



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**CREACIÓN DE SONIDOS ORIENTADO
A LA CINEMATOGRAFÍA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

PRESENTAN:

**YULIANA ELVIRA SAUCILLO
KARINA VICTORIA MÉNDEZ RIVERA**

ASESORES:

**ING. JOSÉ JAVIER MUEDANO MENESES
ING. VIDAL HINOJOSA RODRÍGUEZ**

MÉXICO, D.F. FEBRERO 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN
DEBERA(N) DESARROLLAR**

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
C. YULIANA ELVIRA SAUCILLO
C. KARINA VICTORIA MENDEZ RIVERA

“CREACIÓN DE SONIDOS ORIENTADO A LA CINEMATOGRAFÍA”

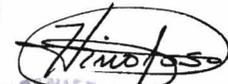
CREAR ELEMENTOS SONOROS EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS QUE DEMANDA UN FILME CINEMATOGRAFICO CON LA AYUDA DE SOFTWARE COMPUTACIONAL.

- ESTADO DEL ARTE
- MARCO TEÓRICO
- CREACIÓN DE SONIDOS MEDIANTE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES ENFOCADOS AL CINE DE CIENCIA FICCIÓN.
- APLICACIÓN Y RESULTADOS DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS
- CONCLUSIONES

MÉXICO D.F. A 3 DE NOVIEMBRE DE 2011.

ASESORES


ING. JOSÉ JAVIER MUEDANO MENESES


ING. VIDAL HINOJOSA RODRÍGUEZ


M. EN C. DAVID VÁZQUEZ ALVÁREZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA



**...Mas vale que nos arriesguemos a subir a la higuera para intentar alcanzar el higo que
tumbarnos bajo su sombra y esperar a que nos caiga en la boca.**

José Saramago (La Caverna)

AGRADECIMIENTOS

A quien me dio el privilegio de reencarnar en lo que hoy soy a mi Dios infinitamente gracias, enormemente agradezco a quien me ilumina y me bendice día con día a quien me formó con la filosofía de que esta vida es de lucha y superación constante a quien vive en mi alma y mi corazón a mi Padre Víctor Mendez, a mi Madre Candelaria Rivera porque toda su enseñanza a dado frutos los cuales son testimonio de mi gratitud y eterno reconocimiento, gracias por haberme enseñado que con verdadera convicción se alcanzan los ideales. A mi Primo Ramón Martínez quien aún desde el cielo me cuida siempre. Agradezco a mi novio José T. Cortes el gran apoyo incondicional que siempre me ha brindado, a Yuliana Elvira a quien más que compañera le agradezco por ser mi amiga, así como su gran empeño en la realización de esta Tesis. Le agradezco a mis asesores y maestros: Ing. Javier Muedano quien me ha apoyado e impulsado a seguir en este y otros proyectos, al Ing. Vidal Hinojosa por su sabiduría. A quien fue parte de esta Tesis Alejandro Vázquez. A la Dra. Itzalá Rabadan por brindarme su hombro y apoyo para encontrar las fuerzas y seguir adelante. A mi Maestro Samuel Marrón quien me hizo más grande mi pasión por el audio, así como su gran apoyo en esta Tesis y siempre. A Gabriel Coll quien nos brindo su sabiduría y tiempo. A Diego Quiroz quien también nos aporó un gran material. A Juan José Quijada quien me brindó su apoyo y sabiduría para aplicarla en el título de esta tesis, a Leticia Martínez y Miguel Rodríguez quienes me ayudaron al transfer de material importante. A ESIMERadio. Agradezco a mis hermanos y hermana a mi cuñada y mi cuñado así como a mis sobrinos, tías y primos por su gran apoyo y paciencia incondicional. Con amor Gracias. **Karina Victoria Mendez Rivera**

Durante estos años son muchas las personas que han participado en este trabajo y a quienes quiero expresar mi gratitud por el apoyo y la confianza que me han prestado de forma desinteresada. En primer lugar quiero agradecer a Dios, por acompañarme siempre. Debo un especial reconocimiento a mis padres, Irma Saucillo y Juan Carlos Elvira Pastrana, porque me han dado ejemplos dignos de superación y entrega, va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí, porque en gran parte gracias a ustedes mis principios y valores son sólidos y me han convertido en lo que soy y siempre me llamarán "Mi ñiña... y a su lado estaré igual que hoy", ¡Feliz cumple para ambos!. A Juan Carlos Elvira Saucillo (Jhonny Bravo) por ser mi cómplice, porque siempre estuviste impulsándome en los momentos más difíciles, por el orgullo que sientes por mi y por tú apoyo incondicional. En general a mi familia por su acogida y el apoyo incondicional recibido durante todo este tiempo. No puedo olvidar a mis compañeros y amigos con los cuales he compartido aulas e incontables horas de diversión, gracias por los buenos y malos momentos, por aguantarme, por escucharme y sobretodo, por su confianza, gracias por su amistad y ayuda que no tienen precio (Gabriela, Alejandra, Víctor, Laura, José, Giovanni, Ulises, Mario). Gracias Familia Gómez Pérez por abrirme su hogar y hacerme sentir como si estuviera entre mi propia familia. Gracias amigui Karina V. Méndez, porque a pesar de TODO ¡hoy alcanzamos la meta!. Gracias Manuel Alejandro Vázquez por iniciar este proyecto. Y un sincero agradecimiento a Samuel, Gabriel, Diego, a mis profesores, asesores, por todo el tiempo que me han dado, por sus sugerencias e ideas de las que tanto provecho he sacado, por el respaldo y la amistad. A todos, grupo 8CV16, ESIME radio, mil palabras no bastarían para agradecerles, espero contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional. Con cariño, **Yuliana Elvira Saucillo**.

Índice

Objetivo general.....	7
Objetivo particular.....	
Hipótesis.....	
Justificación.....	
Introducción.....	8
CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE EN EL SONIDO ORIENTADO A LA CINEMATOGRAFÍA.....	10
1.1 La audición.....	
1.2 Los procesos cerebrales de la audición.....	13
1.2.1 El tallo cerebral.....	
1.2.2 El cerebelo.....	14
1.2.3 El encéfalo.....	15
1.3 Algunas características de los procesos cerebrales.....	16
1.4 La música y el cerebro.....	17
1.5 La sinestesia.....	18
1.6 Modos de audición.....	
1.7 La jerarquización cultural de los sentidos.....	19
1.8 Antecedentes del sonido cinematográfico.....	20
1.8.1 Primeras tecnologías de registro y reproducción de audio.....	22
1.8.2 La transición del cine mudo al sonoro.....	25
1.8.3 Nace el sonidista cinematográfico.....	28
1.8.4 La grabación magnética del sonido.....	
1.8.5 La nagra III.....	29
1.8.6 Los sistemas multipista.....	
1.8.7 Dolby stereo SR.....	30
1.8.8 Norma THX y los sistemas de sonido digital para cine.....	31
1.8.9 Sistema 5.1 dolby digital.....	32
1.8.10 El sonido digital en México.....	33
1.9 Cinematografía de ciencia ficción.....	
1.10 Diseño de sonido y uso de Pure Data (Pd).....	34
1.10.1 Historia de Pure Data (Pd).....	35
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO DIRIGIDO A LA CREACIÓN SONORA CINEMATOGRAFICA.....	36
2.1 Elementos de la banda sonora cinematográfica.....	
2.1.1 Sonido directo.....	
2.1.2 Diálogos.....	
2.1.3 Incidentales.....	37
2.1.4 Efectos.....	
2.1.5 Ambientes.....	38
2.1.6 Música.....	
2.1.7 Silencio.....	
2.2 Diégesis.....	39
2.2.1 Sonido y música.....	
2.2.2 Sonido diegético.....	40
2.2.3 Sonido extradiegético.....	41
2.2.4 Relación espacio-temporal entre la banda sonora y la imagen en el cine según David	

Bordwell y Kristin Thompson en su libro “El arte cinematográfico”	
2.2.4.1 Espacio.....	
2.2.4.2 Tiempo.....	
2.3 La posproducción.....	42
2.3.1 Los transfers.....	43
2.3.2 El pull-down.....	
2.3.3 El montaje del sonido.....	
2.3.4 El armado de pistas.....	44
2.3.5 Creación, grabación y edición de efectos sonoros.....	
2.3.6 La mezcla.....	45
2.4 ¿Qué es el diseño sonoro en la industria cinematográfica?.....	
2.5 Herramientas del creador de sonido en la cinematografía.....	46
2.5.1 Plataforma de cómputo.....	
2.5.2 Interfaz de sonido.....	
2.5.3 Estaciones de trabajo de audio digital en la cinematografía.....	47
2.5.4 Editores de audio.....	48
2.5.5 Bancos de sonidos.....	49
2.6 ¿Por qué Pure Data?.....	50
2.7 Oído y percepción del sonido.....	
2.7.1 Psicofísica.....	
2.7.2 Psicoacústica.....	
2.7.3 Relación entre características subjetivas y objetivas del sonido.....	51
2.7.3.1 Intensidad acústica-intensidad.....	
2.7.3.2 Tono-frecuencia.....	52
2.7.3.3 Timbre-forma de onda.....	
2.7.4 Anatomía básica del oído.....	53
2.7.4.1 Transmisión de impulsos al cerebro.....	
2.7.4.2 Umbrales de la audición.....	54
2.7.4.3 Curvas de igual sonoridad y nivel de sonoridad.....	55
2.7.5 Los Rangos de la audición humana.....	56
2.7.6 Audiometría.....	57
2.7.6.1 Importancia y objeto de estudio de la audiometría.....	
2.7.6.2 Técnicas de evaluación audiométrica.....	58
CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE SONIDOS ENFOCADOS AL CINE DE CIENCIA FICCIÓN.....	60
3.1 Diseño.....	
3.1.1 Diseñador sonoro.....	
3.1.2 Esquema sintetizado del trabajo del diseñador de sonido.....	
3.2 Programación gráfica.....	63
3.3 Características de Pd.....	
3.4 Marco teórico general de la síntesis de sonido.....	64
3.4.1 Clasificación de las técnicas de síntesis.....	65
3.4.2 Evaluación de las técnicas de síntesis.....	
3.4.3 Tabla de ondas.....	66
3.4.4 Síntesis aditiva.....	67
3.4.5 Síntesis substractiva.....	68
3.4.6 Modulación.....	69

3.4.6.1 Síntesis por modulación de frecuencia.....	71
3.4.6.2 Síntesis por amplitud modulada.....	81
3.4.7 Síntesis con módulos físicos.....	72
3.4.8 Síntesis con módulos espectrales.....	
3.5 SONIDO 1. LEVITACIÓN	74
3.5.1 Antecedentes teóricos. Procesamiento digital de señales.....	
3.5.2 Señales digitales. Características. Amplitud y frecuencia.....	
3.6 SONIDO 2. VIENTO.....	81
3.6.1 Breve introducción acerca de los efectos espectrales.....	
3.6.2 Antecedentes teóricos. Filtrado digital de señales de un filtro.....	
3.6.2.1 Respuesta impulso, en frecuencia y fase.....	82
3.6.3 Teoría de filtros.....	83
3.6.4 Tipos de filtros.....	
3.6.5 Ancho de banda y factor de calidad.....	84
3.6.6 Funcionamiento base de un filtro.....	
3.7 SONIDO 3. MOTOR ELÉCTRICO.....	90
3.7.1 Antecedentes teóricos. Envoltentes.....	
3.7.1.1 Generador de envoltentes.....	
3.7.1.2 Envoltente de amplitud.....	
3.7.1.3 Envoltente de filtro.....	
3.8 Proceso de mezcla.....	96
3.9 Banco de sonidos orientado a la cinematografía.....	97
3.10 Costos.....	98
CAPÍTULO 4. APLICACIÓN Y RESULTADOS DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS.....	100
4.1 Evaluación de la respuesta subjetiva (“test”).....	
4.1.1 Concepto.....	
4.1.2 Procedimiento.....	
4.1.2.1 Diseño.....	
4.1.2.2 Desarrollo.....	
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....	108
5.1 Dificultades.....	109
5.2 Resumen de contribuciones.....	
5.3 Futuras investigaciones.....	110
Referencias bibliográficas y electrónicas.....	111
Glosario.....	113
ANEXO A. DISEÑADORES SONOROS DE LA INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA.....	115
1. Gabriel Coll, 2009.....	
2. El sonido en el cine, entre la albañilería y el arte culinario- SALA DE PRENSA-.....	120
3. Diseño de sonido de animación: construyendo mundos.....	122
ANEXO B. EJEMPLO DE AUDIOMETRÍA TONAL.....	124
ANEXO C. TEST APLICADO.....	125
ANEXO D. PATCHES REPRESENTATIVOS DE LOS ELEMENTOS SONOROS CREADOS.....	126

Objetivo general

Crear elementos sonoros con base a los requerimientos necesarios que demanda un filme cinematográfico con la ayuda de software computacional.

Objetivos particulares

Durante la realización del proyecto se pretende:

- Analizar el trabajo de algunos de los más importantes diseñadores sonoros de la industria cinematográfica, por medio de la lectura de artículos publicados por estos en diferentes medios.
- Involucrarse en el lenguaje utilizado en el proceso del diseño de sonidos.
- Reconocer la importancia y la utilidad del uso de sonido, como elemento sensorial en la industria cinematográfica.
- Conocer algunas de las herramientas computacionales empleadas en el diseño de sonidos.
- Crear diversos sonidos utilizando herramientas computacionales.
- Realizar una prueba con los sonidos creados a 14 estudiantes de edades entre 20 y 27 años, para reconocer la importancia y utilidad de su uso en los proyectos audiovisuales, como un elemento de refuerzo sensorial en la industria cinematográfica.
- Conformar el banco de sonidos.

Hipótesis

La creación de elementos sonoros es una aplicación, del diseño de sonido asistido por computadora y síntesis de audio, dentro de la industria cinematográfica.

Justificación

Se presenta la creación de elementos sonoros, enfocándose en los diegéticos y los extradiegéticos, ya que tienen uso relevante en la industria cinematográfica, para finalmente conocer su efecto psicoacústico y así formar un banco de sonidos.

