PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

FACULTAD DE ARTES
DIRECCION DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
MAGÍSTER EN ARTES

PROPUESTA DE REDUCCIÓN Y MEZCLA DE MÚSICA ELECTROACÚSTICA MULTICANAL A FORMATO ESTÉREO.

Caso de estudio, reducción de una obra de 8 a 2 canales.

POR

MARCELO EDUARDO ESPÍNDOLA SANDOVAL

Tesis presentada a la Facultad de Artes, Dirección de Investigación y Postgrado de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para optar al título de Magíster en Artes

PROFESOR/A GUIA: Patricio de la Cuadra.-

Diciembre, 2014

Santiago, Chile

©2014, Marcelo Eduardo Espíndola Sandoval

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, a mi familia, mi señora Carmen Gloria, a mis hijos Tomás y Daniela, y mi madre Yolanda, a todos ellos, por saber estar ahí siempre, ser una fuente de inspiración y de apoyo constante.

También a mis profesores del magíster, por compartir sus conocimientos en particular los profesores Patricio de la Cuadra y Rodrigo Cádiz, y finalmente a todos mis compañeros y colegas músicos.

"La situación de la espacialización en la música electroacústica es semejante a la de la síntesis de sonido, en el sentido en que la experiencia del mundo natural provee una inspiración importante tanto para la creación como para la investigación". (Kendall G. , 2007)

Tabla de contenidos

AGRADECIMIENTOS **3**
TABLA DE CONTENIDOS **5**
ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS. **6**
INTRODUCCIÓN **8**
1. LOCALIZACIÓN **12**
1.1. INDICIOS PARA LA LOCALIZACIÓN **13**
1.2. INDICIOS RELATIVOS A LA DISTANCIA. **16**
1.3. OTROS INDICIOS DE LOCALIZACIÓN. **18**
1.3.1. EFECTO HAAS O PRECEDENCIA **18**
1.3.2. EFECTO DOPPLER **19**
2. EL ESPACIO COMO RECURSO MUSICAL EN LA MÚSICA ELECTROACÚSTICA **19**
2.1. ORÍGENES DE LA MÚSICA ELECTROACÚSTICA **20**
2.1.1. PRIMEROS ANTECEDENTES **20**
2.1.2. PIERRE SCHAEFFER Y LA MÚSICA CONCRETA **21**
2.1.2.1. EL OBJETO SONORO Y LAS FORMAS DE ESCUCHA **22**
2.1.3. LA MÚSICA ELECTRÓNICA **26**
2.2. PRIMEROS ANTECEDENTES DEL ESPACIO COMO RECURSO MUSICAL **28**
2.3. SISTEMAS DE AMPLIFICACIÓN PARA LA ESPACIALIZACIÓN MULTICANAL **31**
2.3.1. SISTEMAS DE AMPLIFICACIÓN MULTICANAL DE GRANDES DIMENSIONES **33**
2.3.2. DESARROLLO TECNOLÓGICO, NUEVOS ESTUDIOS PARA LA MÚSICA ELECTRÓNICA **36**
2.3.3. SISTEMAS DE SONIDO EXPERIMENTAL, SALAS DE CONCIERTOS. **38**
2.3.4. REPRODUCCIÓN MULTICANAL POR SOFTWARE O PLUGINS **40**
3. MEZCLA Y MASTERIZACIÓN **46**
3.1. MEZCLA **47**
3.2. MASTERIZACIÓN **48**

4. PROPUESTA DE ANÁLISIS DESCRIPTIVO, REDUCCIÓN DE CANALES Y MEZCLA FINAL.....54

4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO 54

4.1.1. METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....57

4.1.1.1. ANÁLISIS DE MATERIAL.....57

4.1.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....61

4.1.2. ANÁLISIS DE OBRAS EN FORMATO DE 8 CANALES. 63

4.1.2.1. THE SECRET LIFE OF A SANRE DRUM, 2006.....64

4.1.2.2. IRA, 2010 70

4.2. REDUCCIÓN 75

4.3. MEZCLA FINAL.....80

4.4. MEZCLA FINAL DE LA OBRA *THE SECRET LIFE OF A SNARE DRUM*, (2006) Y "IRA" (2010) 81

CONCLUSIÓN.....95

BIBLIOGRAFÍA.....97

Índice de Imágenes y tablas.

Figure 0- 1 10
Figure 1-2.....12
Figure 4- 3 77
Figure 4-4.....78
Figure 4-5.....63
Figure 4-6.....70
Figure 4-7.....64
Figure 4-8.....82
Figure 4-9.....83
Figure 4-10.....84
Figure 4-11.....85
Figure 4-12.....86
Figure 4-13.....87

Table 3-1 51
Table 4-2 60
Table 4-3 61
Table 4-4 75

Resumen

Esta tesis trata de una propuesta de mezcla para reducir una obra electroacústica de 8 canales a 2, cuyo objetivo es lograr mantener y rescatar las principales característica del formato multicanal. Para esto se ha realizado una investigación bibliográfica sobre localización de audio y los indicios que nos ayudan a ubicar una fuente en el espacio, también el espacio como recurso musical, los primeros antecedentes de la música electroacústica, la espacialización multicanal y su desarrollo, y finalmente, la mezcla de audio y su proceso de masterización. El cual se realiza en 3 etapas, análisis descriptivo, reducción de canales y mezcla final. Para esto se realizaron algunas pruebas en un programa multicanal, de manera de ir ordenando la propuesta.

Finalmente el trabajo realizado con esta propuesta metodológica, optimiza los procedimientos y el resultado esperado y, su vez, el objetivo de mantener y rescatar características de la espacialización, de la obra original, se logra satisfactoriamente.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto formular una propuesta mezcla de una obra de música electroacústica multicanal a formato estéreo, para ello se tomará como caso de estudio el traspaso de obras de 8 a 2 canales.

En el genero de la música electroacústica algunos compositores utilizan el espacio como parte del proceso creativo de su obra. Sin embargo, esta utilización ha presentado diversos problemas respecto a su difusión y desarrollo, a modo de ejemplo, no todos los compositores cuentan con sistemas de espacialización propios, para poder trabajar una estética vinculada a la creación artística.

Asimismo, dentro de una sala de conciertos, el sonido no siempre es percibido de igual manera por todos los auditores, por cuanto en ello inciden diversos factores, como por ejemplo la posición en que se encuentre el oyente respecto a los parlantes. Asimismo, no todas las salas tienen una acústica preparada para conciertos de música electroacústica, siendo ello de vital importancia en cómo la obra es percibida.

Otra de las problemáticas a las que se ve enfrentado el compositor electroacústico respecto a la música espacializada, se produce cuando debe realizar una reducción de su obra multicanal a formato estéreo. En esta situación, el compositor tiene dos escenarios posibles en los cuales se presenta la necesidad de realizar una reducción y mezcla de su obra, en el primer caso, puede realizar versiones mezcladas a formato estéreo de sus obras multicanales, con el sólo objeto de difundir su música por medios de comunicación masiva y en el segundo caso tiene la opción de realizar una mezcla, respondiendo a los llamados a concursos de composición o festivales de música

electroacústica, en los cuales se solicita para su preselección, convertir a formato estéreo las obras multicanales previo a su envío.

En cualquiera de los casos anteriores, esta nueva versión estéreo de la obra, presentará cambios y pérdidas de cualidades sonoras propias de la obra multicanal. Algunos de los cambios son provocados por la variación en la localización de las fuentes, por ejemplo, los sonidos que originalmente el auditor escucharía a sus espaldas ahora estarán al frente, de igual forma, si la obra original contaba con algunas trayectorias propuestas por el compositor, éstas tienden a ocultarse o ser menos evidentes en la versión estéreo y por último, la reducción a estéreo provoca pérdidas de algunos elementos que pudieran pasar a segundo plano al ser enmascarados por otros.

Ante estas situaciones, el compositor puede hacer una reducción a formato estéreo a partir de los canales ya mezclados, intentando rescatar algunas cualidades de la espacialización. Esta opción es la base de la presente investigación.

El objetivo general de esta tesis es realizar una propuesta de mezcla, que permita al compositor de música electroacústica reducir sus obras multicanales a formato estéreo, procurando rescatar algunas características propias de la espacialización que serán consideras para su aplicación en el proceso de mezcla.

Así, la pregunta de investigación planteada es: ¿Qué características propias de la espacialización multicanal, debemos considerar en el proceso de reducción y mezcla a formato estéreo, para así mantener y rescatar las cualidades de mezcla y espacialización propuestas en la obra original?

Para el presente trabajo, se analizarán obras electroacústicas en formato de 8 canales, se eligió esta opción por cuanto es el formato más usado por los compositores electroacústicos (Otondo, 2008). En la Figura nº 1 se muestra la enumeración y ubicación más tradicional del formato de 8 canales considerado para esta investigación.

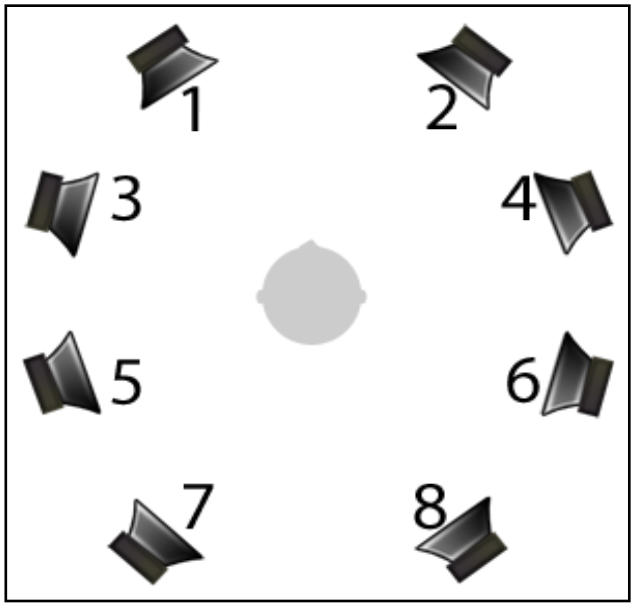

Figure 0- 1

MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN Y ENUMERACIÓN DE 8 CANALES PARA CONCIERTOS DE MÚSICA ELECTROACÚSTICA, SIENDO ESTA DISTRIBUCIÓN, EL MÁS UTILIZADO POR LOS COMPOSITORES, SE PUEDE OBSERVAR LA RELACIÓN DE LOS OCHO CANALES Y LA UBICACIÓN DE UN AUDITOR EN EL CENTRO DE LA SALA.

Esta tesis se estructura en dos secciones: un marco teórico y un desarrollo. A su vez, el marco teórico está dividido en tres capítulos; en el primer capítulo se describirán las cualidades de la localización auditiva, en el segundo capítulo, el espacio como recurso musical, en este capítulo además se describirán algunos aspectos relacionados con el origen de la música electroacústica, sus primeros conceptos y el desarrollo tecnológico de los sistemas multicanal que se utilizan para la espacialización y en el tercer capitulo se hablará sobre los conceptos básicos de mezcla de sonido.

En la segunda sección, se presenta una propuesta de reducción y mezcla a formato estéreo donde se propone una metodología para efectuar la mezcla, dividida en tres pasos, primero análisis de la obra, segundo reducción de 8 a 2 canales y tercero mezcla.

Esta investigación se elaboró a partir de investigación bibliográfica y pruebas de laboratorio. Para las pruebas realizadas, se utilizaron 9 obras electroacústicas de 8 canales cada una, las cuales fueron seleccionadas del archivo del Festival de Música Electroacústica Aimaako, las piezas seleccionadas fueron compuestas entre los años 2004 al 2012, el único criterio utilizado para su selección es que su formato fuera de 8 canales. También se utilizaron para algunas pruebas, ruido blanco y tonos puros de 440 Hz, 1500 Hz y 11000 Hz, las pruebas fueron realizadas en los programas Logic X y Max/Msp 6. Estas pruebas solo fueron hechas durante el proceso de formulación de esta tesis y no han sido validadas en un diagnóstico masivo.

MARCO TEÓRICO

1. Localización

"La localización sonora se refiere a la percepción de la posición de una fuente sonora en el plano horizontal o azimut (izquierda-derecha), en el vertical o elevación (arriba-abajo) y a la percepción de la distancia relativa entre participante y fuente" (Blauert, 1997)

El sistema auditivo humano, tiene la capacidad de localizar una fuente sonora en el espacio, si la fuente se encuentra delante o atrás, si está a un costado u al otro, e incluso estimar la distancia de la fuente. Esta capacidad nos da la clave sobre el lugar donde estamos y por esto podemos interactuar con el espacio y el sonido, (Reyes, 2008).

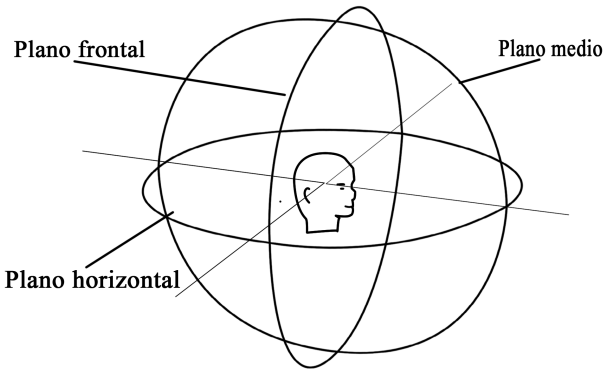

Figure 1-2

Esquema de planos. La figura 2 muestra los tres planos, frontal, medio y horizontal, que se establecen para estudiar la localización auditiva. El Plano horizontal es paralelo al suelo, el plano frontal y medio están perpendiculares al plano horizontal

La capacidad del auditor de localizar las fuentes, no es siempre igual en cada uno de los puntos de espacio o de los planos horizontal, frontal o medio. El hombre es muy buen localizador en el plano horizontal, menos eficiente en el plano vertical y menos aún en relación a sus juicios sobre distancia, (Moore, 2004). Por lo tanto en un formato multicanal, como por ejemplo en un concierto de música electroacústica, la localización de un mismo sonido en canales distintos, es percibido de distinta manera por el auditor.

1.1. Indicios para la Localización

Para que un auditor pueda identificar la ubicación de una fuente, si ésta se encuentra al frente, al costado o en algún otro lugar, el sistema auditivo utiliza tres indicios que le permiten esto.

El primer indicio, está relacionado con la diferencia de tiempo que se produce al llegar el sonido a los oídos, lo cual se conoce como ITD (*Interaural Time Difference)*. Sin embargo, la ITD sufre variaciones de acuerdo al ángulo de incidencia y a la frecuencia de la señal, debido a interferencias producidas por la difracción de la cabeza. La percepción del ITD se ve afectado en frecuencias bajas, cuando la longitud de onda es lo suficientemente larga como para que la diferencia de fase entre la señal percibida por ambos oídos sea mínima, en cambio, si la señal es aguda la diferencia de fase aumenta.

Cuando una fuente está a un lado del oyente, los componentes de las frecuencias agudas se pierden en el lado contrario de la cabeza, esto produce sombra acústica en el lado contrario, situación que no sucede cuando la frecuencia de la fuente es más grave, en este caso la onda envuelve la cabeza del auditor antes de llegar al oído contrario, por lo que no se produce sombra acústica. Este efecto es útil hasta una frecuencia en la que

la longitud de onda del sonido se aproxima al doble de la distancia entre los dos oídos. A partir de allí, sólo provee indicios ambiguos. Una frecuencia de 1500 Hz tiene un longitud de onda de aproximadamente 23 cms, equivalente a la distancia entre los oídos, los datos aportados por la ITD a los 1500 Hz son indicios bastante claros para establecer la localización de una fuente, pero si la señal es de 10000 Hz, la información es ambigua y la información de ITD pierde toda efectividad, (Basso & Di Liscia, 2009).

La segunda clave que entrega indicios sobre la localización, está relacionada con la diferencia en la intensidad con que el sonido llega a cada uno de los oídos, lo cual se conoce como IID (*Interaural Intensity Difference*) o también con la sigla, ILD (*Interaural Level Difference*). Esta última se relaciona con la intensidad del sonido medida en decibeles. La información proveniente del IID orientan al oyente en la ubicación de la fuente acústica en el ángulo horizontal, (Basso & Di Liscia, 2009). Por lo tanto la IID se ve afectada por la cabeza y los pabellones auriculares, que actúan como filtro reforzando algunas frecuencias y atenuando otras.

La sombra acústica generada por la cabeza incide en los datos de IID, bajo los 1500 Hz no provoca sombra acustica nítida e incluso bajo los 500 Hz es acústicamente trasparente. La difracción de las ondas en la cabeza limita la eficacia del mecanismo de deteccion de diferencias interaurales de intensidad, IID, en la parte superior de espectro audible, (Basso & Di Liscia, 2009).

Por otra parte si la señal percibida es un sonido puro, menor a 1500 hz, las diferencias temporales de arribo de la señal, entregan claros indicios de su localizacion, en cambio, si la señal es mayor a 1500 hz son mas útiles los indicios de intensidad, IID, para su localización.

Aquellos indicios basadas en la combinación de intensidades y la fase en los dos oídos, son determinantes para la localización de la fuente. La diferencia de fase puede

determinar la dirección y la relación con la amplitud entrega indicios acerca de la distancia.

Por último, la tercera clave para la localización de una fuente de sonido es la modificación espectral, producida por la pina, el hombro y el torso. Modificación que sufre la señal al llegar a nuestros oídos, esta clave puede ser modelada como un filtro cuya función de trasferencia es conocida como HRTF(H*ead Related Transfer Function*). Estas modificaciones son fundamentales para la localización de una fuente y dependen de la frecuencia, la distancia a la fuente, los ángulos de elevación y azimut. Éstas muestran un patrón que varía sistemáticamente con la dirección de la fuente respecto a la cabeza y que es único para cada dirección en el espacio.

La envolvente espectral de las HRTF es distinta en cada sujeto en la cual se ha medido, sin embargo se pueden distinguir algunas características comunes, como indica Kendall y Martens, citado por (Cetta, 2007). La posibilidad de localizar un sonido complejo se hace más efectiva si la dirección de la fuente cambia, del mismo modo, si un sonido está en movimiento, para hacer más eficaz la localización, basta sólo con mover la cabeza para detectar con mayor certeza la ubicación del sonido, es aquí donde la pina juega un rol muy importante que nos ayuda a esta función localizadora.

Del mismo modo cuando se producen confusiones sobre la localización de fuentes, éstas pueden ser resueltas gracias a la habilidad de girar la cabeza y orientarla hacia donde se supone que se localiza el estímulo, esta habilidad es decisiva para la ubicación de la fuente, lo que fue demostrado por Wightman y Kistler, citados por Oscar Pablo Di Liscia (Di Licsia, 2002)

Los estudios realizados por Winghtman y Kistler en 1995 y citados por Di Licsia (2002), identifican que "...la localización precisa de sonido es posible sólo con fuentes de sonido de banda ancha...", dado que los "...estímulos de banda angosta proveen un

conjunto típicamente ambiguo y empobrecido de indicios...". En relación con lo anteriormente establecido, cabe señalar que los indicios alcanzan mayor efectividad en diferentes regiones del espectro, compensando de ésta manera la información. Según Winghtman y Kistler citados por Di Liscia, (Di Licsia, 2002), los indicio de localización son más prominentes en algunas regiones de la frecuencia.

Finalmente se puede indicar que en espacios abiertos y con muchas fuentes, un auditor, puede localizar mejor sonidos no reconocibles (ruido), que los sonidos reconocible o más puros y distinguir si están a un lado u otro, sin embargo se puede confundir la localización en el plano medio y distinguir con menos precisión pequeños cambios en el azimut de sonidos que son emitidos directamente a un lado.

1.2. Indicios relativos a la distancia.

La distancia de una fuente desde la ubicación del oyente, se puede estimar a través de cuatro indicios: la intensidad del sonido, la proporción entre la señal directa y la señal reverberada en recintos cerrados, la absorción de las altas frecuencias y el efecto de proximidad. Los indicios relativos a la distancia son posibles de ser emulados en un programa de computador y ser utilizados en la propuesta de mezcla de esta tesis.

Respecto a la intensidad del sonido, ésta disminuye o aumenta proporcionalmente con el cuadrado de la distancia de la fuente. Por lo tanto los cambios de intensidad ocurren cuando el auditor se acerca o se aleja a la fuente de sonido. Estos cambios de intensidad contribuyen para determinar si la fuente está cerca o lejos del oyente.

La relación entre el sonido directo y el sonido reflejado, este último es conocido como reverberación, aportan algunas claves para determinar dirección y distancia de una

señal. Si la escucha se realiza en un ambiente cerrado, en donde el sonido se refleja en las murallas y en los objetos que hay dentro de este espacio, al oyente llega primero la señal directa y luego las primeras reflexiones. Ambos pueden dar una indicación acerca de la distancia de la fuente de sonido. La señal directa llega al punto de audición con una intensidad que es proporcional a la distancia que lo separa de la fuente y la señal reflejada o reverberada, llega al punto de audición con una energía más o menos constante, aunque la distancia entre la fuente y este cambie. Esta proporción entre la señal directa y el sonido reflejado es el principal indicador para evaluar la distancia de una señal en ambientes cerrados y con reverberación y ecos, (Basso & Di Liscia, 2009).

La absorción de altas frecuencias se produce para distancias mayores a 30 Mts., donde el nivel de presión sonora continúa ejerciendo su efecto, pero también lo hace la acción del aire, a través de la absorción de gases y la humedad, las cuales atenúan las altas frecuencias y modifican el espectro de las señales, (Cetta, 2007). Por lo tanto, una fuente pierde componentes agudos a medida que se aleja del receptor, en forma similar a como actúa un filtro pasa bajos.

El efecto de proximidad ocurre cuando una fuente se aproxima unos pocos centímetros a un oído y se escucha un aumento relativo de las frecuencias graves. El oído humano tiende a atenuar las frecuencias agudas, por eso el efecto de proximidad se acentúa al acercar una fuente al oído.

