ajustar a la grafica de referencia, esto con el fin de generar una respuesta HRTF estándar ajustada para que la gente promedio pueda apreciar la sensación que produce el efecto binaural.



Gráfica. 12 – Diferencia de curvas HRTF en dB

Ventana de Mezcla

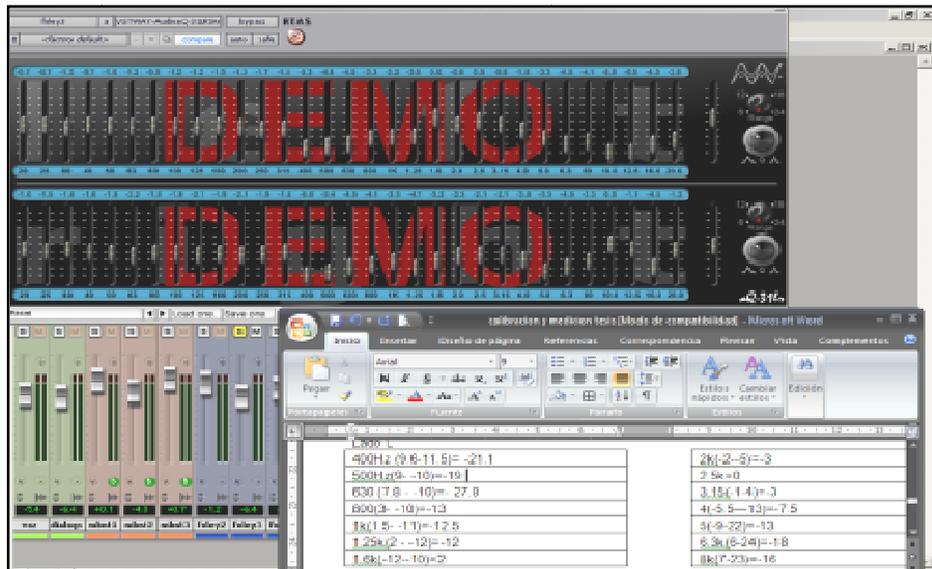


Fig. 23 – Ventana de Mezcla y de Valores Para Ajustar en el Ecuador

Debido a que es una fuente fija se fijan los faders (botones) que controlan cada banda de octava y esto afecta todo el Foley para esa posición. También se ajusta el rango de amplitud de la señal dependiendo del rango de diferencia que hay en las gráficas de HRTF. Este mismo proceso se realiza sucesivamente para cada banda de frecuencia en ecualizador según lo que nos muestre la información de cada gráfica.

AZIMUT 330 GRADOS CON ELEVACIÓN A -30 GRADOS					
FRECUENCIA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO	FRECUENCIA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO
400 hz	-21.1	-24	3150 hz	-3	-8
500 hz	-19	-21.5	4000 hz	-7.5	-12
630 hz	-27.8	-18	5000 hz	-13	-21
800 hz	-13	-16.3	6300 hz	-18	-18
1000 hz	-12.5	-13	8000 hz	-16	-13
1250 hz	-12	-18.5	10000 hz	-30	0
1600 hz	2	-12	12500 hz	-28	-4
2000 hz	3	-9	16000 hz	-18	-18
2500 hz	0	-8	20000 hz	15	-5

Tabla 1 – Valores de Diferencia de HRTF Para 330 Azimut a -30 de Elevación

Foleys Fuentes Moviles

Para describir dicho proceso en el caso de una fuente movil, es decir, que cambia de posición en el espacio durante un tiempo especifico, se ha optado por tomar un ejemplo hecho durante el proceso de mezcla en este caso el foley de la lámpara del quirofano.

Para realizar el efecto binaural de este foley se automatizó en 3 puntos diferentes (que corresponden a 3 posiciones en el espacio) para lo cual se realizaron tres ecualizaciones diferentes que irán automatizadas según el tiempo.

En este foley el sujeto de prueba se encuentra recostado y la lámpara está encima de él, donde se percibe el sonido que genera la lámpara. Para recrear este foley se tomaron tres ángulos distintos y una elevación especifica, el primer ángulo va a ser 30 grados que equivaldría al parámetro azimuth (horizontalmente) y va a estar a una elevación de 30 grados, el segundo ángulo va a ser 30 grados con la misma elevación y el tercer ángulo va a ser 330 grados con la misma elevacion.

Para realizar esta ecualizacion se utilizó el plugin anteriormente mencionado AAY Audio aQ-31 que consiste en un ecualizador de 1/3 de banda de octava, lo especial en este plugin es que es estéreo y aparte de eso maneja un ecualizador independiente por canal, esto con el fin de automatizar el HRTF que le corresponde a cada lado.

Pasos para la automatización:

1. Se inserta el plugin en el canal individual donde se encuentra el foley en particular.



Fig. 24 – Ventana de Edición fragmento a Automatizar con el Ecuador

2. Se observa la gráfica de las posiciones que se van a tomar en cuenta, que comparan el HRTF de la cabeza dummy con el HRTF de la cabeza humana.
3. El siguiente punto es igualar al máximo el HRTF de la cabeza dummy con el HRTF de la cabeza humana, para esto se utiliza el ecualizador de 1/3 de octava, esto con el fin de tener una respuesta estándar de HRTF para que cualquier persona que escuche el audiolibro sienta el efecto binaural.
4. El siguiente punto es hallar la diferencia en decibelios que existe entre la gráfica de referencia en este caso la cabeza dummy y la de la cabeza humana que se midió, si la señal de referencia está por encima de la de la cabeza humana se incrementa el nivel en dicha frecuencia, pero si es al contrario se reduce la ganancia en dicha frecuencia.
5. Para automatizar el ecualizador simplemente se abre el plugin y en la ventana del plugin se presiona el botón "auto" y Protools dará la opción de

agregar todas las bandas del ecualizador, después de escoger la opción “auto” en la ventana de inserción del plugin, se eligen las bandas de frecuencia a automatizar en el recuadro y se le da doble clic a cada una hasta que aparezcan en el recuadro derecho de la ventana que aparece más abajo. luego se elige la opción “touch” que se encuentra en el canal donde esta el foley. Esta opción con el fin de que cuando se afecte la frecuencia directamente del plugin Pro tools automáticamente escriba la automatización. todo esto para mayor precisión en el momento de ecualizar.

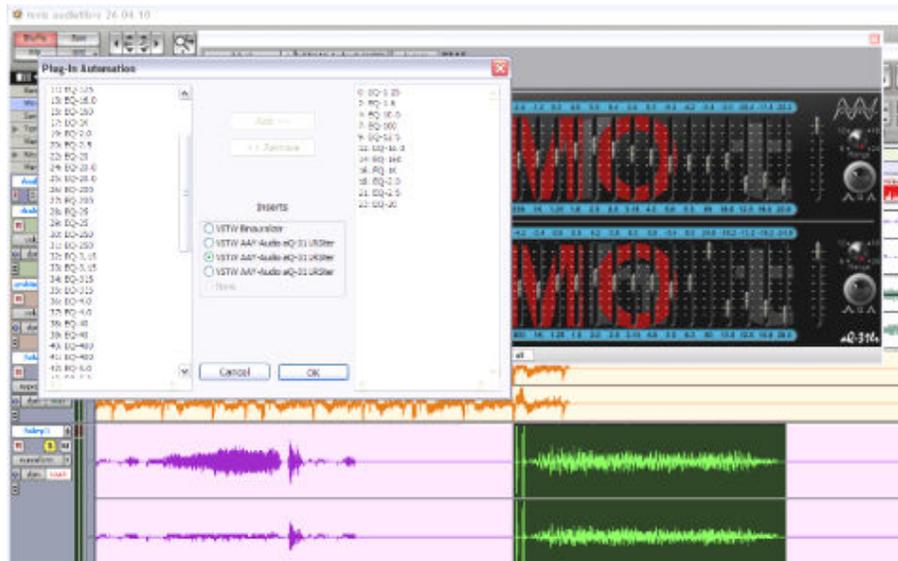


Fig. 25a – Selección de Parámetros (bandas) a Automatizar

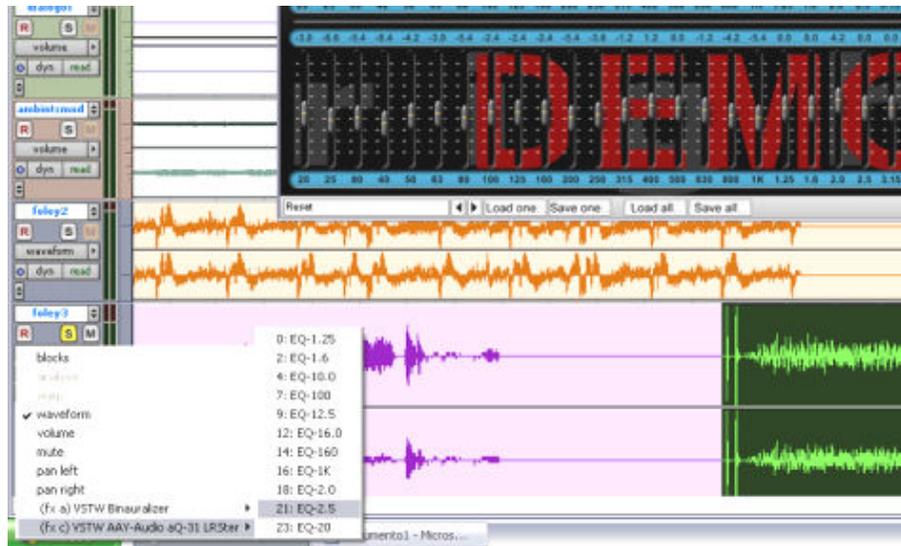


Fig. 25b – Selección de Opción de Automatización de Parámetros

Posteriormente hay que dirigirse a la casilla donde se ven los parámetros automatizados en el canal de la ventana de edición (blocks, volume, pan. etc.) en este caso el ecualizador, que muestra los parámetros que fueron agregados desde la opción auto.

Luego se elige cualquiera de los parámetros y se automatiza, proceso que se puede llevar a cabo de diferentes maneras con la opción de dibujar con un lapiz o con la opción touch que ofrece modificar una o varias frecuencias al mismo tiempo al mover el puntero o mediante un controlador los faders, mientras que se está reproduciendo el audio así como se ve en la siguiente figura.



Fig. 26 - Nivel de la automatización según la posición de la fuente en el tiempo.

Esta gráfica es la que se va analizar para la primera posición que en este caso es de Angulo 30 grados y elevación de 30 grados.

Esta tabla que se muestra a continuación muestra la diferencia en dB para incrementar o disminuir en el ecualizador dependiendo de la frecuencia.

AZIMUT 30 GRADOS CON ELEVACIÓN A 30 GRADOS					
FRECUENCIA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO	FRECUENCIA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO
400 hz	-3dB	1dB	3150 hz	3dB	0dB
500 hz	-2dB	0dB	4000 hz	0dB	0dB
630 hz	-2dB	-1dB	5000 hz	5dB	-5dB
800 hz	-2dB	-4dB	6300 hz	-5dB	0dB
1000 hz	-1dB	-5dB	8000 hz	-5dB	26dB
1250 hz	0dB	0dB	10000 hz	-3dB	-19dB
1600 hz	5dB	0dB	12500 hz	-20dB	-13dB
2000 hz	9dB	4dB	16000 hz	-17dB	-19dB
2500 hz	5dB	0dB	20000 hz	-22dB	-23dB

Tabla 2 – Valores de Diferencia de HRTF Para 30 Azimut a 30 de Elevación

Ahora se procede a automatizar el ecualizador para el ángulo de 30 grados con una elevación de 30 grados aplicando los valores encontrados.



Fig. 27 – Ajuste de automatización en el plugin para posición 30-30

Este mismo proceso se lleva a cabo para la posición de 0 grados con 30 grados de elevación, pero en el punto del tiempo donde la fuente se encuentra en esta posición.

AZIMUTH 0 GRADOS CON ELEVACION A 30 GRADOS					
FRECUENCIA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO	FRECUENCIA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO
400 hz	-16dB	-17dB	3150 hz	9dB	3dB
500 hz	-9dB	-12dB	4000 hz	12dB	12dB
630 hz	-5dB	-9dB	5000 hz	18dB	11dB
800 hz	-3dB	-9dB	6300 hz	28dB	18dB
1000 hz	0dB	-6dB	8000 hz	7dB	16dB
1250 hz	5dB	3dB	10000 hz	12dB	3dB
1600 hz	7dB	5dB	12500 hz	14dB	0dB
2000 hz	11dB	5dB	16000 hz	7dB	0dB
2500 hz	20dB	10dB	20000 hz	2dB	0dB

Tabla 3 – Valores de Diferencia de HRTF para 0 Azimut a 30 de Elevación

Aquí se muestra la ecualización pertinente para la posición 0 grados Azimut con una elevación de 30 grados.

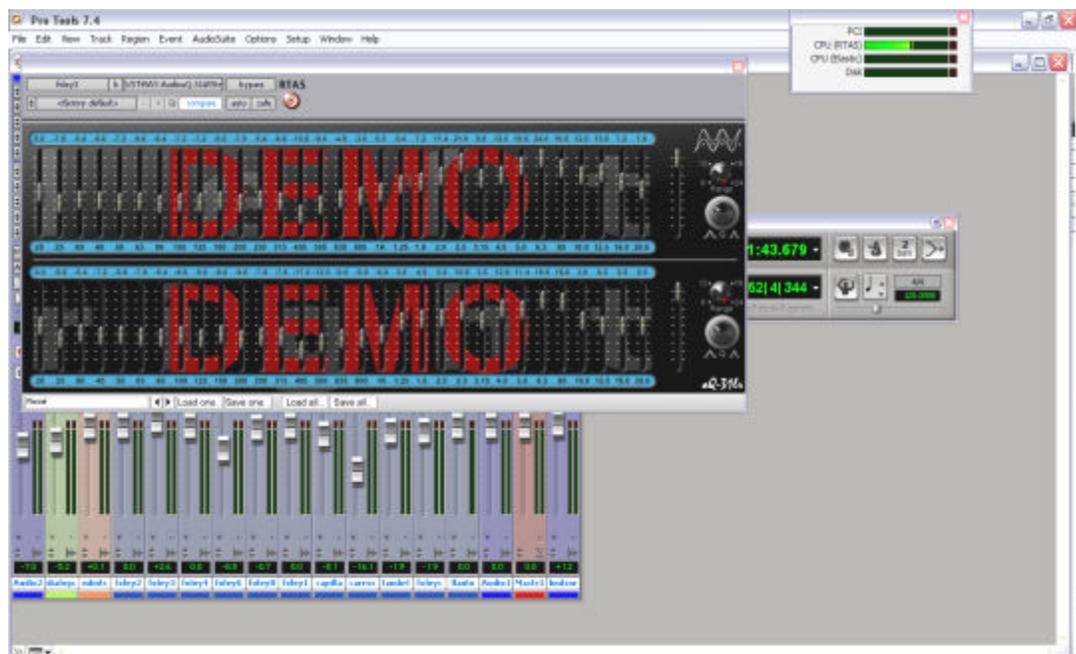


Fig. 28 – Ajuste de automatización en el plugin para posición 0-30

Finalmente para la siguiente posición se aplica la automatización con la siguiente tabla de valores.

AZIMUT 330 GRADOS CON ELEVACIÓN A 30 GRADOS					
FRECUENCIA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO	FRECUENCIA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO
400 hz	-3dB	1dB	3150 hz	2dB	0dB
500 hz	-2dB	0dB	4000 hz	0dB	0dB
630 hz	-2dB	-1dB	5000 hz	-5dB	5dB
800 hz	-2dB	-4dB	6300 hz	-4dB	0dB
1000 hz	-1dB	-5dB	8000 hz	-5dB	24dB
1250 hz	0dB	0dB	10000 hz	-3dB	-10dB
1600 hz	5dB	0dB	12500 hz	-20dB	-13dB
2000 hz	9dB	4dB	16000 hz	-17dB	-19dB
2500 hz	5dB	0dB	20000 hz	-22dB	-24dB

Tabla 4 – Valores de Diferencia de HRTF para 330 Azimut a 30 de Elevación

En la figura se ve la posición de los faders en este punto en el espacio, tal como va a quedar al final de la automatización.

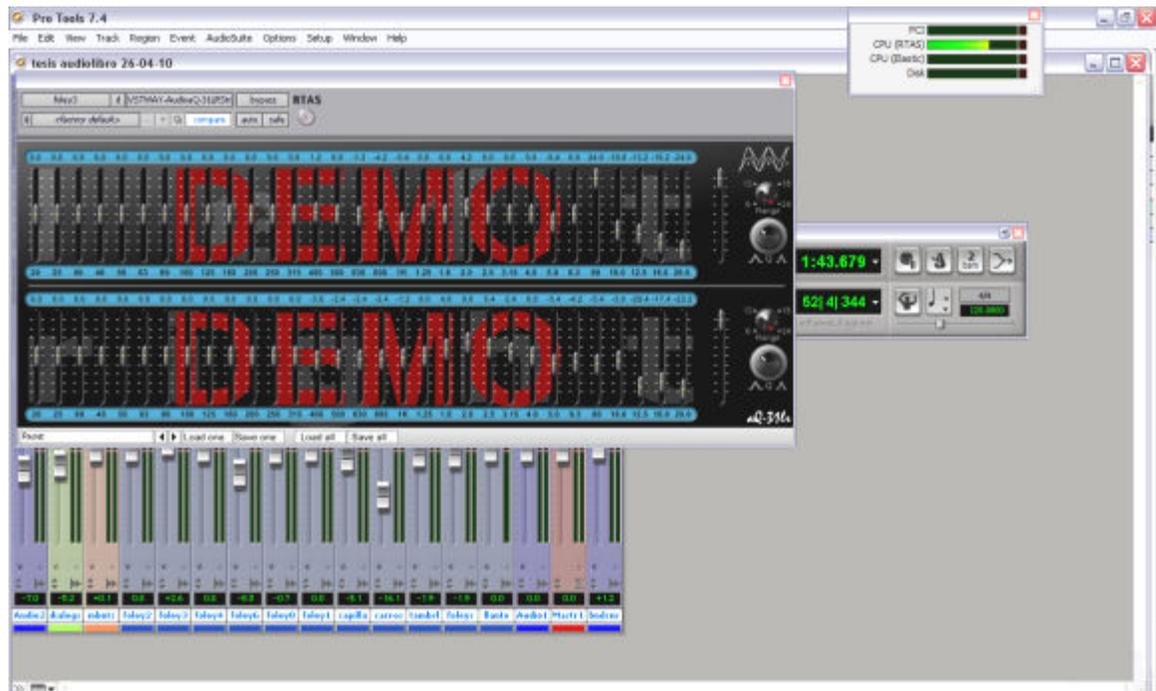


Fig. 29 – Ajuste de automatización en el plugin para posición 330-30

Una vez realizado este proceso ya se encuentra automatizado todo el proceso de equalización para fuentes móviles.

4.3 POST PRODUCCIÓN

4.3.1 Masterización

Una vez realizada la mezcla en la sesión, definidos niveles y automatizados todos los procesos tanto el volumen como la ecualización de los foleys y parte de la música por cada canal individualmente y aplicados todos los procesos de dinámicas, se procede a realizar el consolidado del audio de la mezcla final o el bounce, para dejar todo el audio mezclado en 2 canales.

Cuando el bounce está listo, se revisa la dinámica general y se maximiza el volumen, pero antes se aplica un ecualizador donde se realzan los brillos de 4Khz en adelante (rango importante para la localización del sonido) y se acentúan un poco las frecuencias graves sin exceder los 3 dB cada uno para no afectar la mezcla completa.