A través de esta propuesta pretendemos desarrollar parte de la infraestructura complementaria necesaria para el diseño de sonidos en producciones multimedia en el laboratorio de Acústica y lograr su uso en las diversas asignaturas impartidas en la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica de la ESIME Zacatenco, contribuyendo así al estudio en los diversos ámbitos de esta ciencia.

Manipularemos parámetros de la señal como son: amplitud, frecuencia y fase mediante el uso de entornos de programación y/o edición de audio que nos brinde herramientas que faciliten el manejo con este tipo de señales; después, con base a los test diseñados específicamente para los elementos sonoros creados, se realizaran pruebas a una muestra de la población estudiantil.

Introducción

La creación de sonidos asistida por computadora tiene utilidad en diferentes industrias como lo son: la cinematografía, la televisión, la radio, el teatro, los videojuegos, la tecnología musical y multimedios. Esta tesis se enfocó en la creación de sonidos orientados a la cinematografía. Esta es una aplicación derivada de la tesis elaborada por el Ing. Edgar Huitron llamada: “Prácticas Introductorias al Diseño de Sonido Asistido por Computadora”. Acerca de este trabajo, se impartió un curso cuya enseñanza fue el manejo del software Pure Data (Pd) enfocada al diseño sonoro, donde se realizaron tres prácticas y se elaboraron diferentes patches aplicando la teoría abordada en las correspondientes prácticas como medición del sonido, psicoacústica, procesamiento digital de señales, filtros, síntesis de sonidos.

El contenido aporta un amplio material para abarcar una rama más de práctica del profesional en acústica; proporciona un aporte para la solución de la vinculación de los programas y metodologías de enseñanza con la realidad laboral. Uno de nuestros principales propósitos es ampliar el campo para que los estudiantes egresados aumenten sus oportunidades de encontrar un empleo relacionado con su área de especialización.

La primera parte consiste en proporcionar material teórico acerca de la historia del sonido en la gran industria cinematográfica; material que no se consigue con simplicidad por la gran cantidad de fuentes inverosímiles; por lo que se realizó un amplio trabajo de investigación. Posteriormente se aborda toda la cadena de sonido en la industria cinematográfica: dónde entramos como creadores sonoros, qué trabajo desempeña el diseñador sonoro, sus estaciones de trabajo. En la tercera parte se aborda la creación de sonidos orientado a la cinematografía de ciencia ficción y/o animación (género donde mayormente se crean sonidos inexistentes e imposibles de grabar).

Se optó por implementar un entorno de desarrollo que facilitara la comprensión a un nivel profundo de los conceptos y principios que están detrás del proceso de la creación de sonidos. Esta herramienta computacional utilizada, que es un entorno de desarrollo orientado a la programación y síntesis de sonidos, se llama *Pure Data*. A través del software (*Pure Data*), es posible aplicar algoritmos de procesamientos de señales de audio de forma gráfica. Otra bondad es que este programa se distribuye gratuitamente. *Pure Data* facilita el proceso de aprendizaje por que trabaja sobre una idea en particular: “El algoritmo es el código”.

Es muy subjetiva la forma de crear sonidos para cada especialista; no hay una receta de cocina como tal, revisando los trabajos de diferentes diseñadores de sonidos el primer paso para crear un sonido de la nada es haciendo relación a algo existente, para después enfocarse en esa relación y encontrar el sonido de su funcionamiento; en este caso, seleccionamos un fragmento de la película *Wall-e*¹ con una duración de 7.05 min (es así como describimos tres de los 38 sonidos creados para la tesis, analizando su relación y detallando el patch de *Pure Data* realizado para cada

¹ *Wall-e*, Estados Unidos, 2008, Género: ciencia ficción, Duración: 98 minutos, Productora: Pixar Animations Studios.

sonido), con el fin de montar a la pista de video nuestros sonidos creados y con esto tener una relación imagen-sonido, misma que se refleja en la aplicación de un test.

Finalmente, en la cuarta parte elaboramos un test particular para la valoración subjetiva del sonido. Es necesario mencionar que no existen antecedentes de valoraciones semejantes. El fin del test fue arrojar resultados indicando que el sonido en una película es un elemento fundamental para la generación de un refuerzo sensorial en el individuo.

Se puede decir que en esta historia de técnicas (métodos) y tecnologías (aparatos) del cine sonoro, la relación entre lo visual y lo auditivo entró en un proceso dialéctico de cambio constante, en el que las dos dimensiones sensoriales del lenguaje cinematográfico primero son separadas, después abstraídas y finalmente individualizadas; al mismo tiempo que se confunden y se traslapan y, para, finalmente concluir, aparentemente unidas.

CAPITULO 1 ESTADO DEL ARTE EN EL SONIDO ORIENTADO A LA CINEMATOGRAFÍA

1.1 La audición

A mediados del siglo XIX, Hermann Ludwig Ferdinand Von Helmholtz (1821-1894), fisiólogo y físico alemán, escribió un trabajo definitivo sobre psicoacústica, "*DIE LEHRE VON DEN TONEMPFOUNDUNGEN*" (Sobre las sensaciones del tono), y bosquejó su *Teoría del lugar de resonancia de la audición*. Helmholtz dijo que la característica más distintiva del oído se expresaba por la "Ley acústica de ohm", que expresa que el aparato auditivo distingue la fundamental y los armónicos de los sonidos en ondas de forma senoidal, esto es, haciendo un análisis de Fourier de los sonidos complejos. Así Helmholtz buscó el sistema mecánico que analiza los sonidos dentro del oído interno y describió:

Cuando buscamos en la naturaleza un término análogo para el análisis del movimiento periódico, encontramos solamente el fenómeno de la resonancia. Examinó la cóclea e identificó primero los resonadores como arcos de Corti, las fibras rígidas que sostienen los cilios en el órgano de Corti, pero como los pájaros, quienes indudablemente oían los sonidos musicales, no tenían arcos, sé decidió finalmente por las fibras transversales de la membrana basilar, las cuales modulaba supuestamente a una frecuencia particular.

Para Helmholtz la membrana basilar y el piano eran análogos, ya que todas las fibras de la membrana basilar estaban en tensión y las fibras apicales eran mucho más largas que las basales. Las vibraciones sonoras, después de pasar a través del oído externo y del oído medio, ponían en movimiento varias cuerdas o fibras de la membrana basilar, las cuerdas eran complemento de la fundamental y de las armónicas, tal como las vibraciones sonoras pueden poner en movimiento varias cuerdas del piano no amortiguadas. Cada fibra de la membrana basilar estimulaba a un nervio diferente para enviar impulsos a lo largo del nervio auditivo a áreas discretas del cerebro.

Los sonidos intensos provocaban una descarga nerviosa más rápida que daba lugar a sensaciones más fuertes. La teoría del lugar de resonancia de Helmholtz fue considerada durante mucho tiempo como una descripción de las funciones del oído interno, pero los anatomistas al inspeccionar la membrana basilar, encontraron que el número de fibras nerviosas era insuficiente para asignar una a cada altura tonal discriminable. Lo que se refiere a la respuesta, en la teoría del lugar de resonancia, era insostenible, pero el concepto del lugar de la cóclea (cada frecuencia única está asociada a un lugar) ha subsistido en la teoría moderna.

Von Békésy demostró que las ondas viajeras se observan como oscilaciones de la membrana basilar a la frecuencia del sonido estimulante, las cuales son de amplitud variable de la base al ápex, teniendo siempre un sitio donde alcanzan una amplitud máxima y después decrecen. Al observar varias oscilaciones completas, aunque parecen avanzar hacia el ápex, en realidad no

rebasan un cierto perímetro. Este perímetro que es el límite de la amplitud de las oscilaciones a lo largo de toda la membrana para un sonido de una frecuencia dada, se ha llamado envolvente.

Al cambiar la frecuencia del sonido estimulante, se observa que se modifica la forma del envolvente. Si aumenta la frecuencia, se desplaza hacia la base el sitio de máxima amplitud de oscilaciones, mientras que al disminuir la frecuencia ocurre lo contrario. Este desplazamiento dependiente de la frecuencia es el primer paso en el análisis de la frecuencia y es consecuencia de las propiedades mecánicas continuamente cambiantes de la membrana basilar.

Para comprender las conclusiones a las que llega Békésy hay que relacionar las características de la onda viajera con una serie de peculiaridades de la membrana basilar de tipo físico (longitud, grosor, masa, rigidez), histológico y funcional que influyen directamente en la misma. No presenta las mismas dimensiones según sus diferentes niveles. Su amplitud aumenta progresivamente de la base hasta la cúspide de la cóclea pasando de 0.04 a 0.5 mm. Por tanto, la membrana basilar tiene una rigidez y una masa diferentes en cada punto a lo largo de ella.

Este cambio de grosor implica modificaciones importantes en su rigidez ya que ésta disminuye en una relación de 1 a 100, de la extremidad basal al ápex, oscilando o resonando a una frecuencia diferente en cada punto según las características del mismo. Las dimensiones del canal coclear también aumentan según las mismas proporciones, habiendo una reducción consecutiva de las rampas vestibular y timpánica, incluso también hay variaciones en el mismo sentido en el volumen de las células ciliadas del órgano de Corti.

El segundo gran hallazgo de Békésy fue demostrar la no linealidad de la respuesta de la membrana basilar, sino que presenta una especie de sistemas de filtro comportándose como un analizador mecánico de frecuencias, descubriendo el verdadero papel de la membrana basilar en la codificación de las frecuencias. Los movimientos que va realizando la membrana basilar por la onda de propagación dadas las características expuestas de la membrana basilar, aumentan de amplitud hacia el ápex alcanzando su máxima amplitud en un punto de la membrana que corresponde con la frecuencia de resonancia de la frecuencia del sonido estimulante y después, más allá de este punto, disminuyen rápidamente pudiendo afirmar que para ese punto desaparece el movimiento ondulatorio. Es decir, que la onda de propagación se dirige hacia el ápex coclear con una amplitud creciente hasta alcanzar el punto de máximo desplazamiento en el lugar donde se ubica en la cóclea la frecuencia del estímulo sonoro y sobrepasado éste, la amplitud de la onda disminuye muy rápidamente hasta una amplitud 0 (Fig.1.1).

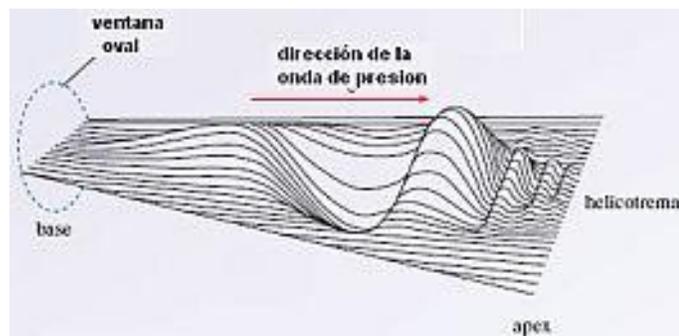


Fig. 1.1 Movimientos de la membrana basilar

En el punto de máxima amplitud aparece un torbellino que se produce en las dos rampas. El diámetro de este torbellino es igual a la altura del líquido situado por encima de la membrana y la velocidad angular proporcional a la amplitud del movimiento de estribo. Hasta el momento presente se acepta que sólo el punto de máxima amplitud de la onda viajera estimula al órgano de Corti. Békésy traza unas curvas de respuesta de la membrana basilar en función de la frecuencia de estimulación, observando que curvas similares se corresponden con desplazamientos similares del estribo.

Los investigadores que han estudiado la forma de vibración no sólo de la membrana sino del complejo membrana basilar-órgano de Corti, han demostrado que las formas de vibración varían con la frecuencia y para una misma frecuencia con la intensidad. Según esto, el oído interno es capaz de analizar las características del estímulo acústico en las dimensiones de frecuencia e intensidad, gracias a las propiedades mecánicas de la membrana basilar, esta propiedad se conoce como tonotopía de la cóclea.

El punto de máximo desplazamiento de la onda, la amplitud máxima, se localiza en distintos lugares de la cóclea, dependiendo de la frecuencia del sonido que la ha creado. En los sonidos agudos (de alta frecuencia), el movimiento ondulatorio se agota enseguida, ocurriendo el máximo desplazamiento en un punto próximo a la ventana oval; en los sonidos graves (de baja frecuencia) la onda viaja más y su amplitud máxima se sitúa en un punto próximo al ápex, cerca del helicotrema. La amplitud de la vibración de la membrana basilar en el umbral de la respuesta nerviosa (potencial de acción) es inferior a 0.35 nm. Cuando la intensidad de un sonido aumenta, el valor del desplazamiento de la membrana basilar no es constante.

Por tanto, la máxima amplitud para los agudos se localiza en la zona basal de la cóclea y para los graves en la zona del ápex (Fig. 1.2); así mismo, esta máxima amplitud se localiza en puntos intermedios para las distintas frecuencias sucesivas. Por este mecanismo se discriminan en la cóclea los diversos tonos del sonido. La función de estos movimientos de la membrana tectoria y del órgano de Corti, es decir de las estructuras membranosas es que se produzca una deflexión de los cilios de las células ciliadas lo que desencadena un potencial bioeléctrico.

Para que este ocurra, los movimientos de la membrana tectoria y los del órgano de Corti han de ser relativos entre ambos. Aquellas células ciliadas que están en la envoltura que tiene máxima amplitud de oscilaciones, serán activadas en mayor grado. De esta manera la dimensión frecuencia es convertida en dimensión lugar a lo largo de la membrana basilar y, por tanto, de una distribución espacial de la excitación de las fibras nerviosas del nervio acústico. *A este mecanismo de análisis de frecuencias por el oído interno se le conoce como teoría del lugar.*

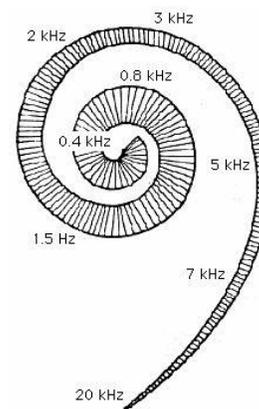


Fig. 1.2 Discriminación en la cóclea los diversos tonos del sonido

1.2 Los procesos cerebrales de la audición

Una parte muy importante en el desarrollo del conocimiento humano tiene que ver con el sonido sin el cual no existiría el lenguaje oral y por lo tanto la comunicación humana como la conocemos. Tampoco existiría la música. Si es difícil para una persona imaginarse ciego, esto lo puede simular vendándose los ojos y vivir la experiencia, sin embargo vivir en un mundo de silencio es más inimaginable puesto que no lo podemos experimentar, aun en el más silencioso de los casos, en una cámara anecoica o bajo el agua, escucharemos aunque sea los sonidos de nuestro cuerpo.