A pesar de los indicios expuestos anteriormente sobre la estimación de la distancia de una fuente, éstos son relativamente imprecisos, existiendo aproximadamente un 20% de error en la estimación, (Basso & Di Liscia, 2009).Cabe agregar también, que la determinación de la distancia de una fuente depende de la familiaridad de esta, la cual influye en una mejor determinación de la distancia, en efecto, el conocimiento previo del sonido propio de la fuente se convierte en un factor determinante en la correcta localización, (Cetta, 2007).

1.3. Otros indicios de localización.

En la tarea de localizar una fuente, existen asimismo algunos indicios que influyen en la percepción del sonido y en la tarea de su localización, a saber, el efecto Haas y el efecto Doppler. Estos efectos pueden ser simulados en un programa computacional, por lo que es importante tenerlos presentes al desarrollar una propuesta de mezcla de 8 a 2 canales. A continuación se detallará cada uno de ellos.

1.3.1. Efecto Haas o precedencia

El efecto Haas o efecto de precedencia se presenta en la siguiente situación, si varios sonidos independientes llegan a nuestro cerebro en un intervalo inferior a 50 ms, como consecuencia, éste los fusiona y los interpreta como uno sólo. Esto se debe a que el cerebro deja de percibir la dirección y entiende los sonidos posteriores como un eco o reverberación del primero. Este fenómeno fue descrito por el médico alemán Helmut Haas, a quien debe su nombre. El cerebro hace esta interpretación de dos modos distintos: si el sonido retardo llega en un intervalo inferior a 5 ms, el cerebro localiza el sonido en función de la dirección que tuviera el primer estímulo, aunque los otros provengan de direcciones diametralmente opuestas. Si el sonido retardado está entre los 5 y los 50 ms, el oyente escucha un único sonido y localiza la fuente a medio camino entre todos los sonidos, (Cook, 2001). Para que el efecto Haas no determine en nuestro cerebro la dirección del sonido (es decir, para que se perciba el sonido como proveniente de un punto central), la señal retrasada debe tener mayor amplitud que la primera.

1.3.2. Efecto Doppler

El efecto Doppler es la sensación del cambio de altura de una onda de sonido, que se produce cuando una fuente de sonido se mueve en relación a un oyente. Un ejemplo muy cotidiano para explicar dicho efecto, es la sirena de algún vehículo de emergencia, como una ambulancia, la que al acercarse al auditor la frecuencia de la sirena pareciera que sube su altura, y que al alejarse pareciera que está baja, pero esto es solo una percepción, lo que sucede es que el frente de onda del emisor se recibe con mayor frecuencia por el oyente, dando la sensación de mayor altura. La simulación del efecto Doppler tiene un impacto significativo en la plausibilidad de los efectos para cine y multimedia y se emplea desde hace tiempo en música electroacústica a partir de módulos específicos de procesamiento. (Basso & Di Liscia, 2009)

2. El espacio como recurso musical en la música electroacústica

En este capítulo se analizará lo importante que es el espacio como recurso musical en la música electroacústica, elemento que ha tenido un gran desarrollo de la mano de la tecnología y de la creatividad de los compositores. Inicialmente, para entender el recurso espacial se hará un breve resumen de los orígenes de la música electroacústica y los conceptos que tuvo en un principio, luego se conocerán los primeros antecedentes del uso del espacio como recurso musical, para continuar con el desarrollo de los sistemas de amplificación, que han aportado en gran medida a este recurso.

2.1. Orígenes de la Música electroacústica

Para iniciar esta sección se dará una definición de Música electroacústica, la cual servirá para entender el contexto en que se desarrolla este capitulo.

Música Electroacústica: todas las músicas cuyos sonidos, provengan de un origen acústico o de síntesis, los cuales son tratados y mezclados durante el concierto o en el estudio y son difundidos mediante altavoces. Sin embargo, el uso de esta denominación queda limitado al campo de la música culta, aunque se empleen las mismas técnicas en el ámbito de las músicas populares, (Auger & Koechlin, 2000).

2.1.1. Primeros antecedentes

El origen de la música electroacústica se da en París en la mitad del Siglo XX, no obstante que la relación que existe entre la música y la electrónica data desde mucho antes con la aparición de la radio, las primeras grabaciones de audio y la telefonía. La grabación permitió entonces separar el sonido de su fuente, transformarlo en objeto y sentar las bases para su manipulación, (Haro, 2006). Con el arribo de estos inventos, la música da un paso hacia una nueva era musical, desplazando el sonido musical de su fuente original, (Zvonar, 2006).

A partir de comienzos del siglo XX, el uso de la electrónica en la música fue muy variado y cada vez más frecuente. El compositor Ferruccio Busoni en su libro "Esbozo de una estética musical" de 1907, citado por (Nuñez, 1989), deja constancia del agotamiento de los instrumentos tradicionales y de la necesidad de incorporar nuevos timbres, poniendo todas sus esperanzas en los instrumentos eléctricos, (Busoni, 1907).

Los compositores comenzaron a experimentar con diferentes aparatos electrónicos que aportaban nuevas sonoridades a su trabajo, así el compositor John Cage, presenta en 1939 la obra Imaginary Landscape No. 1, (Zvonar, 2006) un cuarteto compuesto por piano, platillos y grabaciones de discos que emiten frecuencias de osciladores grabadas en dos discos de 78 r.p.m.

Pero no es sino hasta mediados del siglo XX, cuando la música electroacústica tiene su desarrollo más significativo y comienza a dar luces a una nueva forma de expresión artística, principalmente en Francia y Alemania. Ésta se ve reflejada en los nuevos sistemas de sonido que se desarrollan en la post guerra. Se suma a esto el progreso de la computación, y su vinculación con el trabajo de la música electroacústica creando nuevos programas, como asimismo, el interés que ella despierta en los compositores y músicos, como una nueva forma de expresión.

2.1.2. Pierre Schaeffer y la música concreta

El año 1948 en Paris, Francia, el compositor e ingeniero Francés Pierre Schaeffer, quien trabajaba en la Radiodiffusion Télévision Française (RTF), comienza a experimentar con sonidos grabados de origen acústico y natural, utilizando por ejemplo el sonido de un tren o sonidos de pájaros. Esta práctica da origen a lo que conocemos hoy como música electroacústica. Fruto de estos experimentos nacen sus primeras obras, que dan paso a una nueva música, la cual Schaeffer bautiza como Música Concreta, en oposición a una música que él consideraba como predominantemente abstracta (Aguilar, 2006). Su primera obra se titula "Étude aux chemins de fer" (1948) la cual está basada en sonidos de trenes, luego compone junto a Pierre Henry "Symphonie pour un homme seul" (1949-50), para esta última obra el material sonoro que utilizó fueron sonidos de la voz humana.

Citado por (Aguilar, 2006), Schaeffer explica: “Cuando en 1948 propuse el término de ‘Música Concreta’, creía que marcaba con ese adjetivo una inversión en el sentido del trabajo musical. En lugar de anotar las ideas musicales con símbolos del solfeo y de confiar su realización concreta a instrumentos conocidos, se trataba de recoger el concreto sonoro, sin importar su origen, y de abstraer de él los valores musicales que contenía en potencia” (Schaeffer, 1988)

El año 1949, Pierre Schaeffer junto a Pierre Henry fundan el Grupo de Investigación de Música Concreta, “Groupe de Recherche de Musique Concrète” (GRMC), como reconocimiento por su trabajo en 1951 reciben el apoyo de la RTF, lo que se reflejó en un nuevo estudio de sonido para sus investigaciones. Entre los nuevos elementos con que contaba este nuevo estudio, se encontraba un magnetófono, lo que le permitió a Schaeffer trabajar con sonidos grabados en cinta.

El trabajo de Schaeffer, atrajo a otros compositores que desarrollaron nuevas obras en los laboratorios de Paris, entre los que destacan Edgar Varese, Michel Philippot, Luc Ferrari, Iannis Xenakis, Kalrheizn Stockhausen y Pierre Boulez. Este último compuso la obra "Dos estudios" (1955), pero Boulez pronto vio que se agotaban las posibilidades de esta nueva técnica, quizás sintiendo la necesidad de una investigación más "seria" e interdisciplinar que luego llevaría a cabo fundando el IRCAM. (Nuñez, 1989)

2.1.2.1. El objeto sonoro y las formas de escucha

A comienzos de los años 60, el trabajo de Pierre Schaeffer apuntó hacia un área más teórica, investigando sobre el sonido y la escucha, el resultado de ésta investigación se plasma en su libro “Tratado de los Objetos Musicales”, *Traité des Objets Musicaux*, editado el año 1966. El objetivo del libro fue identificar, clasificar y describir los sonidos en distintas categorías, para esto estableció dos nuevos conceptos: la Tipología y

la Morfología de los sonidos, entendiendo la Tipología como aquella materia que permite identificar y clasificar un sonido y la Morfología como la disciplina que se encarga de la descripción de los sonidos.

Para realizar la tarea de identificar, clasificar y describir los sonidos, en primer lugar, Schaeffer presenta el concepto de objeto sonoro, definiéndolo como lo que no es. Este concepto es presentado desde la idea de la acusmática, citando en su libro la definición del diccionario Larousse, que dice, Acusmática: nombre dado a los discípulos de Pitágoras que durante cinco años escucharon sus lecciones escondidos tras un cortina, sin verle. Acusmático (adjetivo); se dice de un ruido que se oye sin ver las causas de donde proviene (Schaeffer, 1988). Así en efecto, para Schaeffer el objeto sonoro se revela de mejor manera en la experiencia acusmática, define el objeto sonoro de la siguiente manera: no es el instrumento el que ha tocado, si escuchamos un violín hacemos alusión al sonido del violín no al instrumento. El objeto sonoro tampoco es la banda magnética, ésta es solo el soporte, de esta manera explica la diferencia entre un instrumento y el objeto sonoro, estableciendo una distinción entre el objeto sonoro y el cuerpo sonoro o la fuente o instrumento.

En su articulo, Una guía comentada acerca de la tipología y la morfología de Pierre Schaeffer, de Claudio Eiriz (2012) dice: “El programa de investigación acerca del objeto sonoro, llevado a cabo por Pierre Schaeffer, tiene tres objetivos: el primero referido a la necesidad de identificación de las unidades sonoras fundamentales; el segundo, a la clasificación de esas unidades en tipos; y el tercero, a una permanente búsqueda de criterios, cada vez más sutiles, de descripción”.

Schaeffer dice que el objeto sonoro se deja describir y analizar muy bien, a través del ejercicio de negar el instrumento y poner frente al oyente el objeto sonoro, proponiendo así una nueva forma de oír, distinta a la que se conoce. Pasamos entonces de “hacer” al “oír”, a través de una renovación del “oír” por el “hacer”… las nuevas

formas de “hacer oír”,(Schaeffer, 1988). Para una manera más clara de entender la tipología y morfología del objeto sonoro, Schaeffer propone cuatro nuevas formas de escuchar a las que llama “Las Cuatro Escuchas” (Quatre écoutes), las cuales son, Écouter(escuchar), Ouir(oír), Entendre (entender), Comprendre(comprender). Los primeros dos modos se relacionan con la audición ordinaria y los modos tres y cuatro guardan relación con la audición musical. (Perales, 2011)

- Écouter(escuchar). Es prestar oído, interesarse por algo. Implica dirigirse activamente a alguien o a algo que me es descrito o señalado por un sonido (Schaeffer, 1988). La atención se enfoca en lo que significa un sonido, no en el sonido en sí mismo. Por ejemplo, un teléfono sonando. Al receptor no le interesa el sonido en sí del teléfono, lo que llama su atención es lo que significa: alguien lo está llamando.
- Ouir (oír). Es percibir con el oído. Por oposición a escuchar, que corresponde a una actitud más activa, lo que oigo es lo que me es dado en la percepción (Schaeffer, 1988). No hay intención de escuchar, pero un sonido nos llega y no podemos evitarlo. Un ejemplo de esto puede ser una explosión o un llanto súbito. Este es el nivel más crudo y elemental de percepción auditiva. (Cadiz, 2008)
- Entendre (entender). “Tener una intención”, lo que entiendo, lo que se me manifiesta está en función de esta intención (Schaeffer, 1988). Corresponde a un proceso selectivo donde algunos sonidos son preferidos respecto a otros. De acuerdo a su etimología, significa mostrar una intención de escuchar. Hay una voluntad de escuchar. Es un proceso selectivo donde algunos sonidos son preferidos respecto a otros. Dentro de este modo de audición encontramos la audición reducida.
- Comprendre (comprender). Tomar consigo mismo. Tiene una doble relación con escuchar y entender. Yo comprendo lo que percibía en la escucha, gracias a que he decidido entender. Pero a la inversa lo que he comprendido dirige mi

escucha, informa a lo que yo entiendo (Schaeffer, 1988). Se trata de una audición semántica, el sonido se transforma en un signo lingüístico que hay que leer, implica la intención de descubrir un significado o unos valores. Un paso más allá del modo tercero. Un ejemplo muy claro se da cuando escuchamos una guitarra que toca un acorde, al sonido de la guitarra le damos un significado, por ejemplo es un acorde mayor.

Dice Schaeffer (1988) "Cuando escucho un discurso, abordo los conceptos que me transmite el intermediario. Con relación a esos conceptos significados, los sonidos que oigo son significantes. El objeto sonoro aparece cuando llevo a cabo una reducción más rigurosa que la reducción acusmática, es el propio sonido lo que me interesa, aquello que yo identifico".

Según esta propuesta, para Schaeffer, la actitud de la escucha consiste en escuchar al sonido por sí mismo, como un Objeto Sonoro, sin prestar atención a su procedencia real, es lo que propone como la escucha reducida presentada en el tercer punto de las cuatro escuchas: Entendre (entender). El nombre se refiere a la noción de una reducción fenomenológica, propone la escucha reducida en tanto el oyente localizaría en la estructura interna aquellos sonidos desnudos de su contexto social y propone una escucha abstracta en cuanto al sentido musical y las propiedades acústicas del sonido, (Perales, 2011).

Quien fuera asistente de Schaeffer, Michell Chion (1983), dice "En la escucha reducida, nuestra intención de escucha apunta al evento que el objeto sonoro es en sí mismo (y no a lo que este refiere), a los valores que él mismo tiene (y no aquellos de los que es soporte). La escucha reducida es por lo tanto un proceso "anti-natural", que va en contra de todos los condicionamientos. El acto de abstraer nuestras referencias habituales en la escucha es un acto voluntario y artificial que nos permite dilucidar numerosos fenómenos implícitos en nuestra percepción. La Escucha Reducida y el

Objeto Sonoro son entonces correlatos uno del otro; ellos se definen mutuamente y respectivamente como actividad perceptiva y como objeto de percepción".

La descripción presentada por el compositor Chion acerca de objeto sonoro y la escucha reducida es muy aclaratoria para entender su relación y la implicancia que tienen en el análisis de la música electroacústica. La escucha reducida, al ser un proceso antinatural, para un oyente novato resulta casi imposible de entender o deducir, el entorno cultural, los conocimientos adquiridos y la asociación convencional hacen muy difícil la abstracción del sonido. En su texto "El arte de los sonido fijados"Trad.1991, citado por (Aguilar, 2006), redefine el término de música concreta como, 'una música hecha concretamente, con unos sonidos fijados (y no a partir de una notación). Esta música se manifiesta a través de obras musicales existiendo concretamente, bajo la forma de una sustancia audible fijada sobre un soporte de grabación cualquiera'

El trabajo de la música concreta presenta la dificultad de que al ser muchos de sus sonidos reconocibles, el oyente evoca sus propias historias y es imposible sentirlos como un objeto sonoro, desapegados de su origen o significado. La escucha asociativa o referencial (con su componente visual) fue, y es aún hoy, una característica indisoluble en el proceso de escucha musical. (Perales, 2011)

2.1.3. La música electrónica

En el año 1951 en Alemania, en el Estudio de Música de la Radio de Colonia, Norwestdeutscher Rundfunk (NWDR), el físico Werner Meyer-Eppler, el compositor Herbert Eimert y el técnico en sonido Robert Beyer, desarrollan una nueva tecnología que dará paso a la llamada Música Electrónica. La idea, que se genera en Colonia, era poder controlar los parámetros del sonido, en un principio para realizar síntesis de sonido. Para esto contaban con osciladores, que generaban onda sinusoidales, cuadrada y

diente de sierra, como también, generadores de ruido blanco. La creación de nuevos sonidos estaba basada en la suma de ondas sinusoidales, como lo plantea Manning, 1993, citado por (Perales, 2011). De esta manera lograron la creación de nuevos sonidos más complejos, la síntesis musical basada en nuevos timbres. Este nuevo material, una vez fijado en algún soporte se podía manipular de la misma manera que el material generado en la música concreta, pero la tecnología y la estética de las primeras piezas electrónicas, difieren con lo planteado por la música concreta.

La música electrónica desarrollada en Colonia, está directamente relacionada con el serialismo integral, técnica musical surgida de la evolución de dodecafonismo de Schönberg, impulsada por el compositor Herbert Eimert, quien fue discípulo de Schönberg. La técnica aplicada a partir del serialismo integral, se basa en manipular los parámetros del sonido a partir de series numéricas prefijadas, pudiendo serializar la altura, la duración (largo de la cinta), volumen, reverberación, ataque y caída de la envolvente, etc. En Colonia creyeron que el desarrollo de un serialismo electrónico puro, generaría una nueva música completamente desligada de timbres y formas tradicionales. (Perales, 2011)

La operatividad del sistema, el ajuste entre cada oscilador, su frecuencia y amplitud y luego la grabación a cinta, demandaba gran cantidad de tiempo, lo que daba como resultado, que la producción de nuevas obras fuese de un ritmo lento. De todas formas, aquella lentitud de trabajo permitía a los compositores mayor reflexión y las pocas obras que se crearon fueron de gran calidad. (Nuñez, 1989).

Entre los compositores que vieron en la electrónica un nuevo medio de expresión que les permitió enriquecer su trabajo por medio de nuevas sonoridades, podemos nombrar a Oliver Messiaen, Edgar Varèse, Pierre Boulez, Kalrheizn Stockhausen, Iannis Xenakis.

Las alternativas musicales que presentaron la música concreta y la música electrónica a los compositores del siglo XX, abrieron un abanico de nuevas sonoridades, producidas por la manipulación del sonido, así como también por la nueva manera de presentación del concierto, permitiendo esto último el desarrollo del espacio como recurso musical.

2.2. Primeros antecedentes del espacio como recurso musical

Cabe mencionar que en los últimos años se han desarrollado distintos sistemas y propuestas de espacialización multicanal, todos de alguna u otra manera buscan simular un espacio 3D o un campo de sonido envolvente. La espacialización multicanal ha entregado a los compositores un nuevo elemento a considerar en su trabajo creativo. Pero la espacialización en la música electroacústica es más que tratar de simular un espacio sonoro 3D. La experiencia del oyente con la música electroacústica está llena de significados, así, la experiencia de los sonido en el espacio es uno de los factores que contribuyen a este significado, (Kendall, 2012).

El manejo del espacio como parte del trabajo del compositor, no es algo exclusivo del siglo XX o de la música electroacústica. En efecto, el uso del espacio en la composición musical se hace presente desde el siglo XVI, los ejemplos más sobresalientes se encuentran en la Basílica de San Marcos, Venecia. El compositor Adrian Willaert, al igual que el compositor Giovanni Gabrieli, crearon obras en las cuales el recurso espacial es parte constituyente de la obra musical, aprovechando las cualidades arquitectónicas de la basílica y la existencia de dos órganos, los cuales se encontraban enfrentados entre sí, lo que permite ubicar dos coros igualmente enfrentados.

Este sistema de espacialización fue utilizado por otros compositores a lo largo de la historia, por ejemplo Mozart, Berlioz, Verdi, etc. (Miralles, 2007). En algunos casos

ubicaban a los músicos tanto en el escenario como afuera de éste, en otros, la opción que utilizaron los compositores, fue cambiar la ubicación del público en relación a los intérpretes. José Luis Miralles Bono, en su tesis, "El espacio como recurso musical" (Miralles, 2007), presenta los siguientes ejemplos:

- Gruppen de K. Stockhausen: Una composición instrumental con una distribución espacial de los instrumentistas específica. Es para 3 orquestas.
- 4a Sinfonía de C. Ives; composición instrumental en la cual se requieren dos orquestas, una con pulso fijo en el escenario, y otra debajo de él moviéndose y con un pulso variable, para así mejorar la diferenciación entre ambas.

Así se constata, que desde los primeros trabajos en la Basílica de San Marcos hasta el presente, el espacio pasa a formar parte constituyente de la composición musical, desarrollando diversas teorías y técnicas, las cuales han ampliado las posibilidades sonoras.

José Luis Miralles Bono (2007), realiza una investigación sobre las teorías del uso del espacio como recurso musical. Uno de los aspectos más importantes que diferencian a la música electroacústica respecto de la acústica es el rango expandido de su paleta espacial (Kendall G. , 2007), la espacialización no solo es un pequeño añadido a los demás parámetros tradicionales, si no que les influye directamente.

Dentro de las teorías más actuales sobre uso del espacio en la obra musical destacan algunas, como por ejemplo: Annette Vande Gorne, citada por (Miralles, 2007), quien hace una categorización sobre el espacio, definiendo cuatro conceptos, Espacio Ambifónico, Espacio Fuente, Espacio Geométrico y Espacio Ilusión, también hace una propuesta sobre las trayectorias, las cuales pueden tener un intérprete espacializador, definiendo posibles funciones musicales.