Una vez aplicados estos procesos se aplica un excitador armónico de la señal que va a realzar esas frecuencias que le dan calidez y cuerpo al sonido, lo mismo que una reverberación maestra que se aplica en el canal del master sin exagerar demasiado la intensidad de ésta para darle el espacio necesario a la mezcla.

Antes de la masterización se realizó la optimización descrita anteriormente con la ayuda de audífonos profesionales como monitores, puesto que la escucha final debe realizarse con audífonos. El lugar para realizar este proceso fue el cuarto de controles en el estudio de grabación de Armonía Producciones que ofrece un ambiente aislado de ruido externo, por último se revisaron los niveles que arrojaba el consolidado de la mezcla supervisando que en ningún momento superaron los niveles que ofrecieran una saturación o distorsión del sonido.

4.3.2 Diseño y Realización de Encuesta Subjetiva

Realización de la encuesta subjetiva

Dentro del capítulo 3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN, se habla sobre dos encuestas subjetivas, una aplicada a invidentes y personas del común y otra aplicada a ingenieros de sonido, para obtener una calificación subjetiva con respecto al comportamiento de la técnica de grabación aplicada en el producto, este tipo de encuesta cuantifica la información de la impresión general del público frente a un estímulo sonoro. En este caso el estímulo es el producido por la técnica de grabación binaural aplicada al audiolibro.

Para la elaboración de la encuesta se estructura una metodología que se muestra a continuación:

OBJETIVO GENERAL

Comprobar la sensación de realismo y espacialidad de los sonidos del audiolibro grabados bajo la técnica de grabación binaural.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprobar que los sonidos del audiolibro ofrecen la sensación de que están sucediendo en ese instante o en tiempo real (para todo el audio libro).
- Demostrar que las personas perciben la espacialidad (tridimensionalidad) del sonido de la banda sonora (capilla, funeraria, parque).

- Comprobar que el oyente percibe la posición del origen de los distintos sonidos (foleys), para fuentes fijas (desfibrilador, diálogos y tierra entre otros).
 - Verificar que el oyente percibe cambios de posición en el origen del sonido para las fuentes móviles (rasuradora, abejas, ebanistería, carros y ambulancia)
 - Comprobar que con esta técnica el oyente mejora la percepción de distancia de la fuente sonora.
- A. **Descripción del Problema:** Cuando se graba con micrófonos binaurales “in ears” colocados dentro de los pabellones auditivos de una persona, usualmente se presenta el inconveniente de que el público al que va dirigido no perciba la sensación de realismo tal cual como la percibiría la persona con quien se grabó, debido a que cada persona tiene un pabellón auditivo diferente y responde a los estímulos auditivos de distintas formas. ¿Al adaptar las funciones de transferencia del sujeto de prueba con los estándares de estas, se mejora la sensación de realismo que esta tiene en el público en general, con la técnica “in ears”?
- B. **Población y Muestra:** Para realizar la encuesta se contó con una muestra de 30 personas. Esta muestra se basa en el muestreo por conglomerados de tipo intencional donde la extracción de muestra y su tamaño para ser representativa se valora de forma subjetiva). Para la muestra seleccionada se optó por un grupo de 10 personas invidentes y otro de 10 personas del común y 10 Ingenieros de sonido, que se pueden juzgar aleatoriamente y al azar como representantes típicos de su población y que permiten evaluar este tipo de sensaciones auditivas.
- C. **Hipótesis:** La sensación de realismo mejorará para la mayoría de individuos que escuchan grabaciones con la adaptación de las funciones de transferencia a los estándares.
- D. **Material Estimulante o Evocador:** el audiolibro grabado en técnica binaural “in ears” para ser reproducido.

E. **Cuantificación de la Impresión:** Se han diseñado 2 encuestas:

- Una de 15 preguntas las cuales se responderán conforme a como se vaya presentando las muestras a escuchar; para esta se aplicaron 10 preguntas dicotómicas (selección Si/No, A/B) y 5 de múltiples opciones con respuesta única.
- la otra encuesta se diseñó teniendo en cuenta 6 parámetros psicoacústicos que permiten evaluar el resultado de la técnica, esta fue contestada al finalizar la muestra. Esta contenía 6 preguntas con opción de calificar de 1 a 5 elementos como la claridad, realismo y espacialidad.

F. **Estadística:** Para hallar los porcentaje de aciertos de la primera encuesta, en cuanto a aspectos afectivos como la sensación de realismo con el audiolibro grabado con la técnica binaural “in ears”; se utilizó la siguiente fórmula:

$$p (\%) = (P / T) \times 100$$

Donde P es la cantidad de personas cuyo porcentaje se va a calcular en relación al total encuestado T.

G. **Sistema de Reproducción:** Para la reproducción del material evocador se usó un par de audífonos que aíslan de ruido externo y con una respuesta plana en frecuencia para una mejor efectividad del mismo.

5. PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 ENCUESTA A VIDENTES E INIDENTES

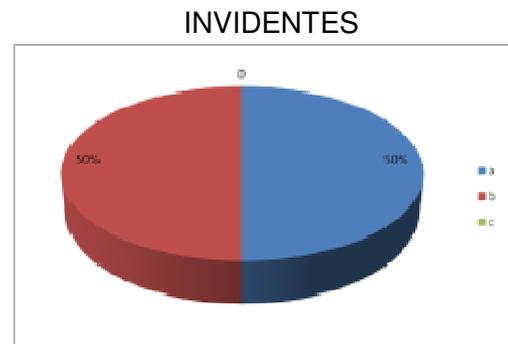
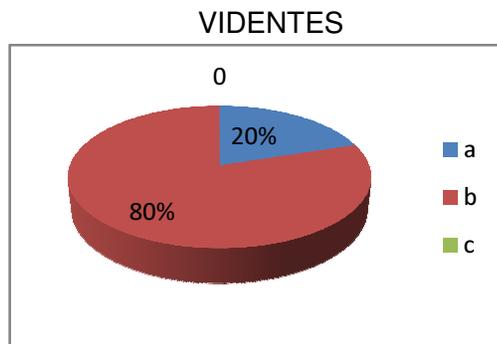
1. Sintió el movimiento de la rasuradora

- a. Si
- b. No



2. En la parte de la rasuradora, quién se rasura.

- a. La persona que está en frente suyo
- b. Usted
- c. Otra, cuál? _____



3. Como percibió el movimiento de las abejas.

- a. Frente a usted
- b. Atrás de usted
- c. Alrededor de su cabeza

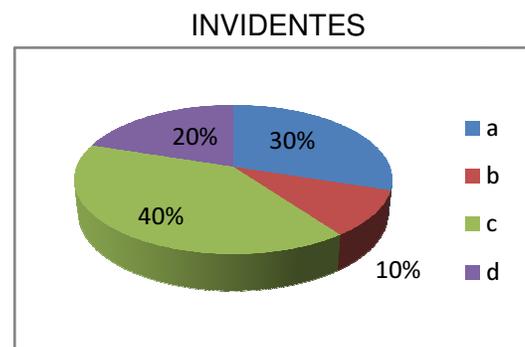
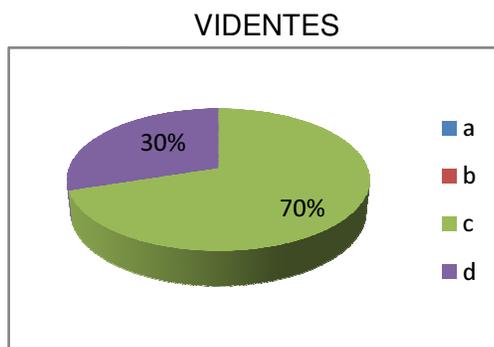
- d. Dentro de su cabeza
- e. Ninguna de las anteriores



4. En la parte del entierro donde sintió que provenía la tierra?

- a. Abajo
- b. Atrás

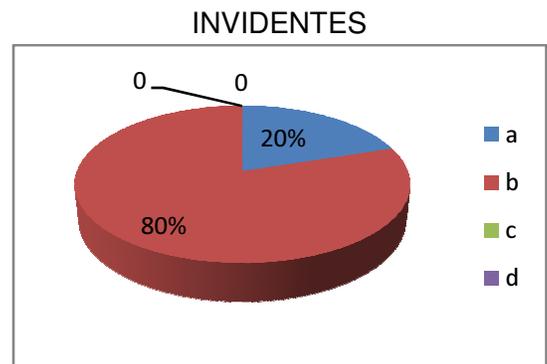
- c. Adelante
- d. A los lados



5. Donde sintió el movimiento de la lámpara del quirófano con respecto a la posición de sus ojos?

- a. Arriba
- b. Al frente

- c. Abajo
- d. Atrás



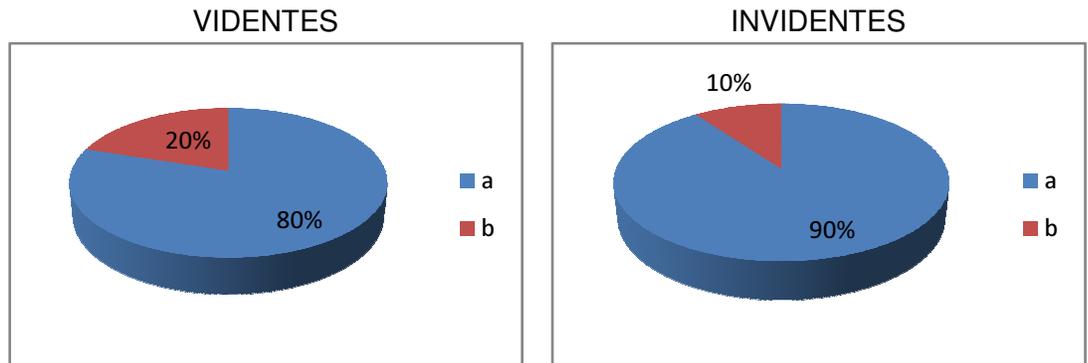
6. En el ambiente de la iglesia se sintió:

- a. Dentro de esta
- b. Fuera de esta



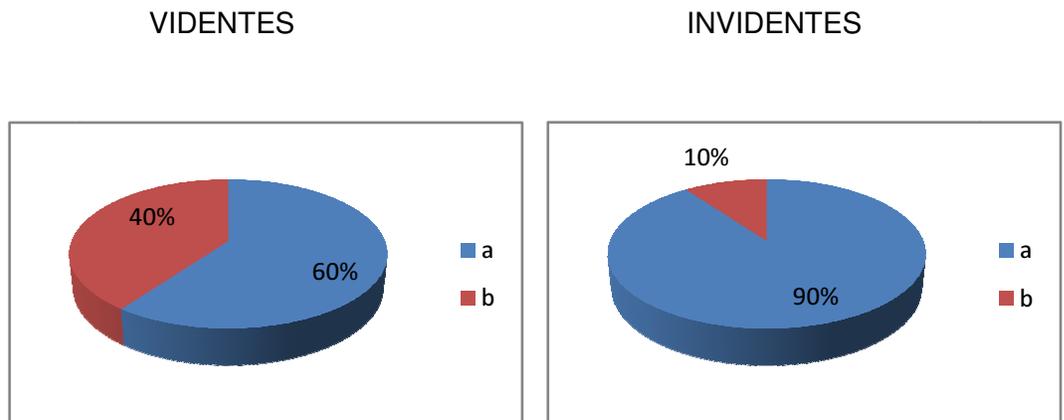
7. Sintió el cambio al salir de la iglesia

- a. Si
- b. No



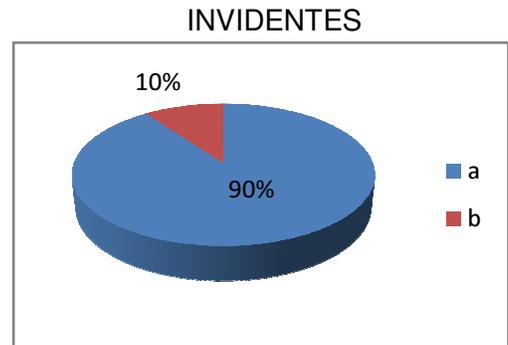
8. En la parte de la ambulancia se sintió:

- a. Dentro de esta
- b. Fuera de esta



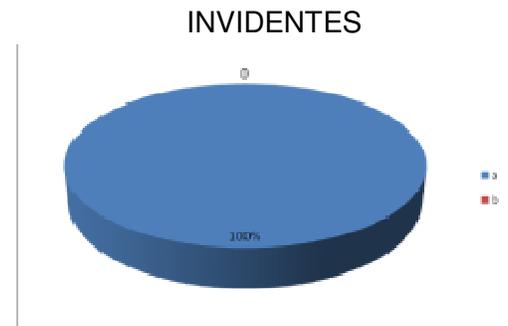
9. En la parte de la ebanistería sintió las diferentes distancias y movimientos de donde provenían los sonidos?

- a. Si
- b. No



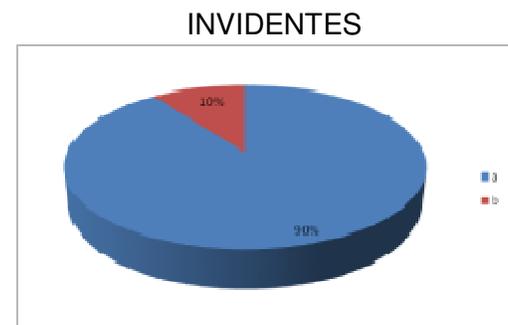
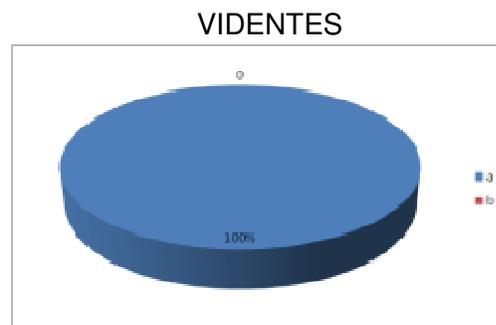
10. En algún momento sintió que los sonidos estaban sucediendo en tiempo real.

- a. Si
- b. No



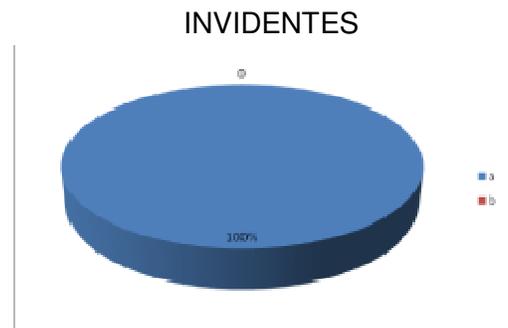
11. Sintió el cambio de los diferentes ambientes o escenarios.

- a. Si
- b. No



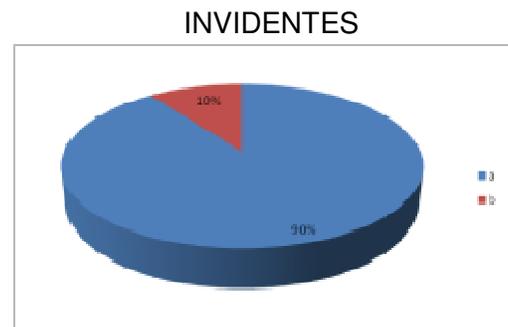
12. Siente que los elementos u objetos de cada escenario (ambiente) están distribuidos en el espacio (entorno).

- a. Si
- b. No



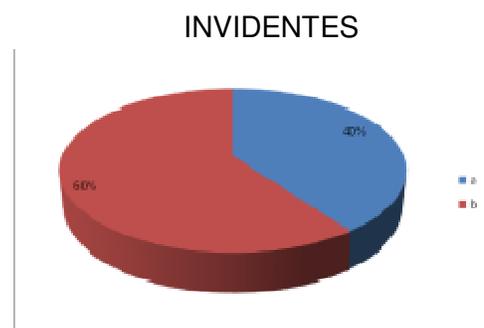
13. Siente como reales los ambientes y escenarios de la muestra:

- a. Si
- b. No



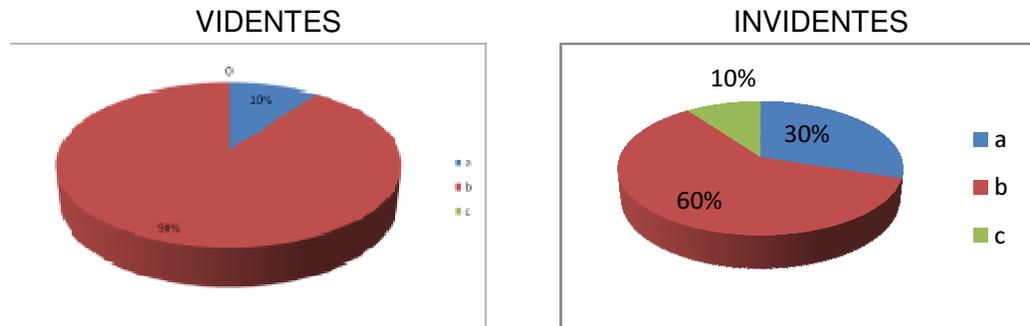
14. Experimentó los sonidos como provenientes:

- a. dentro de su cabeza
- b. fuera de su cabeza



15. En todos los fragmentos que ha escuchado desde que punto de vista se sintió?

- a. El de un oyente
- b. El del personaje principal
- c. Otro, cuál?



Al analizar estos gráficos se observa que tanto las personas invidentes como las personas videntes sintieron perfectamente el movimiento de la rasuradora al moverse en diferentes ángulos. Se puede decir que las personas invidentes tienen una mayor sensibilidad en sus oídos, ya que ellos manifestaron sentir muy real el sonido.

Con los resultados de la encuesta se puede apreciar que las fuentes móviles es más fácil percibir la localización de la fuente que para fuentes fijas, en el espacio; esto es porque al moverse la fuente, genera cambios en las funciones de transferencia de la cabeza y estos cambios se hacen perceptibles al oído más fácilmente que las funciones de transferencia que no sufren cambios.

Lo mismo pasó para la pregunta 3, con el sonido de las abejas. Ambas poblaciones sintieron que el sonido envolvía sus cabezas dándoles la sensación de extrema cercanía.

En la pregunta 4 todas las personas invidentes experimentaron diferentes sensaciones a tal punto que fueron elegidas las 4 opciones de la pregunta. La mayoría de las personas (40%) respondieron que el sonido de la tierra lo sentían

en frente de su cara, esta era la respuesta que se esperaba para este sonido, sin embargo, un 30% sintió el sonido abajo como a la altura del estómago, un 20% lo sentía a los lados de sus oídos y un 10% lo sintió atrás de cabeza, mientras que las personas videntes en un 70% sintieron el sonido enfrente de su rostro como se esperaba y un 30% atrás de su cabeza. Al comparar estos resultados se observa que en ambas poblaciones se obtuvo mayor resultado en la respuesta acertada (según lo grabado) y una posible respuesta es que la curva de HRTF se acomodaba bien respecto a la respuesta de sus oídos.

En la pregunta 6 se observa que ambas muestras sintieron totalmente el ambiente de estar dentro de una iglesia , pero al pasar a la pregunta 7 que decía si sentía el cambio de ambiente al salir de la iglesia, se notó que las personas invidentes sentían este cambio mucho más fácil que las personas videntes, al analizar esto, se puede concluir varios factores, uno de ellos puede ser mayor sensibilidad del oído de la persona invidente y otro factor puede ser un nivel mayor de concentración de la persona invidente a la persona vidente .