A pesar de los grandes avances tecnológicos en los últimos años aun conocemos poco del órgano que nos permite ser los que somos, el cerebro. Los mayores hallazgos se refieren a la localización de funciones en el cerebro; es decir, en que región del cerebro se llevan a cabo las distintas tareas de la percepción, del aprendizaje, de la memoria, del movimiento, etc. En siguientes subtemas abordaremos las tareas básicas que realiza el cerebro con respecto a la audición y en donde se lleva a cabo.

Para su estudio el cerebro se divide en tres secciones: 1) *El tallo cerebral*: se localiza donde se juntan la espina dorsal y el cráneo; 2) *El Cerebelo*: Se localiza en parte inferior trasera del cerebro y directamente encima del tallo cerebral; 3) *El Encéfalo*: Es la parte superior y de mayor volumen y está rodeado por la llamada corteza cerebral, en la cual se concentra el mayor número de neuronas, el cual se divide en dos hemisferios que a su vez se subdividen en una serie de lóbulos (Fig. 1.3).

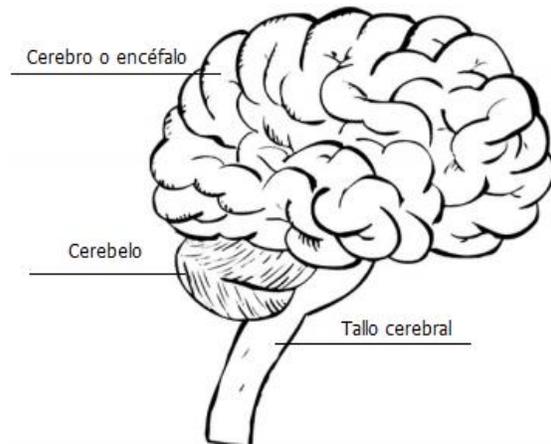


Fig. 1.3 Esquema básico del cerebro humano

1.2.1 El tallo cerebral

El primer trabajo del cerebro consiste en ligar la información proveniente de ambos oídos y compararla para detectar diferencias. Las cócleas mandan esta información desde los órganos de Corti y a través de los nervios auditivos directamente al tallo cerebral, en el cual se encuentran varios grupos de células neuronales llamados núcleos grises de la base, cuerpos olivares y *colliculi*, todos los cuales presentan distintas ramificaciones hacia distintas zonas del cerebro. El tallo cerebral es parte fundamental del sistema nervioso autónomo y en él se encuentran los centros que regulan la respiración, la temperatura, la digestión, la sudoración y la frecuencia cardíaca, entre otras funciones vitales.

Al parecer, los cuerpos olivares tiene mucho que ver con la localización espacial del sonido. En experimentos de laboratorio se ha observado que las neuronas de los cuerpos olivares disparan, o

se encienden, cuando hay diferencias de intensidad y de tiempo de llegada de un sonido. Esta especificidad muestra que estos núcleos neuronales realizan la mayor parte del trabajo de localización espacial de los estímulos sonoros. El humano localiza el origen espacial del sonido aunque no sea su intención hacerlo. Automáticamente e inconscientemente nuestro cerebro analiza, selecciona, ubica y categoriza una inmensa cantidad de información vibratoria, para darnos paquetes diferenciados que nos permiten, de entrada, lidiar con objetos sonoros individuales rescatados del aparente caos que supone la vibración de una sola molécula de aire, cuyos movimientos reflejan a su vez todos y cada uno de los movimientos de la fuentes sonoras que la alcanzan. Lo primero que hacemos al oír algo es localizar espacialmente de manera automática la fuente sonora.

Puede parecer extraño que el sistema auditivo vaya directamente hacia estructuras cerebrales dedicadas a controlar músculos. Pero la prioridad de la naturaleza no es la de escuchar e interpretar, es la de oír y reaccionar.²

En el extremo superior del tallo cerebral se procesa la información Sonora en otro grupo de núcleos neuronales llamados colículos (*colliculi* en latín: “montes bajos”) inferiores y superiores. Los inferiores son los encargados de rastrear el movimiento de una fuente sonora, permite rastrear a una presa o evadir a un predador. De los colículos inferiores salen más de veinte ramificaciones a distintas partes del cerebro, varias ramificaciones tienen que ver con el aparato psicomotor en los humanos y demás mamíferos.

En general en esta región inferior del cerebro, además de la localización y el seguimiento de e estímulos sonoros, también se lleva a cabo la labor de definir e individualizar los sonidos. Esto se deduce a partir de que las neuronas de esta región suelen funcionar durante todo el tiempo de duración de un sonido, mientras que en los centros superiores las neuronas suelen activarse únicamente al comienzo y al final del estímulo. Como si la primera tarea del cerebro fuera la de definir claramente los límites de un sonido, de manera que sean automáticamente distinguibles por la corteza cerebral, misma que tendrá como tarea fundamental la clasificación y detección de patrones de relación entre los distintos sonidos percibidos.

1.2.2 El cerebelo

El cerebelo o *cerebellum* (cerebro pequeño), es un pequeño cerebro adosado al tallo cerebral que cuelga de la parte trasera del encéfalo. Es una de las partes más antiguas en términos de evolución y también es llamado cerebro reptiliano ya que es una estructura que también tienen dichos vertebrados. Pesa una décima parte del peso del cerebro, contiene del 50% al 80% del total de neuronas, lo cual hace patente su importancia.

² Robert Jourdain, *Music, the Brain and Ecstasy*, p.27.

Entre sus funciones principales están el control de los movimientos, la medición del tiempo (por tanto del ritmo) y la capacidad de respuesta emocional. La naturaleza misma como estrategia fundamental de supervivencia desarrollo mecanismos de funcionamiento cerebral redundantes; es decir, hay reacciones básicas de repuesta a los estímulos del medio que pueden ser activadas desde diferentes regiones del cerebro. El cerebelo parece ser depositario de alguna de estas habilidades:

El principio de redundancia dictamina que nuestro sistema nervioso necesita ser capaz de reaccionar a los estímulos sonoros aunque este parciamente dañado.³

También parece existir un sistema auditivo residual o suplementario que involucra al cerebelo. Esto preserva nuestra habilidad de reacción rápida –emocionalmente y con movimiento- con respecto a sonidos potencialmente peligrosos.⁴

1.2.3 El encéfalo

Está dividido en dos hemisferios, cada uno de los cuales controla el lado opuesto del cuerpo. Esta cubierto por la llamada corteza cerebral, una pequeña capa de algunos milímetros de espesor, en donde se encuentra la mayor densidad neuronal de nuestro cerebro y en donde se llevan a cabo las llamadas funciones superiores del pensamiento.

La lateralización de las funciones cerebrales se refiere a que todas la ramificaciones nerviosas que pasan por el tallo cerebral para ahí ser repartidas al resto del cerebro, se dirigen siempre al lado contrario del que provienen; es decir, las terminaciones nerviosas del lado derecho del cuerpo, después de pasar por el tallo cerebral, se dirigen hacia el lado izquierdo y viceversa (Fig. 1.4).

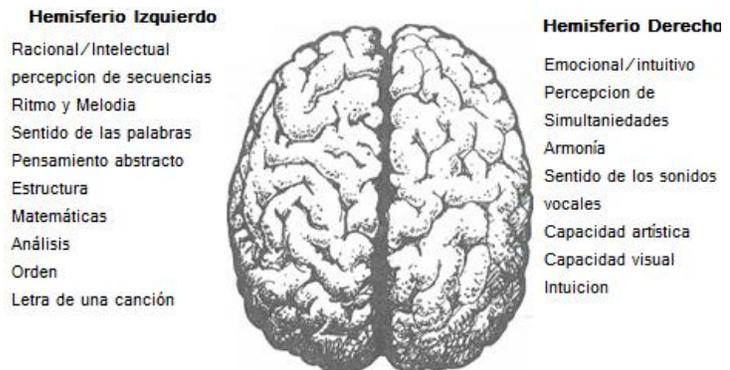


Fig.1.4 Lateralización de las funciones cerebrales

El proceso final de la audición, el que sucede en el nivel de la conciencia activa, ocurre primero en la región o área auditiva primaria de la corteza y se complementa con la actividad del área auditiva secundaria. Ambas se encuentran ubicadas en la pared inferior del surco lateral del lóbulo temporal.

³ Steven Mitchen, *The Singing Neanderthals: The Origins of Music, Language, Mind and Body*, p.181.

⁴ Ibídem, op. cit., p.181

Buena parte de la actividad cerebral consiste en filtrar todos aquellos componentes sonoros que de una u otra manera sean redundantes o estorbosos. Una vez filtrados los ruidos y establecidas las relaciones de orden superior entre los componentes admitidos es que sucede, en nuestra consciencia, lo que llamamos audición.

Lo que también se sabe es que al escuchar música se involucran todos los centros neurálgicos del cerebro, desde aquellos relacionados con la memoria, el lenguaje, el pensamiento abstracto y matemático, hasta aquellos relacionados con las emociones, el movimiento y el transcurso del tiempo. También hay determinados módulos o redes cerebrales con tareas específicas claramente diferenciadas, tales como la apreciación de ritmos o de melodías.

1.3 Algunas características de los procesos cerebrales

Una característica importante del funcionamiento cerebral es que elabora modelos de representación del mundo externo, mismos que podemos describir, buscando una analogía, como mapas multidimensionales.

Esta capacidad de “modelar” el mundo para estructurarlo, analizarlo y recrearlo es lo que llamamos inteligencia. Nunca somos capaces de aprender todo lo que nos rodea, pues nuestra percepción sensorial es limitada (Podemos manejar solo un cantidad determinada de estímulos) y nuestra memoria también lo es (Podemos almacenar solo un cantidad determinada de información), por lo que el cerebro (sin que estos procesos por lo general se hagan de manera consciente) se dedica a llenar huecos, a establecer relaciones y a crear conjuntos y categorías, entre otras cosas.

La inteligencia creativa se caracteriza fundamentalmente por la capacidad de síntesis y de encontrar relaciones novedosas entre los objetos y las ideas. O por aquellas acciones que deliberadamente buscan romper el automatismo, la inercia de nuestros procesos cerebrales.

Podemos percibir una frase melódica o una escena cinematográfica gracias a la memoria y a la anticipación. En realidad nuestra percepción del mundo es en este sentido ilusoria, es una creación de nuestro cerebro, que prolongando el pasado y anticipándose al futuro, dota de coherencia y unidad a eventos y fenómenos fragmentados.

Un 85% de las neuronas del área auditiva primaria también exhiben un fenómeno llamado habituación. Mientras más tiempo sean estimuladas estas neuronas, menos responden. Esto quiere decir que sin un cambio constante en un sonido(o reanudación de la atención por un sonido) nos volvemos sordos a él. Esto no es una sorpresa para los psicólogos, quienes saben desde hace mucho que el cerebro ultimadamente solo está interesado en el cambio.⁵

⁵ Robert Jourdain, op.cit., p.85.

Los creadores de obras audiovisuales juegan constantemente con nuestra necesidad de ser entretenidos. Manipulan nuestras emociones al jugar con nuestros modelos y capacidades de percepción, ya sea de manera empírica e intuitiva, como sería el caso de las grandes producciones de Hollywood o de la publicidad para la televisión. Los niños al pasarse horas y horas frente al televisor, las redes neuronales son moldeadas creando condicionamientos constantemente reforzados que son utilizados para introducir patrones de conducta.

1.4 La música y el cerebro

Son bastantes los beneficios que tiene la música, pero sobre todo la buena música, en el desarrollo intelectual, emocional y físico de las personas. Está demostrado que la música junto con la danza se trata de una de las actividades más importantes en la vida de los individuos y las comunidades en términos de salud física, emocional, intelectual y social. Si nuestro sistema de educación pública incluyera la música desde preescolar como una disciplina formativa, veríamos crecer a una sociedad menos enferma, más plena, más inteligente, menos triste en un tiempo bastante corto.

Además de formativa, la música también puede ser curativa. En muchos casos de daño cerebral la música ha demostrado ser uno de los mejores auxiliares en los tratamientos clínicos, por su gran capacidad de generar coordinación, sincronía y orden en el cerebro. Uno de los descubrimientos más importantes, resultado de este tipo de estudios es que, por lo menos al nivel de la corteza cerebral, el cerebro humano es capaz de reorganizarse para cumplir funciones nuevas. Los pacientes de embolia cerebral en un lado u otro del cerebro, pueden perder distintas capacidades que van desde la parálisis parcial, la falta de coordinación motriz, problemas con la lectura y la escritura, el entendimiento de frases, el discernimiento musical o la interpretación visual, Con entrenamiento muchas de estas disfunciones pueden remediarse o paliarse, al conseguir que en secciones sanas del cerebro se realicen las funciones perdidas por daño en otras zonas.

Esta flexibilidad y versatilidad de la corteza cerebral demuestra que hay una relación directa entre los estímulos que nuestro cerebro recibe a lo largo de la vida y su manera de funcionar.

El cerebro de un músico tiene mayor vínculo entre los dos hemisferios y más materia gris (más redes neuronales) en el área de procesamiento auditivo.

La música puede ser una de nuestras mejores aliadas en la formación de una estructura cerebral sólida, puesto que pone en juego una serie de procesos complejos, tales como el sentido del ritmo, que implica categorización y diferenciación de sonidos repetidos y coordinación corporal; el sentido armónico, que implica memoria de patrones y categorización de secuencias tonales. Se desarrolla también el sentido matemático, puesto que la música puede traducirse a símbolos que la expresan como una serie de relaciones matemáticas de duración y altura entre sonidos.

Cuando a una persona se le hace escuchar un tono musical sin la frecuencia fundamental, es decir escuchando solo la serie de armónicos, normalmente la persona identifica el tono fundamental ausente correctamente, ya que su cerebro le permite oír, dada esa serie de armónicos, su nota

fundamental correspondiente. Nuestras redes neuronales tienen totalmente identificada la serie de los armónicos naturales, aunque nosotros no seamos conscientes de ello.