Por otra parte, en la entrevista que Larry Austin le hace a Ambrose Field para la revista Computer Music Journal, también citado por (Miralles, 2007), se hace hincapié en la necesidad de un intérprete espacializador, para evitar que la escucha de obras electroacústicas se convierta en una recreación de estudio. En esta propuesta, algunos formatos de grabación o espacialización, como Ambisonic, se hacen fundamentales componiendo obras en que las trayectorias son parte de la música. Bertrand Merlier citado por Miralles, plantea que la espacialización determina la escritura de los otros parámetros: altura, intensidad, duración o ritmo y timbre. También plantea la idea de figura espacial, esto es, el desplazamiento de un sonido en una dimensión. Las características que diferenciarían unos movimientos de otros, según Merlier,(2005) serían :

- continuas o discretas
- rápidas o lentas
- aceleradas, lineales o deceleradas o varias
- tienen características de duración ritmo

.

Asimismo, Bertrand Merlier, mantiene un sitio web dedicado a la espacialización musical[1], en dicho sitio, la primera apreciación que hace, es la de señalar al espacio como quinto parámetro con respecto a los cuatro tradicionales, aunque realmente ahora sabemos que los 4 parámetros tradicionales y el espacio no son categorías separadas, sino que están ampliamente relacionados e influidos entre ellos. También hace una detallada distinción del uso del espacio, tomando elementos que influyen en el uso del mismo como son: distancia, dirección, posición, características acústicas del lugar y características del emisor.

Existen otra propuestas o teorizaciones acerca del uso de espacio, como por ejemplo, Jean Marc Dûchenne, citado por (Miralles, 2007), quien hace un análisis más

[1] http://tc2.free.fr/merlier/recherche.html

profundo de lo planteado por Vande Gorne, pero que apunta en la misma línea, donde además plantea funciones esenciales que deberían tener los programas dedicados al espacio, como por ejemplo, integrar el dispositivo de proyección de sonido o funcionar interactivamente con la escucha. También realiza una categorización de los espacios, determinando una propia del compositor y otra que se define por las condiciones particulares de la sala de concierto.

A pesar de lo planteado, no ha existido una sistematización que dé cuenta de alguna tendencia estética o técnica de la música electroacústica espacializada, como comenta Felipe Otondo (2008): "Los cambios en la tecnología, han hecho más conscientes a los compositores, de las posibilidades de reproducción del diseño espacial (....) nuevos estudios podrían investigar en qué medida estos cambios han dado forma a la estética de la música electroacústica creada en los últimos años".

El uso del espacio no es propio de la música electroacústica, pero gracias al desarrollo de la tecnología, ésta ha ampliado sus recursos, entregando a los compositores una gran variedad de herramientas que han enriquecido el desarrollo de las composiciones, como se verá a continuación.

2.3. Sistemas de amplificación para la espacialización multicanal

El uso del espacio como recurso musical se ha visto enriquecido por el crecimiento y avance de las nuevas tecnologías de audio, las cuales han permitido contar con sistemas de producción y reproducción musical con mayores recursos, más versátiles y más asequibles para los compositores.

A mediados del siglo XX, la Música Concreta desarrollada por Pierre Schaeffer junto al compositor Pierre Henry, utilizaron grabadoras de cinta con sistema mono, para

presentar su trabajo, comúnmente utilizaban un máximo de cinco señales enviadas a cuatro canales, los cuatro canales eran distribuidos de la siguiente manera en el espacio de la sala de conciertos: dos al frente, izquierda y derecha, un tercero atrás y el cuarto arriba. Para facilitar la distribución del sonido, Schaeffer concibió un mecanismo llamado el "potentiomètre d'espace" (1951), que utiliza bobinas de inducción para controlar el enrutamiento de la señal. La interfaz de usuario era muy teatral, consistía en cuatro grandes aros que rodean al intérprete, cuyos movimientos de brazos regulan la espacialización, (Zvonar, 2006).

También Radio Francia contribuyó al desarrollo de la espacialización del sonido (estéreo y cuadrafónico), diseñando sistemas de altavoces distribuidos en la sala de conciertos. Entre las manipulaciones electrónicas desarrolladas por esta radio figuraba el filtrado de bandas de frecuencia, muy apropiado para los espectros complejos de los sonidos concretos, también la reverberación y la modulación de anillos.

Paralelamente el trabajo de Pierre Schaeffer comenzaba a esbozar el concepto multicanal, como un recurso musical válido al igual que la espacialización. En 1951 el destacado compositor John Cage, crea la obra "Imaginary Landscape nº4", en la que utiliza 12 radios con 2 intérpretes cada una, uno de los cuales controla la frecuencia y el otro el volumen. Podemos comenzar a hablar aquí del concepto multicanal, cada radio por un canal, por lo que la obra sería una pieza para 12 canales, aunque no se considere el espacio como recurso.

En 1956, Stockhausen, luego de una breve temporada en Paris en los estudios de la RTF, regresó a Colonia y compuso su obra "Gesang der Jünglinge", para sonidos electrónicos y la voz grabada de un niño soprano. Utilizó para su creación, una máquina de 4 pistas, más una segunda máquina mono para una quinta pista de reproducción, por esto, dicha obra, es considerada la primera obra multicanal. Originalmente, Stockhausen, tenía previsto que un orador fuese suspendido por sobre de la audiencia, pero por

razones logísticas no fue posible y el estreno sólo contó con un arreglo de altavoces por todo el escenario. Tras el estreno, el compositor realizó una nueva mezcla de la pieza para un sistema de reproducción cuadrafónico. Pero esta obra de Stockhausen no fue la primera composición hecha para sistema cuadrafónico, en 1960 el mismo autor, compone la obra "Kontakte" para sonidos electrónicos. En dicha obra, el diseño de los parlantes fue concebido para cuatro parlantes; dos adelante y dos detrás, formando un cuadrado en torno a la audiencia.

2.3.1. Sistemas de amplificación multicanal de grandes dimensiones

El trabajo de los precursores de la música electroacústica, ha sido un gran aporte que ha permitido un desarrollo sostenido en el tiempo de nuevos sistemas de amplificación difusión multicanal, existiendo desde sistemas de grandes dimensiones, salas de conciertos tipo laboratorios multicanal y actualmente programas computacionales que recrean y simulan el espacio, muy vinculados a sistemas de multimedia.

Entre los años 1957 y 1959, el concierto Vortex realizado en el Planetario Morrison en San Francisco, Estado Unidos, presentó una serie de trece programas de sonido y luz proyectada, el cual se reproducía a través de cuarenta parlantes. En Vortex se escucharon obras de Karlheinz Stockhausen, Vladimir Ussachevsky, Toru Takemitsu y Luciano Berio. El programa fue tan popular que fue invitado a participar en la Feria Mundial de Bruselas de 1958.

En la Feria Mundial de Bruselas, igualmente el pabellón Philips, diseñado por Iannis Xenakis, presentó una instalación multimedial con una obra de Edgar Varese, titulada "Poema Electrónico", el compositor e investigador Gary Kendall (2006) se

refirió a esta obra, señalando: “esta obra puede ser vista como un puente entre el modernismo del siglo XX temprano y la música electroacústica”.

La composición de Varèse, tenía una duración exacta de ocho minutos. El soporte que contenía la obra era una cinta de 35 mm, de 3 pistas, con una pista principal con el material musical y las otras dos, con efectos reverberantes y estereofónicos. Cada pista se distribuyó a 425 parlantes, a través de un sistema de sonido de 11 canales. Los altavoces se agruparon de a tres y cuatro parlantes y el movimiento del sonido de un lugar a otro, se logró a través de un sistema de conmutación controlada por una segunda cinta de 15 canales.

En 1969, el compositor John Cage en colaboración con el compositor Lejaren Hiller, crearon la pieza HPSCHD, una obra para clavecín y sonidos generados por computadoras. La obra se estrenó el 16 de mayo del mismo año en la Universidad de Illinois. Concebida como una experiencia multimedial, la pieza fue tocada por siete intérpretes en clavecín, cuyos sonidos eran capturados y amplificados, al mismo tiempo, junto a esto había 208 cintas con sonidos generados por computadoras, los cuales eran emitidos por medio de 52 reproductores de cinta monoaural. A todo este sistema sonoro se le sumaron proyectores de películas y diapositivas. El evento, que duró cerca de 5 horas, fue pensado para que el auditor no estuviera sentado o quieto escuchando la obra, como en un concierto tradicional de orquesta, si no para que se moviera y circulara dentro del recinto, pudiendo además salir o entrar del mismo mientras se reproducía la obra.

En la Expo Osaka del año 1970, se presentaron varias obras multicanales, en el pabellón Japonés, Iannnis Xenakis presentó su obra Hibiki Hana Ma para 12 canales en formato cinta, la cual era mostrada en un sistema de 800 parlantes distribuidos alrededor, arriba y debajo de los asientos del público. En el pabellón de Alemania, Karlheinz Stockhausen y un grupo de 20 solistas, realizaron dos conciertos al día durante 183 días

dentro de una esfera de 28 metros de diámetro, con una capacidad para 600 personas, donde la distribución del sonido fue emitida a través de 55 parlantes dispuestos en distintas partes de la esfera, logrando de esta manera que el sonido envolviera al auditor desde la mayor cantidad de ángulos posibles; adelante, atrás, a los costados, arriba y abajo, esto último se logró gracias al suelo poroso dentro de la esfera que permitía poner parlantes bajo el suelo de ésta. El propio Stockhausen controlaba el sonido desde el centro de la esfera, junto a la distribución del sonido en trayectorias circulares y en espiral por medio de 55 parlantes, distribuidos en siete anillos ordenados de arriba a abajo dentro de la esfera. Stockhausen comentó sobre esta experiencia: "Todo esto en realidad crea una situación completamente nueva para la experiencia musical", citado por (Zvonar, 2006)

A diferencia de los pabellones de Japón y Alemania, el pabellón de la Pepsi Cola, en la feria de Osaka, fue creado como un instrumento multimedial, el cual podía adaptarse a cada artista que se presentaba ahí según sus necesidades y requerimientos. El pabellón tenía 37 parlantes dispuestos en forma de rombo, los cuales podían recibir 32 entradas derivadas de 16 grabadoras monoaurales y 16 micrófonos, a su vez contaban con un sistema de conmutación que permitía cuatro entradas, las cuales podían ser guiadas a 8 canales de procesamiento de señal, donde cada cual contenía módulos de amplitud, modulador de frecuencia, y un filtro pasa alto, ordenados en serie.

Los eventos descritos anteriormente dan cuenta del avance sistemático de las nuevas tecnología de audio, en los cuales la música electroacústica ha desarrollado parte de su lenguaje hasta el día de hoy, como se verá en la siguiente sección.

2.3.2. Desarrollo tecnológico, nuevos estudios para la música electrónica.

A partir de 1960 muchos estudios de música electrónica comenzaron a estandarizar sus sistemas de reproducción a una matriz cuadrafónica de parlantes, generalmente ubicada en las cuatro esquinas de una habitación, lo cual se puede considerar como la ampliación del estéreo y coincide con la aparición de las grabadoras de cinta de cuatro pistas. La empresa americana Ampex lanzó los primeros magnetófonos multipistas comerciales en 1955, con esto se desarrolló desde ese momento una práctica cuadrafónica común que fue imitada en muchas partes del mundo, esto es también motivado por la disponibilidad de las grabadoras de cuatro pistas. A mediados de la década de 1960 se hizo posible realizar la modulación espacial utilizando amplificadores controlados por voltaje (AVC), (Zvonar, 2006).

La tendencia de la música electrónica en el comienzo de los años 60, se enfocó hacia la electrónica analógica, por lo que hubo un desarrollo significativo utilizando ordenadores digitales, pero debido al alto costo, este trabajo sólo fue apoyado en grandes instituciones como AT & T Bell Telephone Labs en Nueva Jersey. En ese lugar, Max V. Mathews y sus colegas inventaron la síntesis de sonido por ordenador, a su vez, el compositor John Chowning junto a Max Mathews en el año 1964, idearon un programa llamado Music IV, con él comenzó la investigación sobre la simulación por ordenador de los sonidos que viajan por el espacio. Para el año 1966 habían completado un programa que les permitió "dibujar" una trayectoria de sonido. Chowning en el año 1970 mostró su artículo "La simulación de movimiento de fuentes de sonido " en la convención de Audio Engineering Society, este estudio incluyó un análisis de los efectos de la desviación doppler sobre la percepción de la velocidad de un sonido en movimiento, así como de los efectos locales y globales de reverberación.

Asimismo, desde los años 60 comenzaron a multiplicarse las experiencias multicanales debido al uso expansivo de consolas multicanales para conciertos. Estas aparecieron a finales de los años 50, y eran muy pequeñas, solo tenían 8 canales independientes, sin ningún tipo de control sobre la señal, salvo controles de volumen por cada pista. Estas primeras consolas se utilizaron en un comienzo sólo en estaciones de radio. En la actualidad, las consolas de audio para eventos en vivo son todas digitales y permiten una gran cantidad de canales, los cuales se pueden manipular de manera independiente a través de programas computacionales y permiten una automatización completa del sistema.

Los sistemas de amplificación utilizados por los compositores electroacústicos actualmente se dividen en dos tendencias, por una parte, encontramos a compositores que trabajan con sistemas multipistas en la creación de la obra, como parte de su trabajo composicional y por otra parte, a los que trabajan en formato estéreo y que al momento del concierto, su obra se escucha en sistemas multicanales. Este último tipo de trabajo, se puede remontar directamente a las primeras representaciones de la música concreta donde utilizaban un sistema de altavoces de cuatro canales como lo hacía Pierre Henry a principios de 1950, quien reproducía obras, mono o estéreo de fuentes pregrabadas y luego las enviaba, a través de una "mesa de difusión" especial, a una batería de altavoces, (Zvonar, 2006). Pierre Henry usa diversos tipos de parlantes, elegidos por sus características de frecuencia o tono, posicionándolos de manera tal que se pueda aprovechar de mejor forma las condiciones acústicas del lugar. En estas conformaciones, es común que la mayoría de los parlantes se coloquen en la parte delantera de la sala, formando una orquesta de parlantes en el escenario, sumando a su vez parlantes en los costados, en la parte trasera de la sala o incluso algunos suspendidos sobre la audiencia. En contraste, están a los compositores de música electroacústica que utilizan combinaciones de parlantes en posiciones tipo cuadrafónico o combinaciones más envolventes, aumentando el número de parlantes.

En la difusión de Henry el interés principal no es en el sonido en movimiento en el espacio, sino más bien la articulación de la música a través de la realización de diferentes pasos por medio de las diferentes maneras que suenan los parlantes, esta propuesta la podemos llamar, difusión multicanal, (Zvonar, 2006).

2.3.3. Sistemas de sonido experimental, salas de conciertos.

En lo que respecta a conformaciones para reproducción multicanal, podemos encontrar diversos sistemas de espacialización, existiendo desde un modelo donde cada canal corresponde a un altavoz, (García, 2010), lo que se ha llamado orquesta de parlantes, o sistemas desarrollados para hacer música multicanal en un espacio diseñada para esto, muchos de estos espacios son el resultado de experiencias anteriores como por ejemplo el pabellón Philips de la feria mundial de Bruselas. Algunos ejemplos de espacios diseñadas especialmente para realizar conciertos de música electroacústica:

- El Acousmonium del Grupo de Investigación Musical, Paris, Francia, GRMC, es una orquesta de parlantes que se compone de 80 altavoces de tamaño y forma distintos, ordenados de la siguiente manera, una sección al frente y otro grupo alrededor del público. Su objetivo es ser dirigido por un artista espacializador que proyecta una obra musical, principalmente obras acusmáticas, en el espacio de la sala a través de una consola de sonido. Es una herramienta que puede cambiar de distintas maneras y así adaptarse a las distintas obras, como música improvisada u obras multimediales.

- BEAST (Birmingham Electroacústica Sound Theatre) es el sistema de sonido de conciertos de Música Electroacústica perteneciente a los Estudios de Música Electroacústica de la Universidad de Birmingham. Fue fundado en 1982 por su

director, Jonty Harrison. El objetivo principal de BEAST es dar conciertos de música electroacústica, principalmente la producida en los estudios de la Universidad. El sistema de difusión BEAST utiliza múltiples canales de parlantes amplificados por separado. BEAST puede constar de hasta más de 100 canales de parlantes dispuestos en pares. El sistema mínimo que se utiliza para la difusión de música cuenta con un conjunto de parlantes llamado el principal ocho. Estos cuatro pares de altavoces, utilizando la nomenclatura BEAST, se denominan principal, amplia , distante y trasero. El sistema incluye matrices de tweeters (suspendidos sobre la audiencia), sub-woofers y parlantes de amplio rango y de características diversas y de diferentes fabricantes. El intérprete espacializador es capaz, a través de una consola, llamada en el BEAST consola de difusión, muchas veces adaptada a la medida del artista o de una interfaz de computadora, de crear una variedad de imágenes de sonido. Dentro del trabajo que se realiza en el BEAST también se incluye la investigación en cursos sobre los nuevos controladores e interfaces para la interpretación de la música acusmática y electroacústica. [2]

- El Klangdom, del Centro de Arte y Medios de Karlsruhe(ZKM), Alemania, es un instrumento de alta tecnología para la espacialización de música electroacústica, que sirve al desarrollo y a la reproducción de música tridimensional. El Klangdom del ZKM, se terminó en 2006, luego de tres años de planificación e instalación. Cuenta con cuarenta y tres parlantes que están asociados a un sistema de plataforma elíptica en tres dimensiones, más cuatro parlantes adicionales que se colocan en el suelo. Explica el director del instituto Ludger Brümmer, "en el Klangdom se pueden crear complejos movimientos de sonido que se pueden mostrar de forma realista en el espacio y son escuchados desde todos los rincones de la sala." Esta instalación en conjunto con su

2 http://www.birmingham.ac.uk/facilities/BEAST/about/meet-beast.aspx

software de control desarrollado especialmente, hacen perceptible la plasticidad del sonido en el espacio. Una innovación técnica es la combinación de la síntesis de sonido y espacialización. Brümmer agrega: "El Klangdom es un instrumento operado por el propio compositor, lo que permite que el compositor interactúe directamente con el instrumento, en él se pueden concentrar cuarenta sonidos en un punto de la habitación o se pueden dispersar por todo el espacio de la sala". El Klangdom es controlado por medio del programa Zirkonium, basado en el método de vector basado en la panorámica (VBAP). El Zirkonium está diseñado como un instrumento abierto, gracias a la programación moderna e interfaces flexibles, los compositores pueden mostrar sus composiciones espaciales con diferentes configuraciones de altavoces, sin importar si son 12 o 100. El sistema se puede controlar vía OSC con programas como Max o Super Collider. La idea y el concepto del Klangdom y Zirkonium fueron desarrollados por Ludger Brümmer e implementadas por Joachim Gossmann, Chandrasekhar Ramakrishnan y Bernhard Sturm en el ZKM. El software fue codificado por Chandrasekhar Ramakrishnan.[3]

2.3.4. Reproducción multicanal por software o plugins

Junto al desarrollo de sistemas multicanal para salas, se han desarrollado programas computacionales especialmente creados para reproducción multicanal, los cuales pretenden simular la imagen sonora tridimensional. Según Sergio Bleda Pérez (2009) muchos de estos sistemas están basados en tres técnicas diferentes o en una combinación de éstas, las cuales son, sistemas basados en el efecto Phantom,

3 http://www.zkm.de/zirkonium

reconstrucciones binaurales y las síntesis del campo sonoro alrededor del oyente. El efecto Phantom se produce de la siguiente manera, cuando un auditor se encuentra a la misma distancia frente a dos parlantes y la ILD es igual a 0, el auditor escucha una sola señal al centro de los parlantes, lo que se llama imagen fantasma. La reconstrucciones binaurales de las señales en los oídos, consiste en reconstruir de manera exacta y única la señal que llega a los oídos del auditor, es un sistema capaz de proporcionar de forma exacta los valores de ITD y ILD. Las síntesis del campo sonoro alrededor del oyente, consiste en recomponer el campo sonoro en toda la sala de escucha y no solamente en la posición en la que se encuentra el oyente. Por tanto, la principal ventaja de estos sistemas es que consiguen erradicar el concepto de sweet spot, lo que permite que el oyente pueda situarse libremente en la sala e incluso moverse por ella sin que ello modifique la calidad de la escena sonora, (Belda, 2009). Se entiende por sweet spot, el punto equidistante entre el auditor y los parlantes en un sistema estéreo o en caso de un sistema multicanal el punto central y equidistante del auditor en relación con todos los parlantes del sistema, por lo tanto se entiende que el sweet spot es el lugar donde mejor se escucha.

Existen varios métodos para simular sonido tridimensional o 3D, un ejemplo es el método VBAP (Vector Base Amplitude Panning), (Belda, 2009). Esta técnica fue desarrollado por Villie Pulkki y es una forma usada para el posicionamiento de las fuentes virtuales a direcciones arbitrarias, usando una configuración de múltiples altavoces, esta reconstrucción de fuentes virtuales emplea únicamente el paneo de amplitud, y al igual que el sistema estéreo, el VBAP es una reformulación de éste. Pulkki citado por Sergio Bleda,(2009), plantea que la principal novedad que aporta el VBAP con respecto al estéreo, es que extiende el paneo de amplitud a escenas en tres dimensiones.

El funcionamiento del VBAP es bastante sencillo y efectivo, para recrear las tres dimensiones se debe rodear el escenario con una superficie ficticia a la que se debe

triangular y colocar un altavoz en cada vértice. El número de altavoces puede ser arbitrario, y pueden ser colocados de la misma forma configuraciones 2D o 3D. El método VBAP produce fuentes virtuales que son tan nítidas cómo es posible.

Por otra parte existe una manera de sintetizar el campo sonoro alrededor del oyente por medio del Wave Field Synthesis (WFS), esto se realiza por medio de un enfoque holofónico de reproducción de sonido de campo espacial basado en el principio de Huygens, (Baalman M. , 2010).