Otra pregunta en donde hubo gran diferencia entre estas dos muestras fue la pregunta 8, la cual dice: ¿En el ambiente de la ambulancia se siente que usted está dentro o fuera de esta?. La mayoría de las personas invidentes (90%) dijeron que se sentían que estaban dentro de la ambulancia, mientras que la personas invidentes tan solo un 60% dijeron lo mismo. Se concluyó que debido que los invidentes tienen más desarrollado este sentido percibe mejor las sensaciones buscadas.

5.2 ENCUESTA A INGENIEROS DE SONIDO

El objetivo de esta encuesta es evaluar los parámetros de la técnica binaural “in ears”, aplicada a un audiolibro, por lo que cabe evaluar los siguientes parámetros:

Claridad: Aquí se evalúa si el timbre de cada sonido en particular es fácil de identificar (5) o difícil de identificar (1).

Realismo: permite calificar que tan real es la grabación, como si los sonidos presentados estuvieran sucediendo en ese mismo instante del que el oyente percibe los sonidos o si simplemente son sonidos que suceden en otro momento. Real para una calificación de (5) e irreal para una calificación de (1)

Espacialidad: parámetro que evalúa el comportamiento de la técnica aplicada al audiolibro respecto a la ubicación de las fuentes sonoras en el espacio, indicando si la distribución en el espacio 3D es amplia para una calificación de (5) y estrecha para una calificación de (1).

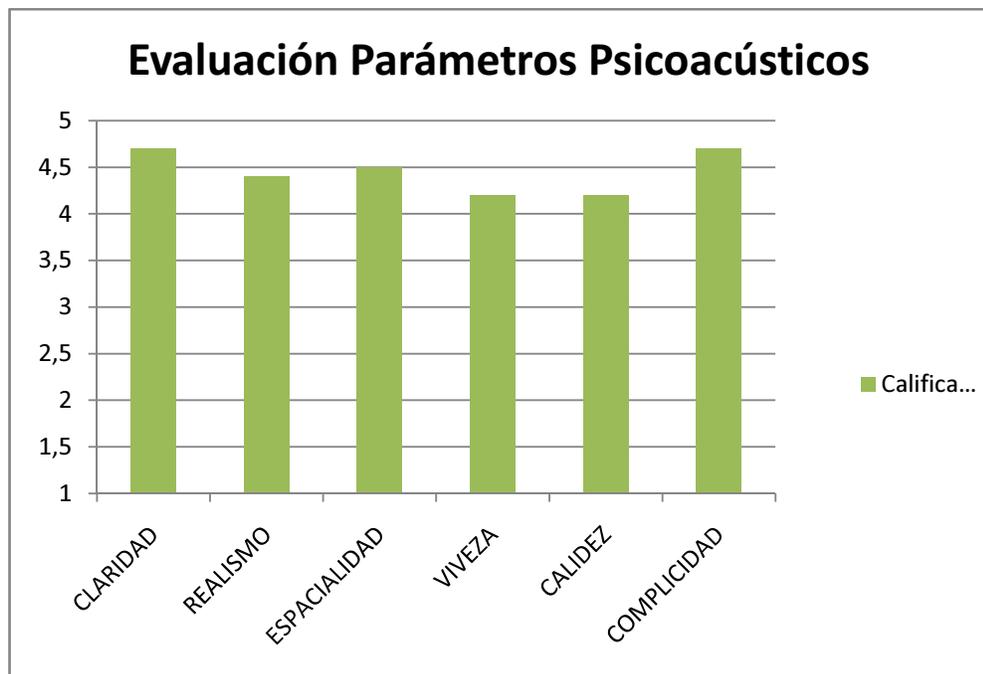
Viveza: evalúa la muestra con respecto a la reverberación natural que ofrece esta técnica. Para una calificación de (5) como viva y (1) como muerta.

Calidez: examina la sensación que el oyente experimenta de bajas frecuencias en la grabación. (5) como agradable y (1) como desagradable o escasa.

Complicidad: este parámetro juzga de acuerdo a que tan real es la inclusión del oyente dentro de un entorno o paisaje sonoro simulado, donde, la calificación (5) indicará que tan incluido se siente dentro del ambiente y (1) para excluido.

ING SONIDO	CLARIDAD	REALISMO	ESPACIALIDAD	VIVEZA	CALIDEZ	COMPLICIDAD
1	5	4	4	5	4	5
2	5	5	5	4	4	5
3	5	4	4	4	5	5
4	5	5	5	5	5	5
5	5	5	4	4	3	4
6	5	4	5	4	3	4
7	5	4	4	4	5	5
8	4	4	4	5	4	5
9	4	4	5	4	5	5
10	4	5	5	3	4	4
Total	47	44	45	42	42	47
Promedio	4.7	4.4	4.5	4.2	4.2	4.7

Tabla 4 – Calificaciones de las encuestas a Ingenieros de Sonido.



Esta encuesta se llevó a cabo para ingenieros de sonido, haciendo 10 encuestas a profesores, ingenieros de sonido y estudiantes de décimo semestre de la universidad de San Buenaventura. Se evaluaron 6 parámetros psicoacústicos: claridad, realismo, espacialidad, viveza, calidez y complicidad.

Analizando el parámetro psicoacústico de claridad, 7 personas sintieron una perfecta comunicación dando una calificación de 5, siendo capaces de identificar claramente los sonidos en particular mientras que 4 de ellas si los identificaban pero no tan perfectamente proporcionando una calificación de 4.

En cuanto, al realismo del audiolibro, esta población experimentó los sonidos como si estuvieran sucediendo en ese mismo instante de la escucha, sintiendo los sonidos tanto de ambientes y foleys, en tiempo real, dando la sensación de estar participando de las escenas del cuento como si fuera el personaje principal.

La espacialidad del audiolibro las personas la calificaron muy buena, sintieron la distancia, la posición y la altura de los sonidos que se encontraban distribuidos en el espacio y que eran perceptibles en los ambientes como el de la iglesia, la funeraria y la ebanistería.

En el parámetro acústico de viveza se refería a la reverberación natural proporcionada por la técnica, esta calificación fue muy buena por parte de los encuestados, tan solo una persona calificó tres ya que sintió que en el ambiente de la funeraria había mucha información de sonido y en algunos puntos se perdían algunos diálogos que se enmascaraban por tantas reflexiones sonoras. Estos se sentían tan naturales que las personas encuestadas decían que sentían como si estuvieran dentro de estos recintos.

La calidez del audiolibro se refería a que tanta información de frecuencias bajas tenía este, hubo tres calificaciones bajas puntuadas en tres por parte de los encuestados ya que sintieron que en algunos ambientes faltaba un poco mas de cuerpo para algunos sonidos, este problema se presentó en el ambiente del hospital y la ambulancia.

En la complicitad también hubo buena respuesta por parte de la población, al igual que la claridad muchas personas evaluaron como casi perfecta la inclusión del oyente dentro del ambiente simulado.

6. CONCLUSIONES

- En primera instancia se realizaron las mediciones de los parámetros ITD, ILD y HRTF, con los métodos utilizados comúnmente para este tipo de mediciones por profesionales en el tema. A partir de la calibración del sistema se realizaron las mediciones y se obtuvieron unos resultados similares a los propuestos por el MIT, validando así las mediciones hechas para ésta tesis.
- Las leves variaciones obtenidas por las mediciones hechas para esta tesis y las del MIT, difieren teniendo en cuenta que en Colombia no se cuenta con una cámara Anecóica para realizarlas, por lo que se buscó recrear un ambiente en las condiciones más ideales posibles para este fin. Cabe anotar que estas variaciones están dadas por múltiples factores tales como: el lugar de medición, condiciones atmosféricas, la anatomía del sujeto de prueba y su vestimenta, entre otros.
- Al revisar las gráficas (mediciones del referencia y las realizadas para la tesis) se notó que en ambas la respuesta se muestra a partir de 400Hz, esto se debe a que en las frecuencias más graves la información no varía mucho y resulta irrelevante, como es sabido, esto se da porque las frecuencias graves no poseen casi diferencia interaural por su longitud de onda y dependen más del nivel de intensidad arrojado por la fuente con la señal MLS generada, por lo que en el rango de frecuencias bajas se comporta de forma plana.
- En la realización del audiolibro se encontró que la técnica binaural es muy útil cuando se pretende dar al oyente una perspectiva auditiva en primera persona, esto porque le permite al oyente personificar y situarse en el entorno que se está simulando, dado que la técnica tiene como característica principal capturar los sonidos según la posición del mismo oyente.
- Aunque los ambientes en su mayoría fueron grabados en locaciones reales y en momentos ideales para ser capturados, se encontró que también se pueden

utilizar sonidos grabados en 5.1 y reproducidos posteriormente para ser grabados con la técnica binaural conservando así el principio de sonido envolvente.

- Se corroboró que también se pueden utilizar varios recursos a la hora de grabar foleys, porque no siempre se puede contar con la fuente original; por eso se busco recrear algunos sonidos con elementos que produjeran un sonido parecido y en algunos casos se utilizaron sonidos de librerías y bancos que fueron adquiridos comercialmente para ser grabados nuevamente con la técnica “in ears”.
- Al momento de la ecualización se notó que al intentar aplicarla a los diferentes ambientes, esta no tenía una incidencia representativa en el efecto binaural que proporciona la técnica, porque estos al ser un conjunto de fuentes simultáneas, no permiten la ecualización individual de cada una de estas ya que se encuentran repartidas en diferentes puntos del espacio.
- Se encontró que al momento automatizar la ecualización de los sonidos se ahorra tiempo si se aplica la opción “touch” y se manejan los faders al mismo tiempo con un ecualizador MIDI programable, también cabe anotar que la posición de algunos sonidos coincidía con la posición de otros sonidos y de esta forma se adoptó la misma automatización para estos.
- Durante el montaje final en el proceso de ecualización, se percibió que al realzar los brillos, se resaltaron las características del sonido binaural, esto sucede porque las funciones de transferencia presentan gran variación y contienen gran cantidad de información en las frecuencias altas lo que permite identificar más fácilmente los sonidos en el espacio.
- Al analizar y comparar el comportamiento de la técnica binaural en las dos poblaciones se llegó a la conclusión de que la técnica fue efectiva para estas dos, puesto que en algunos ambientes se comportó mejor para la población de personas invidentes porque tienen este sentido más desarrollado; sin embargo para la población vidente también se comportó muy bien, ya que los resultados esperados fueron positivos en muchos aspectos sonoros.

- En la encuesta realizada a profesores ingenieros de sonidos y estudiantes que están cursando actualmente el último semestre de Ingeniería de Sonido, se encontró que aplicando la técnica binaural “in ears” se logra tener una percepción de varios aspectos psicoacústicos donde se incluyen la claridad, el realismo, la viveza, la espacialidad, la calidez y la complicitad. Los cuales fueron evaluados y generaron el impacto de tridimensionalidad y realismo esperado en la mayoría de oyentes así como se muestra en las valoraciones dadas anteriormente, donde los únicos parámetros más bajos fueron los de viveza y calidez, relacionados con la presencia de bajas frecuencias y la reverberación natural de cada ambiente.
- Finalmente es posible lograr la estimulación de la percepción acústica del oyente en cuanto al realismo y las sensaciones acústicas en el espacio tridimensional de un audiolibro, aplicando la técnica binaural “in ears” tal como lo demuestran los resultados, lo cual funciona para la mayoría de oyentes al simular la respuesta en frecuencia de una cabeza dummy head profesional, por medio del ajuste que se hace mediante ecualización.

7. RECOMENDACIONES

- Las grabaciones binaurales se aprecian mejor con audífonos por lo tanto se recomienda el uso de ellos al oír cualquier reproducción binaural.
- Las mediciones se recomienda hacerlas en un espacio libre de reflexiones y campo directo como una cámara anecónica o laboratorio especializado en este tipo de labores.
- Se debe procurar siempre calibrar la señal de entrada de los micrófonos antes de cualquier grabación, porque las condiciones atmosféricas y la manipulación, a veces se pueden afectar por su gran sensibilidad.
- Se recomienda grabar lejos de ruidos externos o no deseados en la grabación, estos se filtran afectando la grabación binaural, y cuando se hace el proceso de ecualización, aplicación de plugins y diferentes procesos para eliminar el ruido, se reduce el efecto binaural.
- Se debe seguir investigando acerca de las funciones de transferencia de la cabeza y la síntesis para simplificar el proceso, al igual que los demás parámetros que el ser humano utiliza para localizar un sonido en el espacio.

ERRORES SISTEMÁTICOS

- Al usar una persona en cambio de una cabeza Dummy head, tanto en las mediciones como las grabaciones realizadas, se toma una configuración anatómica de un individuo que hace que se obtengan respuestas propias de éste por lo que se afecta en parte el contenido frecuencial de todo el proceso.
- Al realizar la medición se pudieron presentar algunos cambios que pueden variar un poco la medición tales como el aire, el sonido de aves, reflexiones del lugar de medición, aunque a pesar de ser en campo abierto éste presenta transformaciones en la señal obtenida por la medición y también el ambiente ruidoso que se generó en el momento de ejecución.
- Errores humanos al momento de girar a la persona en los diferentes ángulos y posiciones ocasionando una pérdida de precisión de la fuente sonora con respecto al individuo.
- Ruido eléctrico generado en algunos recintos utilizados para la realización de algunos ambientes para el audiolibro.
- Problemas ambientales y climáticos al momento de grabar algunos ambientes.
- Al realizar la encuesta hubo discrepancias en la identificación de sonidos en las personas que nunca habían escuchado ese sonido en particular, como en el caso de la rasuradora en las mujeres, personas invidentes que nunca han estado en un velorio, personas que nunca habían tenido la experiencia previa al sonido escuchado.

BIBLIOGRAFÍA

HUOPANIEMI, Jyri. Virtual Acoustics and 3D Sound in Multimedia Signal Processing. Helsinki: University of Technology. Department of Electrical and Communications Engineering; 1999. 189 p.

RUMSEY, Francis y McCORMICK Tim. Sound and Recording: An Introduction. Oxford: Focal Press, 2006. 553 p.

GIORGI, Henry Fabián y MORENO, Javier Ricardo. Implementación en Tiempo Real de Modelos de Sonido Binaural dentro de un sistema Integrado de Imagen y Sonido. Trabajo de Grado Ingeniería Electrónica. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana. 2005

CARDOZO, Mayra. Empleo de técnicas de grabación para emulación de tridimensionalidad en una aplicación estereofónica. Trabajo de grado Ingeniería de sonido. Bogotá D.C. Universidad San Buenaventura. 2008.

ARENAS, Fabián y QUISHPI, Santiago. Desarrollo de una Producción Musical Basada en la Comparación de Cuatro Técnicas que Simulan Captura Binaural. Trabajo de Grado Ingeniería de Sonido. Bogotá D.C. Universidad San Buenaventura, 2009.

BALLOU, Glen, "Handbook for Sound Engineers ", SAMS, 1991.

BARTI Roberto. y ORDOYO Fabiola., Comparación entre las técnicas binaural y estéreo para la localización de fuentes en el espacio 3D Tecniacústica, Barcelona marzo 2000.

BEGAULT, Durand R., "3-D Sound for virtual reality and multimedia ", AP Professional, Academic Press, Inc., California, 1994.

BUXTON, Gaver & Bly., "Psychoacoustics" MIT, 2002.

FONTANA S., FARINA Angelo y GRENIER Y., Binaural For Popular Music: A Case Of Study, Universidad de Parma Italia, Junio 2007.

HUMES, Larry E., Fundamentos de Audiología manual moderno, P. 92, 2003.

JAKKA, Julia. Binaural to Multichannel Audio Upmix, Helsinki University Of Technology, Junio de 2005.

MOYA, Antonio J., Sonido 3D Ingeniería Acústica, Granada España, 2008.

RUMSEY, Francis., Spatial Audio, Oxford Inglaterra, Focal Press, 2001.

TSAKOSTAS, Christos, Binaural Simulation applied to standard stereo audio signals aiming to the enhancement of the listening experience, HOLISTIKS, Atenas Grecia, 2004.

BLAKE, Edwin y VERWEY Johan. 3D Sound for Virtual Environments., Department of Computer Science, University of Cape Town, 2008.

GARDNER, William. 3D Audio and Acoustic Environment Modeling, Ph.D. Wave Arts, Inc. March 15, 1999.

BRAASCH, Jonas. Communication Acoustics, Springer, Holanda. 2005.

ANEXO A1 - ENCUESTA A VIDENTES E INVIDENTES

Nombre: _____ Edad: _____
Profesión: _____

1. Sintió el movimiento de la rasuradora
 - a. Si
 - b. No
2. En la parte de la rasuradora, quién se rasura.
 - a. La persona que está en frente suyo
 - b. Usted
 - c. Otra, cuál? _____
3. Como percibió el movimiento de las abejas.
 - a. Frente a usted
 - b. Atrás de usted
 - c. Alrededor de su cabeza
 - d. Dentro de su cabeza
 - e. Ninguna de las anteriores
4. En la parte del entierro donde sintió que provenía la tierra?
 - a. Abajo
 - b. Atrás
 - c. Adelante
 - d. A los lados
5. Donde sintió el movimiento de la lámpara del quirófano con respecto a la posición de sus ojos?
 - a. Arriba
 - b. Al frente
 - c. Abajo
 - d. Atrás
6. En el ambiente de la iglesia se sintió:
 - a. Dentro de ésta
 - b. Fuera de ésta
7. Sintió el cambio al salir de la iglesia
 - a. Si
 - b. No
8. En la parte de la ambulancia se sintió:
 - a. Dentro de ésta
 - b. Fuera de ésta
9. En la parte de la ebanistería sintió las diferentes distancias y movimientos de donde provenían los sonidos?
 - a. Si
 - b. No
10. En algún momento sintió que los sonidos estaban sucediendo en tiempo real.
 - a. Si
 - b. No
11. Sintió el cambio de los diferentes ambientes o escenarios.
 - a. Si
 - b. no

12. Siente que los elementos u objetos de cada escenario (ambiente) están distribuidos en el espacio (entorno).

- a. Si
- b. No

13. Siente como reales los ambientes y escenarios de la muestra:

- a. Si
- b. No

14. Experimentó los sonidos como provenientes:

- a. dentro de su cabeza
- b. fuera de su cabeza

15. En todos los fragmentos que ha escuchado desde que punto de vista se sintió?

- a. El de un oyente
- b. El del personaje principal
- c. Otro , cual?