1.5 Sinestesia

Existe un fenómeno sensorial llamado sinestesia, el cual consiste en la mezcla de percepciones sensoriales. Se percibe un estímulo sensorial, pero se recibe asociado a una impresión subjetiva de otro sentido. Existen varios casos documentados de personas que ven los sonidos como colores, o que perciben las formas como sabores o que al tocar sienten olores. La forma más común de sinestesia es una en la que se mezclan percepciones dentro de un mismo modo sensorial, la llamada sinestesia grafemacolor, condición en la que los individuos ven los números y letras (y en algunos las palabras) en colores determinados (Fig.1.5).



Fig.1.5 Sinestesia

En teoría todos al nacer somos sinestésicos, pues en nuestros primeros meses de vida nuestras redes neuronales especializadas apenas comenzando a formarse, y todo nuestro sistema perceptivo se ve envuelto en un torbellino de estímulos.

En el arte se habla de sinestesia en cualquier caso en el que un sentido se mezcla o es sustituido por otro. Un ejemplo sería: tus dulces palabras (gusto-oído). En el cine se establecen múltiples relaciones sinestésicas, fundamentalmente sonoro-visuales, pero también de otros tipos, aunque se puede decir que en el cine clásico lo común es que cada estímulo vaya dirigido a su sentido correspondiente.

1.6 Modos de audición

Un modo de audición es un modelo teórico que pretende explicar los procesos o las maneras en que obtenemos información a partir de los estímulos sonoros. El primero en plantear un modelo teórico al respecto fue el francés Pierre Schaeffer (1910-1995), en 1966 publica su *Tratado de los Objetos Musicales*:

- i. Oír es simplemente percibir un sonido, sin que medie ninguna voluntad de hacerlo;
- ii. Escuchar es concentrarse atentamente en un sonido;
- iii. Entender es una intención (voluntad) de escuchar, separando un sonido de otro, seleccionando lo que queremos escuchar;
- iv. Comprender es el nivel semántico de la escucha, cuando se decodifica el significado de un sonido lingüístico.

A estos cuatro modos corresponden a su vez dos categorías de escuchar, la causal y la semántica. La primera es aquella que se preocupa básicamente por dilucidar la causa, aquello que ha

producido el sonido que escuchamos; la segunda, es aquella que lo que nos interesa del sonido es el mensaje que contiene, e implica, por lo tanto, su decodificación.

Estos dos modos de escucha no son autoexcluyentes, podemos al mismo tiempo estar escuchando un sonido, tanto para dilucidar su causa (¿Quién habla?), como su significado (¿Qué dice?).

Schaeffer habla de otros tres conceptos fundamentales de la escucha:

- 1) Acusmática. Donde no vemos la fuente emisora. La radio es el medio acusmático por excelencia, y el cine utiliza a veces la acusmática como una forma de crear tensión dramática o suspenso, al usar una voz cuya identidad visual se nos niega.
- 2) La escucha reducida. Cuando nos concentramos en un sonido en sí, sin pretender obtener del mismo otra cosa que la simple escucha.
- 3) Un objeto sonoro. Cualquier evento que ha sido grabado e individualizado, extraído de su contexto, convirtiéndose en un objeto concreto susceptible de ser estudiado, reproducido, editado y manipulado de cualquier forma.

La escucha reducida tampoco es excluyente de la otras (la causal y la semántica), de hecho se complementa e interactúa con estas, pues muchas veces justamente para poder dilucidar el significado de un sonido, tenemos que concentrarnos en el sonido en sí.

Podemos deducir que las distintas maneras de conceptualizar y categorizar los distintos modos de audición, es que el oír puede ser una actividad pasiva o activa, distraída o atenta, centrada en lo emocional o en lo racional, concentrada en los sonidos en sí o en los que los sonidos transmiten como vehículo de cierta información, ya sea esta causal o semántica.

“No hay peor sordo que el que no quiere oír” hacemos referencia a esta frase de sabiduría popular ya que la audición es claramente un fenómeno complejo y siempre determinado por nuestra disposición inmediata hacia los estímulos sonoros y por el marco de referencia cultural, profesional y personal con que evaluamos dichos estímulos.

1.7 La jerarquización cultural de los sentidos

En la visión occidental moderna el sonido es un atributo de la fuente sonora: se confúndela causa con el efecto. Llamamos sonido tanto al fenómeno físico de propagación de ondas vibratorias como al fenómeno psicoacústico de su percepción; sin embargo, son cosas diferentes, pues como hemos visto, nuestra escucha es selectiva, recibimos más vibraciones de las que podemos escuchar. En general no solemos considerar al sonido como un elemento creador, como un generador de cambios, como la causa de poderosos efectos. Al contrario, tendemos a considerar el sonido simplemente como un efecto, a veces agradable, a veces molesto, producido por el movimiento del mundo y de la vida. Esta actitud ha permitido que toleremos o francamente ignoremos muchas consecuencias dañinas del desarrollo tecnológico-industrial posmoderno, que incluye la utilización del sonido como instrumento de dominio, al proporcionar contextos sonoros que aturden, confunden, adormecen o tensan a quienes en ellos viven. No olvidemos que en las

grandes urbes el silencio es un privilegio de muy pocos. En occidente una lista jerárquica de los sentidos pondría seguramente en primer lugar a la vista, y después al oído y al tacto.

Como herederos de la tradición cultural occidental aunque sea en calidad de pueblos colonizados y por lo tanto de culturas mestizas, nos cuesta trabajo concebir que el oído y el tacto puedan ser sentidos superiores al sentido de la vista. Y al no darle importancia debida a lo que escuchamos, hemos permitido socialmente, que nuestros oídos sean constantemente bombardeados por toda clase de ruido. Por lo general, nadie respeta los oídos de los demás. Hasta la más bella música del mundo puede ser una tortura –o por lo menos un ruido molesto- si somos obligados a oírla contra nuestra voluntad.

1.8 Antecedentes del sonido cinematográfico

Fue en el siglo XIX cuando el estudio de lo sonoro, en función de su posible registro y reproducción, fue trasladando su enfoque, del estudio de la emisión del sonido (la boca) al estudio de la recepción del sonido (el oído).

En 1807 el estadounidense Thomas Young (1773-1829) construyó un instrumento que registraba las vibraciones acústicas en la superficie de un cilindro ahumado; es decir, se podía ver la huella de una onda sonora, una reproducción gráfica del sonido. Hacia 1809 el físico alemán Ernst Chladni (1756-1827), a quien se considera como uno de los padres de la acústica moderna, realizaba experimentos similares, pero con diferentes medios, para demostrar el carácter ondulatorio de las vibraciones sonoras: esparcía arena en placas metálicas o de cristal que luego, hacia resonar frotándolas con un arco de violín, dibujándose en la arena formas simétricas que permitían visualizar las ondulaciones correspondientes (Fig. 1.6)

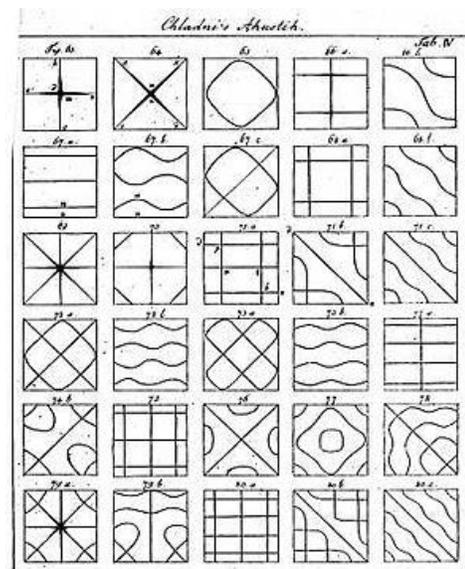


Fig.1.6 Registros gráficos de las figuras originales de Chladni

En 1821 el inglés Charles Wheatstone (1802-1875), a raíz de sus estudios acerca de las ondas sonoras y las propiedades de resonancia de los cuerpos, cobra notoriedad pública exhibiendo su “lira encantada” o Aconcryptophone, artefacto que consistía en una serie de tubos metálicos en una caja de resonancia conectada por un cable metálico a instrumentos en otra habitación, de manera que transmitía a distancia las vibraciones de instrumentos reales a su lira encantada, la cual resonaba “mágicamente” sin causa visible.

Wheatstone estudio ampliamente el sonido, enriqueciendo el conocimiento del comportamiento de las ondas sonoras, en particular con respecto a su capacidad de viajar en distintos medios a

distintas velocidades, pronosticando la posibilidad de comunicación a grandes distancias. Entre muchos otros inventos diseñó un aparato amplificador de señales sonoras tenues, al que llamó “micrófono”, mismo que consistía básicamente en dos cilindros metálicos adosados a los oídos, que al resonar amplificaban directamente las vibraciones: una prefiguración del estetoscopio médico.

En 1857 el francés Édouard-Léon Scott (1817-1879) inventa el fonautógrafo, con lo que logra tener el crédito por el primer aparato capaz de registrar sonido. El aparato “escribía” las ondas sonoras en placas cilíndricas de vidrio ahumado y posteriormente también en papel. El resultado permitía estudiar y analizar los sonidos, pero no permitía su posterior reproducción (Fig. 1.7).

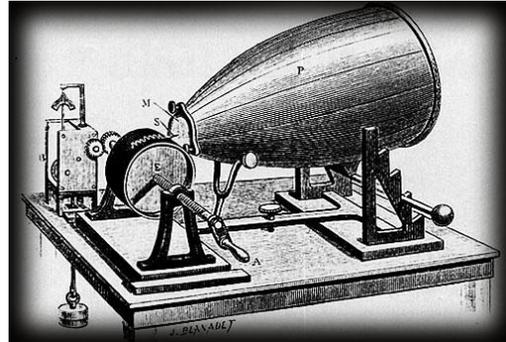


Fig.1.7 Fonautógrafo de Édouard-Léon Scott

Helmholtz trabajó con diapasones de afinación, que producen tonos simples sin armónicos y con cajas de resonancia diseñadas para atenuar o amplificar frecuencias específicas. Los mecanismos que utilizó para capturar frecuencias determinadas en las que podemos considerar como trampas sónicas, siguen siendo ampliamente utilizados hasta la fecha y llevan el nombre de resonadores de Helmholtz.

Los principales avances en la investigación y la reproducción sonora vinieron del abandono total de la boca. El celebrado sintetizador de Helmholtz, que usaba diapasones de afinación y resonadores para crear sonidos vocales, estaba modelado a partir del oído su discípulo Rudolf König construyó una “sirena de ondas” (wave siren) compuesta por varios anillos de metal con bordes dentados. Los bordes correspondían a las formas de onda de las distintas vocales. Cuando un chorro de aire era dirigido al borde del anillo rotante, emitía un sonido vocal. Ambas máquinas tratan al sonido como un efecto; trataban al sonido en general, más que intentar replicar una causa específica.⁶

Este cambio de dirección de las investigaciones en busca de la reproducibilidad mecánica del sonido, de la emisión a la reproducción; de los casos concretos a los principios generales, de la causa al efecto, produjo resultados espectaculares de manera relativamente rápida. Con la llegada del teléfono y el fonógrafo se establecieron las bases del registro y la reproducción analógica de los sonidos.

En abril 1877 Charles Cros (1842-1888) fue el primero en concebir un fonógrafo práctico, varios meses antes de la invención de Edison, con la salvedad por falta de recursos, de que Cros por falta de recursos no produjo un prototipo. Cros no solo descubrió los principios del fonógrafo antes que

⁶ Jonathan Sterne, *The Audible Past: Cultural Origins of Sound Reproduction*, tr del autor, pp.77, 80-81

Edison, también describió la tecnología básica del cinematógrafo de manera muy temprana incluso desde 1867, y trabajo por años perfeccionando un método de fotografía a color, involucrando a su amigo Édouard Manet en el proceso.⁷

1.8.1 Primeras tecnologías de registro y reproducción de audio

Se necesitaba un micrófono para que el teléfono pudiera funcionar, en ese entonces llamado transmisor, el primero en construir uno en 1876 fue Thomas Alva Edison (1847-1931), con el cual se establece el primer mecanismo práctico de registro y reproducción analógica de sonidos (las señales analógicas son factibles de transducción; es decir, de ser expresadas por medio de otra forma de energía sin perder sus características fundamentales). El fonógrafo de Edison funcionó primero con rodillos forrados de papel de estaño; después con participación de todos sus colaboradores, probó con rodillos de papel encerado y finalmente para 1890, comenzó a utilizar el rodillo de cera maciza, mismo que tenía la enorme ventaja de permitir a los usuarios realizar sus propios registros (Fig. 1.8).



Fig.1.8 Fonógrafo de Edison

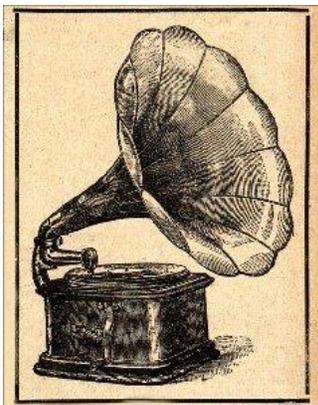


Fig.1.9 Gramófono de Berliner

1888 el francés Émile Berliner (1851-1929) había inventado el gramófono (Fig. 1.9), que se diferenciaba del fonógrafo por utilizar un disco de cera en lugar del rodillo; todos los demás principios básicos eran los mismos. La ventaja del disco era que permitía hacer una copia espejo del disco maestro, misma que se hacía en cobre y a partir de esta copia reproducir múltiples copias en pasta. Esto fue lo que determinó el éxito del gramófono como sistema comercial, saliendo a la venta los primeros discos Gramophone en 1902.