El principio de Huygens lo podemos enunciar de la siguiente forma: Todo punto de un frente de onda inicial puede considerarse como una fuente de ondas esféricas secundarias que se extienden en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda que el frente de onda del que proceden. Este principio puede ser traducido a fórmulas matemáticas usando teorías de Kirchhoff y de Rayleigh, y luego se puede aplicar para su uso con un conjunto lineal de parlantes. Con el WFS es posible crear una reproducción física de un campo de ondas; esto tiene la ventaja sobre otras técnicas porque no hay sweet spot, sino más bien comprende un área más amplia del sweet spot.

Las limitaciones de la WFS son en parte pragmáticas, ya que necesita un gran número de altavoces y potencia de cálculo. En la mayoría de las implementaciones actuales de la WFS los parlantes se colocan en círculo o en una línea horizontal o un cuadrado en torno a la área de escucha, esto ofrece nuevas posibilidades para la música electroacústica (Baalman 2007, 2008), ya que permite un control más preciso sobre el movimiento de las fuentes de sonido, a menudo visto con configuraciones octofónico circulares, y proporciona una posibilidad interesante para los contrastes entre el efecto de las fuentes puntuales y de ondas planas. (Baalman M. , 2010)

Existen también sistemas de espacialización sonora ligados a la industria del cine como los sistemas de la empresa Dolby o también llamados surround 5.1. Este es un sistema que puede considerarse como una ampliación del estéreo, pero a diferencia del VBAP éste se crea con 6 parlantes, cada parlante cumple funciones precisas en el sistema, el sonido no se distribuye en cada parlante de la misma manera, uno tiene sólo señales de baja frecuencia y los otros 5 parlantes se distribuyen en forma casi de estrella frente al auditor, uno frontal, dos laterales frontales dispuestos en 30º y dos laterales traseros en relación al auditor a 110º, dando una sensación de espacialidad. Este formato, que está diseñado para cine y que posteriormente tuvo un desarrollo para uso doméstico, únicamente puede crear una imagen sonora estable entre los altavoces frontales con una extensión angular limitada a ±30º. Los altavoces traseros se encuentran separados más de 60º lo que imposibilita que sean usados para localizar fuentes sonoras estables, los cuales son utilizados para emitir reflexiones y sonido difuso como la reverberación, (Belda, 2009).

Este sistema distribuye el sonido de la siguiente manera, los parlantes frontales tienen los sonidos de los diálogos de las películas y por los otros canales se distribuyen los sonidos de ambiente y efectos. Actualmente existen también sistemas de 7.1 y 10.2. que son una extensión del 5.1 cuyo objetivo es suplir las falencias del 5.1 como por ejemplo, el 5.1 no es una imagen 3D del sonido, como es una ampliación del estéreo, el área de escucha óptima para el auditor no es sustancialmente de mejor calidad que el sistema estéreo. Este sistema se ha identificado con varios nombres para distinguirlo, como por ejemplo: Dolby Stereo Digital, Dolby Surround, AC-3, Digital 7.1. Hay un sistema de 22.2, desarrollado por Kimio Hamasaki como complemento para el sistema de televisión de ultra alta definición, (Belda, 2009).

Junto con los sistemas descritos anteriormente existen también técnicas de reproducción multicanal desarrolladas por programas computacionales, por ejemplo

Ambisonic, Spatialisateur, u otros que son desarrollados en el entorno de programas como Pure Data o Max Msp, por ejemplo, SpatDIF, ViMic, o pluging como H3D desarrollado por la empresa Longcat Audio Technologies.

Ambisonic fue desarrollado por Michael A. Gerzon, Peter Fellgett y John Hayes a comienzos de la década de los 70. Esta es esencialmente una solución tecnológica en dos partes, por una parte el problema de codificar direcciones (y amplitudes) del sonido y por otra parte reproducirlas con sistemas prácticos de parlantes, (Halham, 2009) en un escenario sonoro horizontal de 360º(sistema pantofónico) o a lo largo de una esfera completa (sistema perifónico), para dar al auditor la impresión de escuchar una imagen sonora tridimensional. Para la grabación y codificación Ambisonic de primer orden, existe un micrófono especializado llamado SoundField que produce una señal tridimensional, la cual se conoce como formato B y tiene cuatro componentes llamados W, X, Y y Z, (Dow, 2009), siendo los componentes X, Y y Z, los tres ejes del espaciom X: frente –atrás, Y: izquierda derecha, Z: arriba-abajo, (Halham, 2009) y W un registro global

Mediante este método, se consigue tener un registro de las variaciones de fase e intensidad de la señal acústica en los tres ejes del espacio, (tres de los micrófonos son direccionales), y un registro global, W (el micrófono restante es omnidireccional). Se consigue con esto codificar la información acústica de manera que permita luego decodificarla a un número arbitrario de canales y diversos tipos de ubicación de parlantes. Al igual que sistemas como el 5.1, Ambisonic funciona solo en el sweet spot. Para suplir esta falencia se desarrolló el “Higher Order Ambisonics” (Ambisonic de Orden superior). El Ambisonic de orden superior recrea el campo sonoro empleando la descomposición en armónicos esféricos de la presión sonora. (Daniel, 2000) Aumentando el orden, es decir, aumentando el número de armónicos esféricos empleados, consigue una reproducción más fiel y a la vez aumenta el área de escucha progresivamente, (J. Daniel, 2003).

Spatialisateur es un proyecto que se inició en 1991, como una colaboración entre Espaces Nouveaux e Ircam, la información obtenida de la página web del Ircam dice que su objetivo es proponer un procesador de acústica virtual que permite a los compositores, intérpretes o técnicos de sonido, controlar la difusión de sonidos en un espacio real o virtual. Este proyecto nace de la investigación llevada a cabo en el laboratorio de acústica del Ircam, en la caracterización objetiva y perceptiva de la calidad acústica de la habitación. También incorpora la investigación realizada en Telecom Paris en algoritmos de procesamiento de señales digitales para la espacialización y la reverberación artificial de sonidos. El Spatialisateur se integra en el entorno de Max / MSP y funciona en OSX y las plataformas de Windows XP.

Spat~ es un esfuerzo para organizar y optimizar los parches experimentales desarrollados en el proyecto Spatialisateur, con el fin de que sean accesibles a los músicos e investigadores que trabajan con Max / MSP. La versión actual permite la reproducción en sistemas de altavoces multicanal en los estudios o salas de conciertos. También se integran modos 3D de reproducción estéreo para auriculares (binaural) o 2.4 para altavoces (transaural), así como basados en VBAP y Ambisonics. [4]

SpatDIF, es un formato en que se describe la información de sonido espacial de una manera estructurada, con el fin de apoyar en tiempo real y aplicaciones en tiempo no real. El formato sirve para describir, almacenar y compartir escenas de audio espacial a través de las aplicaciones de audio y salas de conciertos.

ViMic, Control de Microfono Virtual es un sistema de procesamiento en tiempo real, sobre todo en situaciones de conciertos, extraído de la investigación psicoacústica y los principios de las técnicas de grabación de audio. Este tipo de control, codificado en

[4] Extraído de http://support.ircam.fr/docs/spat/3.0/spat-3-intro/co/overview.html

Pure Data y luego migrado a MAX/MSP, se basa en el enfoque de micrófonos virtuales donde se asume un espacio virtual en un entorno informático. La idea es emular el comportamiento físico de captura de sonido por los micrófonos en un entorno sonoro real, en el que una fuente de sonido irradia energía que llega a diferentes micrófonos con varias ganancias y retrasos. Estas ondas de sonido en cada uno de los micrófonos, representan la forma en que el sonido se distribuye en un espacio determinado y mediante la reproducción de cada una de las señales de los micrófonos a través del altavoz situado en la misma matriz en la que los micrófonos estaban cuando se capturó el sonido.

H3D, es un plugin de audio 3D binaural desarrollado por la empresa Longcat Audio Technologies, su principal característica es la utilización de una interfaz 3D, que permite visualizar el espacio sonoro y animar los sonidos, H3D utiliza propios filtros HRTF para su funcionamiento.

Este resumen del progreso de los sistemas de espacialización de la mano de la música electroacústica, muestra cómo el avance de las tecnologías entregan al compositor una amplia gama de posibilidades en el desarrollo de su trabajo.

3. Mezcla y Masterización

Los procesos de mezcla y masterización son parte fundamental del desarrollo de esta tesis, por lo que es necesario clarificar algunos conceptos propios de la mezcla y masterización.

3.1. Mezcla

La mezcla de música es un procedimiento de gran importancia en el resultado de una obra, que incide directamente en la sonoridad final de ésta. Según Izhaki, (2008), es un proceso en el cual el material multipista es equilibrado, tratado y combinado a un formato comúnmente de dos canales, también desde el punto de vista de la música, mezcla, se define como una presentación sonora de las emociones, ideas creativas y la interpretación.

Así mismo Izhaki, plantea que una buena mezcla es tan buena como lo es la música, si una obra musical no es de gran factura, la mezcla tampoco lo será, ni ésta suplirá las falencias que estén en la obra, la magia musical solo puede llegar de la propia música (Katz, 1994). En el hecho de lograr una buena mezcla, incidirá directamente el conocimiento de los estilos musicales con los que se trabaja.

La realización de una mezcla es un trabajo que requiere mucho tiempo de aprendizaje y un considerable entrenamiento auditivo, Bob Katz (1994) manifiesta que el entrenamiento auditivo es realmente el entrenamiento de la mente, porque la apreciación del sonido es una experiencia aprendida.

Reuniendo todos los factores anteriores, se podrá lograr una muy buena mezcla, pero nunca se llegará a una mezcla perfecta, ésta no existe, ni tampoco una receta mágica que entregue la solución de un resultado inmejorable. Actualmente se dispone de una gran cantidad de recursos técnicos y un número significativo de programas para realizar una mezcla, pero esto no es garantía de un resultado óptimo, éste depende más de la dedicación, el trabajo y el talento artístico. Por lo tanto la realización de una buena mezcla incide de forma directa en el resultado musical de la obra y no es solo un proceso técnico. Es por todo lo anterior que el proceso de mezcla se puede considerar parte del desarrollo creativo de una obra musical.

Para el desarrollo de la propuesta de mezcla de esta tesis, es necesario plantear algunas consideraciones iniciales que son importante tener presentes en todo momento.

Es recomendable tener una sala adecuada para realizar la mezcla, de preferencia de respuesta plana, que no realce ni atenúe determinadas bandas de frecuencias y con poca reverberación, contar con monitores de audio adecuados, para obtener buenos resultados en la mezcla. Recomendable no mezclar con audífonos, la mezcla con audífonos no es recomendable, porque la audición con audífonos es muy diferente a la audición en una sala, más aún si lo que se pretende con esta propuesta es mezclar una obra que originalmente era multicanal. Finalmente, para este proceso es recomendable usar obras de referencia, la mezcla que se realice debe tener referencias sonoras que nos ayuden a tomar algunas decisiones.

3.2. Masterización

En la etapa de masterización estéreo se incluyen normalmente uno o más de los siguientes procesadores: ecualizador (filtro), compresor y limitador. Estos son procedimientos opcionales y se podrán incluir una vez que la obra esta mezclada y analizada, en ese momento se sabrá que procesador es necesario aplicar.

Las alternativas de masterización son variadas así como variados pueden ser los resultados de la mezcla. El proceso de masterización tiene como objetivo asegurar el equilibrio tonal que se encuentra dentro del rango de lo aceptable, que las cosas no sobresalgan de manera inapropiada y que el sonido sea agradable, cálido y claro. (Katz, 1994)

La realización del trabajo de masterización requiere considerar que esta es una etapa del proceso de producción y no es más ni menos importante que otras etapas. La realización de una buena mezcla permite tener mejores resultados en la masterización. No todas las mezclas pueden llegar a sonar bien a un alto volumen, si la mezcla o la grabación no fueron bien hechas, la masterización tenderá a sacrificar el volumen en función de la calidad o viceversa.

En la cadena de masterización, el audio resultante a la salida debería tener un balance sonoro óptimo en todo el rango de frecuencias, lo que Bob Katz denomina, equilibrio tonal, para esto, existen varias técnicas o procesos de masterización, como por ejemplo la ecualización y la codificación M&S, que permite ampliar la sensación de espacialidad de la obra.

La ecualización, dentro del proceso de masterización, puede cumplir dos funciones: correctiva o estética. La función correctiva se lleva a cabo en situaciones donde la grabación de algún instrumento musical o de algún sonido no es de buena calidad y se debe compensar alguna frecuencia que se pierde o se realza, por su parte la función estética, permite trabajar con mayor libertad las sonoridades de la grabación, pudiendo retocar algún timbre para ser corregido o modificado en función de la estética de la obra. Su principal objetivo en la mezcla es mantener el equilibrio de nivel y de frecuencias, (Gibson, 2005).

Como las frecuencias trabajan en forma conjunta, el realce de un sección provoca un cambio en otra, por ejemplo, realzar los bajos hará que lo agudos parezcan apagados y una reducción de bajos dará al sonido mas brillo, este efecto es solo perceptual. Un declive en el rango medio inferior, 250 Hz, puede tener un efecto similar a un incremento de nivel en el rango de los 5000 Hz, o por otra parte añadir de agudos extremos, entre los 15-20 kHz hará que el sonido parezca mas pobre en el rango medio inferior/bajos, (Katz, 1994). La recomendación de San Martin, (2008) dice que siempre

es preferible sustraer que realzar, en beneficio de no saturar el espectro lo cual a su vez evita el enmascaramiento de ciertas frecuencias no tan presentes. La banda de graves suele ser una de las más complicadas de reproducir y su carga espectral debería estar destinada únicamente a eventos sonoros con información relevante en ella por lo que se recomienda, usar un ancho de banda fino para no perjudicar la definición del sonido, (Izhaki, 2008).

Estas condiciones anteriores deben ser tratadas con mucho cuidado en este trabajo. No es el propósito de esta investigación corregir sonidos que están propuestos anteriormente por el compositor en la obra original, ni cuestionarlos ni tampoco modificar alguno. El objetivo de este proceso es corregir o realzar alguna sonoridad que se enmascaran durante el proceso de reducción de 8 a 2 canales. Para la ecualización, se trabaja principalmente con 4 filtros, Filtro Pasa Altos (High-Pass Filter HPF), Filtro Pasa Bajos (Low-Pass Filter LPF), Filtro Pasa Banda (Band-Pass Filter BPF) o Filtro Rechaza Banda (Notch Filter), en algunos casos a cambio del Pasa Alto o Pasa Bajo, se aplicará un filtro Shelving

El ancho de banda con que actúa un filtro se determina según el factor Q, que es una medida que se obtiene dividiendo la frecuencia central con la que se va a trabajar, por el ancho de banda, a modo de ejemplo, si la frecuencia central es de 1000 Hz con un ancho de banda de dos octavas, en este caso de 500 Hz a 2000 Hz, el factor Q será de 1000 Hz / 1500 Hz, dando como resultado un factor Q = 0.66.

El ancho de banda en el trabajo de un filtro es muy delicado, resulta muy difícil escuchar cambios de amplitud en anchos de banda muy angostos, en cambio, pequeños cambios de amplitud con un gran ancho de banda son mas fáciles de percibir. Bob Katz (1994), recomienda, utilizar el más alto Q cuando se necesite ser muy preciso, también cuando queremos enfatizar un rango, con un mínimo efecto sobre otro.

A modo de complementar el trabajo de ecualización, se puede describir la incidencia de aplicar ecualización en distintos rangos de frecuencias, los términos utilizados para definir cada característica sonora, extraídos de los libros, La masterización de Audio (Katz, 1994), *The Art of mixing* (Gibson, 2005) y *Mixing audio, concepts, practices and tools* (Izhaki, 2008), no son necesariamente una sentencia negativa ni positiva del sonido, solo reflejan alguna característica de éste. A modo de ejemplo alguno de estos términos son, sonido turbio, espeso, retumbante, redondo, solido, débil, cálido, resonante, grueso, nasal, estridente, sibilante, espacioso, apagado delgado, presencia, etc,.

En esta tabla, a continuación, se puede ver qué efecto produce el realce, mínimo o exagerado de una frecuencia o si restamos en ese rango de frecuencia.

	GRAVES	MEDIOS	AGUDOS
Realce exagerado	Turbio, retumbante, pesado	Nasal, tipo teléfono	Duro, muy metálico, punzante, nítido
Realce	Sólido, macizo, redondo,	Presencia, claro, comprensible	Presencia, aire, brillante
Restar	Débil, fino, delgado	Tapado, sin cuerpo	Apagado, plano, oscuro.

Table 3-1

Tabla de términos que definen alguna característica sonora para la aplicación de filtro según sonoridades

Es decir, cuando las frecuencias son aumentadas demasiado en el rango de las frecuencias bajas, 20 Hz – 150 Hz, tienden a ser turbias y poco definidas. Entre 150-300 Hz, los sonidos tienden a ser muy espesos, pero si se recorta mucho en este rango el sonido se presenta débil y sin cuerpo.

Es importante aclarar que las recomendaciones sobre la ecualización y filtros, planteadas en los párrafos anteriores, están directamente relacionadas con la percepción del sistema auditivo. La percepción auditiva no es lineal en respuesta en frecuencia, y esta respuesta a su vez cambia según el nivel de presión sonora (San Martin, 2008). O dicho de otra forma, el umbral de percepción auditiva está definido por la mínima intensidad para que un sonido pueda ser percibido y esta mínima intensidad no es igual en todo el rango de frecuencias.

Para ilustrar esto, una señal sinusoidal de 1kHz de 50dB NPS es mejor percibida que una de 1kHz de 40dB NPS, pero peor percibida que una de 5kHz de 45dB NPS o de la misma manera, 100dB NPS de 1kHz y 90dB NPS de 3kHz se perciben con la misma intensidad.

Por otra parte, el umbral de percepción del sistema auditivo humano, en el rango medio entre los 2000 Hz y los 5000 Hz, es extremadamente sensible, (Gelfand, 2010). Aumentar una frecuencia 1dB en este rango es como aumentar 3dB en cualquier otro rango de frecuencia, (Gibson, 2005), por lo que este rango es muy delicado de trabajar, al aplicar un filtro. Del mismo modo por encima de los 10.000 Hz o por debajo de 100 Hz, la percepción es más pobre que el resto del rango de frecuencias. Asimismo, en el rango de las frecuencias más agudas, puede provocar estridencia si se aumenta el nivel exageradamente. (Katz, 1994).

Otro proceso que se puede usar en la masterización es el dominio M&S (*mid and side*) es simplemente una manera alternativa de representar o ver una señal estéreo. Una señal estéreo "estándar", compuesta por las señales izquierda y derecha, es una señal estéreo en el dominio LR(*left-rigth*). Los dominios LR y MS, pueden considerarse dos caras de una misma moneda. La técnica M&S formulada inicialmente por Alan Blumlein en 1931, (Anderson, 2009), consiste en separar por un lado la información "central" y por el otro la información estéreo, es decir la que se despega del centro y nos

da la sensación de apertura hacia los costados. Si se simboliza **L** a la información que se encuentra exclusivamente en el canal izquierdo, **R** a la que está exclusivamente en el canal derecho, **M** a la información central y **S** a la información estéreo, se tiene lo siguiente:

M=L+R y **S=L-R**, por lo cual deducimos que **2L=M+S** y **2R=M-S**

Esta técnica permite obtener un control del tamaño de la imagen estéreo, de manera dependiente de la frecuencia, simplemente ecualizando M y S de manera diferente. Como la idea central es trabajar sobre la espacialización, este proceso no debería afectar la ecualización de la mezcla a menos que específicamente así se hiciera. Para asegurar de no modificar la ecualización, por cada cambio que se haga en el componente S, deberá realizarse un cambio igual pero en sentido inverso, en el componente M.[5]

Las técnicas y recomendaciones presentadas en esta sección, junto con los indicios sobre localización del capitulo 1, son la base para el desarrollo de la propuesta de reducción y mezcla que sigue a continuación.

[5] información extraída de http://www.andresmayo.com/publicaciones/index.php

4. Propuesta de análisis descriptivo, reducción de canales y mezcla final.

La propuesta de reducción de canales que a continuación se presenta, es básicamente un trabajo de mezcla de audio que se ha dividido en tres etapas: análisis descriptivo, reducción de canales y mezcla final.

4.1. Análisis descriptivo

La primera etapa de esta propuesta, es el análisis descriptivo de la obra. Para iniciar el trabajo de análisis de una obra electroacústica y en este caso particular, para realizar una reducción de una obra de 8 canales a una versión estéreo de 2 canales es pertinente revisar algunos antecedentes preliminares sobre el análisis, los que luego serán aplicados en esta etapa.

El objetivo del análisis musical, básicamente, es comprender como esta hecha la obra, que materiales la componen, como se relacionan entre ellos, el sentido que tienen dentro de la obra, a su vez, identificar secciones, unidades, frases, motivos, etc. y como todos estos están organizados y relacionados entre sí. El trabajo de análisis de una pieza electroacústica, se distancia del trabajo de análisis de la música escrita por que hay herramientas de la segunda que no se encuentran presentes en la primera, por ejemplo la música electroacústica carece de partitura o intérprete. En el ámbito de la música electroacústica, la mayoría de los escasos análisis publicados sobre música electroacústica están hechos por compositores, ya sea el propio autor u otro compositor, (Cadiz, 2003).

Es necesario reflexionar sobre el análisis de la música electroacústica hoy en día, al respecto se puede constatar que todos los métodos analíticos actuales son parciales, por ejemplo “la Espectromorfología" no constituye ni un método analítico ni de composición”, (Young, 2005). Por lo tanto la comunidad de compositores de música

electroacústica necesita ordenar los instrumentos comunes para el análisis.

Sin embargo, una serie de diferentes enfoques analíticos, aplicados a la música electroacústica comienzan a llegar a resultados interesantes. Entre los trabajos musicológicos, se encuentran dos estrategias principales: uno enfatiza puramente un método perceptivo basado en escuchar como medio para comprender una obra musical, y justifica su opinión diciendo que la música electroacústica se hace "para escuchar y al escuchar" como lo manifiesta Delalande, citado por (Zattra, 2005). El otro enfoque apunta a comprender la génesis de la obra musical, e investiga bocetos compositivos, partituras, diferentes tipos de datos tecnológicos, etc. (Zattra, 2005), es importante tener en consideración algunos antecedentes de la pieza, el conocimiento de esos antecedentes puede conducir de mejor manera el análisis.