ANEXO A2 - ENCUESTA A INGENIEROS DE SONIDO

INGENIERO DE SONIDO: _____ **ENTIDAD:** _____

C.C.: _____

Marque con un círculo según su criterio:

CLARIDAD

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

REALISMO

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

ESPACIALIDAD

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

VIVEZA

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

CALIDEZ

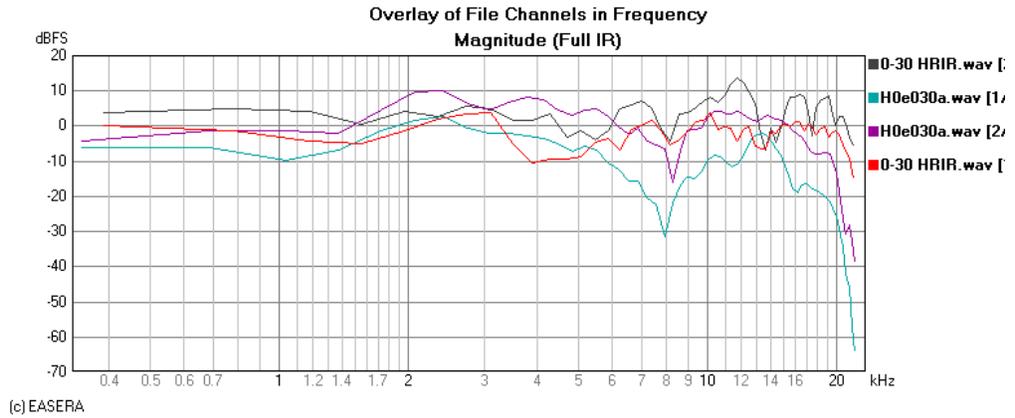
5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

COMPLICIDAD

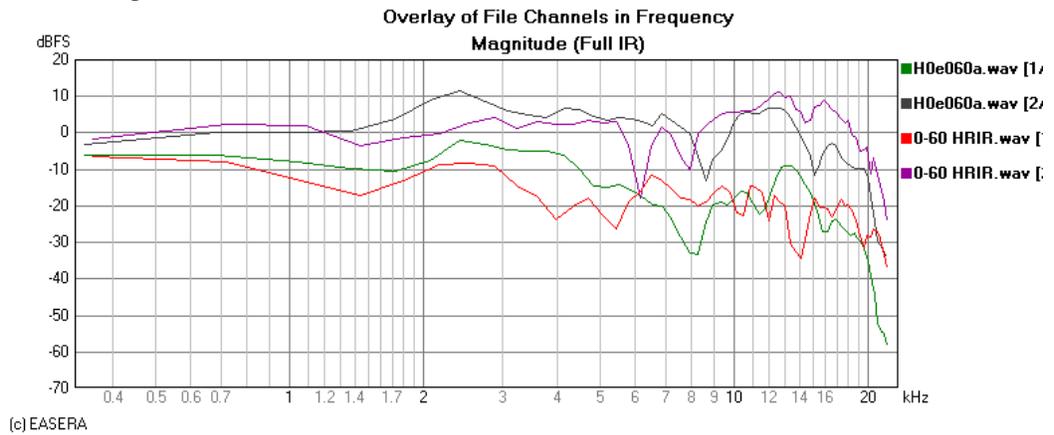
5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