W.K.L. Dickson, considerado actualmente uno de los padres del cine sonoro, de origen inglés era un fotógrafo amateur obsesionado con darle movimiento a las fotografías, en 1883 Dickson se embarca hacia Estados Unidos donde logra colocarse en un puesto base en la compañía Edison donde en 1888 se le asigna un equipo de investigación sobre la fotografía en movimiento,

⁷ Tom Gunning, <<Doing for the Eye what the Phonograph Does for the Ear>>, en *The Sounds of Early Cinema*, tr. del autor, p.15

considera la posibilidad de construir una cámara y un instrumento visor, estudia el celuloide transparente recién desarrollado por John Carbutt, y se acerca a la compañía de George Eastman. Finalmente en 1890, Dickson le presenta a Edison el Quinetógrafo, con el cual había filmado ya un ensayo exitoso. Para 1892 aparece el famoso Quinetoscopio de Edison, una versión mejorada del aparato del aparato diseñado por Dickson.

Hacia 1894, poco antes del estreno del cinematógrafo por los Lumière en París, Dickson experimentaba ya una película con sonido sincrónico. Existe un corto de 21 segundos que muestra a dos hombres bailando mientras un tercero toca el violín frente a un cuerno de fonógrafo.

Dickson fundó su propia compañía, llamada American Mutoscope Company, y recreo su invento llamándolo "autógrafo", compitiendo directamente con Edison por unos años, hasta que en 1897 regresó a Inglaterra, abandonando sus esfuerzos por el desarrollo de un cine sonoro.

Los directores y los teóricos pensaban que el cine sonoro iba a acabar con la fuerza del cine mudo, lo que se vio como si fuera una ruptura de la expresividad y la estética del cine. La escuela soviética creía que el cine sonoro iba a satisfacer al público. Se iban a hacer más comerciales y menos intelectuales. Pensaban que el público se iba a hacer más pasivo.

El cine sonoro tal y como se implantó en la década de los treinta, fue el resultado conjunto de múltiples esfuerzos tanto individuales como corporativos en diversos países.

En Inglaterra en 1900, un cortometraje titulado *Little Tich and His Big Boots* fue distribuido y proyectado con música orquestal grabada en un disco gramófono. En Francia, en 1902, varias producciones fueron proyectadas con una pista grabada de diálogos, y una, en particular, ***The Dress*, también incluía efectos sonoros.** Durante la Exposición en París se mostró una escena con diálogos de *Cyrano de Bergerac*.⁸

Condicionado por las corrientes científicas y naturistas de esta época, el cine nació con una marcada vocación de reproducir la realidad de la manera más fiel posible. Eso quiere decir que el nuevo medio surgió con la pretensión de captar o difundir no sólo imágenes en movimiento, sino también sonidos, diálogos, colores y dimensiones espaciotemporales.

Los experimentos sobre la proyección de imágenes en movimiento visibles para más de un espectador se estaban desarrollando simultáneamente en Estados Unidos y en Europa; en Francia, a pesar de no contar con la gran infraestructura industrial de Edison, los hermanos Louis y Auguste Lumière llegaron al cinematógrafo, invento que era al tiempo cámara, copiadora y proyector, y que es el primer aparato que se puede calificar auténticamente de cine (el 28 de diciembre de 1895, fecha de su presentación pública).

⁸ Russell Lack, *Twenty-Four Frames Under: A Buried History of Film Music*, tr. del autor, p.13.

Los hermanos Lumière produjeron además una serie de cortometrajes, de género documental, en los que se mostraban diversos elementos en movimiento: obreros saliendo de una fábrica, olas rompiendo en la orilla del mar y un jardinero regando el césped. Uno de sus cortometrajes más efectistas para demostrar las posibilidades del nuevo invento fue el que mostraba a un tren avanzando hacia el espectador, lo que causaba gran impresión en el público asistente.

El sistema *Vitaphone* fue presentado en agosto de 1926 en Nueva York y tuvo un impacto positivo tanto en el público como en la crítica. El sistema contaba con un micrófono de alta calidad, un amplificador sin distorsión, una grabadora y una tornamesa de operación eléctrica, un alta voz de alta calidad y un sistema de sincronización libre de variaciones. A finales de 1927 se estrena *The Jazz Singer* (El cantante de Jazz, Fig. 1.10), producida por la empresa cinematográfica *Warner Brothers*, usando el sistema *Vitaphone*. A esta película muda se añadieron cuatro secuencias musicales sincronizadas en donde el actor Al Jolson cantaba y luego decía varias líneas de diálogo.



Fig. 1.10 Premier “*The Jazz Singer*”

En términos de calidad de reproducción sonora, el sistema *Vitaphone* empeoró con los años, debido a las técnicas precarias de regrabación que comenzaban a utilizarse para introducir más sonidos en la pista sonora; es decir, hacer copias de varias pistas a una sola final, o mezclar, lo cual fue degradando la calidad del sonido. Y si consideramos que el sistema de sincronización nunca fue cien por ciento seguro, podemos comprender por qué el primer sistema de sonido comercialmente exitoso, fue finalmente reemplazado a favor del sonido óptico.

En 1904 Eugene Agustín Lauste construyó su primer aparato de sonido óptico. De acuerdo al *Daily Chronicle* de agosto 27 de 1913, las selecciones que Lauste demostró incluían el sonido de un cerillo encendiéndose, un dueto de flauta y piano, una banda militar tocando *El Capitán* y un breve discurso por el hijo del inventor.⁹

Lee de Forest, inventor estadounidense independiente, quien contribuyó a resolver varios de los problemas cruciales del registro y la reproducción sonora. En su momento, varios de sus aportes técnicos fueron utilizados ampliamente por la industria cinematográfica de Estados Unidos sin el debido reconocimiento. Lee de Forest ya desde 1900 había profetizado que las películas habladas podían ser producidas fotografiando un registro de voz simultáneamente con la imagen en el

⁹ Scott Eyman, *The Speed of Sound: Hollywood and the Talkie Revolution*, pp. 30-31

mismo tramo de celuloide. El asistente de De Forest dijo en una conferencia en 1970 que De Forest estaba realizando pruebas exitosas de sonido óptico desde 1913.

La compañía que llevo a las salas el sonido óptico fue la Fox, quien logro colarse a las grandes ligas. Theodore Case y Earl Sponable, quienes al asociarse con Fox, consiguieron la plataforma corporativa necesaria para desarrollar e implementar masivamente un sistema de sonido óptico.

Case y su asistente Sponable buscaban mejorar el tubo Audion (bulbo primitivo). En 1917 perfeccionaron la celda talófica (*Thalofide Cell*), un tubo de vacío altamente mejorado, y comenzaron a integrar este invento dentro de un sistema de grabación de sonidos.[...] En un periodo de dieciocho meses Case Labs estaba produciendo un sistema mejorado de sonido en película (sonido óptico) basado en la celda talófica. Ingenuamente, De Forest había compartido abiertamente con Case todos sus conocimientos en tecnología del sonido óptico.¹⁰

Del otro lado del Atlántico, el desarrollo más importante era el sistema alemán Tri-Ergon, que se había venido desarrollando de manera paralela al sistema desarrollado por Case para Fox.

Tres inventores Alemanes habían desarrollado un método alternativo de sonido óptico el Tri-Ergon. Intentaron sin éxito innovar su sistema dentro de la industria fílmica alemana entre 1922 y 1926.

En 1930 aparece el estándar de sonido óptico para cine, que consiste en una pista única (monoaural) de 3mm de ancho impresa de manera longitudinal entre las perforaciones y las imágenes de una tira de celuloide de 35 mm.

1.8.2 La transición del cine mudo al sonoro

La transición del cine mudo al sonoro fue tan rápida que muchas películas distribuidas entre 1928 y 1929, que habían comenzado su proceso de producción como mudas, fueron sonorizadas, introduciéndoles extraños efectos sonoros; en otras el sonido se adaptaba a obras literarias.

La aparición del cine sonoro introdujo grandes cambios en la técnica y expresión cinematográfica, por ejemplo: la cámara perdió movilidad quedando relegada a la posición fija del cine primitivo y la imagen perdió su estética cediéndole importancia al diálogo. Algunas grandes estrellas fílmicas de Hollywood vieron naufragar sus carreras ante su mala dicción, su pésima voz o su excesiva mímica. Una película que retrata esta transición del cine mudo al sonoro es el famoso musical "*Cantando bajo la lluvia*" (1952).

En Estados Unidos el cambio al cine sonoro fue tan rápido y tan dominado por los intereses empresariales por sobre los artísticos, que resulto traumático y hasta letal para importantes

¹⁰ Douglas Gomery, <<The Coming of Sound: Technological Change in the American Film Industry>>, en *Film Sound...*, tr.del autor, pp.15-16

sectores del viejo gremio: los productores otorgaron un poder total a los técnicos de sonido para dar el salto rápido al cine sonoro.

Para los técnicos de sonido casi todo era nuevo: tanto la tecnología como el propio medio cinematográfico, ya que la mayoría de ellos provenían de la radio. Recordemos que no existían sonidistas de cine.

La tecnología instalada no les ayudaba mucho a los primeros operadores de sonido, particularmente por las enormes dimensiones de los micrófonos y amplificadores, y sobre todo por un monitoreo sonoro que podía ser excesivo y poco fiel, pues el operador de sonido muchas veces escuchaba en su cabina en bocinas que transmitían mucho más ruido o distorsión de la que en realidad se estaba grabando en la cámara óptica donde se corría en negativo óptico de sonido, lo que podía hacer a los operadores exageradamente sensibles al mas mínimo ruido, mucho mas allá delo pertinente.

Los dueños de las salas se apresuraron también a convertirlas en aptas para el sonido. El público pronto se cansó de los diálogos monótonos y de las situaciones estáticas de estas películas, en las que un grupo de actores se situaba cerca de un micrófono fijo.

Tales problemas se solucionaron en los inicios del año 1930, cuando en varios países un grupo de directores de cine tuvieron la imaginación necesaria para usar el nuevo medio de forma más creativa, liberando el micrófono de su estatismo para restablecer un sentido fluido del cine y descubrir las ventajas de la postsincronización (el *doblaje*, los *efectos sala* y la *sonorización*), que permitía la manipulación del sonido y de la música una vez rodada y montada la película.

En Hollywood, Lubitsch y King Vidor experimentaron con el rodaje de largas secuencias sin sonido, añadiéndolo posteriormente para resaltar la acción. Lubitsch lo hizo con la música, “*El desfile del amor*” (1929) y Vidor con el sonido ambiente para crear una atmósfera natural en “*Aleluya*” (1929). Los directores comenzaban a aprender a crear efectos con el sonido que partía de objetos no visibles en la pantalla, dándose cuenta de que si el espectador oía un tictac era innecesario mostrar el reloj.

«El cine sonoro no era simplemente el mudo con sonido incorporado, sino una nueva forma de expresión que tenía que reconciliar lo real (la grabación precisa de palabras y sonidos) con lo irreal (la imagen bidimensional), mientras que el cine mudo había sido una unidad armoniosa, completa por sí misma». (Planeta, 1982).

Algunos historiadores del cine afirman que surgieron problemas técnicos como que las cámaras hacían mucho ruido y las filmaciones debían hacerse en riguroso silencio, los micrófonos lo captaban todo y al mismo tiempo no se entendían correctamente las voces de los actores, el operador, encerrado en una cabina anecoica no se enteraba de nada que no veía, lo que hacía perder agilidad, fluidez, creatividad y ritmo a los movimientos narrativos.

Sin embargo, en muy poco tiempo se montaron las cabinas para la cámara sobre ruedas y así blindándola totalmente, con lo que recuperaron la movilidad anterior. Hacia 1928 se habían superado la mayoría de los problemas técnicos con los que se inició el cine sonoro.

Con la llegada del cine sonoro también cambió el montaje de las películas, de la misma manera que cambiaron los guiones, al añadirse la música y los sonidos el montaje se hizo mucho más complejo. Antes había un trozo de película, la imagen. Ahora eran necesarios dos trozos de película (la imagen y los diálogos). Se añadieron enseguida más bandas, las correspondientes a las músicas y a los efectos sonoros. Todo se hizo posible gracias a la Moviola (máquina para edición de películas, inventada por Iwan Serrurier en 1924, *Fig. 1.11*), que permitía a los editores estudiar cada toma en las salas de edición, a fin de determinar de forma precisa cual sería el mejor punto de corte. Que aunque existía antes, la moviola muda, sin ella hubiera sido imposible montar las películas musicales que tanto influyeron en los primeros momentos del cine sonoro.



Fig. 1.11 Moviola

En muy poco tiempo Hollywood adoptó de manera generalizada los siguientes estándares y metodologías:

- 1) Uso de un solo micrófono (para evitar acumulación de ruido de fondo) y su colocación a una distancia relativamente constante del actor, sin correspondencia al plano de la imagen, para evitar notorios cambios de plano sonoro en las voces.
- 2) Uso de material numerado (edge numbering) para la edición y el uso de movilas.
- 3) Implementación del uso de la postsincronización: es decir, doblaje rutinario de veces e incidentales y su edición en sistema multipista.
- 4) La regrabación de pistas para una mezcla final controlada: uso de filtros de frecuencia y efectos de reverberación.

Las técnicas anteriores fueron adoptadas en función de la concepción general del cine que se tenía en Hollywood: un cine netamente narrativo, sin muchas pretensiones estéticas formales y más preocupado por crear su propia realidad cinematográfica que por reflejar la realidad misma.

Para 1931 hubo una mejora en lo que compete a micrófonos, ya que se venían usando los micrófonos de condensador que tienden a volverse “ruidosos” en climas húmedos, por lo que son suplantados por los micrófonos dinámicos. Para 1939 se diseñan micrófonos direccionales, alcanzando una proporción de 10:1 entre registro deseado y no deseado y reducción de

efectivamente ruido de cámara, rechinos de piso, ruidos de dolly (el carrito donde va la cámara) y sonidos reflejados de paredes y otras superficies reflejantes.

En 1938 en las salas de exhibición de Hollywood respecto las condiciones de reproducción sonora en se establece la norma “Curva de la Academia” que consiste en un rango limite de frecuencias para los sistemas de grabación y reproducción de sonido que va de los 60Hz a los 8kHz. Así, se eliminaron muchos ruidos muy graves y muy agudos y junto con esto, todos los componentes de frecuencias correspondientes a los demás sonidos. Intentando resolver un problema, centrado en garantizar la inteligibilidad de los diálogos, esto fue así hasta mediados de la década de los setentas, con la llegada del sonido Dolby.