El análisis de la música electroacústica, desde un comienzo se basa en la experiencia auditiva, siendo ésta la principal herramienta. Como comenta Denis Smalley, citado por (Alcázar, 2008), por esto nos lleva a interrogarnos sobre aquello que oímos y sobre aquello que nos hace reaccionar en relación a la música, siendo el acto de la escucha concentrada en el mismo sonido, ayudado por la repetición, el cual revelaría las características más destacadas, Smalley citado por (Swilley, 2014). Los materiales sobresalientes y características de la música electroacústica pueden incluir numerosas posibilidades de análisis y resultados, por ejemplo, la evolución de un gesto específico, material de origen, la idea de textura, la interacción de los materiales de base procesadas y no procesadas, etc.

De los párrafos anteriores se pude concluir que la metodología que existe, aún no esta estandarizada para el análisis de la música electroacústica, coexistiendo diversas técnicas. Desde mediados del siglo XX han aparecido distintas proposiciones de análisis de las obras electroacústicas. Se puede considerar lo expuesto por Pierre Schaeffer en su libro, “El tratado de los objetos musicales”, del año 1966, como una primera propuesta de análisis. Actualmente las propuestas de análisis más destacadas son la

espectromorfología de Denis Smalley quien afirma que espectromorfología es la intención de dar cuenta de los tipos de música electroacústica que se preocupan más por las cualidades espectrales, que por las notas reales, más preocupados por las variedades de movimiento y las fluctuaciones flexibles en el tiempo, que del tiempo métrico, más preocupados por dar cuenta de los sonidos cuyas fuentes y causas son relativamente misteriosas y ambiguas y no descaradamente obvias. Existe también el análisis funcional de Stéphane Roy, como también, las unidades semióticas temporales (UST), del *Laboratoire Musique et Informatique* (MIM) de Marseille y las conductas de recepción.

"Cuando se escucha atentamente una música, uno se pone más o menos conscientemente un objetivo: se espera algo de ese momento de escucha (que se concreta a lo largo de la escucha), lo que determina una estrategia, observaciones particulares sobre esto más que sobre aquello, y contribuye no sólo en formar una imagen perceptiva de la obra, con sus simbolizaciones, su sentido, sino también en provocar sensaciones, eventualmente emociones, que a su vez reforzarán y reorientarán las expectativas. Es este acto en el cual, finalidad, estrategia, construcción perceptiva, simbolizaciones, emociones, están en una relación de dependencia mutua y de adaptación progresiva al objeto el que llamamos "conducta de escucha" y dado que la escucha es subjetiva, no hay análisis definitivo. François Delalande, citado por (Alcázar, 2008).

La conducta de escucha planteada por Delalande, es la actitud que consideramos correcta para enfrentar el análisis de la obra, no podemos negar la conciencia del objetivo que nos ayuda a formar un imagen perceptiva de la obra. La obra musical siempre estará cargada de motivos analizables, sin embargo, sólo cuando éstos resultan apreciados por los auditores, tales motivos pueden ser tenidos en cuenta. Es la recepción por parte del auditor la que permite extraer de la obra musical los criterios pertinentes para su análisis. Delalande, citado por (Zattra, 2005) analiza los datos recogidos y las diferentes conductas de escucha, que corresponden a un análisis más objetivo. La

subjetividad se reduce, teniendo en cuenta que cada conducta real es una combinación de un máximo de 3 diferentes tipos de escucha: de tipo taxonómico, tipo enfático y de tipo figurativo.

Considerando las estrategias iniciales de Schaeffer y los planteamientos de François Delalande, se presentan a continuación las metodologías usadas en esta investigación para el análisis de una pieza electroacústica multicanal.

4.1.1. Metodologías de análisis descriptivo

Para realizar el análisis descriptivo de la obra en esta propuesta, se tomará como base la definición de la enciclopedia musicológica Nuevo Diccionario Grove, citada por Zattra (2005), que define el análisis musical de la siguiente forma, "Es la resolución de la estructura musical en elementos constituyentes relativamente más simples, y la investigación de las funciones de los elementos dentro de esa estructura". El objetivo del análisis es, por tanto, empírico y basado en el fenómeno musical en sí, en lugar de los aspectos externos (biográfica, política, social, educativo, etc.). Cualquier método de análisis debe comenzar con la declaración de la dimensión a analizar y poder definir el objetivo del análisis. En este caso, la dimensión a analizar son los materiales y el objetivo es la estructura que constituye la obra, ordenados en dos etapas:

1. Análisis de material
2. Análisis estructural

4.1.1.1. Análisis de material

La primera etapa de análisis descriptivo, proviene de la primera audición de la obra, el objetivo de esta tarea es levantar información de la pieza, identificar los

materiales que la conforman, es decir, si los sonidos que contiene la obra son sintetizados o son muestras de audio, a su vez identificar qué procesamientos pueden contener los materiales, por ejemplo: reverberación, delay, distorsión u otro, del mismo modo el análisis descriptivo permite identificar texturas, densidades, rango dinámico, rango de frecuencias, duraciones y timbres de cada uno de estos materiales. También es importante respecto a los materiales identificados, determinar su movimiento entre canales, es decir, detectar trayectorias propuestas por el compositor, y a su vez, darles una ubicación temporal en la obra, si éstos se repiten o varían. Esta ubicación temporal permitirá, en la siguiente etapa, identificar estructuras de la obra. La realización de esta primera audición e identificación de materiales se realiza con un sistema de 8 canales.

A continuación, el material identificado en la primera audición, se clasificará según el tipo de sonoridad que es más evidente al cual llamaremos objeto sonoro. Esta clasificación esta en directa relación con el objetivo de este trabajo que es realizar un reducción de 8 a 2 canales rescatando y manteniendo las cualidades de la espacialización.

Los criterios que se utilizarán para clasificar las sonoridades son las frecuencias y las duraciones, pudiendo así ordenar según la frecuencia más relevante y las distintas duraciones los objetos sonoros. Esta etapa del trabajo está basada en los mismos procedimientos que establece Pierre Schaeffer vistos en el número 2.1.2.1, es decir, primero se establece una tipología de los sonidos que es la identificación, segundo la clasificación de los sonidos y finalmente se hace una descripción de éstos para identificar la morfología.

Para esto, se utilizará un criterio determinado por las duraciones de los materiales presentados, por ejemplo: Schaeffer identifica tres tipos de *objetos sonoros*, presentes en el discurso musical, de acuerdo a criterios topológicos y morfológicos; los continuos, los iterativos y los impulsivos. Realizando una analogía de la propuesta de Schaeffer, podríamos hablar de sonidos largos, sonidos cortos y sonidos muy cortos. Para este

trabajo identificaremos tres tipos de sonoridades, según la duración de los sonidos, de la siguiente manera:

- Sonoridad Continua, es un objeto sonoro muy largo que no evidencia pulso, similar a un nota sostenida en el tiempo, que no da ningún indicio rítmico, como por ejemplo notas pedales o sonidos que tiene un ataque muy débil, no confundir con sonidos con ataques fuertes y un decaimiento muy largo, o sonidos en los que la reverberación es muy larga y puede llevar a equívocos, en la sonoridad continua su duración es más relevante que su ataque y su resolución.

- Sonoridad Media, este caso se da cuando tenemos duraciones no muy largas, se identifican con sonidos que perduran por un tiempo pequeño, también pueden ser homologados como una nota larga, pero da la sensación de un pulso, aunque éste sea muy lento e irregular, puede ser perfectamente un ritmo gracias a que su ataque es claramente identificable, éstos sonidos pueden ser homologables a la voz humana como un dialogo o una narración, como también un instrumento de arco como el cello tocando notas largas.

- Sonoridad Breve, identificamos estos sonidos por sonidos de muy corta duración, similares al concepto de sonidos impulsivos o al concepto de grano, lo podemos ejemplificar con cualquier sonido percutido de rápido ataque, de duración pequeña, que pueden estar espaciados en el tiempo como un pulso o un bip.

El siguiente paso para el análisis de materiales es el estudio y clasificación según las frecuencias. Para esta propuesta se ordenaran de la siguiente manera, primero una sección de sonidos graves que abarca desde los 16 Hz hasta los 125 Hz. A continuación son sonidos Medios, donde se ubican a los sonidos del rango medio que van entre los 125 Hz. y 2.000 Hz y, por último, una sección de sonidos agudos que contempla el rango desde los 2000Hz hasta los 20.000Hz, así se propone generar tres bandas de

frecuencias, que permitan identificar los diferentes rangos del material, como lo muestra la siguiente tabla.

16 Hz a 125 Hz	Tesituras graves
125 Hz a 2000 Hz	Tesituras medias
2000 Hz a 20000 Hz	Tesituras agudas

Table 4-2

Rango de niveles de frecuencias propuesta para identificar diferentes tesitura.

En caso que el análisis de frecuencia muestre que el material no está dentro de algunos de los rangos extremos propuestos, se puede tomar la referencia de los sonidos entre cada unidad, clasificándolos según la relación entre ellos para determinar cuáles son los sonidos más agudos o más graves dentro de la obra. Tampoco el límite propuesto de rango de frecuencias, es determinante ni exacto, pudiendo el límite ser traspasado en beneficio de la sonoridad analizada y la futura mezcla.

Puede suceder que los rangos de frecuencias más destacados en una obra electroacústica varíen a cada instante de tiempo, como también que no se encuentren en un solo rango de frecuencias o bien, que el material sonoro sea de un rango muy amplio en frecuencias, para estos casos consideraremos un nuevo rango de frecuencias que se llamará tesitura amplia. De esta forma, establecemos cuatro tipos de frecuencias que ayudarán a clasificar las distintas secciones, tesitura aguda, media, grave y amplia.

Para el análisis de la obra y de cada unidad en particular consideraremos las sonoridades que la componen para esto utilizaremos los criterios de tesitura y de duración, éstos nos indicarán qué material sonoro compone cada unidad, en definitiva podemos ordenarlos de la siguiente manera:

TESITURA / DURACIÓN
1. AGUDA / CONTINUA
2. AGUDA / MEDIA
3. AGUDA / BREVE
4. MEDIAS / CONTINUA
5. MEDIAS / MEDIA
6. MEDIAS / BREVE
7. GRAVES / CONTINUA
8. GRAVES / MEDIA
9. GRAVES / BREVE
10. AMPLIA / CONTINUA
11. AMPLIA / MEDIA
12. AMPLIA / BREVE

Table 4-3

LISTA DE LOS 12 TIPOS DE SONORIDADES

Con esta propuesta de análisis, se podrá clasificar a qué categoría pertenece cada unidad de la obra según el material sonoro que la conforma.

4.1.1.2. Análisis estructural

El análisis estructural, consiste en identificar las distintas secciones de la obra, estas secciones serán denominadas Unidades Estructurales. Tomando la idea de Delalande, se utilizará una estrategia al escuchar la obra, con el objetivo de identificar las unidades estructurales. Para identificar las distintas unidades se proponen dos modalidades, primero identificar auditivamente secciones donde un objeto sonoro, identificado en el paso anterior, es preponderante e identificable respecto a otros objetos sonoros percibidos, el cual se identifica como motivo de la unidad, similar a lo que sería un motivo melódico. Para esto es necesario establecer la relación que hay entre los objetos sonoros presentes en la obra y asignarles un rol, primario o secundario. La determinación de cada rol dependerá del desarrollo de cada objeto sonoro dentro de la obra, por ejemplo cuanta participación tiene en la obra, su recurrencia, la manipulación,

evolución, procesamientos, etc. Schaeffer define la idea de objeto sonoro como la posibilidad de transformar al sonido en objeto de estudio, separado de cualquier referencia o interpretación, este objeto de estudio da paso a la unidad estructural.

Esta primera modalidad requiere la realización de varias escuchas para confirmar los resultados del análisis e identificar el objeto sonoro que será el motivo de la unidad. Para diferenciar un motivo de otro se debe escuchar con mucha atención, cada motivo de la unidad que se presenta en la unidad estructural y aplicar lo que Pierre Schaeffer identifica como escucha reducida, esta estrategia nos permite aislar el sonido para su identificación, luego su clasificación y posteriormente su descripción. La unidad estructural no la conforma el motivo de la unidad aisladamente, lo que podría llevar a errores, como identificar varias unidades estructurales similares que conforman una unidad estructural en sí misma, tampoco la unidad estructural la conforma el sonido de mayor amplitud ni de mayor duración, la unidad estructural es una sección donde un material sonoro tiene un desarrollo en el tiempo. El motivo de la unidad puede convivir con otros motivos de la unidad que están en segundo plano, este segundo plano, lo definen motivos de menor protagonismo, menor desarrollo y subsidiarios del motivo que está en primer plano.

La segunda modalidad, que permite acotar más claramente la unidad estructural, son los cambios de amplitud, lo cual nos permite identificar unidades dentro de la obra, en algunos casos la manera de apoyar esta estrategia es visualizar la imagen de las amplitudes que puede dar un computador, como se muestra en la siguiente imagen.

Figure 4-3

Se muestra aquí, las distintas unidades identificadas de una obra electroacústica, aplicando el criterio de amplitud que nos muestra la imagen de un computador, las líneas verticales muestran el limite entre cada sección.

Sucede a veces que cuando la amplitud decae dentro de una sección podemos identificar el final de una unidad y el comienzo de otra, siendo una sección difusa y poco definida, en su comienzo y final, a esto le llamaremos unidades de transición, no hay que confundir una unidad de transición con unidades de poca actividad y de menor amplitud que resultan ser unidades estructurales por sí mismas. La estrategia de amplitud es complementaria a la de audición y en ningún caso la reemplaza o es independiente de ésta.

4.1.2. Análisis de obras en formato de 8 canales.

Para realizar el análisis de obras se tomarán los criterios y procedimientos antes mencionados y se aplicarán a obras de 8 canales, aquí el análisis se desarrolla en todos los canales a la vez y no a cada canal por separado. Este procedimiento se presentará en detalle con dos obras, a modo de ejemplo. Para el desarrollo de esta investigación, se

analizaron, en total, 9 obras de 8 canales, las cuales fueron escogidas del archivo del Festival de Música Electroacústica Aimaako.

4.1.2.1. The Secret life of a Sanre Drum, 2006

Obra compuesta por Vladimir Djambazov, basada en el sonido del tambor caja, se distinguen claramente 6 unidades estructurales. Con algunas secciones de gran actividad. Hay sonidos del tambor procesados y mesclados con los sonidos sin procesar, pero no suena como una obra mixta ni como una pieza de percusión para tambores, mas bien el compositor logra una textura homogénea rescatando sonoridades menos tradicionales de las que se reconoce en el tambor.

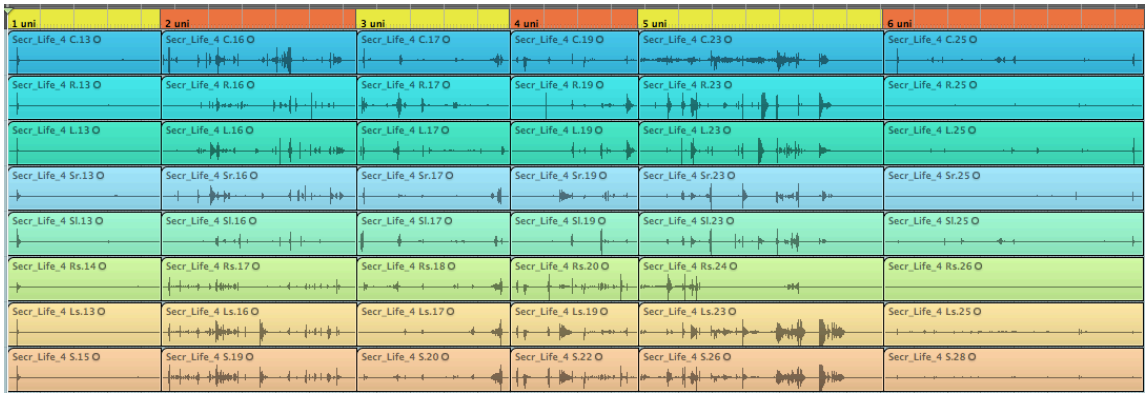

Figure 4-4

Muestra la obra de Djambazov y sus distintas unidades estructurales determinadas,

La grabación de la obra que se posee para este análisis tiene un silencio al comienzo, de 5", que es solo de seguridad, pero en la medición del tiempo se considerará como parte del todo.

- Primera Unidad
    - 5", la obra se inicia con un sonido de gran amplitud y de duración breve como un golpe de tesitura media, este inicio está compuesto por varios sonidos diferentes presentes en distintas pistas, salvo los canales 7 y 8, que son los únicos que presentan el mismo sonido. Los objetos sonoros son golpes de tambor, unos sonidos metálicos como una campana y sonajas pequeñas, junto con un sonido largo, tienen un disminución de amplitud hasta el 12", en ese momento se escucha un sonido de tesitura media de duración larga. Tiene distintas capas de sonoridades continuas, que varían el timbre, hasta el 33", en ese momento se produce un silencio de 3", retomando la actividad en el 37", reaparece el mismo sonido continuo, donde se puede reconocer como un efecto sonoro hecho al raspar una superficie áspera de manera muy suave, la actividad del sonido aumenta progresivamente junto con su amplitud hasta la aparición en el 1'0", de pequeños sonido cortos, que se realzan hacia el 1'10", se puede identificar un motivo de la unidad, pero su abrupto silencio en el 11" lo deja inconcluso, continuando con silencio que dura 4", vuelven a parecer el sonido largo, haciendo una recapitulación del motivo de este primera unidad. El final de la unidad se hace muy evidente al tener una disminución de la amplitud en el motivo dando paso a la unidad estructural 2. Esta unidad es de una sonoridad media y continua.

- Segunda Unidad
    - 1'32" el comienzo de la unidad 2 se presenta con sonidos procesados, primero solo en el canal 1, sonidos muy breves donde predomina la tesitura baja. En el 1'35" aparece un segundo sonido como una respuesta al primero de esta unidad, en el canal 1, 6, 7 y 8. Varios sonidos cortos muy seguidos. En los otros canales no hay actividad. Desde el 1'38", comienza desarrollase sonidos derivados de esta dos primeras

sonoridades aparecidas en la unidad 2. En segundo plano se escucha un sonido largo de frecuencia baja, como un pedal. Los motivos cortos terminan con la intervención de un sonido que puede ser un tambor con un solo golpe precedido de una apoyatura doble o una mezcla de golpes no sincronizados en varios canales en el 1'54". De inmediato aparece un sonido continuo que oscila entre tesitura media y aguda. Comienzan aparecer sonido cortos, es un desarrollo de las primeras ideas de la unidad en el 2'6", precedidos por un sonido de duración media y tesitura amplia que crece y decrece rápidamente. Aquí hay una variación de los motivos del comienzo de la unidad 2, muchos sonidos cortos de tesitura media más definidos que los primeros como una variación timbrística, presente en todos los canales, tipo granos:, lo cual se va deshaciendo hasta el 2'18". Aparecen secciones en silencio con pequeña intervenciones en los canales 3, 4, 7 y 8, de sonidos largos. En 2' 37" reaparecen los motivos cortos en el canal 1 y luego en los demás como una respuesta o canon, hasta el minuto 3'23". Aquí se aprecia un final de unidad, compuesto por los motivos cortos presentes en la unidad. El final de esta unidad y el comienzo de la unidad 3 está compuesta por un silencio de 7 segundos. El motivo de esta unidad es de sonoridad amplia/breve

- Tercera Unidad
    - 3'28" el comienzo de esta sección contiene varios sonidos presentes en todos los canales con un gesto parecido al comienzo de la obra, pero que esta vez está más repartido en el tiempo entre los canales dando una sensación rítmica muy clara. Que es finalizada por un sonido de tesitura variable y continuo, como de frotación. Desde el minuto 3'51", hay sonidos procesados provenientes del mismo sonido base como frotación, de mayor amplitud, en crescendo y decrescendo, como una ola, elemento que había estado presente en la unidad anterior. En el minuto 3'55".