ANEXO B - MEDICIONES HRTF

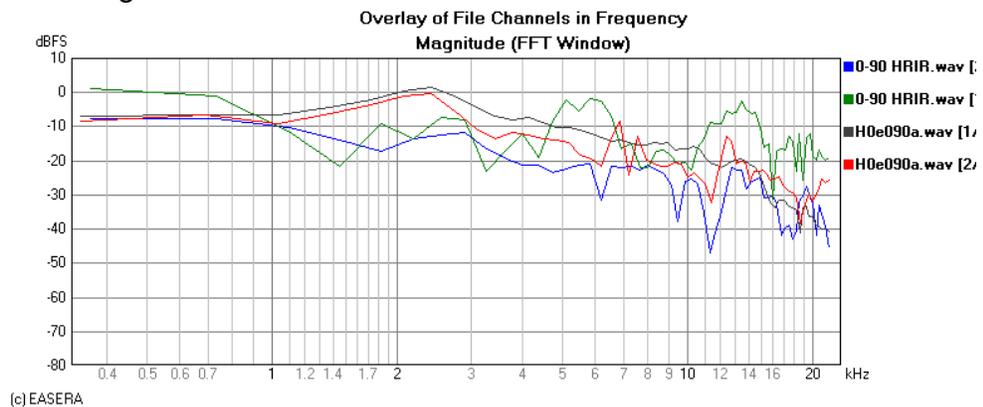
HRTF 0-30 grados



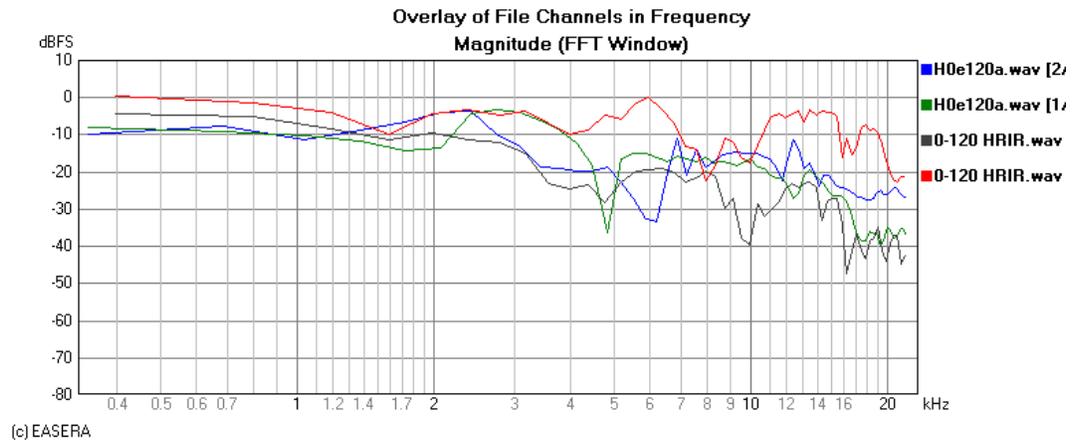
HRTF 0-60 grados



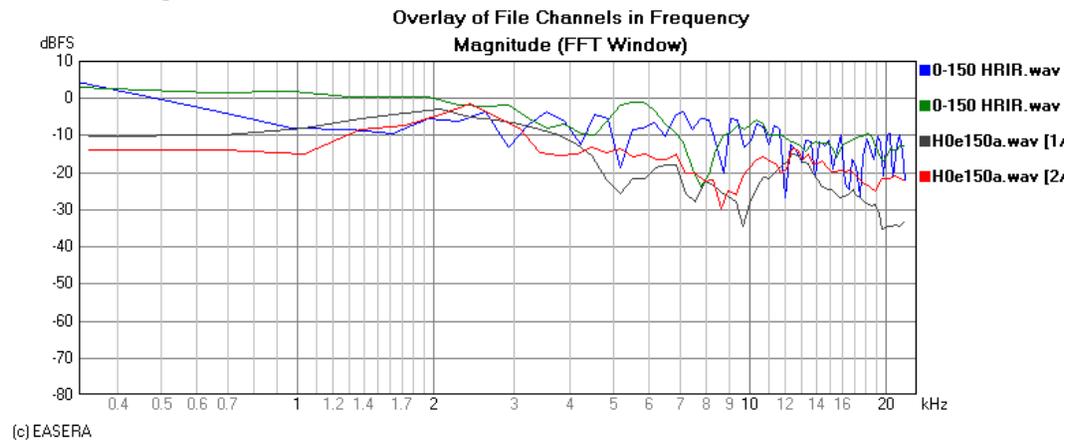
HRTF 0-90 grados



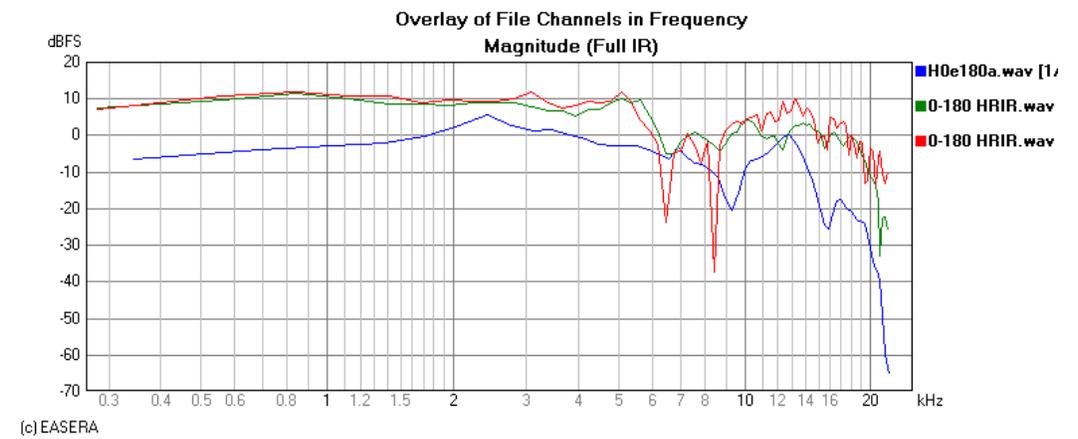
HRTF 0-120 grados



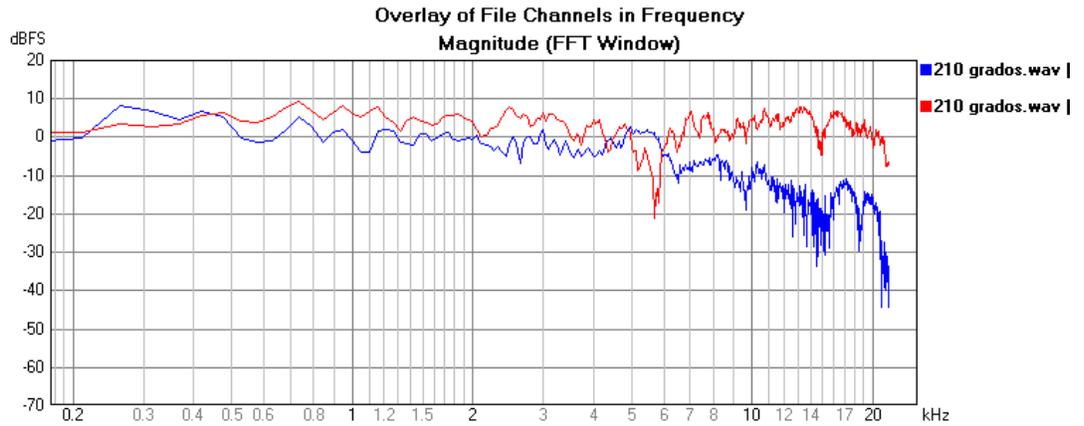
HRTF 0-150 grados



HRTF 0-180 grados

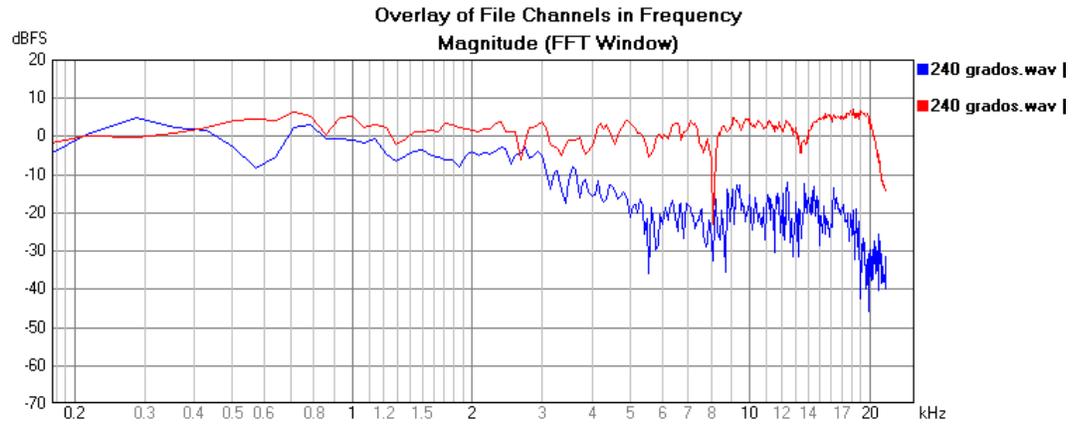


HRTF 0-210



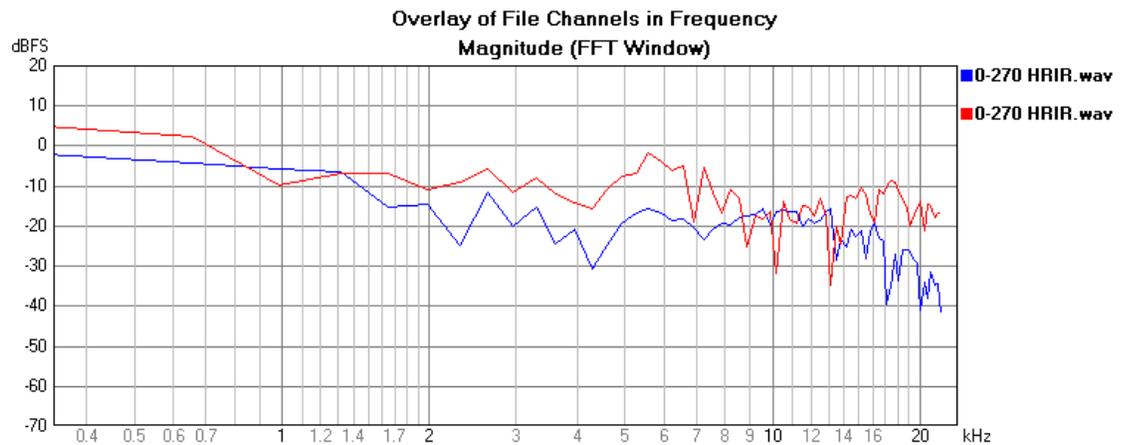
(c) EASERA

HRTF 0-240



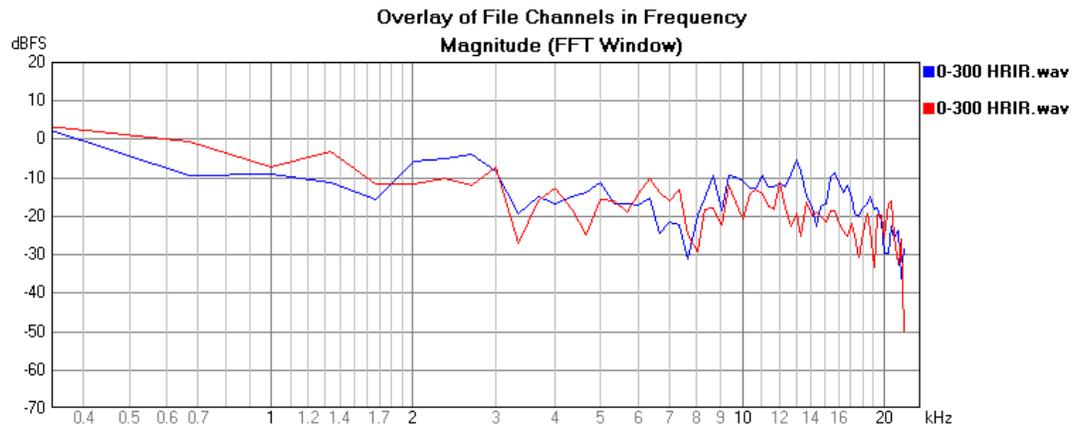
(c) EASERA

HRTF 0-270



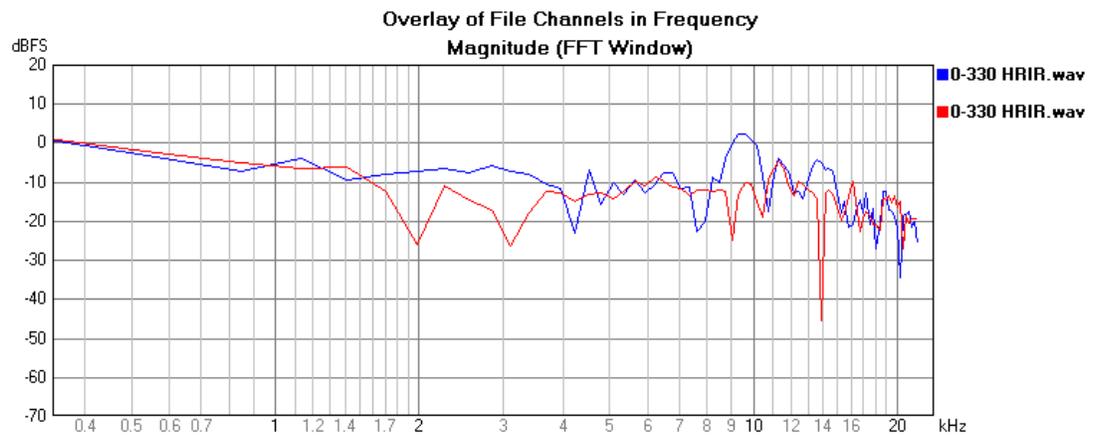
(c) EASERA

HRTF 0-300



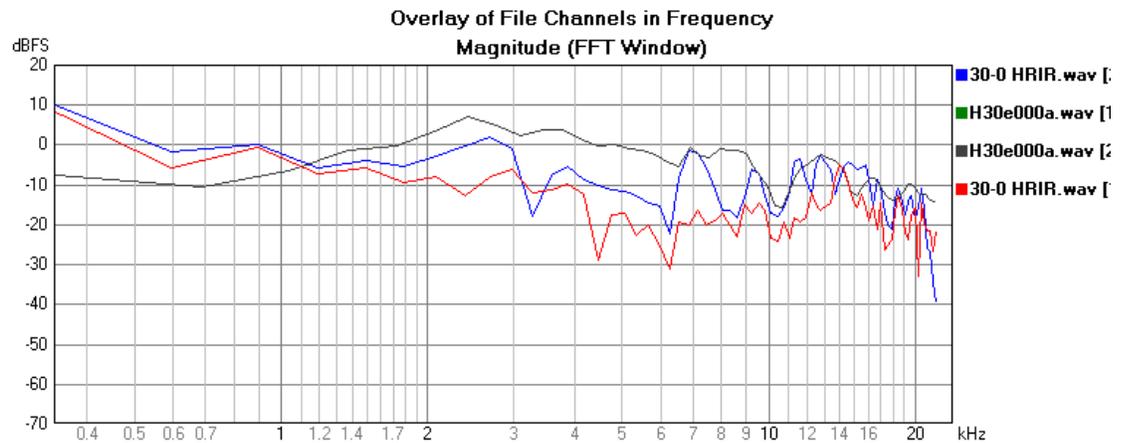
(c) EASERA

HRTF 0-330



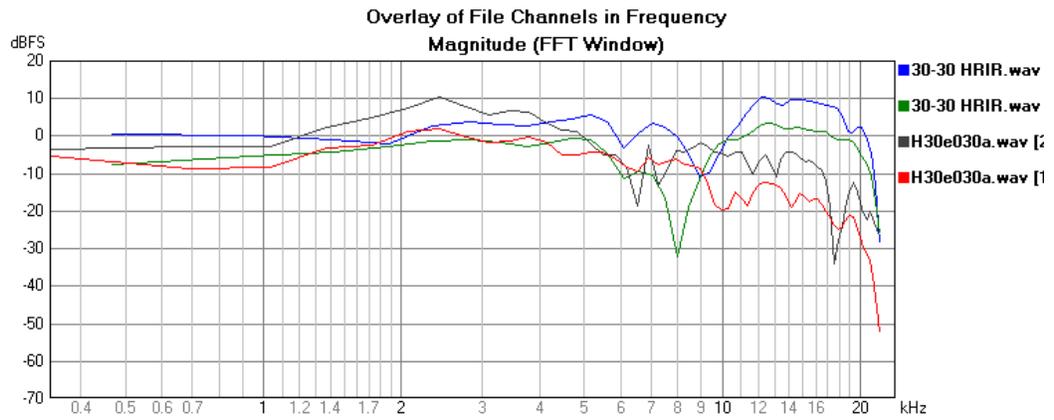
(c) EASERA

HRTF 30-0



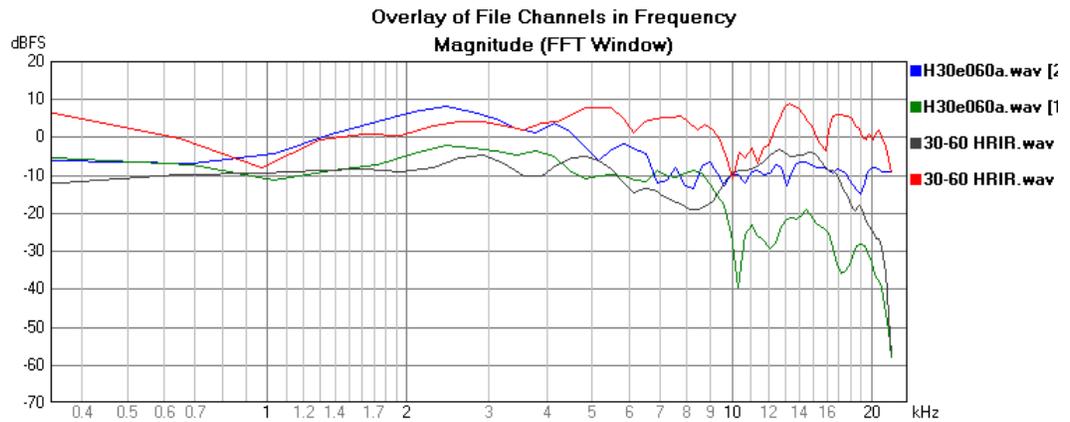
(c) EASERA

HRTF 30-30



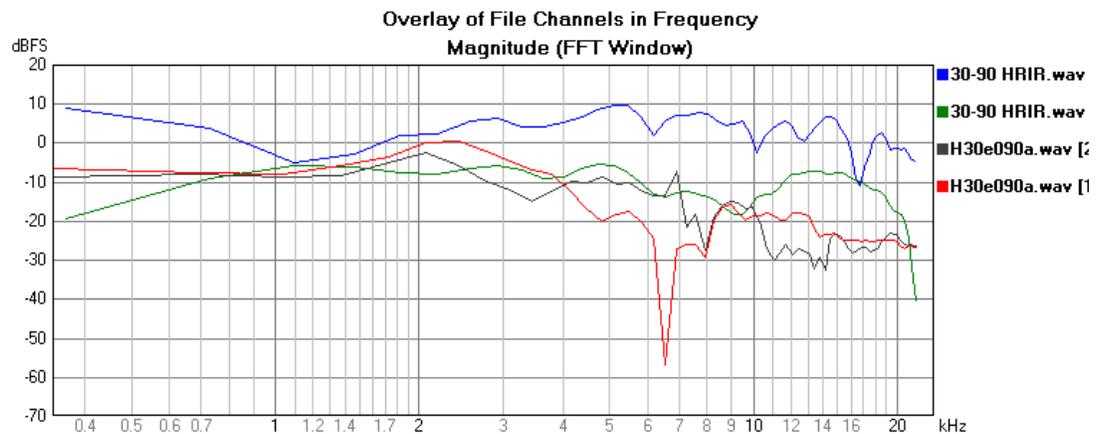
(c) EASERA

HRTF 30-60



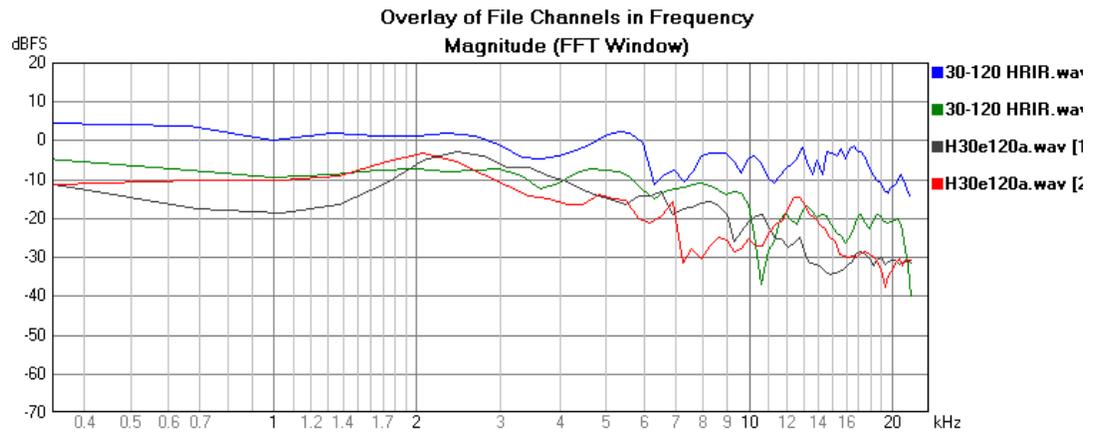
(c) EASERA

HRTF 30-90



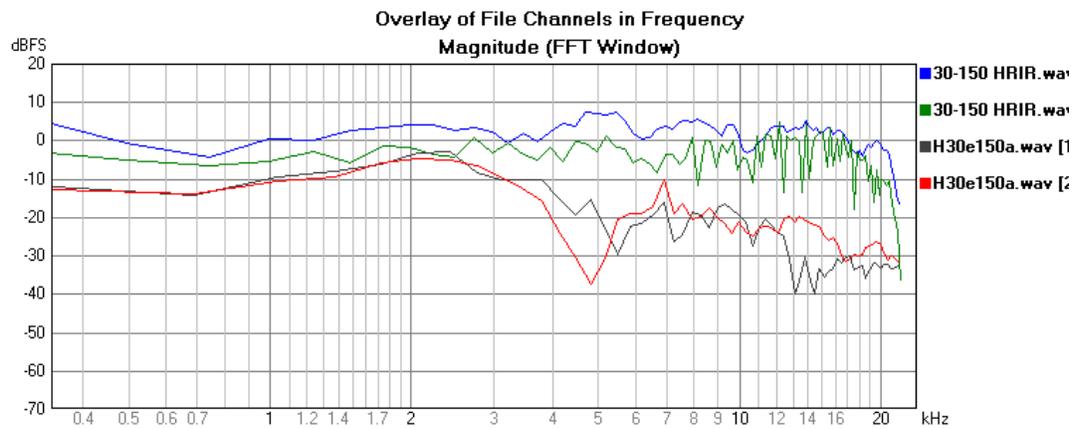
(c) EASERA

HRTF 30-120



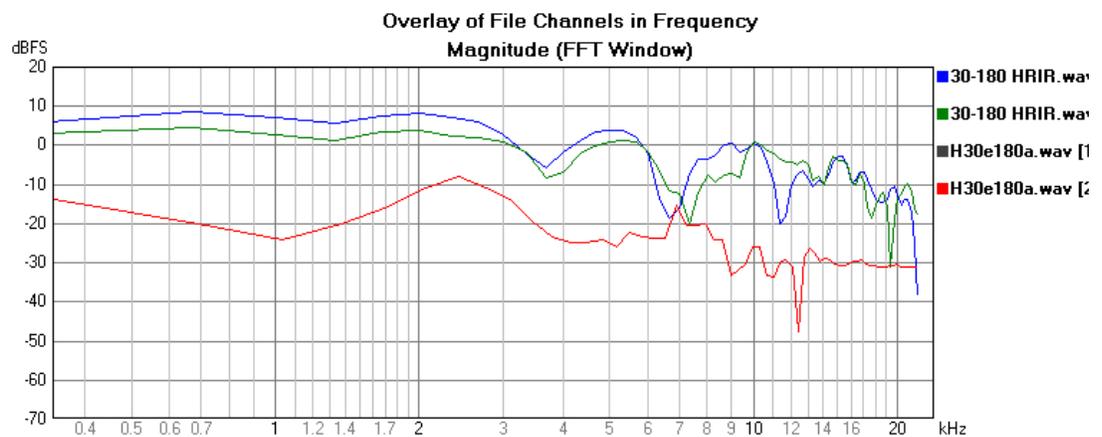
(c) EASERA