En América Latina debido a la cercanía geográfica con Estados Unidos, el cine sonoro llego bastante rápido. En México la primera película sonora es *Santa*, de 1931, **con la peculiaridad de que se utilizo un sistema de sonido óptico construido por el mexicano Joselito Rodríguez**, llamado Rodríguez Sound Recording System. Joselito había vivido y trabajado varios años en los Ángeles y fue allá donde construyó su sistema, con el cual se hicieron buena parte de las películas sonoras en México.

1.8.3 Nace el sonidista cinematográfico

Como lo conocemos ahora no existía el sonidista cinematográfico ni tampoco las metodologías ni las técnicas de trabajo correspondientes. El uso de la caña o *boom* para mover el micrófono siguiendo los movimientos de los personajes fue una de esas técnicas que tuvieron que ser inventadas, al parecer muchas veces por los propios directores, quienes precisaban mover a sus actores enfrentados a operadores que no querían mover sus micrófonos.

Para poder ir más allá de lo meramente técnico, por lo general un sonidista tiene que contar siempre con un director creativo y receptivo con respecto al aspecto sonoro del lenguaje cinematográfico.

La especialización del oficio también fue un fenómeno temprano, dividida desde entonces en las principales áreas: Producción (sonido directo y *playbacks*), grabación y realización en estudio que es la que compete a este trabajo de Tesis (doblajes, incidentales, efectos sonoros, música) para ser más exactos la creación de dichos incidentales y efectos sonoros, edición y mezcla. Dentro de los esquemas de producción cinematográfica industrial, la hiperespecialización es un constante siempre creciente.

1.8.4 La grabación magnética del sonido

Los antecedentes del sonido magnético se remontan hacia 1923 cuando el químico alemán Fritz Pfelemer pudo registrar sonidos en forma de señales eléctricas en tiras de papel recubiertas con polvo magnético. En 1932 dos grandes consorcios se unieron para perfeccionar y desarrollar este invento, concentrándose en la elaboración de una cinta magnética de alta calidad. BASF (productos químicos) y AEG (equipos eléctricos), después de unos años desarrollaron una grabadora de cinta magnética a la que llamaron magnetófono.

En 1948 Ampex introduce la primera grabadora y reproductora de sonido en cintas magnéticas de un cuarto de pulgada, su incorporación a la cadena sonora cinematográfica fue lenta, debido al problema de la sincronía, ya que las grabadoras de la época, de carrete abierto, no tenían, en principio, forma de sincronizarse a la película cinematográfica. Para 1950 la compañía alemana Klangfilm fabricaba ya equipo para grabación en película magnética perforada de 35mm. De esta manera se solucionaba el problema de sincronía, pudiéndose correr un sinfín de pistas simultáneas sin posibilidad de corrimientos en la sincronía.

Una parte de lo que se ganaba en fidelidad al grabar y procesar todo el sonido en magnético, se volvía a reducir a la misma calidad disminuida de siempre al hacer el transfer a sonido óptico. El sonido óptico monoaural siempre tuvo rangos limitados: en términos dinámicos su rango era de unos 60dB (contra 100dB del sonido digital actual) y su rango de frecuencia iba aproximadamente de los 60Hz a los 8,000Hz (contra un rango del sonido digital actual de 20 Hz a 20kHz). El rango dinámico del sonido magnético era similar pero el rango de frecuencias era superior.

1.8.5 La nagra III

La Nagra es una grabadora portátil hecha por un ingeniero de origen Polaco Stefan Kudelski, en 1958 sale al mercado la Nagra III un aparato mítico en la historia del sonido cinematográfico.

La Nagra III (Fig. 1.12), la tercera de una gran familia, es un grabadora portátil de cinta magnética en carrete abierto, con múltiples virtudes: compacta y resistente, con excelente calidad de grabación y reproducción, con un novedoso sistema de sincronía a partir de un cristal de cuarzo que le daba una gran autonomía de movimiento y un fácil sistema de operación, con lo cual, en casos extremos, el registro sonoro podía ser realizado por una sola persona.



Fig. 1.12 La Nagra III

Grabadora que fue parte indispensable del equipo de sonido directo cinematográfico desde la década de los setentas hasta finales de los noventas, en que, finalmente, fue desplazada por las grabadoras DAT.

1.8.6 Los sistemas multipista

Los primeros sistemas multipista de sonido para cine aparecen en los años treinta, el cual consistía en un serie de maquinas individuales unidas sincrónicamente, que eran maquinas de reproducción y/o grabación de sonido óptico. En la década de los cincuentas este sistema comenzó a operar con sonido magnético perforado. Con ocho maquinas reproductoras y un maquina máster para la grabación, se podían regrabar los sonidos de ocho pistas a una sola mezcla final, pero cada una de

estas maquinas tenían un costo bastante elevado y era del tamaño de un refrigerador. Por lo tanto, su uso estaba limitado a los complejos industriales que podían costearlos y albergarlos.

1.8.7 Dolby stereo SR

Lo primero que Dolby introdujo al mercado del sonido exitosamente fueron los reductores de ruido. En los sistemas de grabación y reproducción analógica de sonido existe un ruido de fondo, mismo que aumenta cada vez que se hace una copia, pues dicho ruido de fondo se va sumando. En la cinta magnética el ruido de fondo es fundamentalmente de alta frecuencia y se conoce como hiss. Los sistemas Dolby de reducción de ruido atenuaban esta transmisión y acumulación de hiss que acontecía en cada copia o transfer de la cadena de posproducción sonora. La primera película en cuya mezcla final y masterización se utilizó el sistema Dolby de reducción de ruido fue la afamada *Naranja Mecánica* (Stanley Kubrick, 1971).

En 1977, año de estreno de *La guerra de las Galaxias* (George Lucas), película en la que fue usado el sistema Dolby Stereo SR por primera vez en todo el proceso de producción, en ese mismo año se convierte en la norma de la industria estadounidense cinematográfica. Se le llamó “*stereo*” porque la pista final quedaba contenida en dos pistas ópticas monofónicas correspondientes a una pista estereofónica (*left-right*) y SR (*spectral recording*) debido a su novedoso sistema de reducción de ruido.

Además el Dolby Stereo SR logro que el tan anunciado y ansiado sonido surround finalmente llegara para quedarse, dicho sistema consiste en una proyección en sala a cuatro canales: izquierda, centro, derecha y surround (*left, center, right, surround*). Los primeros tres canales (L, C, R) son reproducidos a través de las tres bocinas frontales colocadas detrás de la pantalla. El cuanto canal (S) se reproduce a través de un juego de bocinas repartidas en las paredes laterales y trasera. Limitado en ancho de banda de 100 Hz a 7 KHz.

En la sala de Mezcla se decide que suena al centro (normalmente casi todas las voces), que suena en estéreo (como la música y los ambientes) o se mueve (como el paneo sonoro de un vehículo que osa de izquierda a derecha en pantalla) y que suena en el surround (normalmente refuerzos ambientes o musicales de algo que ya suena adelante). Una vez terminada la mezcla, los cuatro canales son codificados para poder convertirse en una pista estereofónica, misma que será impresa como sonido óptico en la película (Fig. 1.13). Esto se debe a que físicamente en donde va tradicionalmente la banda de sonido óptico, no caben las cuatro pistas. Así que se convierte en una mezcla estéreo llamado Lt, Rt (es decir, *left total, right total*). La codificación funciona por procesos de cancelación de fases, de manera que el canal central y el surround se reparten entre los dos canales estéreo.

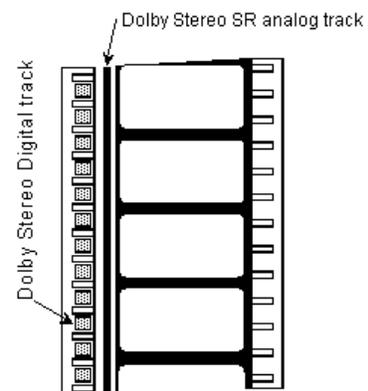
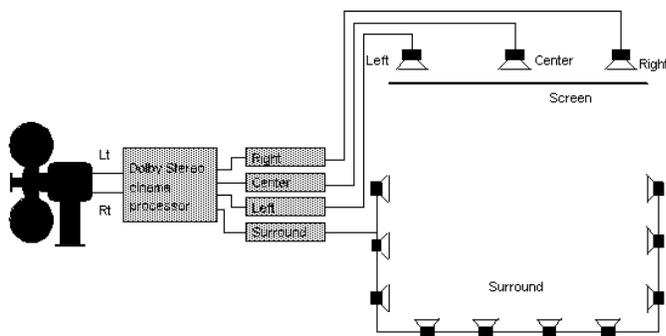


Fig. 1.13 Ubicación en el celuloide del Sistema Dolby Stereo SR 4:2:4

En la sala de cine el lector óptico del proyector lee la pista estéreo y la manda a un codificador, que restituye el formato original de L, C, R, S. Por este paso de cuatro canales a dos y luego a cuatro, al sistema Dolby Stereo SR también se le conoce como 4:2:4 (Fig. 1.14). El sistema nunca fue cien por ciento eficaz, pues a veces la decodificación no era perfecta, sobre todo en salas que



no contaban con una actualización y un mantenimiento técnico adecuado.

Pasaron casi dos décadas para que los circuitos de exhibición se actualizaran tecnológicamente, y en su caso, para que las industrias nacionales lograran alcanzar los estándares técnicos establecidos por la hegemónica industria estadounidense.

Fig. 1.14 Esquema del sistema Dolby Stereo SR (4:2:4)

1.8.8 Norma THX y los sistemas de sonido digital para cine

En 1979 *Apocalipsis Ahora* de Francis Ford Coppola se convierte en la primera película de 70 mm con sonido Dolby Stereo SR. Walter Murch fue el diseñador de sonido de *Apocalipsis Ahora* y también lo había sido de *THX 1138 (1971)*, la obra prima de George Lucas, donde se tomaron las siglas THX para darle nombre a una compañía dedicada a establecer y garantizar los más altos estándares técnicos de sonido e imagen en las salas cinematográficas.

THX es una compañía que da licencias de garantía de calidad a partir de un conjunto de normas técnicas que establecen estándares rigurosos sobre las condiciones acústicas de una sala y su sistema de monitoreo, y en el caso de las salas de mezcla, también establecen normas para el equipo específico que puede ser utilizado. En síntesis podemos decir que THX es una certificación para salas y equipos de proyección de imagen y reproducción de sonido. THX también incluye los famosos cines en casa, los videojuegos y hasta el audio automotriz. La primera película en estrenarse en una sala certificada THX fue *El retorno del Jedi* (1983).

En 1985 aparece el formato CD-ROM, comenzando la tendencia a unificar formatos de computadora, video y audio. En 1986 Dolby introduce su sistema SR de segunda generación, el cual es básicamente el mismo Dolby Stereo SR de los setentas pero mejorado. El Dolby SR (al cual se le quitó el "stereo" del nombre original) es el formato analógico presente en prácticamente todas las copias de películas actuales a nivel mundial.

En 1987 aparecen en el mercado las primeras grabadoras digitales de cinta (DAT: *Digital Audio Tape*), formato que suplantó a las grabadoras de cinta magnética, para a su vez ser sustituidas por grabadoras digitales de disco duro ya entrados en el siglo XXI. En 1988 aparece el primer sistema

de proyección de sonido digital para cine, se trata del sistema de pantalla gigante IMAX DDP (de *Sonic Associates*), exclusivo para teatros IMAX. En 1992 Dolby introduce el Dolby SR-D. Y en 1993 aparece el sistema DTS (de *Digital Theater Systems*) y el SDDS (de *Sony Electronics*).

El sistema DTS tiene como particularidad que el sonido se registra en un CD, mismo que se sincroniza con la película por medio de un código de tiempo impreso entre la pista analógica y lo fotogramas. Su ventaja principal es un sonido menos comprimido (20Bits a 48Khz); es decir con una mayor naturalidad y fidelidad, su desventaja es que implica la instalación de equipo adicional (el reproductor de CD). En México, es muy bajo el porcentaje de películas mexicanas terminadas en dicho sistema.

El SDDS (*Sony Dynamic Digital Sound*) es el sistema menos difundido en América Latina, ya que su instalación requiere equipo adicional al usado por Dolby y DTS. Agrega dos pistas a las seis de los sistemas 5.1: además de la configuración (L, C, R, Ls, Rs y Sw) tiene un *left center* y un *right center* (centro izquierda y centro derecha) (20Hz a 20KHz.). Este sistema no ha sido implementado en México y no tiene correspondencia en los formatos de sonido en DVD para el hogar (*home theater*). Usa dos pistas redundantes, es decir, idénticas, una en cada uno de los bordes exteriores de la película: de esta manera, el sistema SDDS evita al máximo la posibilidad de errores o fallas en la lectura de su sonido digital, mismo que consiste en información digital impresa de manera óptica en la película.

Una misma copia cinematográfica puede contener simultáneamente los cuatro sistemas que son el estándar actual de sonido cinematográfico: la pista analógica del Dolby SR; El Dolby Digital; el código de tiempo DTS, y el SDDS (Fig. 1.15). En América Latina la mayoría de las películas solo usan el sistema Dolby.

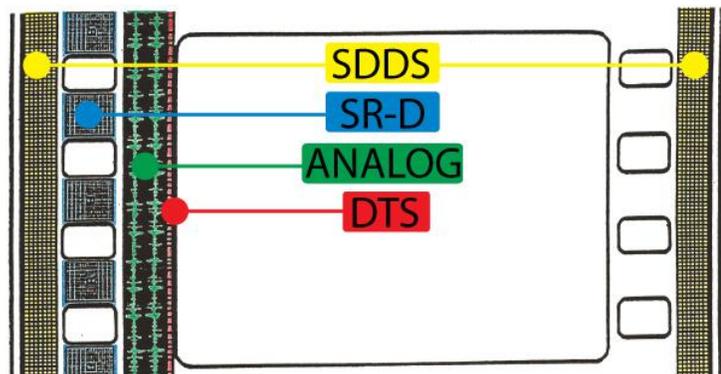


Fig. 1.15 Ubicación en el celuloide de los distintos Sistemas de Sonido

1.8.9 Sistema 5.1 dolby digital

El sistema Dolby Digital consta de seis pistas L, C, R, Ls, Rs y Sw (Izquierda, Centro, Derecha, Izquierda Surround, Derecha Surround y Sub-woofer) (Fig. 1.16): a esta disposición se le llama 5.1 en donde tenemos cinco fuentes de emisión (20Hz-20kHz) y una adición al centro para sonidos muy graves (3Hz-120Hz), es decir, el sub-woofer. La información digital correspondiente a esas seis pistas se imprime, como información digital en formato óptico, en los espacios entre las perforaciones de la película. Esto permite mantener la pista óptica analógica en su lugar, lo cual hace posible que una misma copia pueda ser leída tanto en salas actualizadas con lectores digitales o en viejas salas que solo tienen lectores analógicos. En la actualidad existen pocas salas

sin lectores digitales, pero se sigue imprimiendo la pista analógica por protección: en caso de que la lectura del sonido digital falle por cualquier motivo, automáticamente se reproduce la pista analógica.