Seguido de esto el sonido sigue continuo, con apariciones más espaciadas en el tiempo, se logra distinguir un sonido en segundo plano, de sonoridad continua y tesitura media, sobre éste en primer plano, se escuchan variaciones del mismo sonido pero procesado. En el minuto 4'20", se escuchan intervenciones de sonidos cortos y tesitura media provenientes de casi todos los canales, menos el 7, en el 4'25". El sonido del segundo plano continúa y vuelven a aparecer los sonidos cortos en los canales 7, 8 y 9, en el minuto 4'35". Esta aparición sólo dura 2 segundos, el sonido de segundo plano continua, en el minuto 4'47", se retoma el motivo de sonidos cortos tipo grano dando un final, a modo de cadencia de la unidad 3 con un motivo de sonoridad grave en el minuto 4`54`. La unidad es de sonoridad amplia/continua

- Cuarta Unidad
    - 4'59". El comienzo de esta unidad es evidente, porque ha desaparecido el sonido en segundo plano que estaba en la unidad 2, creando una separación de unidades. Sólo se presentan sonidos muy breves dando una sensación rítmica sin un pulso evidente, desde el 5'12", hay un sonido presente muy tenue tipo grano como en un segundo plano. En el 5'20", aparece un motivo breve de mayor amplitud compuesto por dos sonidos, uno es un golpe en los canales 6, 7 y 8, acompañado de un sonido de tesitura aguda y de duración continua con una intervención breve de ataque rápido, que lo afecta en su inicio, el sonido agudo va desapareciendo hasta el 5'27" donde un breve silencio precede la aparición de un sonido de tesitura grave, duración corta, que se repite acelerando su aparición y disminuyendo su amplitud, lo cual concluye con la aparición del motivo de tesitura aguda del minuto 5'20", esto sucede en el minuto 5'35". Sonido agudo y de duración continua acompañado de sonidos de duración corta, el sonido agudo se interrumpe

por un sonido grave y profundo de duración corta. Desaparece el sonido agudo y queda una resonancia del sonido grave y profundo que va decayendo de a poco. En el minuto 5'53" aparece de nuevo un sonido tipo golpe de gran amplitud, que da paso a una aparición intercalada de sonidos cortos de la segunda unidad y el sonido continuo y agudo de esta unidad. El final de la unidad es similar a las secciones anteriores donde hay una intervención de gran amplitud con un fuerte ataque que va disminuyendo rápidamente dejando un sonido de segundo plano como una resonancia que da inicio a la siguiente unidad. Sonoridad amplia/breve

- Quinta Unidad
    - 6'15"desde este momento aparece el sonido grave y en segundo plano sólo tiene pequeños cambios de amplitud o intensidad, en el 6'25" aparecen sonidos cortos en distintas tesituras que van acumulando cada vez más actividad hasta el 6'59". Entre los sonidos que aparecen se reconocen varios que ya han aparecido anteriormente en la obra, incluso el sonido continuo y agudo de la sección anterior. Esta sub unidad termina abruptamente con un sonido de campana pequeña que está en casi todos los canales menos en el canal 6. Al desaparecer el decae(de la campana pequeña, se escucha el sonido de segundo plano de esta unidad. En el 7'05" aparece una intervención de un golpe repetido que se acelera y va disminuyendo su amplitud similar al final de la unidad la unidad 2, es el momento de una subunidad de intervenciones de sonidos de la primera unidad y el sonido agudo y continuo, los golpes bajos repetidos y disminuyendo, dentro de esta subunidad hay un momento de gran actividad entre el minuto 7'37" y el 7'54" el cual esta intervenido en el comienzo y el final, por el sonido grave repetido, el cual va disminuyendo y acelerando. Desde el minuto 7'55"queda un material de

sonoridad continua y tesitura aguda hasta el minuto 8'03", en ese momento aparece el sonido grave del comienzo de esta unidad, repetido, disminuyendo y acelerando, se escucha la campana, dando paso a la última sección de esta unidad, la cual está compuesta por sonidos continuos de poca amplitud, con algunas variaciones timbrísticas, no hay sonidos nuevos. Entre la unidad 5 y 6 hay un silencio. La aparición nuevamente de un silencio nos puede dar luces de una sección pensada por el compositor a modo de coda. La unidad estructural es de sonoridades media/breve o amplia/breve

- Sexta Unidad
    - 8'46" comienza esta unidad con sonidos que retoman elementos de la unidad 1, intervenciones de dos sonidos, continua con variaciones timbrísticas y sonidos muy cortos de tesitura media. El sonido más presente es el de sonoridad continua, que se presenta con variaciones como por ejemplo, sonidos tipo grano, en el 10'17" se escucha un sonido tipo grano que se puede distinguir como un tremolo, sobresale por lo novedoso pero no es de gran protagonismo en el plano, en relación con los otros sonidos presentes, su duración es breve y luego reaparece en segundo plano. Hay pocas intervenciones de sonido tomadas de secciones anteriores de la obra, pero claramente se puede evidenciar un final abrupto de la obra. El final es repentino un solo golpe fuerte precedido por algunas apoyaturas en distintos canales. Sonoridad de la unidad es Media/continua

La obra consta de 6 unidades estructurales, con un sonoridad dominante que proviene de los distintos sonidos del tambor.

4.1.2.2. Ira, 2010

Obra compuesta por Juan Mendoza, Chile el año 2010, en formato de 8 pistas. Fue presentada en el Festival Aimaako del año 2010, esta obra utiliza como material sonoro la voz humana, no con narraciones ni melodías cantadas, sino con sonoridades como gritos, llantos, murmullos y diálogos superpuestos.

Figure 4-5

Imagen muestra las distintas unidades estructurales determinadas de la obra "Ira" del compositor Juan Mendoza.

En la imagen de la obra "Ira" (8 canales) de Juan Mendoza, se puede observar la obra clasificada en 8 unidades según el análisis estructural de sonoridades y amplitudes.

Análisis estructural.

- Primera Unidad
    - 0´0´´ hasta los 3´´silencio, en ese momento comienza un sonido, que es un grito de mucha energía, con un gran ataque, sonoridad continua de tesitura

media, este sonido sólo se presenta en las pistas, 4, 5, y 8 y dura hasta los 12´´. En la pista 8, es reconocible una sonoridad de voz masculina, un grito largo y sostenido sin ningún apoyo que dura hasta el 13´. En la pista 4, se presenta un grito de voz masculina pero más agudo que la pista 8, mezclado con una voz femenina muy aguda que tiene una sonoridad continua de mayor duración que la voz masculina, la cual se calla a los 10´´, queda solo la voz femenina que se apaga abruptamente a los 15´´. En la pista 1 y 2 aparece otra voz masculina con una fade in muy largo, esta aparición marca una sub unidad en la primera unida estructural, la cual se produce a los 12´´y es perceptible por un cambio de timbre en la sonoridad de la suma de todas las pistas. Las voces de las pistas 1 y 2 se callan en el 15´´al igual que la pista 4, de manera paralela a esto, en las pistas 5, 6 y 7 se escucha el mismo sonido de la pista 3, una voz procesada de baja amplitud que comienza a los 8´´ y el 15´´se funde con la unidad 2. La unidad temática de esta primera sección es claramente la sonoridad de la pista 8, por ser la más preponderante y de mayor actividad. Su sonoridad es continua y de tesitura media.

- Segunda unidad.
  - 018". Comienza con sonidos de duraciones medias y de tesitura variable, pero no muy amplia. El sonido es un llanto, en la pista 8. En la pista 1 y 2 se percibe un sonido brillante y largo como metálico, es el procesamiento de sonidos de la primera sección. En este caso la unidad temática es la pista 8. Esta es una sección muy corta por lo que la primera y segunda sección podrían ser una sola unidad con dos subsecciones en su interior. Esta unidad es de sonoridad continua y tesitura amplia.

- Tercera Unidad.
  - 48" Se mantiene el sonido muy largo y agudo que viene desde la primera unidad en los canes 1y 2, la tercera unidad comienza con un sonido de ataque

rápido y una decaída media, el sonido se reconoce como un suspiro o un jadeo femenino. Este suspiro sólo está presente en los canales 4-6-8. Desplazándose en esos canales, como un canon, suponiendo que debería dar la impresión de desplazamiento en el espacio. En el 51", comienza un sonido largo y agudo como una nota aguda de voz femenina, en ese mismo instante el sonido agudo que estaba en el canal 1 y 2 decae en su intensidad y desaparece, comienzan unos sonidos de gritos que son como la imitación de los canales 7 y 8. En el 57´´, en los canales 5 y 6, aparecen dos sonidos continuos de voz femenina muy agudos, que son claramente nuestra unidad temática, con una variación de altura. Esta unidad temática está repartida en cuatro canales, del 5 al 8. Esta unidad temática termina en el 1'15". Con un respiro similar al suspiro del comienzo de la unidad tres. La unidad tres continua con un suave sonido muy largo, sin mayor actividad hasta el 1'44", a partir del 1'30" comienza una unidad de transición donde un suspiro de voz femenino da finalizada la unidad tres y comienza la unidad 4. Esta unidad es de tesitura aguda y sonoridades continuas.

- Cuarta Unidad
    - 1'44" Comienza con un sonido que viene de la unidad de transición, comienza un llanto. Sonidos de guagua llorando en los canales 7 y 8. Desde el canal 8 comienza un sonido pedal que es una voz procesada que se desplaza hasta el canal 1 provocando una pequeña trayectoria espacial. Sobre esta trayectoria aparece un motivo, que se puede identificar como el llanto de un bebe con algunos procesos, aparece primero en la pista 7 y 8 y se desplaza a las pistas 6 y 7. Tesitura media y sonoridad continua.

- Quinta Unidad
    - 2'55". La unidad 5 comienza abruptamente con la aparición de un sonido largo pero con mucha actividad interna, como el sonido ambiente de una ciudad. Este sonido solo, está más presente en los canales 5 y 6. En los canales 1 al 4 se

escucha un sonido ambiente pero de muy baja intensidad, los canales 7 y 8 no presentan actividad. El sonido es muy reconocible como un terminal de trenes o un lugar concurrido. La actividad en los distintos canales aumenta progresivamente, dando la sensación de mucha gente. Entre los sonidos se distingue un sonido de tren actual pero escuchado desde su interior. Desde el 4'56" comienzan a aparecer motivos de la unidad, esto podría ser una sub unidad dentro de la unidad 5 por contener material que viene desde el comienzo de la unidad 5. Pero para esta ocasión se considerará como el comienzo de unidad 6. Tesitura media y sonoridad continua.

- Sexta Unidad
  - 4'56" La actividad sonora en todas los canales aumenta, aparece un sonido más protagonista a modo de ostinato, entre los sonidos de trenes hay un jadeo y golpes, sonidos cortos y tesituras medias, el jadeo aumenta dando mayor tensión a la unidad junto con los golpes. Tesitura media y sonoridad continua.

- Séptima Unidad
  - 6'47" El comienzo de la unidad 7 se manifiesta por la aparición de un ritmo de batería, son los mismos golpes que aparecieron en el final de la unidad anterior, pero esta vez de manera evidente haciendo un ritmo, presente sólo en los canales 5 y 6. En los canales 1 y 2 no hay actividad. Vuelve a aparecer el sonido metálico de larga duración de las primeras unidades, pero en un registro mas grave. El sonido de la muchedumbre está en segundo plano, se comporta como una masa sonora de frecuencia amplia y larga continua. Con el ritmo que impone la batería comienzan a parecer sonidos sintetizados. Sobre los sonidos de gritos largos y sostenidos de tesitura media aparecen sonidos de llantos de niños, este unidad 7 es claramente el final de la obra tomando materiales ya expuestos pero colocados en un nuevo contexto, sobre el ritmo de la batería. Reaparecen sonidos largos de gritos. La tesitura es amplia de sonoridades

medias, en este caso se puede tomar la batería como unidad temática o las masas sonoras de las voces, en esta ocasión se tomará la primera opción como unidad temática principal pero que convive con otras sonoridades de menor desarrollo y presencia.

- Octava Unidad
    - 8'14" Comienza solo con el sonido de batería, en seguida aparecen sonidos de tesitura media grave y voces, junto con un pedal bajo y muy largo, 8'56" persiste el ritmo batería, hay un sonido repetido muy rítmico pero que no tiene relación con el sonido de la batería. Reaparecen este final casi todos los sonidos anteriores pero procesados en un crescendo y corte final y abrupto. Esta unidad es tesitura amplia y sonoridades medias.

La obra "Ira" contiene 8 unidades temáticas, al hacer un análisis de la forma general basado en este primer análisis de unidades estructurales, la obra al ser creada con un material muy claramente identificable, como son las voces humanas es de una cualidad tímbrica muy homogénea y de expresiones reconocibles, como los gritos y los llantos, el ritmo final de batería parece haber sido hecho sobre algunos de los materiales sonoros presentados antes y luego procesados. En el material expuesto no hay muchos procesamientos salvo las últimas unidades. A su vez, la actividad de cada canal es muy dependiente de los otros, apareciendo canales duplicados o con voces relacionadas. Esto hace que las unidades temáticas sean de características muy similares, las tesitura es en general media y de sonoridades continuas o medias. La diferencia de unidades temáticas se hace evidente con los cambio de actividad del material o la aparición de un nuevo elemento, pero no con cambios en las características sonoras de las unidades, siempre son voces.

4.2. Reducción

La segunda etapa de esta propuesta, es la reducción de canales, esta consiste en tomar los 8 canales de la obra original y cargarlas en un programa multipista a 2 canales. (Puede suceder que el sistema de escucha de 8 canales y 2 canales sea el miso, solo cambia la salida del sistema). Estos canales serán distribuidos en cada pista del programa según la ubicación original del formato a 8 canales, siguiendo el orden en el sentido contrario del reloj, quedando ordenado de la siguiente manera, en la pista 1 la señal del canal 1, en la pista 2 la señal del canal 3, en la pista 3 la señal del canal 5, en la pista 4 la señal del canal 7, en la pista 5 la señal del canal 8, en la pista 6 la señal del canal 6, en la pista 7 la señal del canal 4 y en la pista 8 la señal del canal 2, de esta manera se conserva el sentido circular de la distribución original, lo que permite un mejor manejo de la distribución en el plano horizontal de cada uno de los canales originales en esta etapa de reducción, quedando la información de los canales 1 y 2 en los extremos de las pistas, todo esto permite en el siguiente paso, realizar un paneo de cada canal original con mejor claridad.

canal	1	3	5	7	8	6	4	2
pista	1	2	3	4	5	6	7	8

Table 4-4

Esta tabla muestra como quedan ordenados los canales de la versión original en las pistas del programa multipista

Sobre reducción de multicanal a estéreo, hay algunas propuestas que dan luces a este trabajo, por ejemplo el método estándar para downmix que consiste en hacer reducción de canales, de señales multicanal, con ajuste de ganancia simple, método utilizado por Shih y Bai (2007) en su investigación, *Upmixing and Downmixing Two-channel Stereo Audio for Consumer Electronics.*

En dicha investigación los realizadores plantean dos alternativas para la reducción de canales para aparatos electrónicos de uso doméstico, el ejemplo que usan para la reducción a estéreo, es una grabación en formato 5.1 que es reducida a un teléfono móvil, para esto utilizan primero el método estándar para dowmix y luego un segundo método basado en HRTF, en sus conclusiones plantean que ninguno de los métodos sobresale como una mejor alternativa, pero en la encuesta a usuarios, el resultado más satisfactorio es el método estándar. En la misma investigación realizan también una experiencia sobre ampliación de canales, pasando una señal estéreo a 5.1, así de esta parte de la investigación se puede destacar que los métodos usados en base a reverb, resultaron más satisfactorios para los encuestados. Dada la importancia que ello adquiere, el método estándar y el uso de la reverb serán elementos a considerar en los siguientes pasos de esta tesis.

Posteriormente, se hará un paneo en cada pista para comenzar su proceso de espacialización en formato estéreo. Cabe recordar, que a lo largo de los años han surgido muchos sistemas de reproducción de sonido, los cuales aseguran conseguir una inmersión en el ambiente sonoro cada vez más real. Sin embargo, aún existiendo esos sistemas, como se mencionó en la sección 2.3.4, todos ellos se basan únicamente en tres técnicas diferentes o, a lo sumo, en una combinación de éstas. Dichas técnicas son:

- Sistemas basados en el efecto phantom
- Reconstrucción binaural de las señales en los oídos
- Síntesis del campo sonoro alrededor del oyente

La ubicación de los canales en el plano horizontal, toma en consideración la capacidad que tiene el sistema auditivo de poder localizar la fuente sonora con mucho más precisión que si esta ubicada al costado o atrás del oyente, al respecto, Kendall y Cabrera (2011), dicen lo siguiente , “considere cómo la agudeza espacial auditiva, varía con la dirección de la fuente de sonido. En frente del oyente la falta de definición de la

localización es de ± 3-6º, y a los lados ± 9-10º. Por encima de la cabeza y un poco en la parte trasera, la falta de definición de localización vertical es ±22º".

La decisión para ordenar cada pista en el plano horizontal, puede tener varias opciones, como por ejemplo utilizar la propuesta presentada en la investigación "Automatic mixing: live down mixing stereo panner" de (Perez & Reiss, 2007). En dicho texto se formula una manera de distribuir cada pista, en forma ordenada frente al oyente. El algoritmo fue pensado para ser implementado en un controlador MIDI, por lo que los valores de medición usados tienen un rango de 0 a 127, siendo el valor 0 el que corresponde al lado izquierdo, 64 el centro y 127 el lado derecho.

Los canales 1 y 2 se ubican casi frente al auditor, en un ángulo de 9.2º, las pistas 3 y 4 quedan a 26º, las pistas 5 y 6 quedan a 42º y las pistas 7 y 8 quedan en un ángulo de 60º, en los extremos. Si se grafica lo propuesto por Pérez y Reiss, la distribución queda más o menos así:

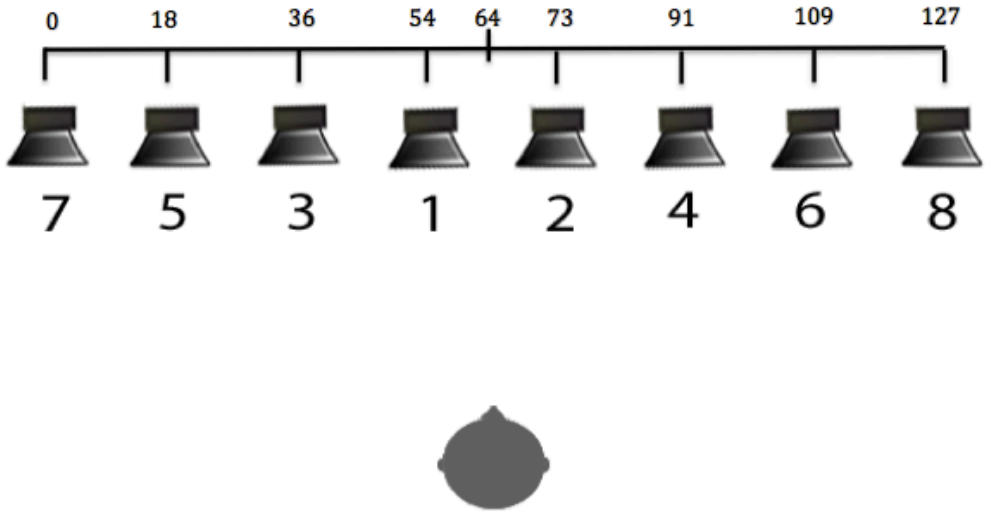

Figure 4- 6 Paneo de pistas frente al auditor ordenadas de manera regular, diagrama según la propuesta de Pérez y Reiss.

Otra opción es tomar como criterio, para la ubicación de las pistas en el plano horizontal, la localización auditiva. Esta opción deja a los canales 1 y 2 intactos en la localización frontal, los canales 7 y 8 centrados en una sola señala mono, tomando en consideración que la audición de los canales 7 y 8 es difusa y menos clara que los demás. Los canales 3 y 4, más abiertos cerca de los canales 1 y 2, y los canales 5 y 6 más centrados, cerca de los canales 7 y 8. Los canales impares 3 y 5 se ubican a la izquierda y los canales 4 y 6 hacia la derecha. Quedando distribuido como muestra la siguiente figura, de esta manera cada canal queda en el mismo orden que están distribuidos en las pistas del programa multipista. La fuentes virtuales que se crean en este paneo quedan aproximadamente así, los canales 5 y 6 están a 28º, las pistas 3 y 4 quedan aproximadamente a 46º y los canales 1 y 2 quedan a 60º, y los canales 7 y 8 quedan ubicados el centro de la mezcla, 0º.

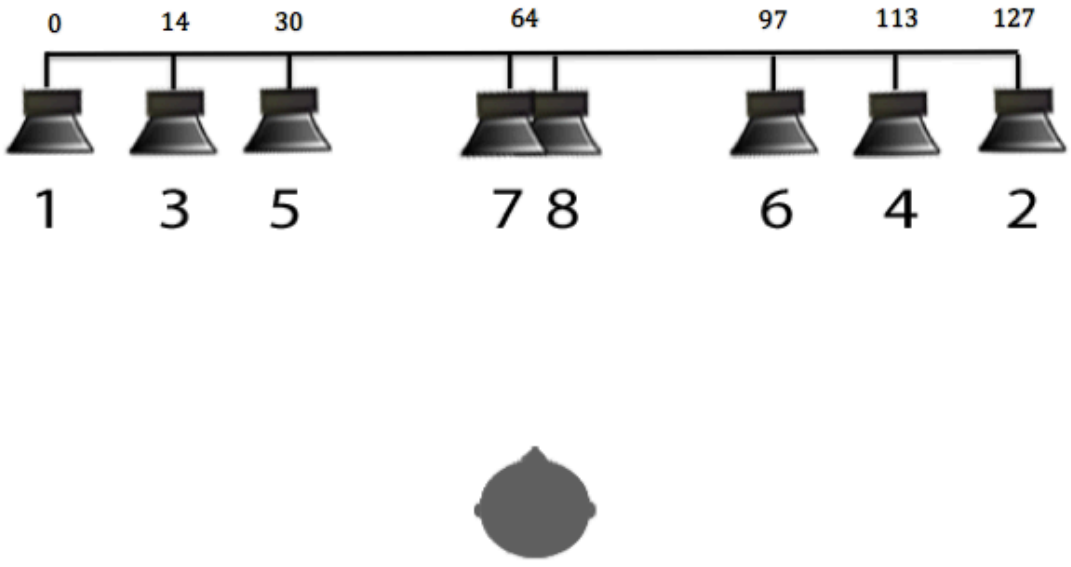

Figure 4-7 Esquema de parlantes para el paneo de las pistas según la propuesta de esta tesis.

Una vez ubicado el paneo en el plano horizontal de cada una de las pistas, se procederá a la aplicación de un filtro pasa bajo. Este filtro será aplicado solamente a los canales 5, 6, 7 y 8, el objetivo de la aplicación del filtro, es simular la sonoridad que tienen estos canales, en un oyente situado en el sweet spot, en una audición a 8 canales, esto sucede porque el pabellón auricular actúa como un filtro, y modifica el espectro del sonido percibido, determinando un aumento en la sensibilidad (especialmente en altas frecuencias) hacia el frente del auditor, (Escobar, 2008).

El filtro en los canales 5 y 6, será un corte a partir de las 10000 Hz para atenuar las frecuencias agudas, y en los canales 7 y 8 el corte de frecuencia se hará en las 8000 Hz. Los valores propuestos para el corte de frecuencia son relativos y van a depender del material que exista en cada una de las pistas para aumentar o disminuir el pasa bajo. En las pruebas realizadas durante la elaboración de esta investigación se pudo apreciar que los valores propuestos entregan el mejor resultado.