HRTF 30-150



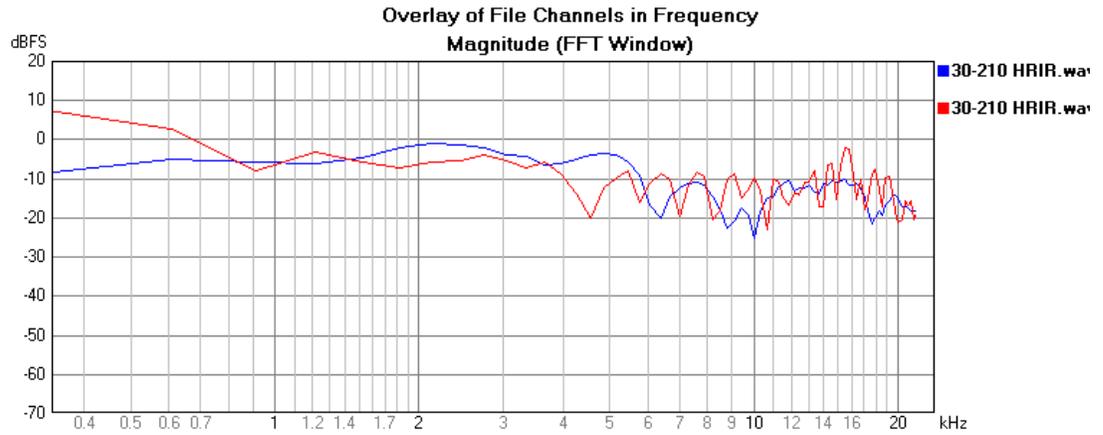
(c) EASERA

HRTF 30-180



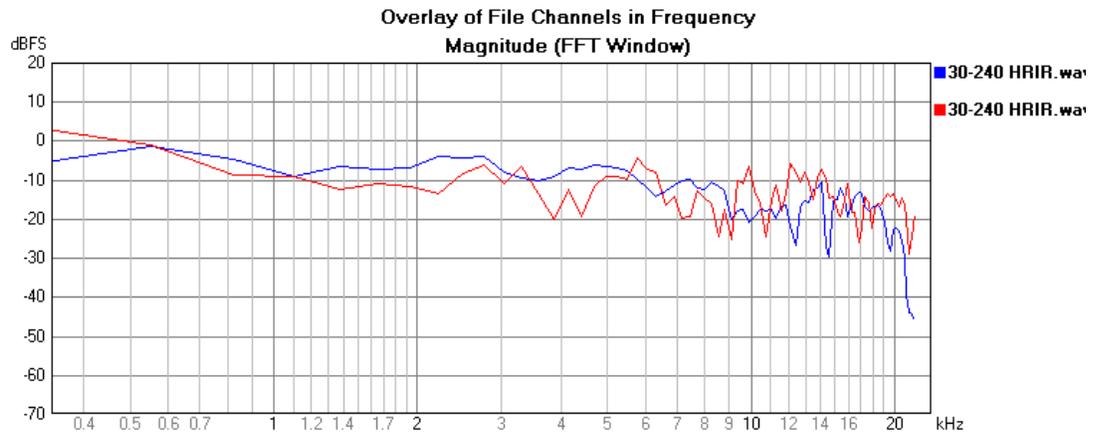
(c) EASERA

HRTF 30-210



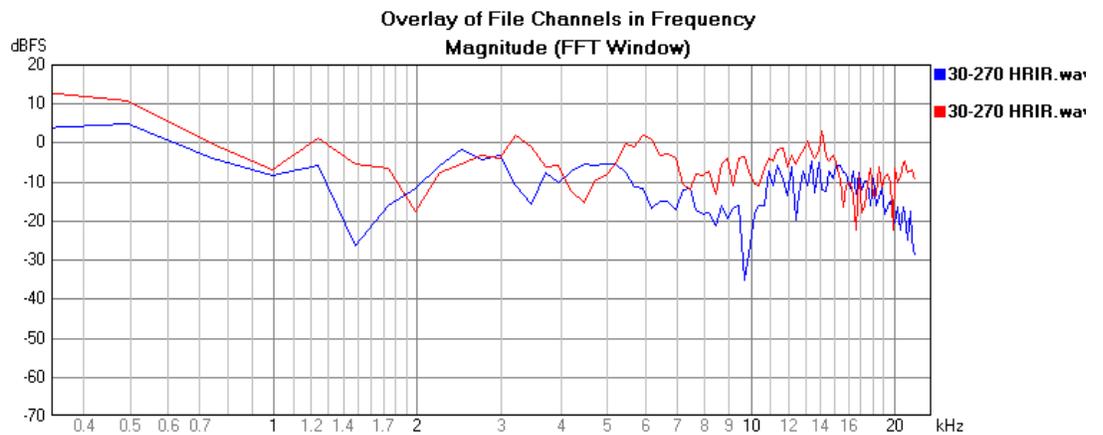
(c) EASERA

HRTF 30-240



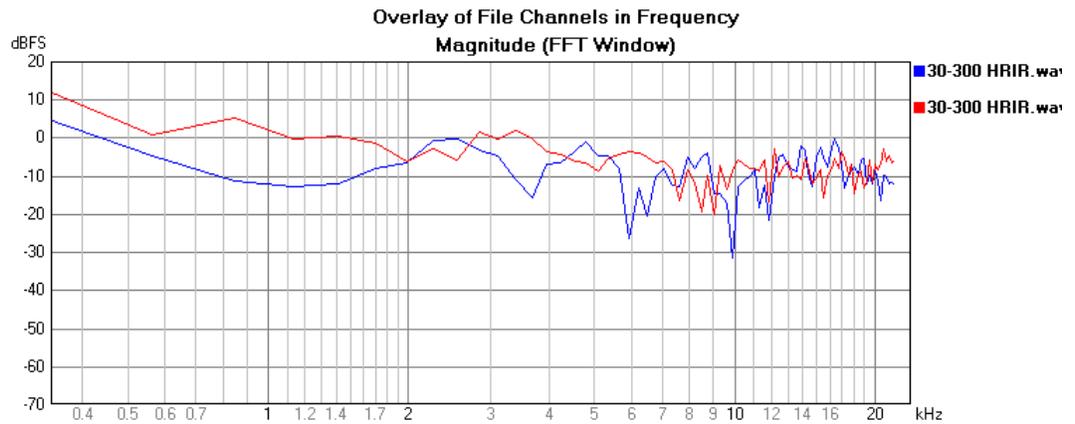
(c) EASERA

HRTF 30-270



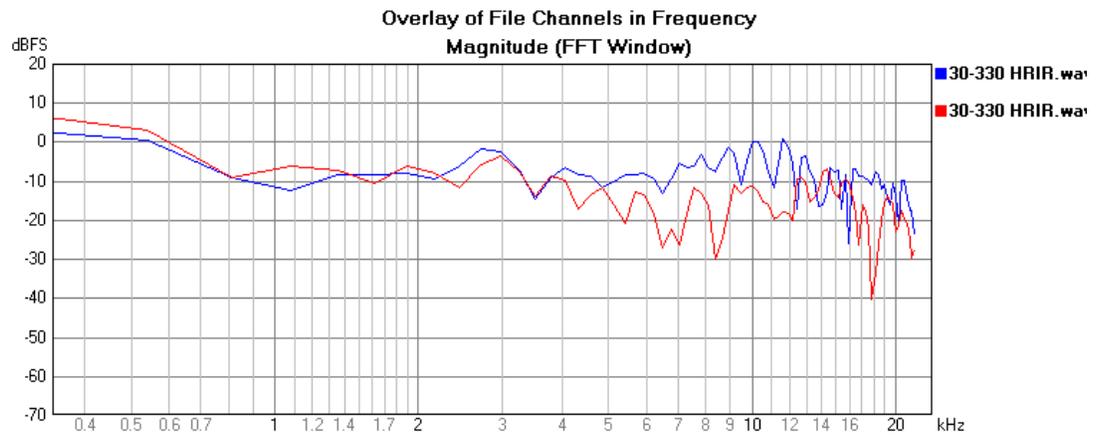
(c) EASERA

HRTF 30-300



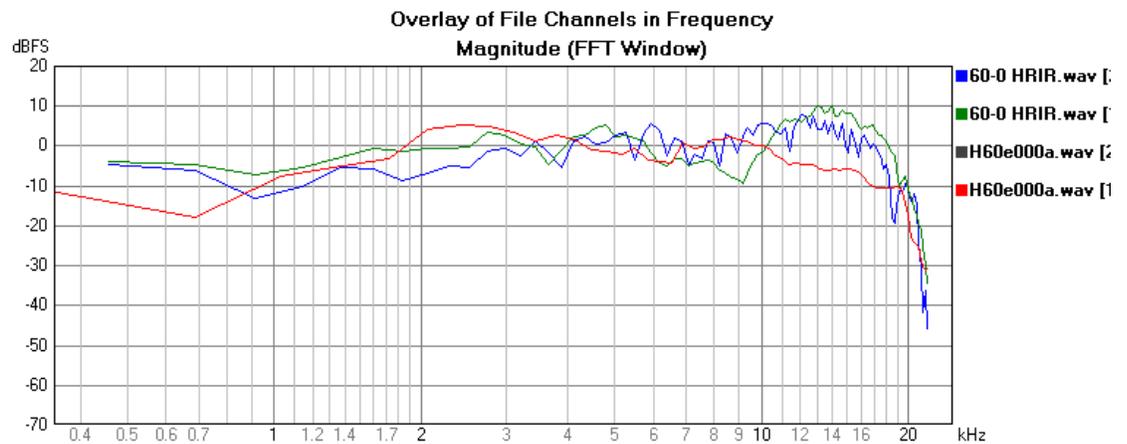
(c) EASERA

HRTF 30-330



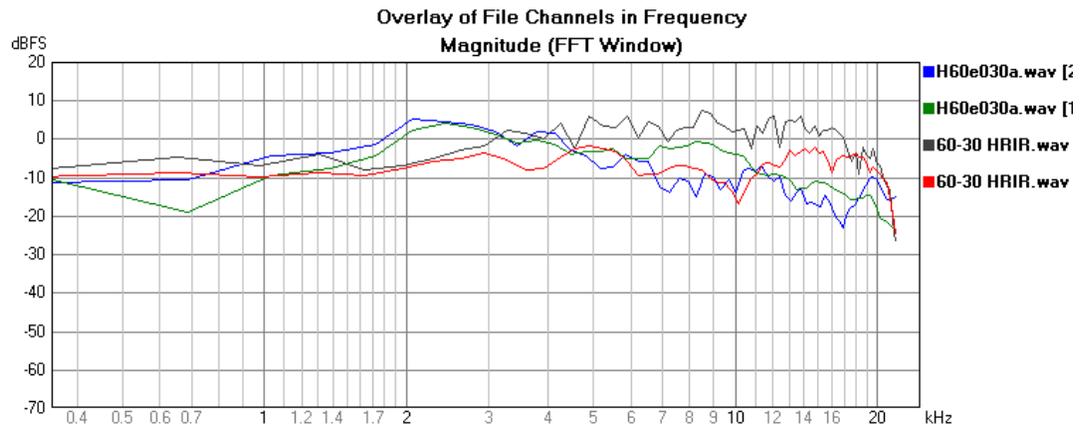
(c) EASERA

HRTF 60-0



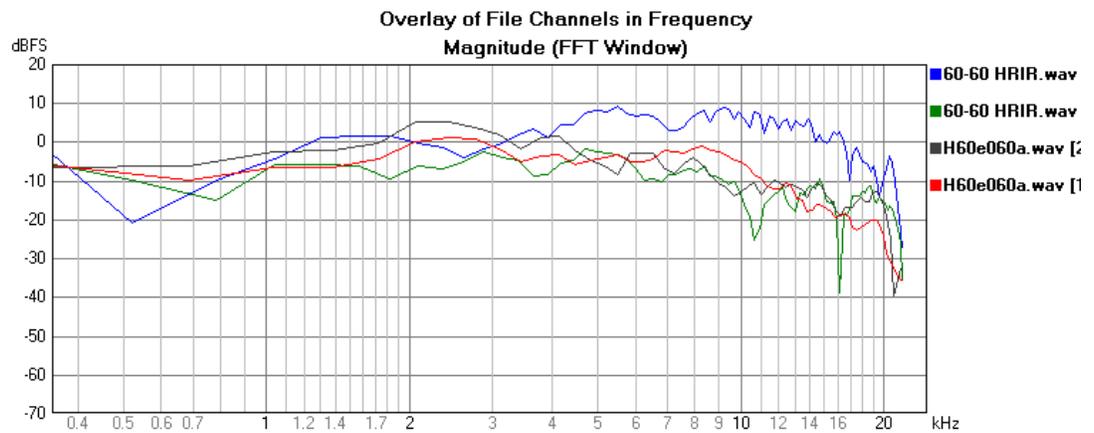
(c) EASERA

HRTF 60-30



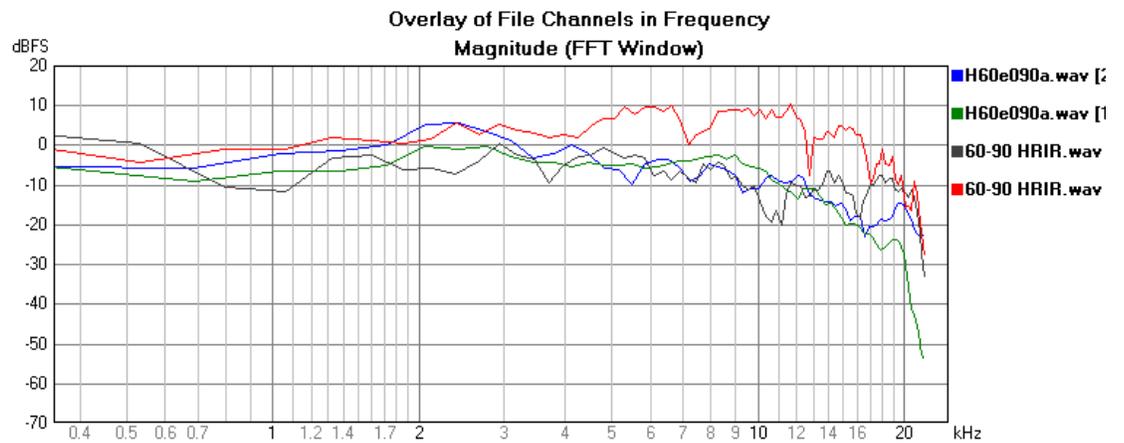
(c) EASERA

HRTF 60-60



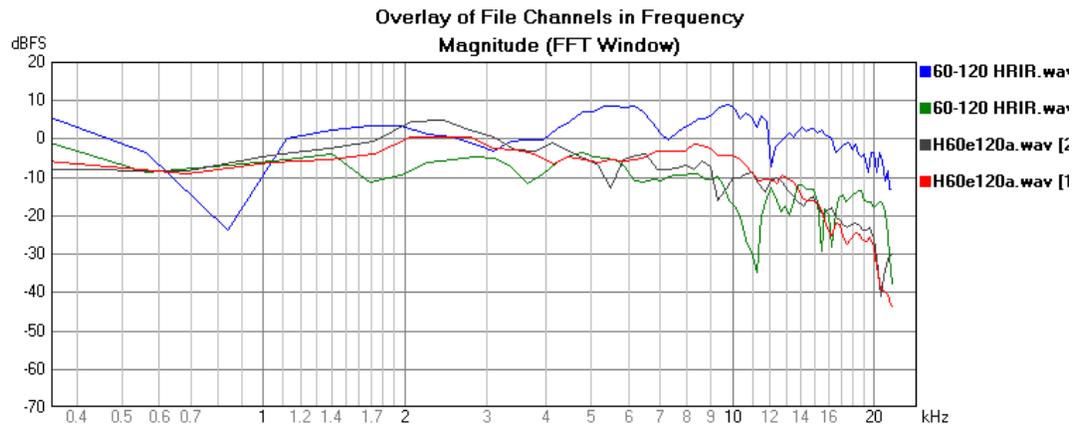
(c) EASERA

HRTF 60-90



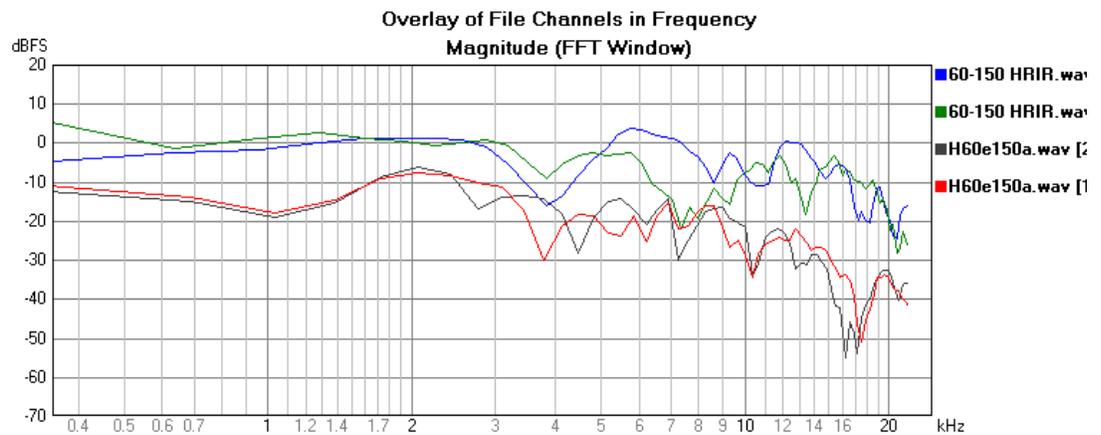
(c) EASERA

HRTF 60-120



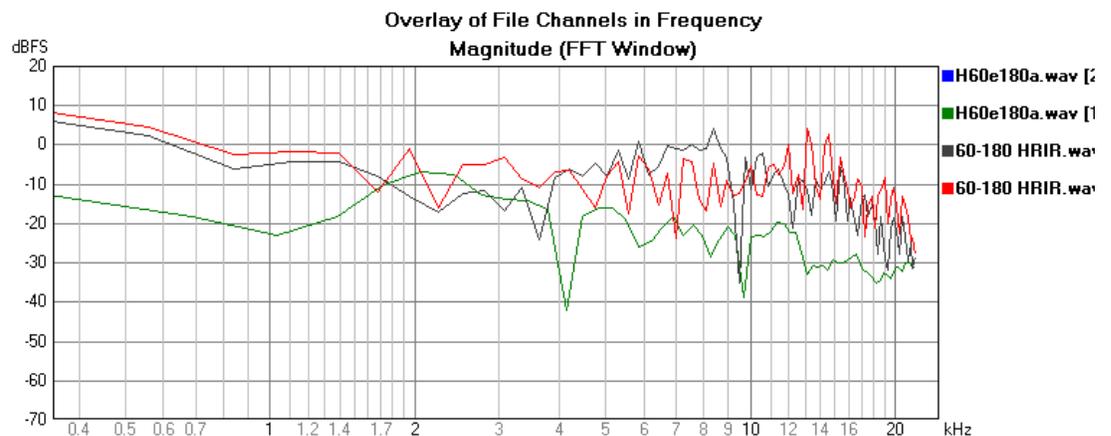
(c) EASERA

HRTF 60-150



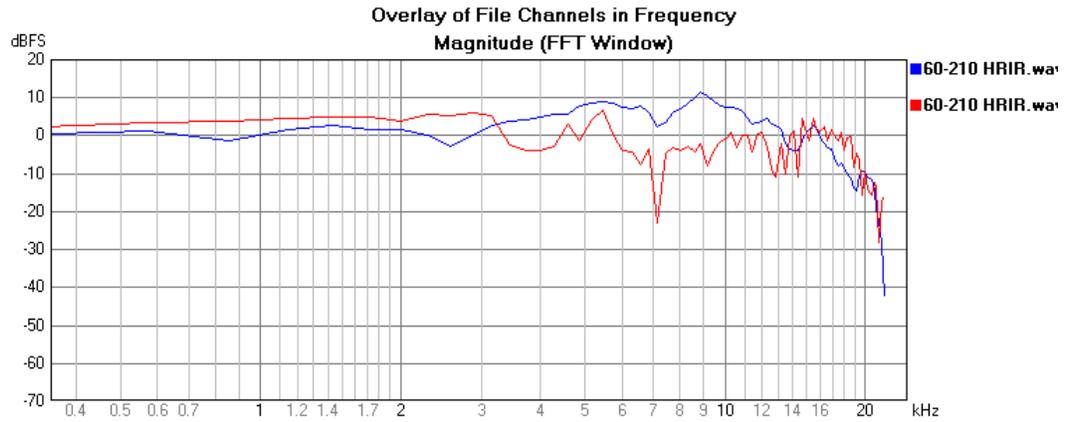
(c) EASERA

HRTF 60-180



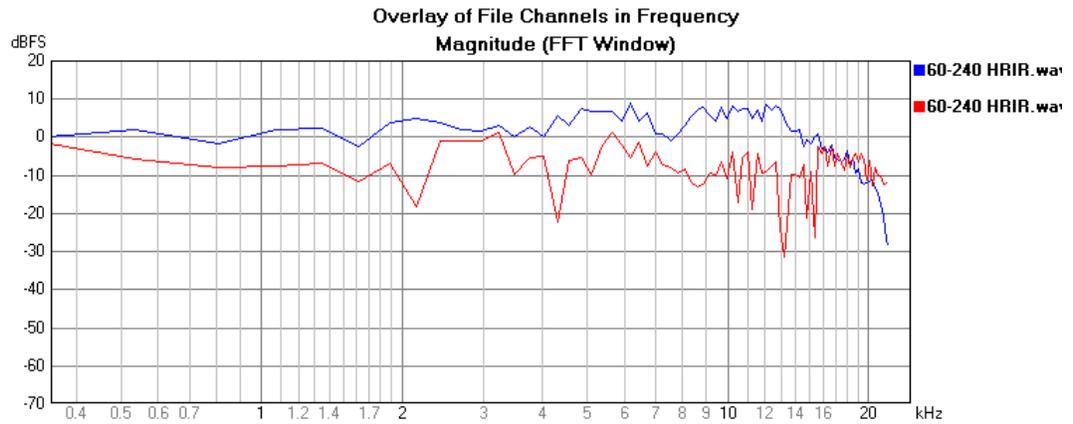
(c) EASERA

HRTF 60-210



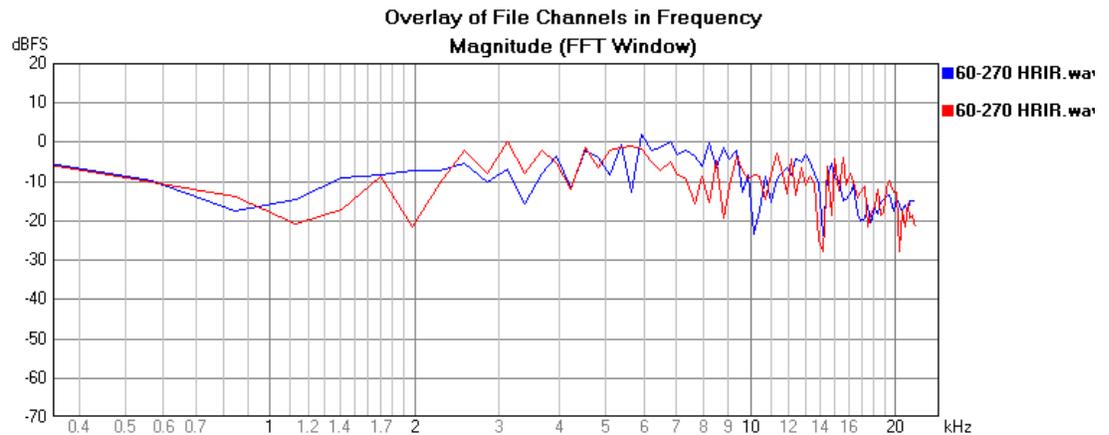
(c) EASERA

HRTF 60-240



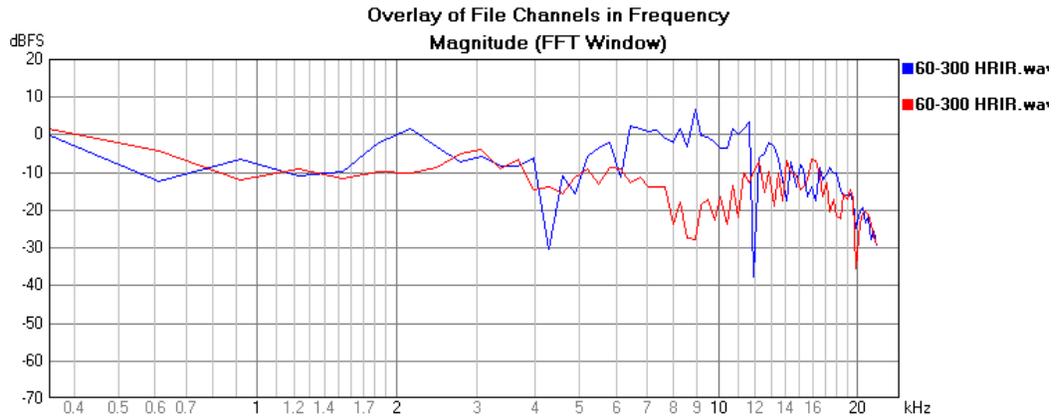
(c) EASERA