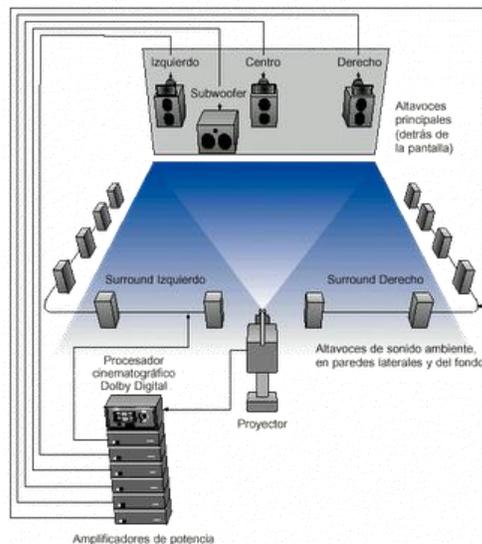


Fig. 1.16 Esquema del Sistema 5.1 Dolby Digital

1.8.10 El sonido digital en México

Como ya se había mencionado en México hubo casi dos décadas de retraso, de hecho en los ochentas no solo no podíamos hacer películas con sonido estéreo-surround, en general tampoco podíamos escuchar las producciones extranjeras con Dolby SR, pues la modernización de las salas fue lenta y gradual y del centro hacia la periferia. Hasta 1995 llega el Dolby SR, año en que comienza a funcionar la primera sala THX de los Estudios Churubusco. Cinco años más tarde llega el sonido Dolby Digital, pero con otro nombre.

La primera película mexicana mezclada en Dolby Digital 5.1 fue *Fibra Óptica* de Francisco Athie en 1997. En los años previos se había incorporado ya la grabación estereofónica de ambientes y efectos, así como un mayor cuidado en la calidad de las grabaciones y el control de ruido de fondo, adecuadas a la mayor fidelidad del nuevo sistema. También se había experimentado con el uso de surround y se había generado cierta discusión en el medio acerca de sus implicaciones expresivas y técnicas. En los ya más de 13 años transcurridos desde 1997 a la fecha, la experiencia acumulada en México nos permite hablar de un nivel de calidad técnica en mezcla digital 5.1 equiparable a los estándares internacionales.

Cada pista de audio tiene una resolución de 16 Bits y 48KHz. El *Compact Disc*, por ejemplo, utiliza 44,1KHz, pero en cine se debe usar el formato profesional de 48KHz, porque es múltiplo de 24, que es el total de cuadros reproducidos en un segundo, y de esa manera se puede sincronizar el audio con la imagen.

1.9 Cinematografía de ciencia ficción

El cine de ciencia ficción es un género cinematográfico que utiliza representaciones especulativas basadas en la ciencia de fenómenos imaginarios como extraterrestres, planetas alienígenas y viajes en el tiempo, a menudo junto con elementos tecnológicos como naves espaciales futuristas, robots y otras tecnologías. El cine de ciencia ficción se ha utilizado en ocasiones para comentarios críticos de aspectos políticos o sociales, y la exploración de cuestiones filosóficas como la definición de ser humano.

El género ha existido desde los comienzos del cine mudo, cuando el *Le Voyage dans la Lune* (1902) de Georges Méliès asombró a su audiencia con sus efectos fotográficos. Desde la década de 1930 hasta la de 1950, el género consistía principalmente en películas de serie B de bajo presupuesto. Tras el hito de Stanley Kubrick de *2001 : A Space Odyssey* de 1968, el cine de ciencia ficción fue tomado más en serio. A finales de la década de 1970, películas de presupuesto alto con efectos especiales se convirtieron en populares entre la audiencia. Películas como *Star Wars* o *Close Encounters of the Third Kind* allanaron el camino de éxitos de ventas en las siguientes décadas como E. T.: El extraterrestre (1982) y *Men in Black* (1997).

El cine de ciencia ficción es un género cinematográfico que hace énfasis en la ciencia actual, extrapolable o especulativa y el método empírico, relacionándose con un contexto social que está menos enfatizado, pero aún presente, trascendentalismo de la magia y la religión, en un intento de reconciliar al hombre con lo desconocido.¹¹

1.10 Diseño de sonido y uso de Pure Data

El diseño de sonido consiste en la manipulación de los elementos que componen el sonido, que en estos últimos años ha tenido un avance imparable dentro del lenguaje cinematográfico. El diseñador de sonido es capaz de crear cualquier *elemento sonoro* partiendo de la nada a través de la comprensión de los principios físicos que están detrás del proceso. Los métodos para la edición y procesamiento de dichos elementos generalmente son manipulados y generados por una computadora, por lo tanto es necesario digitalizar el audio (debido a que debemos representarlo en un lenguaje binario para que ésta pueda procesarlo).

Una gran ventaja de usar la computadora para diseñar sonidos es que puede sintetizar sonido (utilizar hardware digital para generar elementos sonoros) mediante el cálculo de secuencias de números que correspondan a la forma de onda del sonido deseado como salida, con lo cual, podemos trabajar con señales digitales, lo que nos permite representarlas numéricamente en forma exacta al ser extremadamente precisas.

Pure Data (Pd) está diseñado para realizar operaciones con señales de audio con un alto grado de precisión y control, lo que permite programar algoritmos de síntesis de sonidos; mismos que difícilmente podrían ser obtenidos por medios tradicionales, como son las técnicas de edición y grabación. *Pd* es un entorno de desarrollo con el cual es muy sencillo hacer programas de procesamiento de señales, su función primaria es el procesamiento de sonido, siendo la razón de su diseño.

¹¹ Vivian Sobchack Trabajo en películas de ciencia ficción y la fenomenología de las películas que realizó, es lo que más se la ha reconocido.

1.10.1 Historia de Pure Data (Pd)

Es un lenguaje de programación gráfico desarrollado por Miller Puckette durante los años 90 para la creación de música computarizada interactiva y obras de multimedia. Pd es un proyecto de código abierto y tiene una gran base de desarrolladores trabajando en nuevas extensiones al programa. Está publicado bajo una licencia de software libre.

Pd no ha cambiado mucho desde el programa original de Puckette desarrollado cuando él estaba en el Instituto de Investigación Sobre Acústica y Música (IRCAM), y es hasta cierto grado interoperable con Max/MSP, el sucesor comercial del lenguaje Max. Ambos Pd y Max son ejemplos discutibles de lenguajes de programación de flujo de datos. En este tipo de lenguajes, funciones también llamados objetos son conectadas unos con otros en un ambiente gráfico que modela el flujo del control y el audio. A diferencia de la versión original de Max, sin embargo, Pd siempre fue diseñado para hacer procesamiento de señales y tasas de control en la CPU nativa, en vez de descargar la síntesis y el proceso de señales a un tablero de PDS. El código de Pd es la base de las extensiones MSP de David Zicarelli al lenguaje Max para hacer proceso de audio en software.

Pd tiene una base modular de código en forma de objetos que son utilizados como bloques de construcción para programas escritos en el software. Esto hace al programa arbitrariamente extensible a través de una API¹² pública, alentando a los desarrolladores a añadir sus propias rutinas de audio; adicionalmente, Pd está diseñado nativamente para permitir colaboración en vivo a través de redes o de Internet, ó incluso en distintas partes del mundo, hacer música juntos en tiempo real.

Las unidades donde se programa el código se llaman patch o abstracciones, son utilizadas como programas independientes y compartidos libremente entre la comunidad de usuarios de Pd. Los patch constan de diferentes objetos interconectados entre ellos. En su parte superior encontraremos las entradas, donde se les enviarán valores numéricos u otros tipos de datos, y en la posterior la salida de estos. *Pure Data* facilita el proceso de aprendizaje por que trabaja sobre una idea en particular: **“El algoritmo es el código”**

¹² API (Application Programming Interface, Interfaz de programación de aplicaciones). Representa una comunicación entre componentes de software. Consiste en proporcionar un conjunto de funciones de uso general. Por ejemplo, para dibujar ventanas ó íconos en la pantalla, de esta forma, los programadores se benefician de las ventajas de la API evitándose el trabajo de programar todo desde el principio.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO DIRIGIDO A LA CREACIÓN SONORA CINEMATOGRÁFICA

2.1 Elementos de la banda sonora cinematográfica

Una película es para el espectador, una unidad perceptiva en la cual imagen y sonido se funden indisolublemente. Sin embargo, su proceso de producción es, y ha sido siempre, fragmentado, sobre todo en el ámbito del cine industrial. A diferencia del ámbito del video y la televisión, donde el sonido se ha grabado históricamente junto con la imagen en la misma cinta, el sonido cinematográfico ha sido casi siempre registrado, editado, procesado y mezclado como una o varias pistas independientes a la imagen aunque siempre en relación a ella, y que solo en el proceso final, en la llamada copia compuesta o copia de proyección, se juntan definitivamente.¹³

La siguiente división de los elementos de la banda sonora es con el fin de exponer ciertas características y funciones de dichos elementos, al mismo tiempo que aclarar de que estamos hablando específicamente en esta tesis:

2.1.1 Sonido directo

Es aquel que se registra “en directo” o “en vivo”, en el momento de la filmación. También se le conoce como sonido sincrónico o sonido de producción (*production sound*). El sonido directo contiene lo que está sonando en ese momento en el set o locación correspondiente a cada plano que se filma (Fig. 2.1). En este sentido el sonido directo puede contener en teoría todo lo que se necesita de sonido en un plano: diálogos, ambiente, incidentales, efectos y hasta música. Es evidente que una película de ciencia ficción o una película de animación no pueden tener sonido directo, a menos que la animación se haya efectuado a partir de una imagen real.

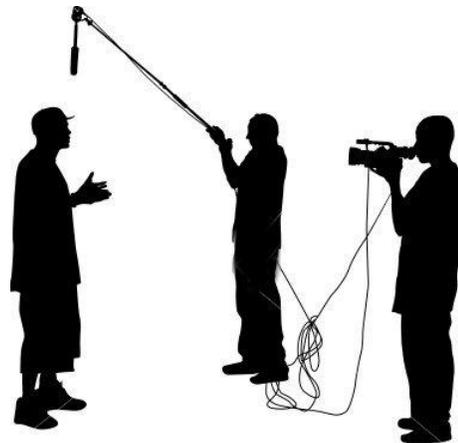


Fig. 2.1 Sonido Directo

2.1.2 diálogos

Presencia del a palabra hablada. Los diálogos tienen como función principal la de transmitir información. Dicha información es de diferentes tipos, que coexisten en distintos grados según el caso. Información semántica: aquella que transmite ideas y datos acerca de la trama, de los personajes o de cualquier tema que se aborde por medio de los diálogos; información prosódica: aquella que se trata en esta tesis ya que es la que nos transmite emociones o las intenciones de los personajes, tales como alegría, tristeza, enojo, ironía, sarcasmo, etcétera; información fisiológica:

¹³ Larson Samuel, *Pensar el Sonido*, tr. del autor.,p.141

el timbre, la enunciación y la respiración puede delatar el estado de salud de un persona, también podemos hablar de información espacial: aquella que nos informa de las condiciones físicas del espacio en que resuenan las voces.

Los diálogos suelen ser registrados como el elemento principal del sonido directo, pero también y como comúnmente en las películas de ciencia ficción o animación el doblaje en estudio. La Voz en off o fuera de cuadro, como la de un narrador, también se puede decir que forma parte de los diálogos.

2.1.3 Incidentales

Sonidos producidos por la acción de los personajes, tales como pasos, abrazos, ruido de ropa, manipulación de objetos como cubiertos, vajillas, puertas, cajones, etcétera. Su función principal es la de darle realismo y corporalidad a la presencia física de los personajes. La creación de sonidos de esta tesis incluye creación de sonidos incidentales.

Los sonidos incidentales normalmente se registran como parte del sonido directo, pero suelen grabarse incidentales adicionales en estudio, para apoyar momentos del sonido directo donde los incidentales no quedaron registrados de la manera deseada. Son los famosos *Foley* de la industria estadounidense ahora adoptada en México. Pero en las películas de ciencia ficción con animación los sonidos incidentales deben ser realizados en su totalidad en estudio ya sea grabador con *Foley* o credos de la nada como es el caso de este trabajo de tesis.

2.1.4 Efectos

Sonidos producidos por la acción de todo tipo de artefactos, vehículos, criaturas reales o fantásticas y elementos de la naturaleza. Así como aquellos sonidos no realistas usados para dar espectacularidad, dramatismo o comicidad. Incluye también todo tipo de sonidos de diseño en



Fig. 2.2 Explosión

diferentes categorías, tales como espacial, criaturas, terror comedia, etcétera. En la categoría de efectos tenemos disparos, explosiones (Fig. 2.1), aparatos electrodomésticos o industriales, automóviles y aviones, animales y truenos, y demás sonidos onomatopéyicos. Su función principal es la de dar realismo, dramatismo, comicidad y/o espectacularidad a los eventos que acompañan.

Normalmente los efectos no pueden ser doblados en estudio, sino que se registran en el set o se elaboran a través de procesamientos sonoros, es decir se sintetizan o se crean como es nuestro

caso ya que la gran parte de sonidos creados en esta tesis son efectos. La frontera entre ciertos sonidos incidentales y ciertos efectos puede ser muy tenue o ambigua. En términos estrictos es irrelevante su clasificación en una categoría u otra, lo importante es que el sonido funcione en términos de las necesidades narrativas y expresivas de cada película.