Seguidamente a las pistas 7 y 8, que originalmente están ubicadas a espaldas del oyente, se les aplicará una pequeña reverberación que simulará un efecto de distancia muy leve, para diferenciarlas de los otros canales. Las pistas 1, 2, 3 y 4 no se les aplicará en esta etapa ni filtros ni reverberación, solo tendrán un ajuste de nivel y paneo.

Una vez que los valores de paneo, los filtros y las ganancias estén resueltos y permiten escuchar con mayor claridad las 8 pistas, se puede cotejar el resultado del análisis descriptivo, hecho anteriormente, en un sistema de 8 canales, con la audición estéreo, corroborando los materiales identificados y las secciones determinadas. Este segundo análisis entregará luces de la manera en que se debe dirigir la mezcla final y evidenciará las diferencias percepción sonora de la versión multicanal y la versión estéreo.

4.3. Mezcla final

En esta etapa de mezcla, una vez realizado el análisis de la obra e identificados los materiales que conforman cada unidad estructural, en el programa multipista se crean 2 canales auxiliares, al primer canal auxiliar se envían las señales de las pistas 1, 4, 5, y 8, en estas pistas se encuentra el material original de los canales 1, 2, 7 y 8, que conforman los canales frontales y traseros del formato a 8 canales, el que se llamará grupo 1. En el segundo canal auxiliar se envían las señales de las pistas 2, 3, 6 y 7, en estas pistas se encuentra el material de los canales originales 3, 5, 6 y 4, que conforman la información de los canales laterales del formato original, el que se llamará grupo 2. A la entrada de los canales auxiliares, grupo 1 y grupo 2, se les aplica un limitador de ganancia, antes de ser enviados a un canal master, el cual a su vez será masterizado para su fase final.

Antes de masterizar, el canal auxiliar 1 o grupo 1, se someterá a un proceso de espacialización por medio de la técnica M&S, para así lograr una mayor sensación del espacio, entre las señales 1, 2, 7 y 8. Al canal auxiliar 2, se le aplicará una técnica, que permita acentuar el paneo propuesto en el punto 4,1, y reducir el crosstalk, para esto existen dos posibilidades, primero se puede acentuar la sensación de que una señal está recostada hacia un lado del auditor, por ejemplo recreando el efecto Hass con el uso de un retardo inserto a una de las señales, que permite modificar el ITD de la señal o bien, aplicar una inversión de fase a las señales. La elección de una u otra técnica se tomará en virtud de los materiales que conforman cada unidad estructural de la obra. En las pruebas realizadas, el efectos Hass resultó mas efectivo en todo le rango de frecuencias a diferencia de la inversión de fase, que en los rangos graves no presentó el resultado esperado.

El último paso este proceso consiste en la ecualización del grupo 2, esto se realiza en cada unidad estructural, según la sonoridad que conforma el motivo de la unidad, las curvas generadas en cada filtro están basadas en la información presentada en los capítulos 1, Localización y capitulo 3, Mezcla y Masterización

Las propuestas de ecualización para cada una de las secciones de la obra, en el grupo 2, tienen como objetivo, restituir la imagen espacial de la obra original y recuperar cualidades del material que compone cada unidad estructural de la obra y que se modifican al reducir de 8 a 2 canales. Se recomienda ser cuidadosos con lo invasivo que puede ser el filtro, éste funciona sólo como un modesto maquillaje, no es un disfraz.

4.4. Mezcla final de la obra *The Secret life of a Snare Drum*, (2006) y "Ira" (2010)

A modo de ejemplo, se mostrarán las propuestas de ecualización en la obra de Vladimir Djambazov, "*The Secret life of a Snare Drum*", (2006), analizada en la sección 4.1.3.1 y a continuación las obra "Ira", analizada en el capitulo, 4.1.3.2, en este segundo ejemplo solo se presentaran las curvas que no están presentes en el primer ejemplo.

- La primera unidad estructural es de tesituras medias y duraciones continuas (125Hz<*f*< 2000Hz), en el rango de las tesituras medias es donde el oído es mas sensible a los cambios (Gelfand, 2010), se puede realzar alrededor de los 125 Hz y los 1000 Hz, para dar una sonoridad más cálida y obtener más presencia, como lo proponen, Katz, (1994), Gibson, (2005) y Izhaki, (2008). Para duraciones continuas, es recomendable usar un ancho de banda grande, factor Q 1, pero también va a depender dentro del rango en se encuentra la sonoridad más destacada. Como recomienda Bob Katz, en los rangos donde queremos ser más precisos el factor Q debe ser más angosto. En esta sección de la obra, se realiza un realce de 5,5 dB, en los 200 Hz con un factor Q de 5 y un realce de 6 dB, en los 1500 Hz, con un factor Q mas ancho, 1, esto nos permiten acentuar la localización del material presente en esta sección. Además se aplica un pasa bajo con un corte en los 15600 Hz para

contrarrestar las frecuencias medias que componen la pieza. Al igual que el pasa alto con un corte en 60 Hz, para enfatizar las tesituras medias, es preferible sustraer que realzar (San Martin, 2008), como muestra la siguiente figura:

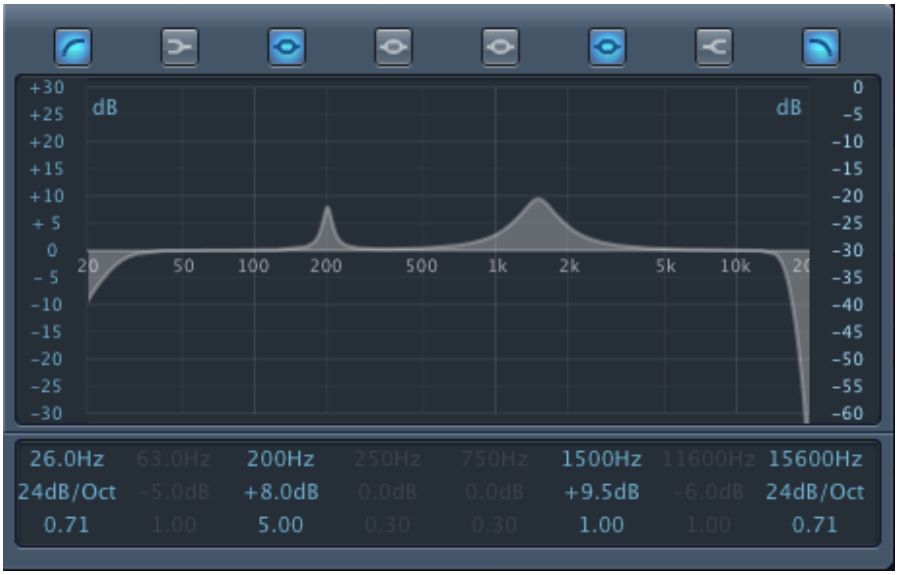

Figure 4-8

Curva de ecualización tipo propuesta para sonoridades medias/continuas, en este caso la curva propuesta es la realizada para la primera sección de la obra The Secret life of a Sanre Drum, (2006)

- La segunda unidad estructural es de tesitura amplia y sonoridades breves: (20 Hz <*f*< 20.000Hz). En esta sección de tesituras amplias, el motivo estructural determina el uso y aplicación de los filtros. La actividad del material en este sección se presenta en casi todo el espectro, primero se observa actividad desde los 11000 Hz hacia arriba, como también en la parte más grave del espectro, 20 Hz – 100 Hz, para realzar esto se aplica un filtro shelving con solo 5 dB de realce y con un corte en los 6200 Hz, la sección aguda, aplicando lo recomendado en la tabla 3-1, en la sección grave es realzada con un filtro shelving de 4,5 dB y con un corte en los 48 Hz, el realce de los extremos del espectro pueden perjudicar el material contenido en la

sección y presentar problemas en la localización de las fuentes si se realza demasiado el rango, la percepción auditiva en estos rangos es muy débil lo que pude llevar a errores, esta sección de las frecuencias el umbral de percepción es mas pobre que el resto del rango, para controlar esto se aplica un realce en las secciones del espectro donde se concentra la mayor actividad de los motivos estructurales, en este caso en los 162 Hz y los 1000 Hz de 10 dB respectivamente y un factor Q de 2,5 y 2 respectivamente, como muestra la figura siguiente

Figure 4-9

Curva de ecualización, para la segunda sección de la obra, la cual contiene tesituras amplias y sonoridades breves.

- La tercera unidad estructural es de tesitura amplia y sonoridad continua: este tipo de sonoridad es la que contiene mayor información del espectro, por lo que la aplicación de filtros es muy delicada, (Gelfand, 2010), en este caso la sección contiene sonoridades continuas que se presentan como motivos estructurales de la sección. Para destacar las sonoridades continuas que están presentes en los 200 Hz y en los 2000 Hz, se aplica un realce de 9dB y con factor Q de 1,5, para los primeros, esto permite, además, que los indicios entregados por la ITD ayuden a la localización

en el plano horizontal. De la misma forma se aplica un realce de 8.5 dB en los 2000 Hz, con un factor Q de 1,5. Al igual que la sección anterior, se realza 3 dB los extremos del rango de frecuencias para mantener la sonoridad amplia de la sección con un filtro shelving, con un corte de frecuencia de 48 Hz en la zona grave y un corte en los 6200 Hz en los agudos. Como se muestra a continuación:

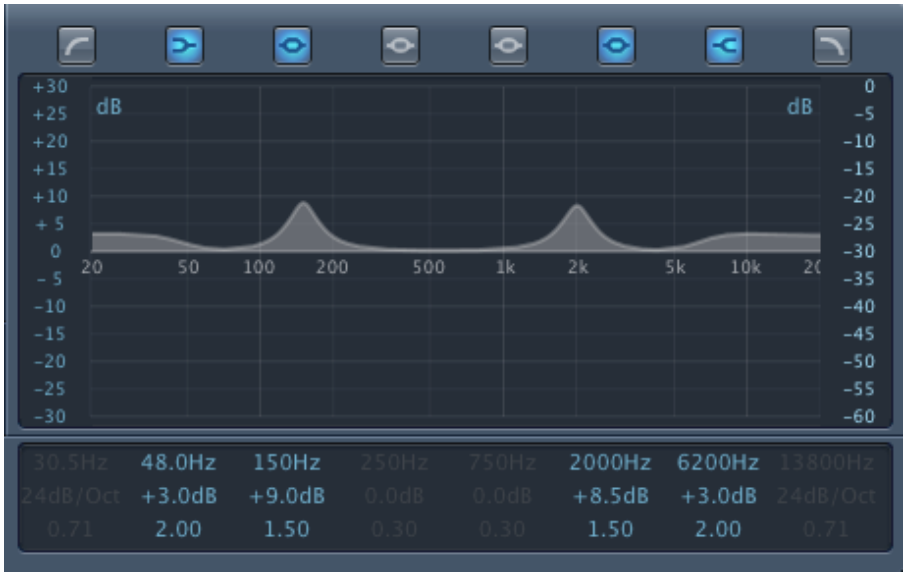

Figure 4-10.

Curva de ecualización para la tercera sección de sonoridades amplia y continua.

- La cuarta unidad estructural es de tesitura amplia y sonoridad breve, similar a las segunda sección de la obra, por lo que los filtros aplicados son los mismos de la segunda sección como se aprecia en la figura siguiente:

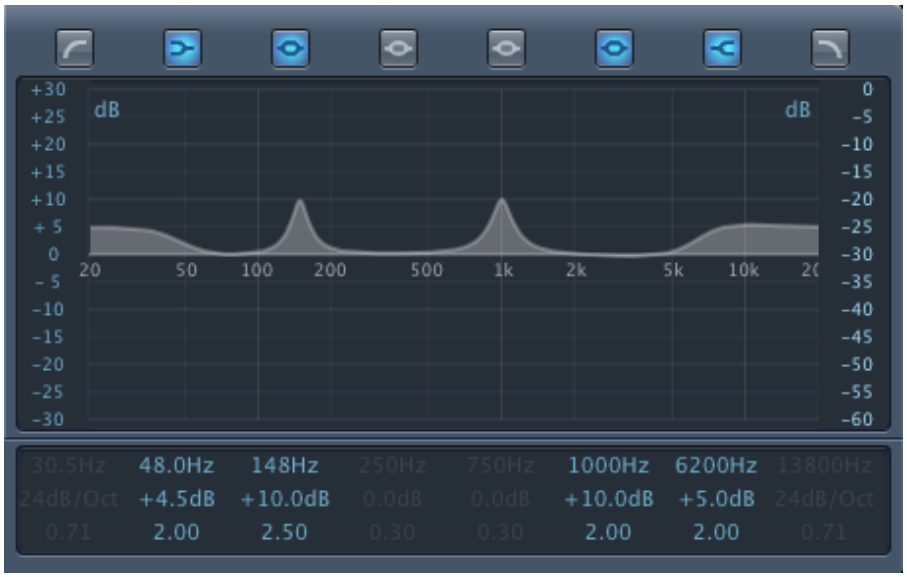

Figure 4-11

Curva de ecualización tipo para tesitura amplia y sonoridad breve de la cuarta sección.

- La quinta unidad estructural es de tesitura media y sonoridades breves, como se vio en la sección 1 las tesitura media es donde el oído es mas sensible a los cambios (Gelfand, 2010), se puede hacer un realce de las frecuencias medias, en los 152 Hz y los 1000 Hz. El realce de estos rangos, permiten una mejor localización en el espacio al presentarse ese rango de frecuencia con mayor nitidez. Esto permite más claridad de las sonoridades breves, como muestra la figura siguiente

Figure 4-12

Muestra la curva de ecualización de la quinta unidad para tesituras media y sonoridades breve

- La sexta unidad estructural es de tesitura media y sonoridad continua, similar a la primera sección de la obra, por lo tanto se aplicará un filtro similar, como se ve a continuación:

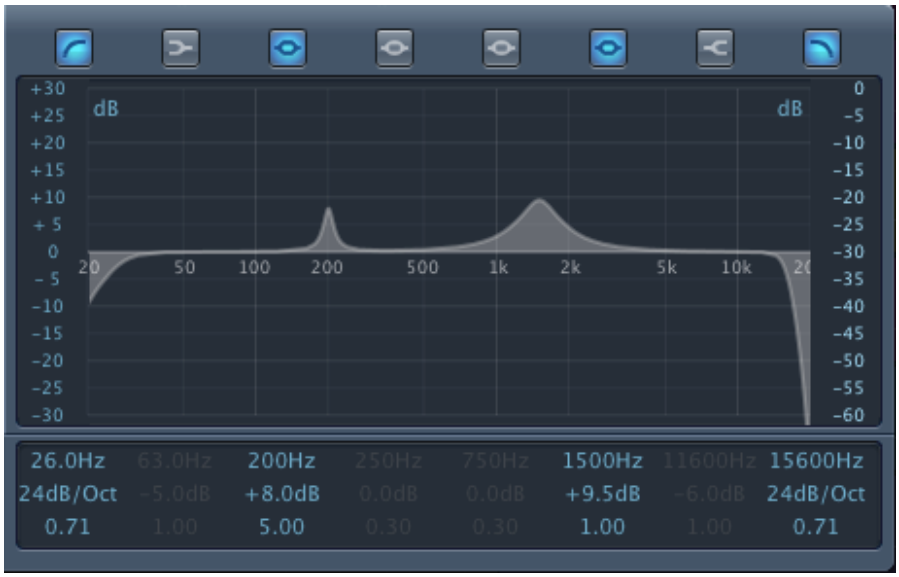

Figure 4-13

Muestra la curva de ecualización para tesituras medias y sonoridades continuas de la sexta unidad.

La obra “Ira” presenta algunas unidades estructurales similares a la obra anterior por lo que solo se indicaran las sonoridades de las unidades no presentadas anteriormente.

- Unidad 3, Aguda y continua: Para las sonoridades agudas y continuas es recomendable el realce de frecuencia utilizando un filtro pasa banda con un ancho de banda factor Q de 4,5 o 4,0. El rango más recomendable de trabajo es entre los 3000Hz y los 5000 Hz, de esta manera se obtiene mejor presencia y claridad. Si la unidad estructural lo requiere, se puede aplicar un pasa alto y realce de las frecuencias agudas desde los 10000 Hz, recordar que se puede provocar estridencia si se aumenta el nivel exageradamente. (Katz, 1994). Como muestra la siguiente figura:

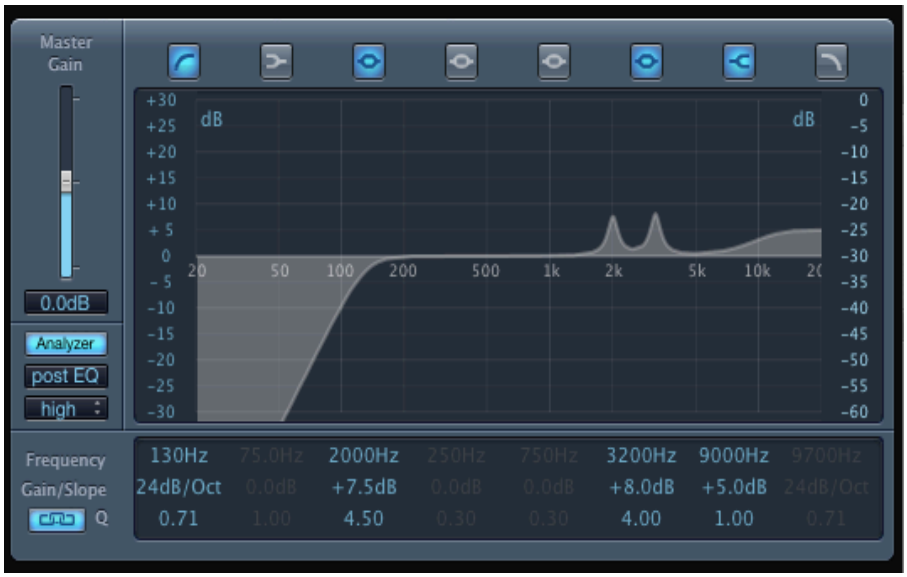

Figure 4-14

Curva de la ecualización recomendada para sonoridades agudas y continua

- Unidad 6: Tesitura amplia y duración media. Como esta sonoridad es de frecuencia amplia, el trabajo va a depender de qué frecuencia es preponderante o qué espectro de la frecuencia se va a priorizar, de preferencia realzando alrededor de los 150 Hz y alrededor de los 2000 Hz. Con un factor Q, 2,0, para sonoridades de duración media como muestra la siguiente figura

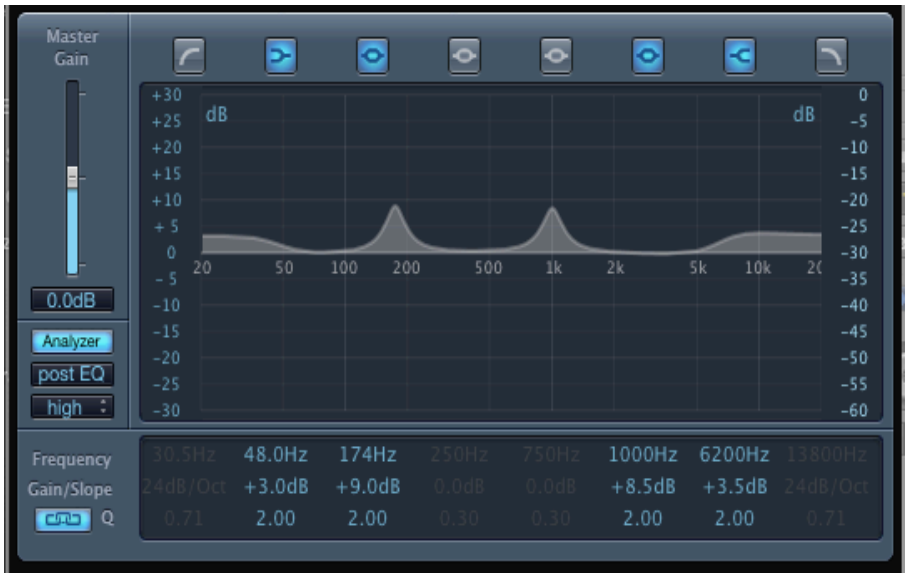

Figure 4-15

Curva de la ecualización recomendada para sonoridades de tesitura amplia y duración media.

En la parte final del proceso, los grupo 1 y 2 son enviados al master, aquí algunos de los libros consultados recomiendan la aplicación de un compresor por banda si fuese necesario, en el caso de los ejemplos mostrados no se aplicó. El último paso es hacer la copia estéreo de la obra reducida a 2 canales..

Para terminar esta propuesta, se presentan las recomendaciones, para la aplicación de filtros, de las sonoridades no expuestas en los ejemplos anteriores.