HRTF 60-270

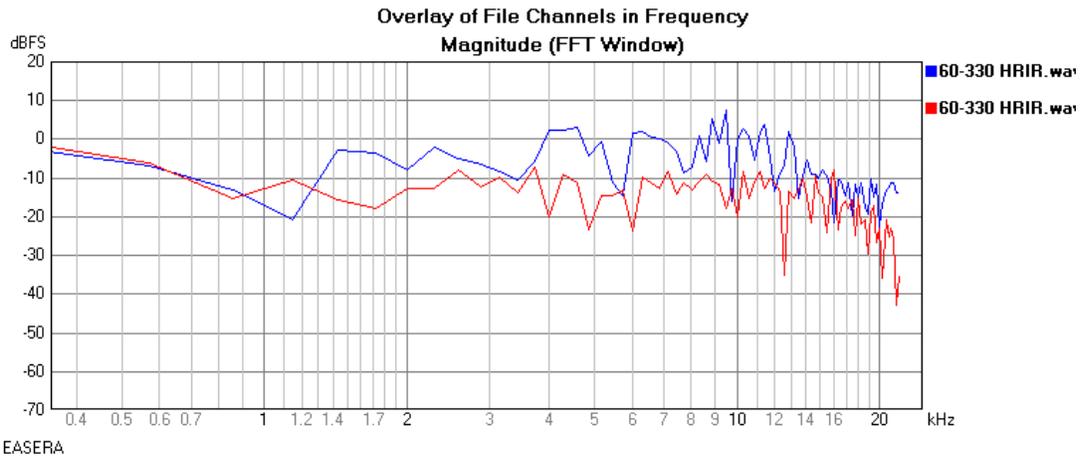


(c) EASERA

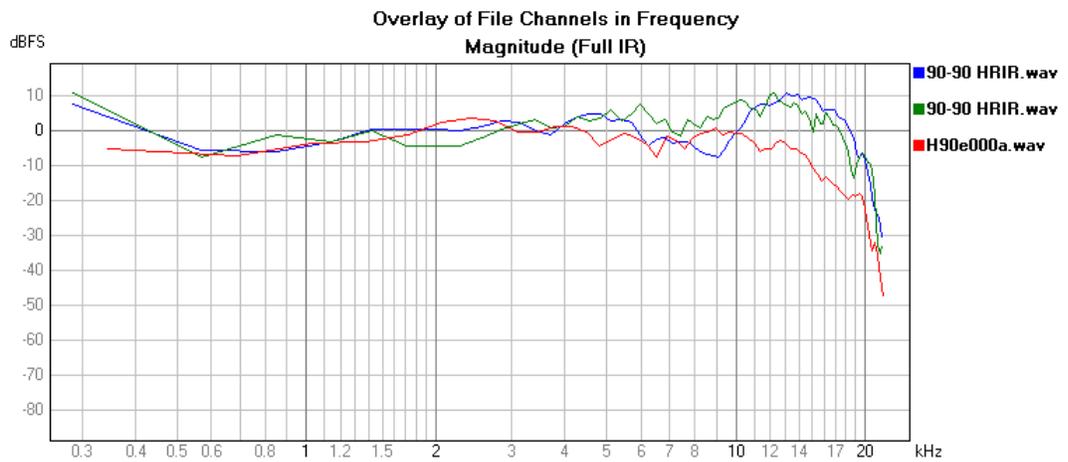
HRTF 60-300



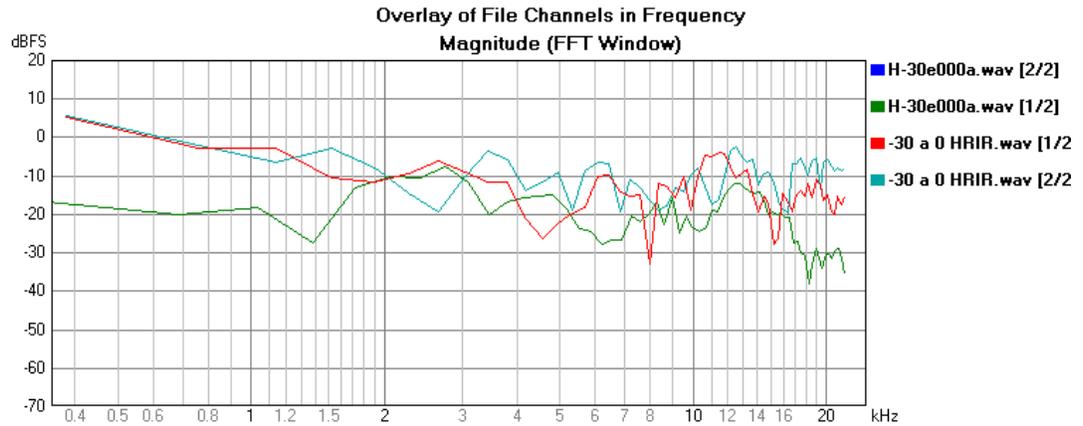
HRTF 60-330



HRTF 90-90

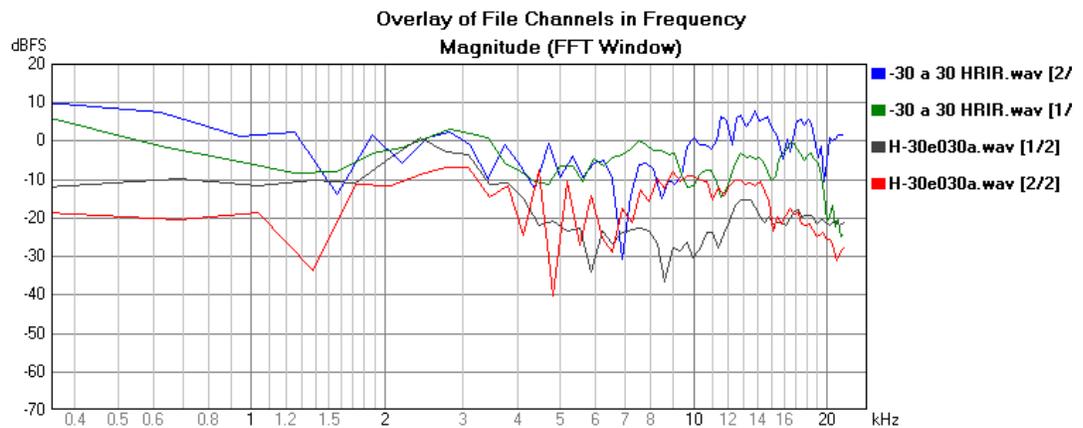


HRTF -30/0



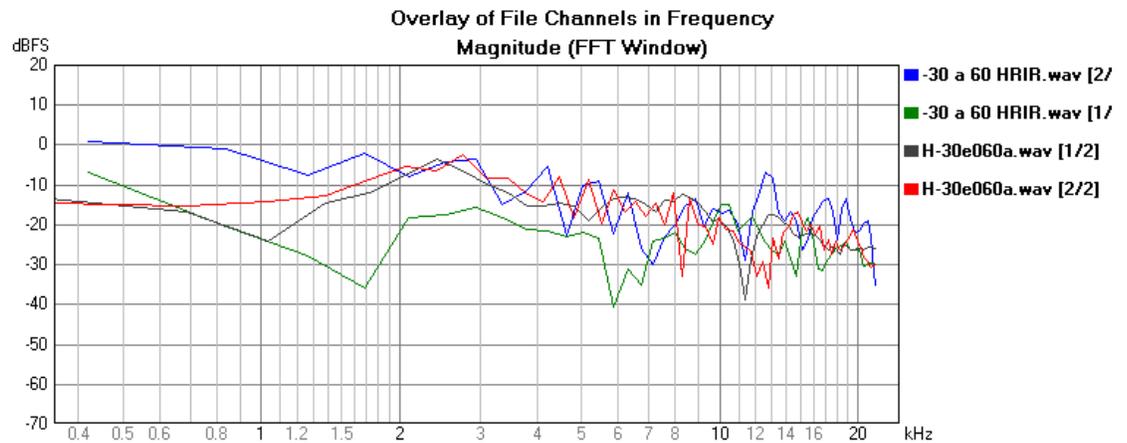
(c) EASERA

HRTF -30/30



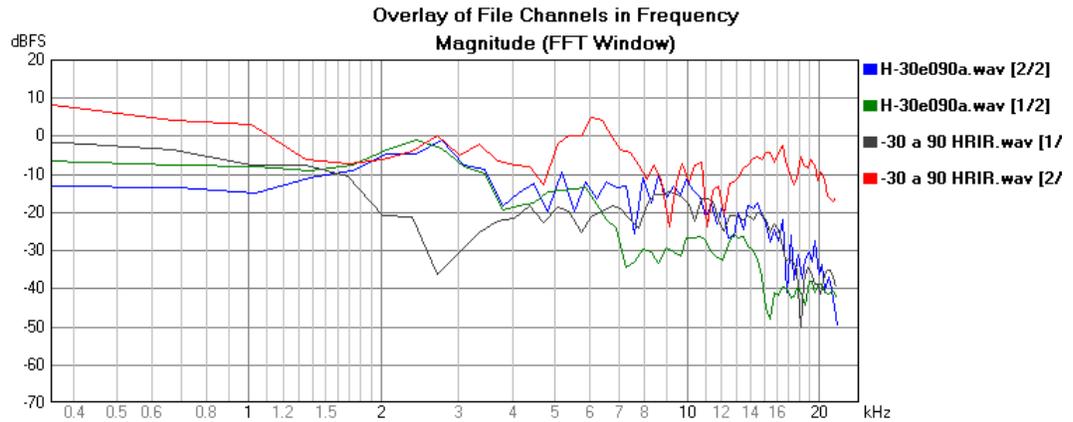
(c) EASERA

HRTF -30/60



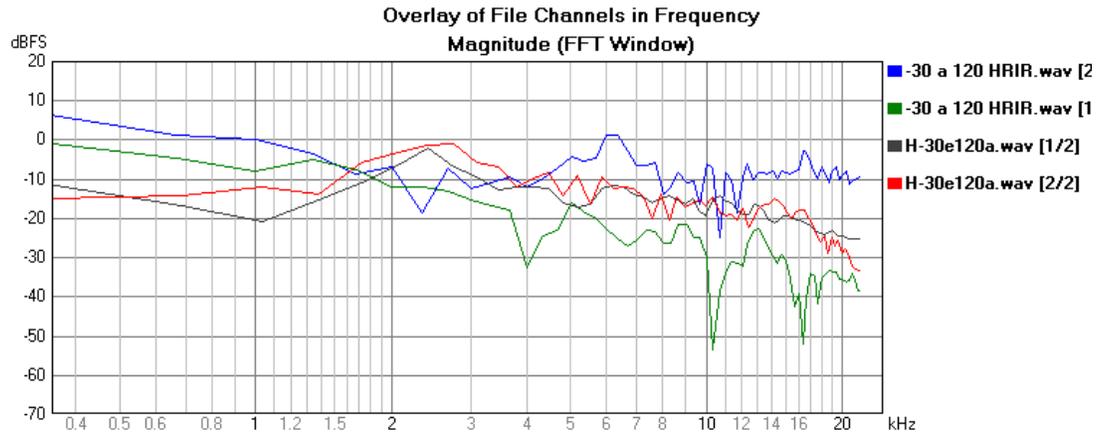
(c) EASERA

HRTF -30/90



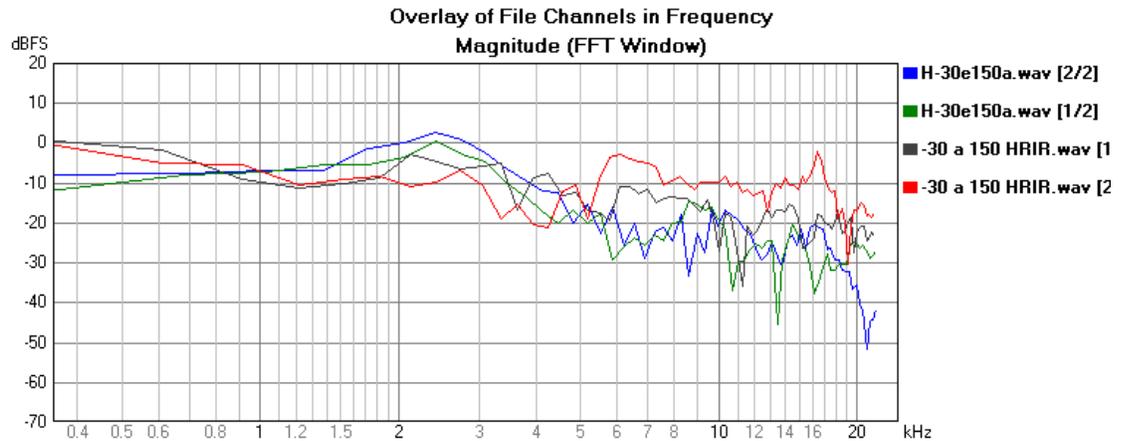
(c) EASERA

HRTF -30/120



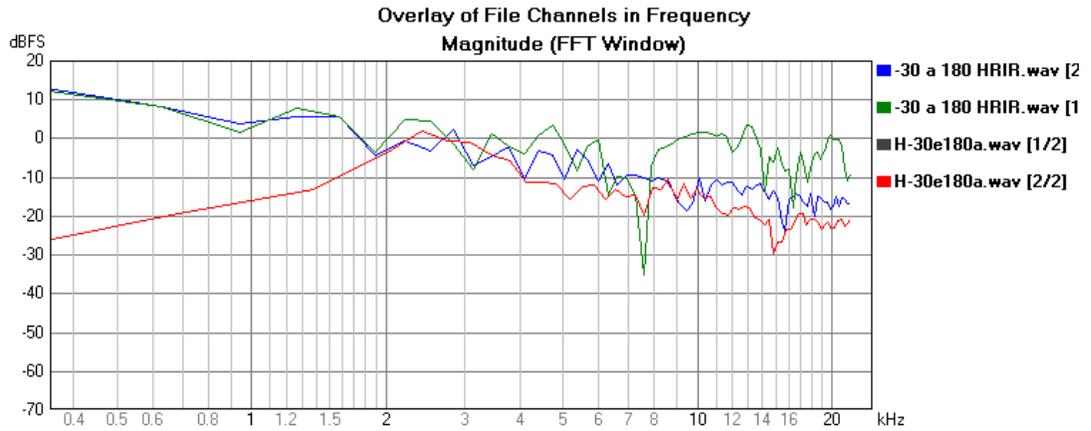
(c) EASERA

HRTF -30/150

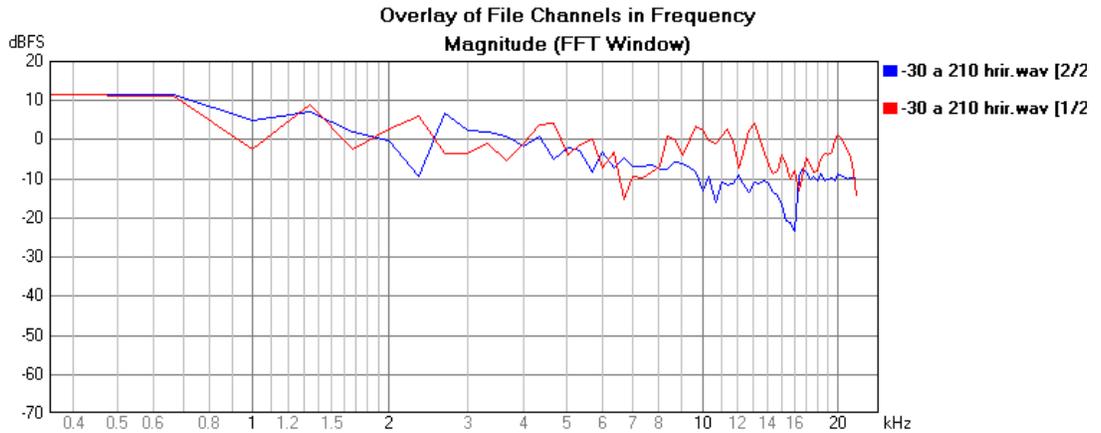


(c) EASERA

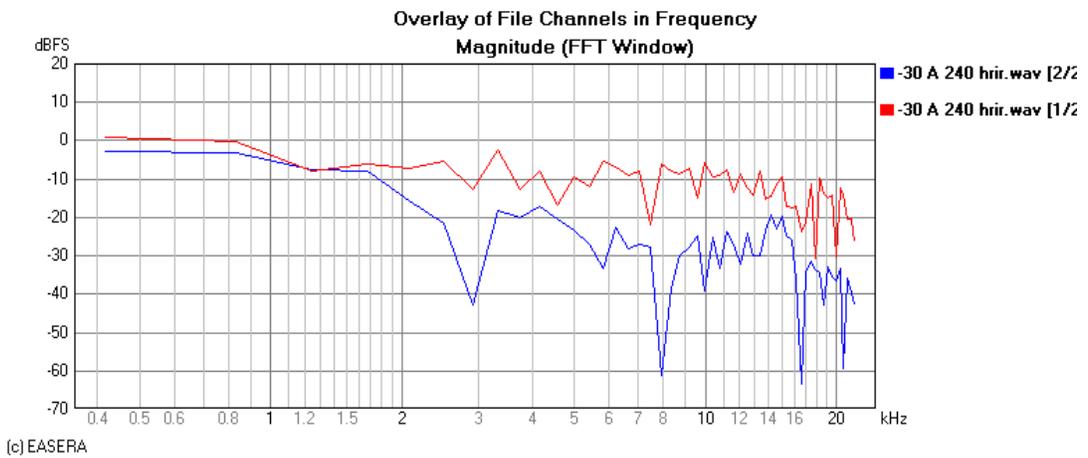
HRTF -30/180



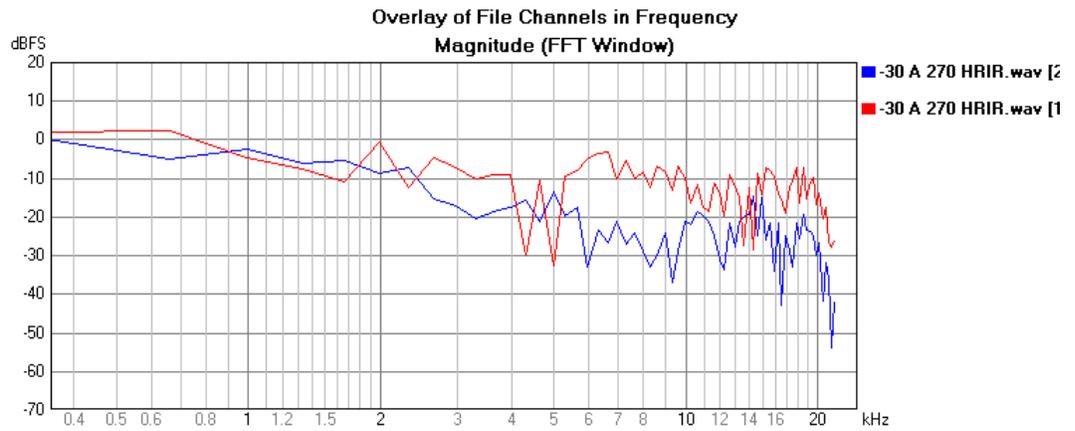
HRTF -30/210



HRTF -30/240

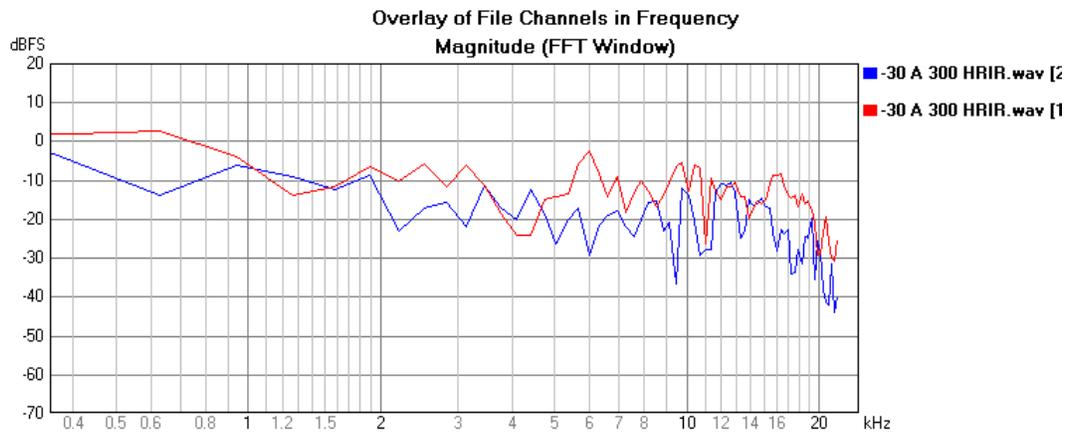


HRTF -30/270



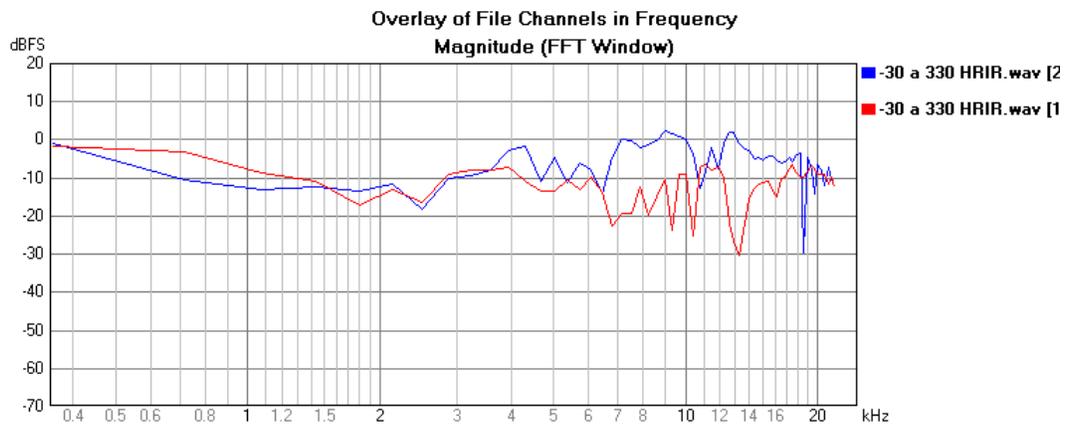
(c) EASERA

HRTF -30/300



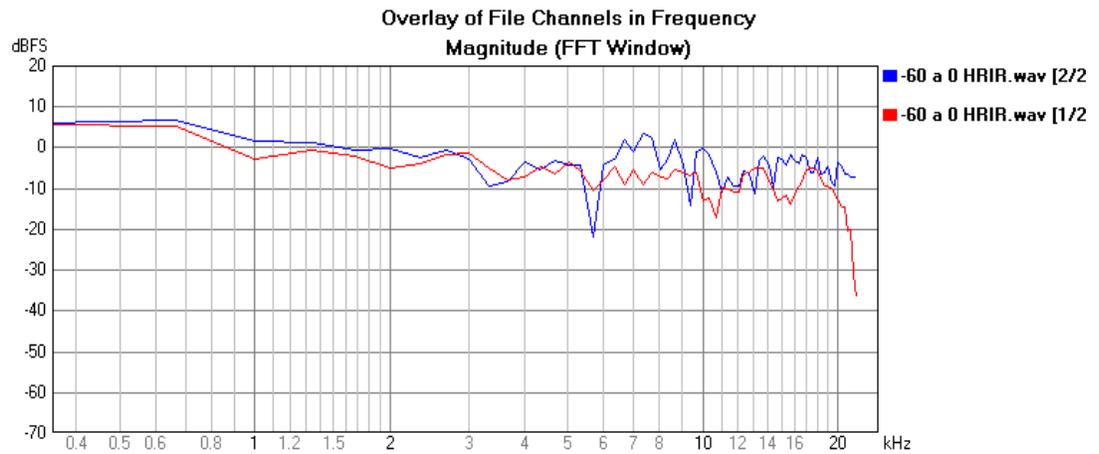
(c) EASERA

HRTF -30/330



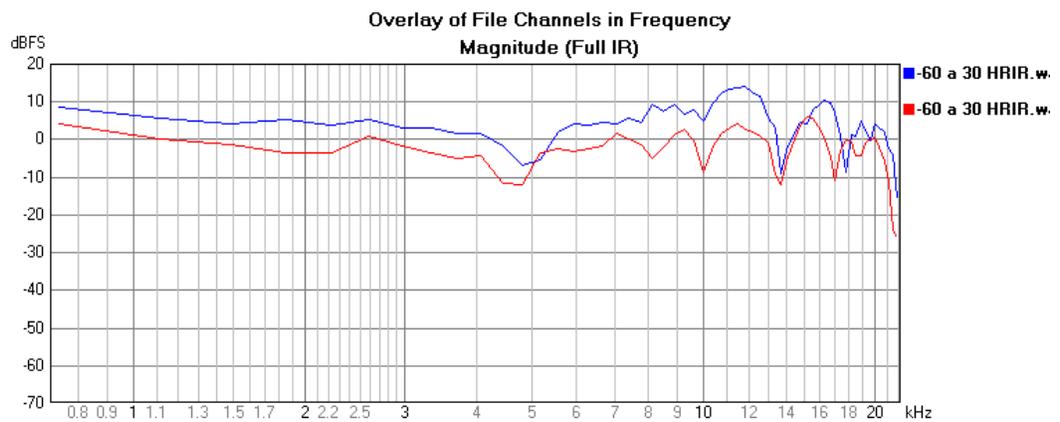
(c) EASERA

HRTF -60/0



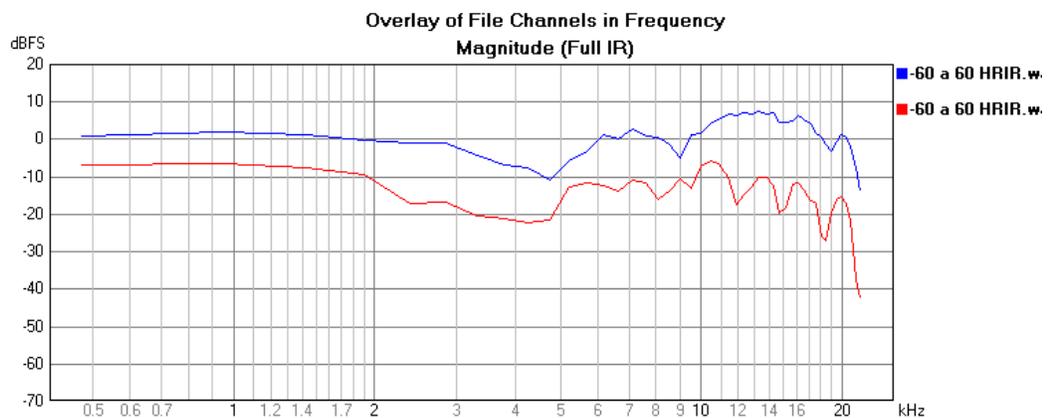
(c) EASERA

HRTF -60/30



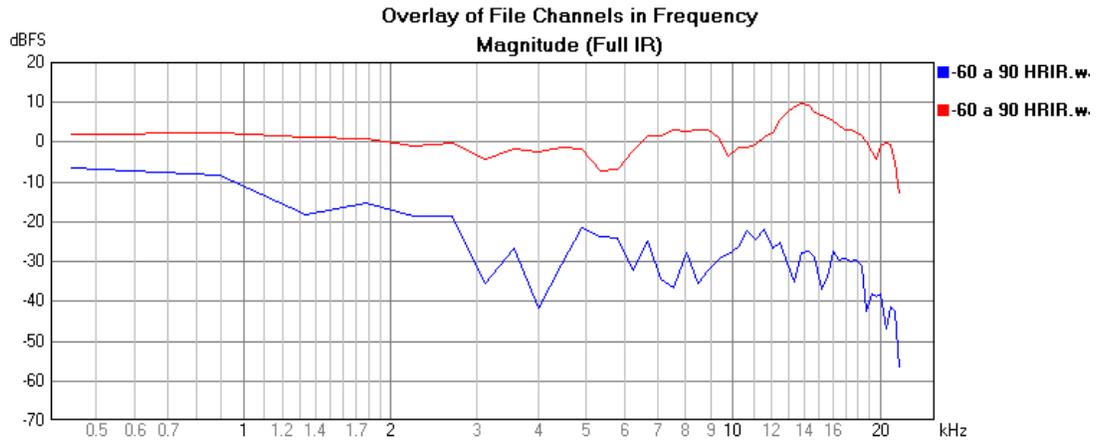
(c) EASERA

HRTF -60/60



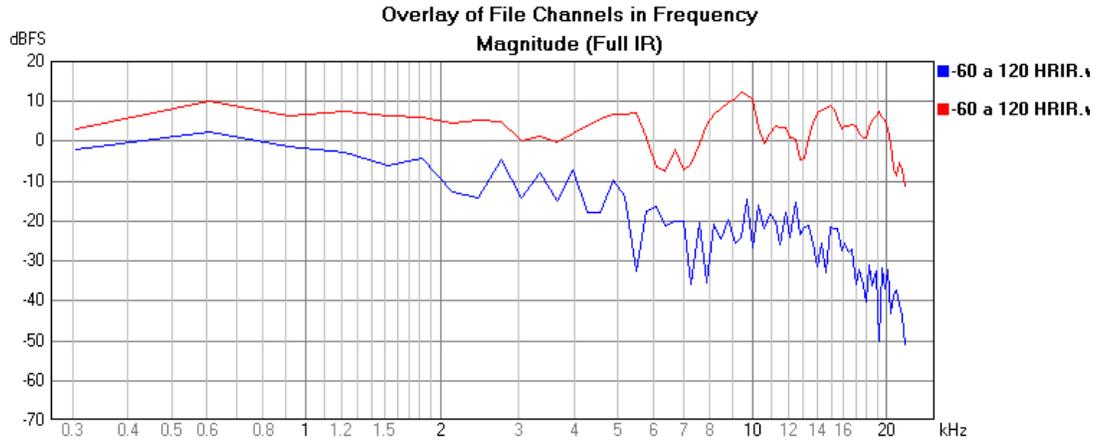
(c) EASERA

HRTF -60/90



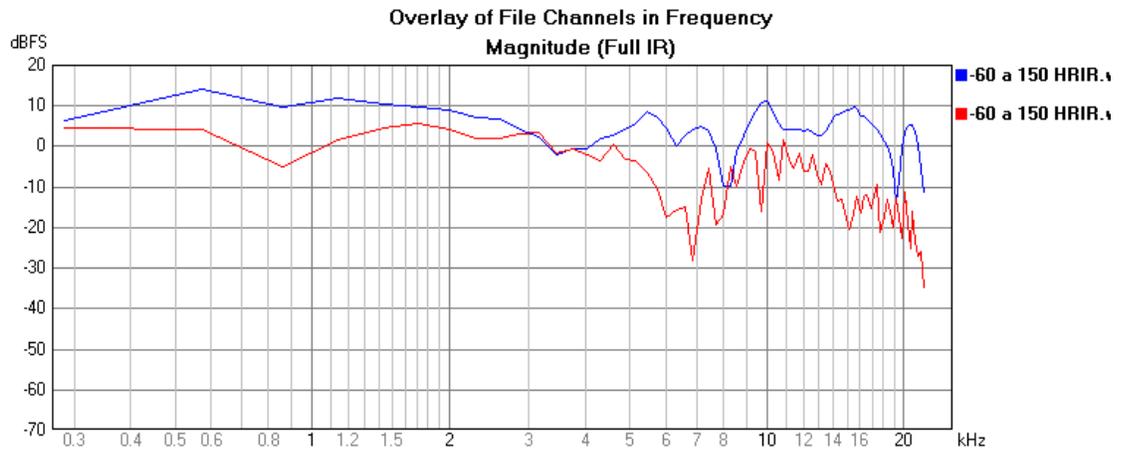
(c) EASERA

HRTF -60/120



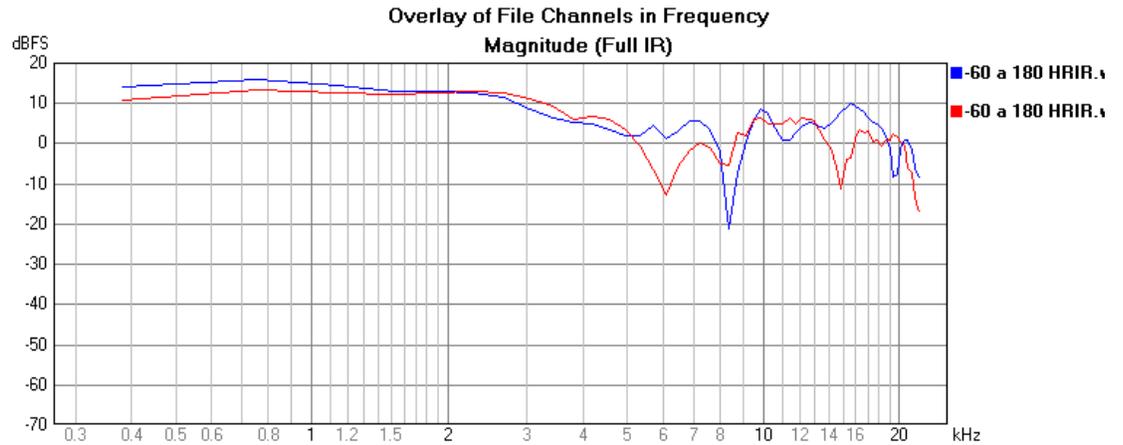
(c) EASERA

HRTF -60/150



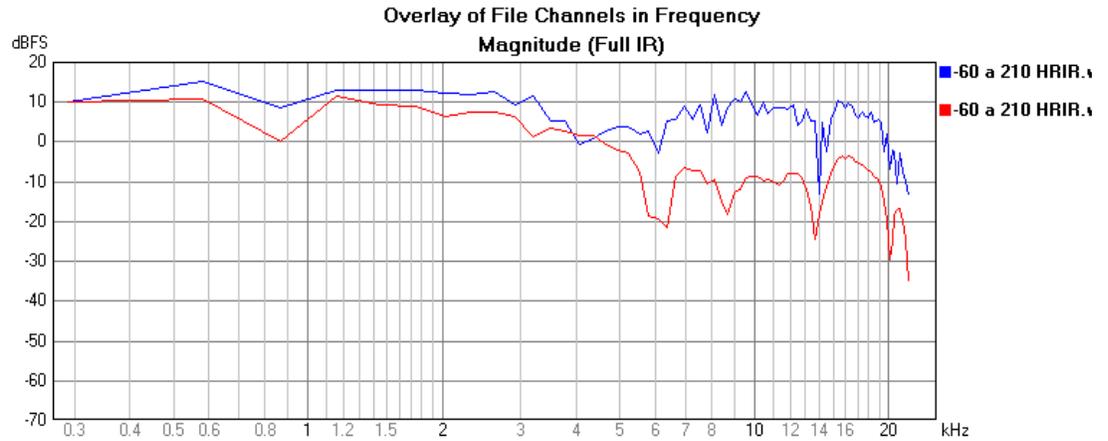
(c) EASERA

HRTF -60/180



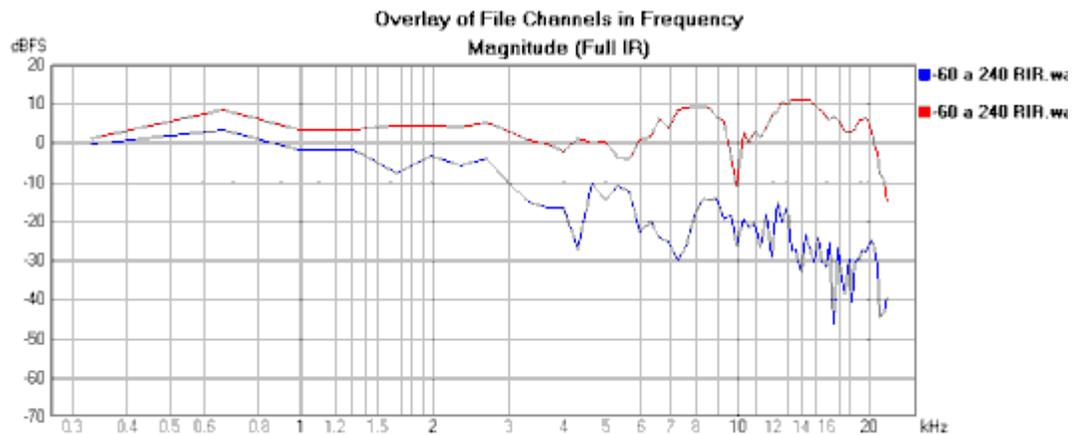
(c) EASERA

HRTF -60/210



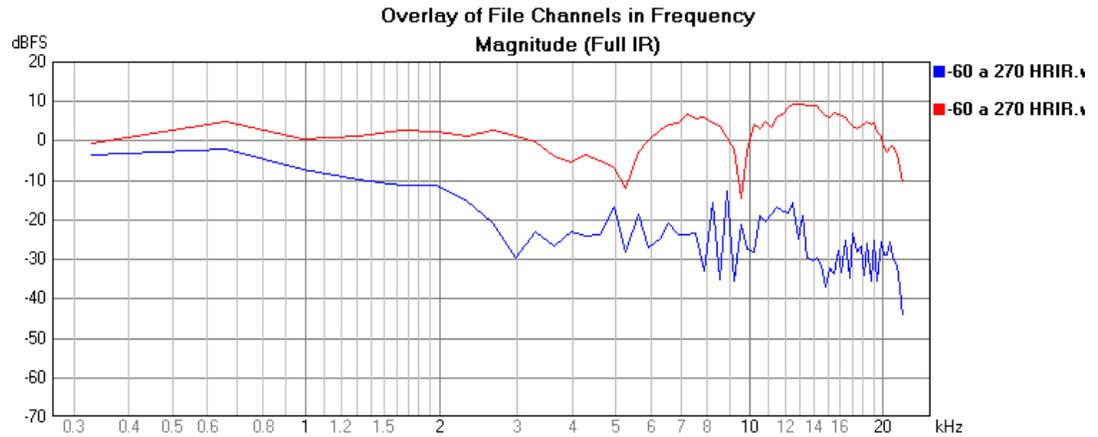
(c) EASERA

HRTF -60/240



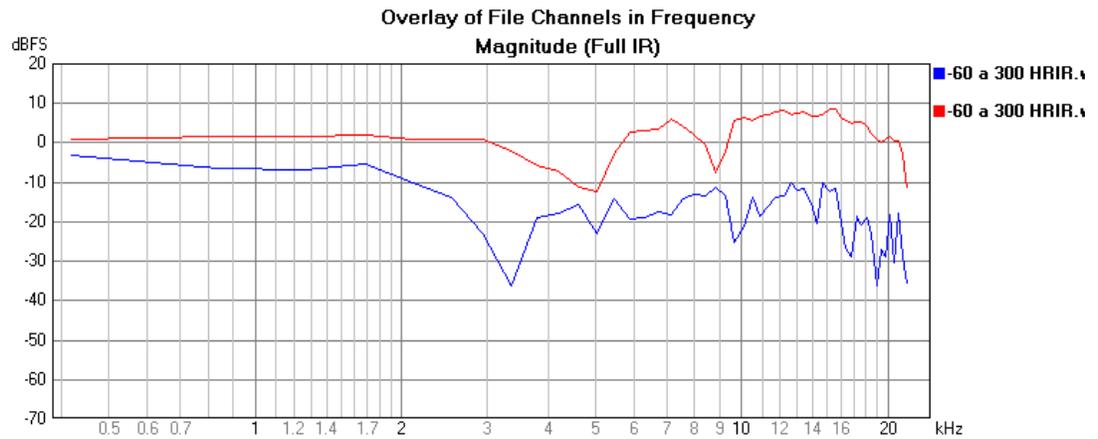
(c) EASERA

HRTF -60/270



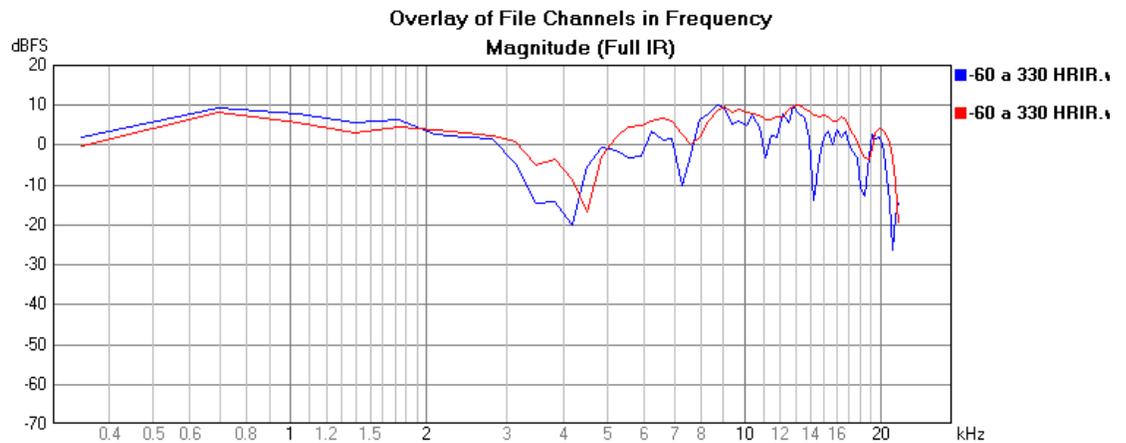
(c)EASERA

HRTF -60/300



(c)EASERA

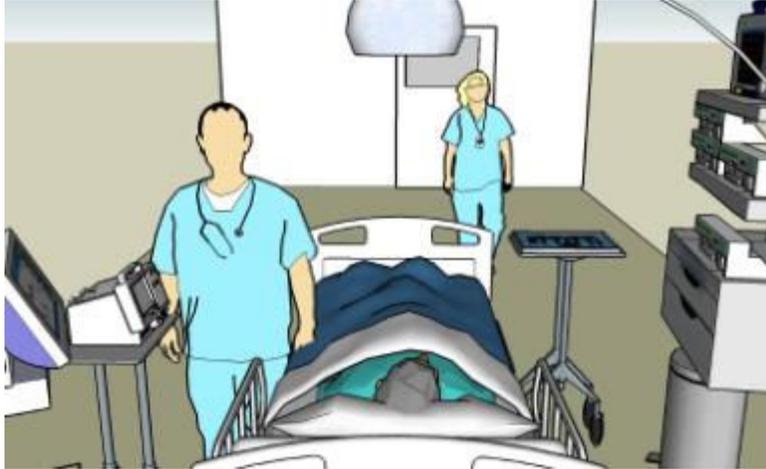
HRTF -60/330



(c)EASERA

ANEXO C - ILUSTRACIONES DE ESCENAS

Escena 1



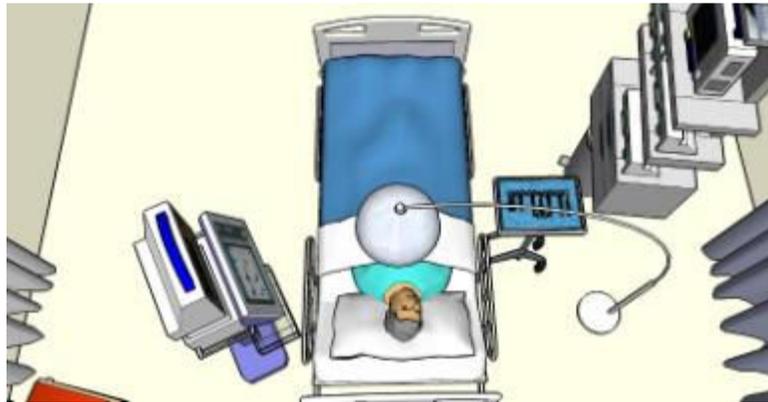
Escena 2



Escena 3



Escena 4



Escena 5



Escena 6



Escena 7



Escena 8



Escena 9



Escena 10



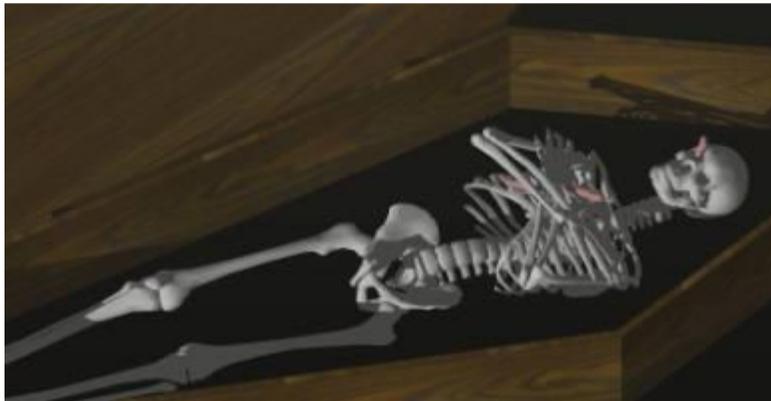
Escena 11



Escena 12



Escena 13



Escena 14



Escena 15



Escena 16



ANEXO D - FOTOS