- **Aguda/media**: (2000 Hz <*f*< 20.000Hz). Para esta sonoridad se repiten algunas recomendaciones anteriores de las sonoridades agudas, para el realce de sonoridades de duración media es recomendable trabajar con un ancho de banda mas grande, factor Q 2.0, centrado dentro del rango de los 3000Hz y los 5000 Hz., como muestra el ejemplo:

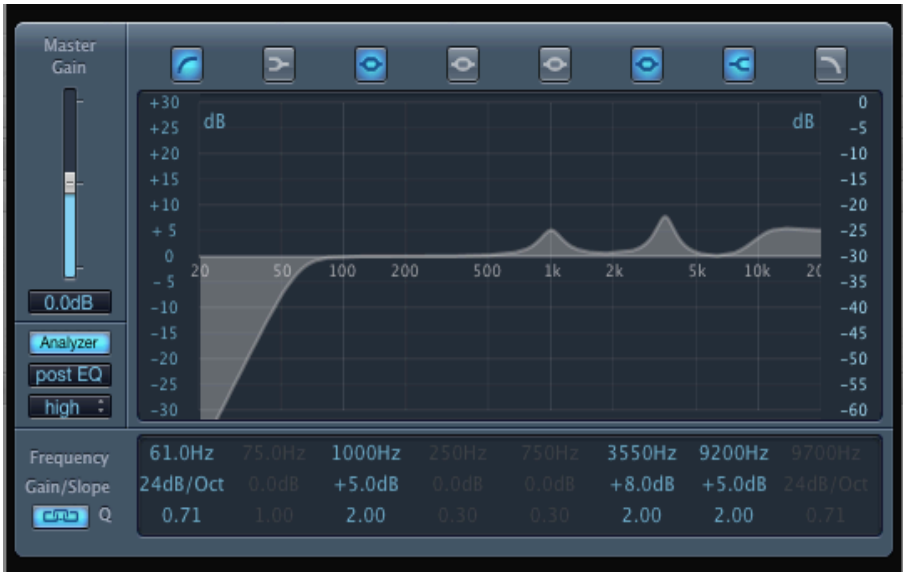

Figura 10. Muestra la curva de ecualización tipo para sonoridades agudas/media

- **Aguda/breve**: (2000 Hz <*f*< 20.000Hz). Para esta sonoridad, se repiten algunas recomendaciones de los números 1 y 2. Para el realce de sonoridades de duración breve es recomendable trabajar con un ancho de banda muy angosto, centrado dentro del rango de los 3000Hz y los 5000 Hz. Como los sonidos agudos de duración breve pueden convivir con otras sonoridades que están presentes en el segundo plano, aquí hay que verificar si es más efectivo el realce de los agudos y restar o realzar las sonoridades graves que puedan ocultar las sonoridades agudas, como muestra el ejemplo:

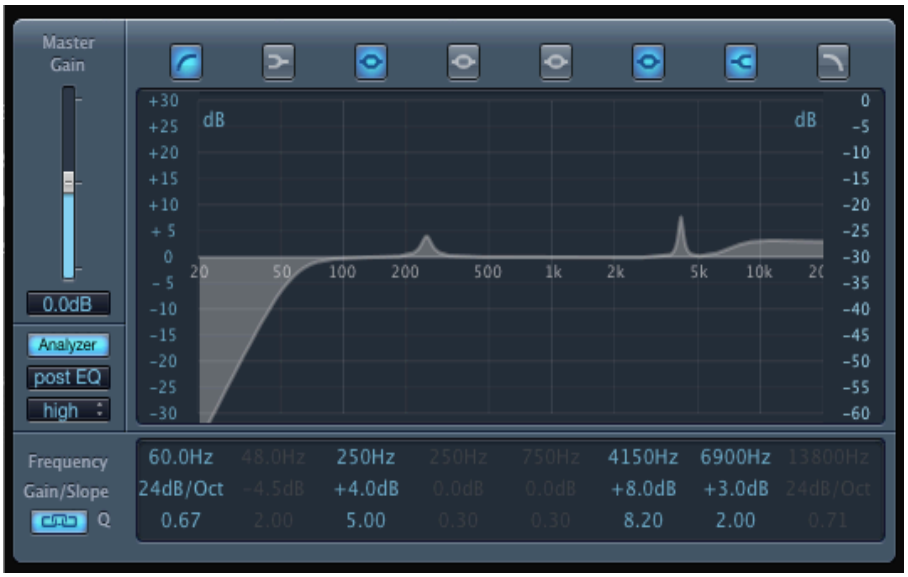

Figura 11. Muestra la curva de ecualización tipo para sonoridades agudas/breves

- **Medías/media**: (125Hz<*f*< 2000Hz) En esta sonoridad se pueden aplicar algunas de las recomendaciones del numero 4, para otras ocasiones las sonoridades de duración media, se recomienda incrementar alrededor de los 4000 Hz para darle mayor presencia a las sonoridades Medias/medias. Si en las sonoridades Medias/medias incrementamos el rango de los 200 Hz a los 400 Hz, obtendremos sonidos con más cuerpo dentro de este rango, pero a su vez si reducimos este rango se producen sonidos distantes y sin cuerpo. La figura siguiente muestra un ejemplo de curva de ecualización para la sonoridad media / media:

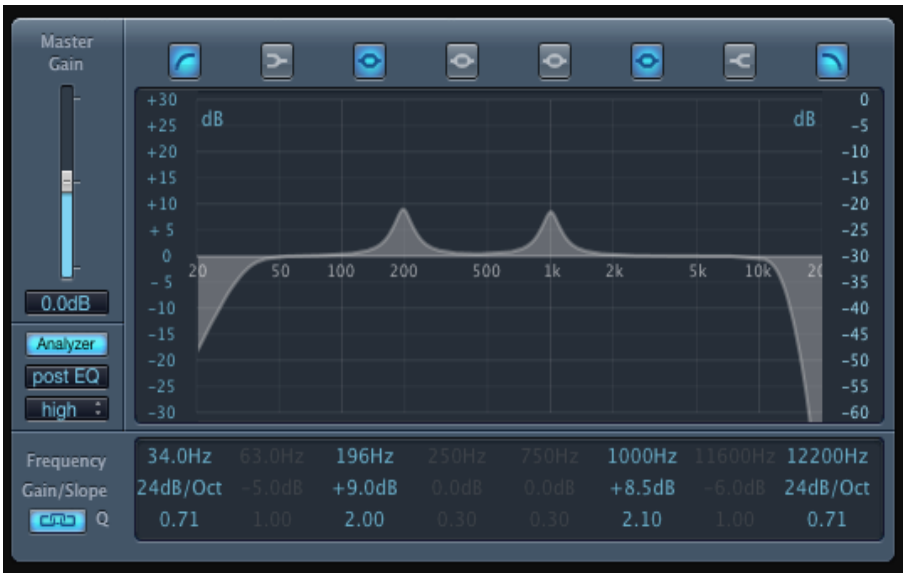

Figura 13. Muestra la curva de ecualización tipo para sonoridades media/media

- **Grave/continuas:** (16Hz<f<125Hz). El rango de las tesituras graves es de mucho cuidado, su mal filtraje puede dañar la sonoridad completa de la sección afectando a todos los rangos de frecuencias, el realce de este rango incrementa sonoridades muy resonantes. La banda de graves suele ser una de las más complicadas de reproducir y su carga espectral debería estar destinada únicamente a eventos sonoros con información relevante en ella por lo que se recomienda, usar un ancho de banda fino para no perjudicar la definición del sonido, (Izhaki, 2008), por lo tanto para incrementar sonoridades continuas el ancho de banda no debe ser muy grande, el incremento de este rango da cuerpo a todo el espectro, creando sensación de profundidad a la mezcla. Si necesitamos que la sonoridad Grave/continua se destaque, podemos incrementar un poco el rango de los 1000 Hz hacia arriba, realzando muy poco las sonoridades alrededor de los 100 Hz. Como muestra la imagen siguiente

Figura 15. Muestra la curva de ecualización tipo para sonoridades graves/continuas

- **Graves/medias**: (16Hz<*f*<125Hz).Para destacar el sonido de tesitura grave y duración media es recomendable resaltar las sonoridades agudas desde los 1000 Hz hasta los 6000 Hz. Con un factor Q de 9,1, dependiendo de los materiales en segundo plano y un pasa bajo con corte en los5900 Hz. Como muestra la siguiente imagen.

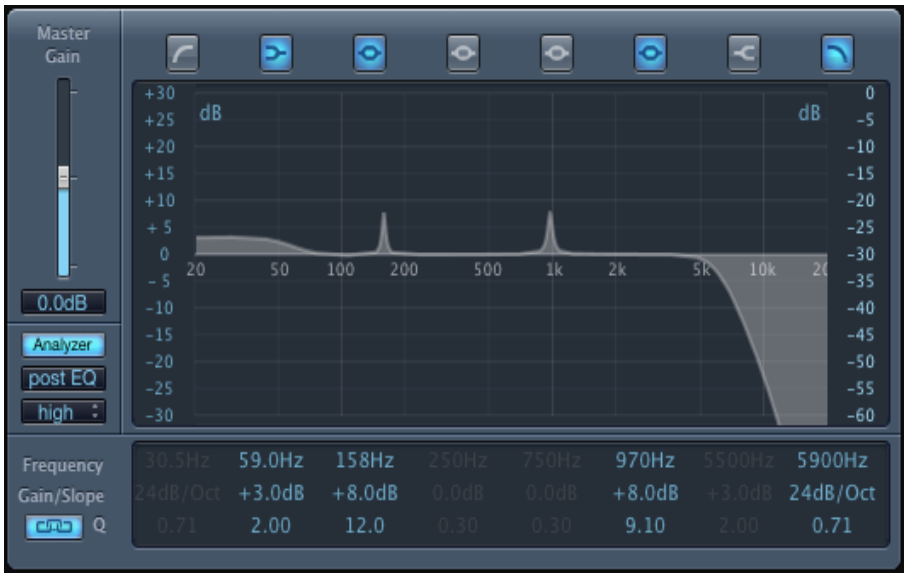

Figura 15. Muestra la curva de ecualización tipo para sonoridades graves/medias.

- **Graves/breve**: (16Hz<*f*<125Hz). Para destacar el sonido de duración media es recomendable resaltar las sonoridades agudas dentro de los 500 Hz. Como muestra la siguiente figura.

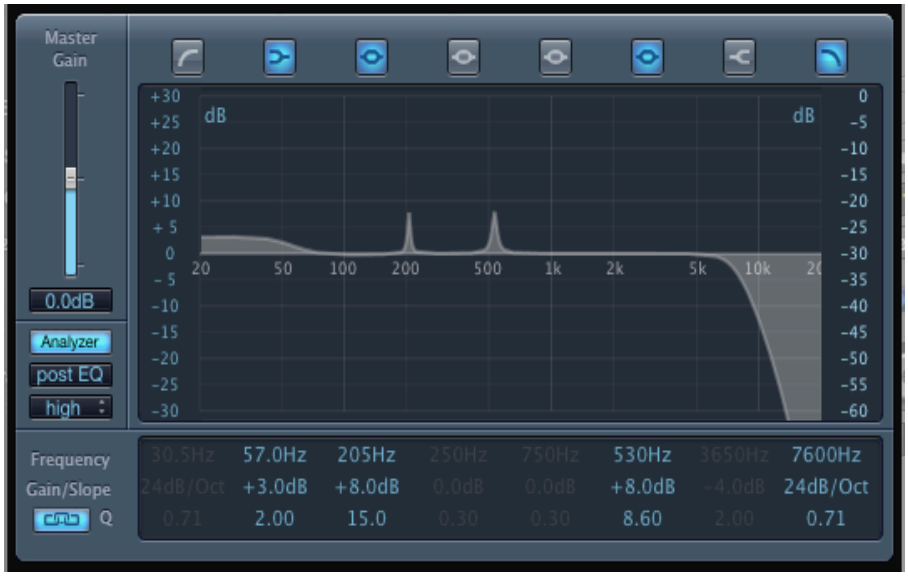

Figura 16. Muestra la curva de ecualización tipo para sonoridades graves/breves.

Conclusión

El proceso de análisis, reducción y mezcla desarrollado en esta investigación presenta un procedimiento que considera secciones y define materiales sonoros como elementos musicales determinantes de cada estructura, con esto se pueden alcanzar resultados más efectivos para trasformar una obra multicanal a formato estéreo. Ahora bien, respondiendo a la pregunta de la investigación planteada: ¿es posible rescatar o mantener ciertas características de la espacialización presentes en la obra original?, se puede responder que para esto se deben tomar en cuenta, principalmente dos aspectos, en primer lugar, las propiedades de localización del oyente, y en segundo lugar, el material sonoro que compone la obra. Tomando estas características, se logra que la reducción a 2 canales mantenga las principales características de la propuesta espacial presentada por el compositor.

No existe la mezcla perfecta, pero se procura con esta propuesta, como objetivo de la mezcla, mantener las cualidades del material sonoro propuesto por el compositor y no pasar sobre éste, manteniendo el rango armónico y dinámico en toda la obra.

Para esta propuesta de mezcla, se consideró en primer lugar, la localización, para recrear el espacio de ocho canales a un formato estéreo, tomando en cuenta todos los aspectos de la localización que tiene un auditor en el momento de la escucha y cómo es percibido el sonido desde distintos puntos del plano horizontal. En segundo lugar, para lograr una reducción y mezcla interesante y sólida, es necesario conocer el material del cual está compuesta la obra, este conocimiento nos permite trabajar de mejor manera el proceso de mezcla, pudiendo realzar los materiales más importantes de cada sección, estableciendo un modelo de análisis estructural y de sonoridades por cada unidad, considerando dos aspectos básicos del sonido, su frecuencia y su duración. No se consideraron directamente la amplitud ni el timbre en este proceso de análisis, aunque ambos influyen en la conformación de las unidades estructurales y de los motivos de la unidad. La amplitud al estar afectada en el proceso de reducción, se modificó en el

primer paso de la mezcla al ajustar los niveles de cada pista original, el timbre no se modificó ni se manipuló directamente por cuanto su modificación iría en directo perjuicio de la obra.

La propuesta de esta tesis se realiza desde dos variables vinculadas directamente en el proceso de reducción, por una parte los aspectos técnicos del sonido, la localización y la mezcla y por otra parte los elementos musicales que conforman la obra, se establece que estos aspectos, musicales y técnicos, son indisolubles y son dependientes uno del otro.

Los filtros probados en cada sonoridad, así como la codificación M&S, evidenciaron la utilidad de estos para la reducción y mezcla, siendo las sonoridades agudas y medias las que mejor respondieron a este proceso, también se pudo apreciar que es necesario tener en cuenta la incidencia de las sonoridades que se presentan en los segundos planos en cada sección, esta sonoridades dan pie para el desarrollo de filtros más específicos y precisos.

Esta investigación también da muestras del panorama de la música multicanal, la que abre mucha posibilidades creativas y de investigación, no obstante este crecimiento, lo multicanal ha descuidado y opacado el formato estéreo, el cual visto en la perspectiva de este trabajo, aun reúne muchas posibilidades creativas y de desarrollo vinculadas al proceso de mezcla y masterización.

Bibliografía

- Aguilar, A. (2006). El papel de los procesos de estructuración en el análisis de música electroacústica. Electroacoustic music studies network (EMS) MUSIC ACOUSTICA.
- Alcázar, A. (2008). Desde el altavoz: escuchas y análisis de la música electroacústica.
- Anderson, J. (2009). Transformadas clásicas de la imagen estéreo. Un análisis. In G. Basso, O. Di Liscia, & J. Pampin, Música y espacio: ciencia, tecnología y estética (pp. 127-159). Buenos aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Auger, Ë., & Koechlin, O. (2000). La musique électroacoustique: faire, entendre, connaître. Musiques tangibles. Paris.
- Baalman, M. (2010). Spatial composition techniques and sound spatialisation technologies. Organised Sound (15), 209-218.
- Basso, G., & Di Liscia, O. P. (2009). Audición espacial de sonido: conceptos básicos y estado actual de la cuestión. In P. L. G.Basso, Música y espacioa: ciencia, tecnología y estética (pp. 23-59). Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Belda Pérez, S. (2009). Contribuciones a la implementación de sistemas Wavefield Sintesis. Valencia. Rescatado de http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6685/tesisUPV3145.pdf.
- Bermejo, F., Gómez , M., & Arias , C. (2012). Movimientos de cabeza en la localización de sonidos directos y reflejados en participantes entrenados y no entrenados. Revista Tesis , 36-50.
- Blauert, J. (1997). Spatial Hearing. London, England: The Mit Press, Cambridge, Massachusetts.
- Busoni, F. (1907). Esbozo de una nueva estética de la música. sevilla: Doble J.
- Cádiz, R. (2003). Estrategias auditivas, perceptuales y analíticas en la música electroacústica. Resonancias .

- Cádiz, R. (2008). Introducción a la Música Computacional. From rescatado de http://www.rodrigocadiz.com/imc/.
- Cádiz, R. (2008). Propuestas metodológicas para el análisis de música electroacústica. Resonancias (23), 69-85.
- Cetta, P. (2007). Un modelo para simulación del espacio en Musica. Tesis de Doctorado . (I. d. Vega", Ed.) Buenos Aires: Editorial EDUCA.
- Cetta, P. (sf). Localización espacial del sonido. From recuperado de http://www.biopus.com.ar/matias/materias/apuntes/cetta_espacializacion_psicoacustica.pdf.
- Chion, M. (1983). Guide del objets sonores. Paris: Buchet/chastel.
- Chion, M. (1988). El arte de los sonidos fijados(l´art des sons fixés ou la musique concrètement). Editions, etamkine, Fontaine.
- Chion, M. (1990). La audiovisión, introducción análisis conjunto de la imagen y el sonido. (S. ediciones paidós, Ed., & M. Cubí, Trans.) Paris: editions Nathan.
- Cook, P. R. (2001). Music, cognition and computerized sound and introduction to Psychoacoustics. First MIT Press paperback edition.
- Daniel, J. (2000). Représentation de Champs acoustiques, application à la transmission er à la reproduction de scènes sonores complexes dans un contexte multimèdia. France: University of PAris VI.
- Di Licsia, O. (2002). Los delatores como sospechosos: Interrogando a los indicios de localización espacial de sonido. Segunda Reunión Anual de SACCOM. Universidad Nacional de Quilmes.
- Dow, R. J. (2009). El sonido multicanal en la composición acusmática. In P. D. G. Basso, Música y espacio: ciencia, tecnología y estética. (pp. 227-239). Universidad de Quilmes.
- Eiriz, C. (2012). Una guía comentada acerca de la tipología y a la morfología de Pierre Schaeffer. Cuaderno 39 , 39-56.
- García, P. (2010). Sistemas de audio multi-canal: bases tecnológicas y revisión de terminología. Perspectivas interdisciplinarias de música (3), 99-113.

- Gibson, D. (2005). The Art Of Mixing: A Visual Guide To Recording, Engineering, And Production. Publisher: Artistpro Pa.
- Halham, D. (2009). El espacio acústico tridimensional y su simulación por medio de Ambisonic. In P. D. G. basso, Musica y Espacio: ciencias, tecnología y estética (pp. 161-202). Universidad de Quilmes.
- Haro, J. (2006). La escucha expandida [sonido, tecnología, arte y contexto]. 20 Cuadernos del Centro de Estudios, 41.
- Izhaki, R. (2008). Mixing audio: concepts, practices and tools.
- J. Daniel, M. S. (2003). Futher investigations of high-order ambisonic and wavefield synthesis for holophonic sound imaging. Audio Engineering Society Convention 114. Audio Engineering Society.
- Katz, B. (1994). La masterización de audio. (A. (. Escuela de Cine y Vídeo, Ed.)
- Kendall, G. (2006). Juxtaposition and Non-motion: Varèse bridges early modernism to electroacoustic music. Organised Sound (11), 159-171.
- Kendall, G. (2007). La interpretación de la espacialización electroacústica: atributos espaciales y esquemas auditivos. International Computer Music Conferece. Copenhagen.
- Kendall, G. (2012). Spatial Perception and Cognition in Multichannel Audio for Electroacoustic Music. Organised Sound (15), 228-238.
- Kendall, G., & Cabrera, A. (2011). Why Things Don't Work: What You Need to Know about Spatial Audio. From http://www.garykendall.net/.
- Maggiolo, D. (2003). Apuntes de acústica musical. recuperado de http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/loc.html) .
- Miechi, P. Introducción a la mezcla profesional.
- Miralles Bono, J. L. (septiembre de 2007). El espacio como recurso musical. Proyecto de investigación Máster en Música . Valencia: Departamento de Comunicación Audiovisual, Documentación e Historia del Arte.

- Miralles, J. (septiembre de 2007). El espacio como recurso musical. Proyecto de investigación Máster en Música . Valencia: Departamento de Comunicación Audiovisual, Documentación e Historia del Arte.
- Moore, B. C. (2004). An introduccion to the psychology of Hearing. London, UK: Elsevier academic press.
- Nuñez, A. (1989). www.ccapitalia.net/reso/srticulos/pioneros.htm.
- Otondo, F. (2007). Creating Sonic Space: an Interview with Natasha Barret. Computer Music Journal , 31 (2), 10-19.
- Otondo, F. (2008). Contemporary trends in the use of space in electroacoustic music. (C. U. Press, Ed.) Organised Sound , 13, 77-81.
- Perales, C. (2011). Electroacústica: la expresión del gesto sonoro. Valencia, España.
- Perez, E., & Reiss, J. (2007). Automatic mixing:live downmixing stereo panner. InProcceeding of the 7th International Conference on Digital Sudio Effects.
- Reyes, J. (2008). Sonido y espacio. recuperado de: http://www.maginvent.org/articles/soniespac/index.html .
- San Martin, J. (2008). Técnicas de ecualización aplicadas a la mezcla. In F. d. UNLP (Ed.).
- Schaeffer, P. (1988). Tratado de los objetos musicales. Madrid: Alianza.
- Shih, G.-Y., & Bai, M. (2007). Upmixing and downmixing two-channel stereo audio for consumer electronics. In Multimedia Workshops, 2007. ISMW'07. Ninth IEEE International Symposium on (pp. 9-14). IEEE.
- Souriau, É. (2010). Diccionario Akal de estética. Madrid: Ediciones Akal S.A.
- Swilley, D. (2014). Problems, current methodologies and analytical case study in electro-acustic music analysis; Lejaren Hiller´s Vocalise from seven electronic studies for two-channel tape recorder. Doctoral dissertation University of Illinois at Urbana-Chanpaing.

- Young, J. (2005). Sound in structure: Applying spectromorphological concepts. From Tecnología e Innovación Centro de Investigación De Montfort University Leicester.
- Zattra, L. (2005). Analysis and analyses of electroacoustic music. Proceedings of the sound and music computing. Salerno, Italy.
- Zvonar, R. (2006). http://www.znovar.com/writing/spatial_music/History. htlm(acceses Novembre 28, 2007).

Anexos