2.1.5 Ambientes

Sonidos que pertenecen al entorno y que lo definen espacialmente. Hay ambientes de ciudad, de campo, de bosque, de mar, de río, de selva, etcétera. A veces un solo ambiente registrado tal cual de manera natural. Contiene todos los elementos que necesitamos para la secuencia de una película, pero muchas veces el ambiente es resultado de una adición de elementos: por ejemplo, podemos usar un ambiente de viento ligero, agregar un pista de pajaritos, otra de unos ladridos lejanos y un sonido de carros a lo lejos, y elaborar así algo que a pesar de estar constituido por varios sonidos diferentes, será percibido por un solo ambiente. Al igual que los efectos de ciencia ficción o animación, los ambientes pueden ser de diseño, es decir elaborados a partir de síntesis de sonidos, como lo hacemos en esta tesis los ambientes que se crearon fueron por medio de esta técnica de procesamiento digital de señales.

2.1.6 Música

La música en el cine puede dividirse en tres grandes categorías: en primer lugar incluye toda la música de todos los tiempos y culturas, al ser susceptible de ser utilizada como parte de la banda sonora de una película; en segundo lugar está la música original para cine, la que existe porque fue compuesta o realizada para una película específica; y en tercer lugar la utilización musical de elementos sonoros no estrictamente musicales (no producidos por un instrumento musical), lo que entra en el diseño sonoro.

La función principal de la música en el cine suele ser la de proveer apoyo o sustento emocional. Pero además puede cumplir muchas otras funciones, tales como establecer o clarificar el tono o carácter dramático, apoyar o establecer el ritmo, agregar o modificar sentidos y significados, ser parte de la narrativa, ser en sí misma un personaje o, también, ambientar, ser parte del fondo, de las atmósferas. Aclaramos que en este trabajo de tesis no se crea ni se sintetiza música.

2.1.7 Silencio

En el cine, al igual que en la vida, los silencios no son absolutos, son relativos. La función de silencio en el cine es la de servir de marco a otros sucesos, ya sea como preparación antes de un evento que se quiere destacar, o bien como descanso después de algo muy fuerte (que en nuestro fragmento de película es como este trabajo de tesis aplican los silencios). También sirve para remarcar situaciones, ya que los momentos silenciosos de las bandas sonoras suelen generar tensión e inquietud entre el público.

El silencio en el cine puede ser también considerado una atmósfera. Las atmósferas sonoras, a diferencia de los ambientes específicos, tiene como una de sus características la de no ser

percibidas normalmente sino a un nivel muy subliminal, de manera que solo suelen ser percibidas cuando se cambia de una a otra.

2.2 Diégesis

Diégesis es una palabra que se deriva del vocablo griego **διήγησι (narración)**. De acuerdo con Gerald Prince en *A Dictionary of Narratology*, **diégesis** es:

(1) *El mundo (ficticio) en que las situaciones y eventos narrados ocurren;*

(2) *Contar, recordar, en oposición a mostrar o actuar".*

De este modo el narrador *cuenta* la historia. El narrador presenta a la audiencia o lectores implicados las acciones y supuestos pensamientos incluso <<aunque no necesariamente>> también sus ilusiones y sueños personales.

Sus 3 ejes son: espacio, tiempo y personajes.

En los tiempos de Platón y Aristóteles el concepto de diégesis se opuso a mimesis, bajo la diferencia entre *mostrar* (mimesis) las acciones de los personajes, y *contar* (diégesis) lo que hacen y supuestamente piensan y sienten los personajes involucrados por un tercer narrador. Sócrates utilizaba la diégesis para narrar sus aventuras a menores de edad.

Genéricamente, en la narración de la ficción y no ficción, es lo que se cuenta de la narración por el narrador, quien puede adquirir las formas de *narrador invisible* hasta el *narrador omnisciente*. Le concierne también aquello que se incluye y excede a la línea argumental principal como un relato dentro de la narración o la descripción de algún evento o actor referido por alguno de los personajes.

2.2.1 Sonido y música

El sonido en películas se dice *diegético* si lo que suena es parte de lo narrado. De este modo, si uno de los personajes está tocando algún instrumento musical, o reproduce un disco compacto, el sonido resultante es diegético. Lo opuesto, si suena música de fondo que no es escuchada por los personajes de la película, se denomina *no-diegética* o más exactamente **extra-diegética** o música incidental.

En cine se puede hablar de:

- Efecto diegético y efecto extra-diegético
- Música diegética y música extradiegética
- Diálogos diegéticos y diálogos extra-diegéticos

Los temas compuestos como arreglo de una película (La música) son "no-diegéticos".¹⁴

De acuerdo a su pertenencia y procedencia los sonidos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

2.2.2 Sonido Diegético. Es escuchado por los personajes que participan en la escena. Dentro de ésta denominación podemos encontrar diferentes tipos de sonidos:

- I. Producido dentro de escena: la fuente produce el sonido, se encuentra dentro del espacio visible de la escena.
- II. Producido fuera de la escena: la fuente que produce el sonido se encuentra fuera del espacio visible de la escena (No olvidemos que este sonido es escuchado por los personajes que participan en la escena). Dentro de ésta categoría y un espacio convencional, podemos identificar seis posibles orígenes (que pueden combinarse entre ellos):
 - i. A la derecha del espacio visible.
 - ii. A la izquierda del espacio visible.
 - iii. Por arriba del espacio visible.
 - iv. Por debajo del espacio visible.
 - v. Detrás del espacio visible
 - vi. Delante del espacio visible, es decir en el lugar que ocupa el público.
- III. Casos especiales:
 - i. Sonido ambiente. Característico de un espacio concreto cuyo origen no es claramente visible y/o identificable. Por ejemplo, en un bosque se escucha el típico sonido de pajaritos sin que los mismos sean visibles ni se identifique claramente su ubicación concreta.
 - ii. Sonido on the air. Término acuñado por Michael Chion, presentes en una escena, pero supuestamente retransmitidos eléctricamente por radio, teléfono, amplificación, etc. y que escapan a las leyes mecánicas de propagación del sonido. Por ejemplo, una retransmisión radiofónica puede estarse oyendo en un lugar concreto y continuarse escuchando en el lugar en el que discurrirá la escena siguiente, donde también habrá (siendo visible o no) otro aparato radiofónico.

¹⁴ Chion Michel. La audiovisión, *Introducción a un análisis conjunto de la imagen y el sonido*. pp. 19-20.

2.2.3 Sonido extradiegético. Únicamente es escuchado por los espectadores, no siéndolo por los personajes de la escena. Generalmente se tiende a que no tenga un origen claramente identificable. Actualmente, para conseguir esta “desubicación” se suele reproducir en un espacio convencional, a través de altavoces situados en la parte superior y en la mitad de la embocadura del escenario o de forma simultánea en los altavoces situados a la izquierda y derecha de dicha embocadura.

2.2.4 Relación espacio-temporal entre la banda sonora y la imagen en el cine según David Bordwell y Kristin Thompson en su libro “El Arte Cinematográfico”

2.2.4.1 Espacio

Una característica del sonido diegético es la posibilidad de sugerir la perspectiva sonora. Se trata de la sensación de distancia espacial y localización análoga a las pistas para la profundidad visual y el volumen que conseguimos con la perspectiva visual. La perspectiva sonora se puede sugerir mediante el volumen. Un sonido fuerte tiende a parecer cercano; uno suave distante.

El sonido de la corneta de La diligencia (Fig. 2.3) ejemplifica el modo en que aumentar el volumen sugiere una distancia más próxima. La perspectiva sonora también se puede crear mediante el timbre. La combinación de sonidos registrados en directo y sonidos reflejados del entorno crea un timbre específico a una determinada distancia. Estos efectos de timbre son más perceptibles en los ecos.

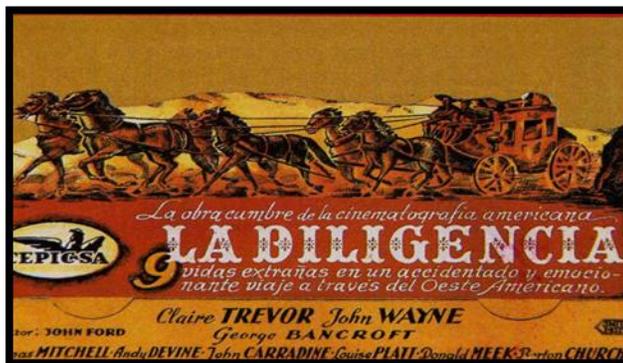


Fig. 2.3 La Diligencia (1939)

2.2.4.2 Tiempo

El sonido también permite al cineasta representar el tiempo de diferentes modos. El proceso es más evidente en el caso de la sincronización entre sonido e imagen. El emparejamiento crea el **sonido sincrónico**. Cuando un sonido está sincronizado con la imagen, lo oímos al mismo tiempo que vemos la fuente sonora que lo produce.

Cuando el sonido es **asincrónico** (a menudo por un error en la proyección o en el trabajo del laboratorio), el resultado es bastante inquietante. Sin embargo, algunos cineastas han obtenido efectos imaginativos haciendo que el sonido sea asincrónico en la película en sí.

Con el tiempo, esta idea del sonido sincrónico se ha vuelto más un referencia a aquello que se oye (o parece que se oye) “natural” —en el sentido de naturalmente perteneciente al universo visual y

diegético de una película- e independientemente de si estos sonidos son “naturales” (el sonido directo) o “artificiales” (grabados en estudio).¹⁵

El tiempo del argumento y de la historia se puede manipular mediante el sonido principalmente de dos formas. Si el sonido se produce al mismo tiempo que la imagen en términos de los hechos de la historia, es un **sonido diegético**. Cuando los personajes hablan en pantalla, las palabras que oímos se están produciendo a la vez en la acción, del argumento y el tiempo de la historia.

Pero es posible que el sonido que oímos se produzca antes o después en la historia que los hechos que vemos en la imagen. En esta manipulación del orden de la historia, el sonido se vuelve **extradiegético**.

A continuación describiremos grandes rasgos el proceso en el que entra la creación de sonidos en la cinematografía, así como los pasos a seguir para llegar a una mezcla final.

2.3 La posproducción

El termino posproducción es muy claro, se refiere a todo lo que ocurre después de la producción (el rodaje o filmación) de una película. La posproducción incluye una serie de procesos tanto de imagen como de sonido. Siempre ha habido películas con mucha posproducción, tales como las películas de animación y aquellas que requieren muchos efectos especiales.

Actualmente el sistema más extendido de edición y procesamiento de sonido digital para cine es el Protools. Este puede ser descrito esquemáticamente como una estación de trabajo para registrar, procesar, editar, mezclar y masterizar sonidos con o sin imagen. El sonido para cine de Protools, consiste en primer lugar en la importación de las pistas de sonido ya editadas con el sistema AVID Media Composer (Fig. 2.4), Final Cut o similar, mismas que se encuentran ya en sincronía con la imagen. Esta pistas, por lo general, contiene básicamente el sonido directo. A veces incluyen también otros sonidos, tales como ambientes, efectos, o música de referencia; es decir, usados como parte del proceso de la edición de la película, pero que no necesariamente serán los sonidos a usarse para la banda sonora definitiva.



Fig. 2.4 Ventana Principal de Avid Media Composer

¹⁵ Larson Samuel. *op.cit.*, tr. del autor, p.153

La posproducción de sonido incluye todos los procesos que se realizan después del rodaje, hasta llegar a la mezcla final y la impresión de las copias para proyección.

2.3.1 Los transfers

En la actualidad el transfer de sonido como tal ya no existe. Simplemente se importan a la estación de trabajo los archivos de sonido del día, mismos que pueden haber llegado guardados en un disco DVD, por internet o por cualquier medio de transporte de información digital.

2.3.2 El pull-down

Este término se aplica a dos situaciones distintas, una que atañe a la imagen y otra al sonido. La referente a la imagen es cuando se habla del Pull-Down 3:2:3:2 o 2:3:2:3, esto es, el mecanismo por el cual los 24 cuadros de cine se transfieren a 30 cuadros del video en norma NTSC (la norma de video que se usa en Norte América, Centro América y el Caribe, y La mayor parte de Sudamérica); a esta conversión o transfer se le conoce como telecine.

Para que la imagen pueda ser editada como video, se realiza un transfer se cine a video, o lo que es lo mismo: un telecine (genéricamente llamado Rank, en México). El telecine convierte los 24 cps a los 30 cps del video NTSC, pero este, por motivos técnicos históricos al ser reproducido, corre no a 30 cps, sino a 29.97 cps, es así 0.1% más lento. A este alentamiento de la velocidad de reproducción de la imagen, se le conoce como pull-down. Para que el sonido directo este en sincronía con la imagen del video, también tiene que ser sometido a este pull-down de 0.1%. Todo el sonido que se agrega después, estará también sincronizado con esta imagen que corre a 29.97 cps, por lo que en el último paso de la mezcla el llamado Print máster a partir del cual se imprimirá el negativo óptico del sonido, el sonido será sometido a un proceso de pull-up de 0.1%, de manera que este en sincronía con los 24 cps de la copia final en cine. Tanto el pull-up como el pull-down de 0.1% son imperceptibles (excepto el relación la sincronía con la imagen) y no afectan la calidad del sonido. Actualmente se ha vuelto más común el formato 23.98 cps, que no es sino 24 cps con el pull-down de 0.1% del video NTSC.

2.3.3 El montaje del sonido

La edición primera del sonido directo corre a cargo del montador de la película, quien al editar la imagen estará simultáneamente editando el sonido directo. En un principio el directo tendera a corresponder simplemente a lo que ocurra con la imagen, pero en la medida en la que avanza el proceso de edición, comenzara a haber cambios que pueden ir desde el uso de *overlaps* (sonido de un plano que se continua sobre el o los siguientes planos), hasta la sustitución de tomas de sonidos por otras donde la calidad del sonido es superior o, por ejemplo, la entonación de un dialogo en una toma que funciona mejor que la correspondiente a la imagen seleccionada.

2.3.4 El armado de pistas

Para facilitar el trabajo de mezcla, el armado de pistas, se realiza con una lógica mínima de agrupamiento de sonidos, básicamente en cuatro grandes bloques: sonido directo, música, ambientes y efectos sonoros. Dado el caso, a estas pistas se agregaban los doblajes de voces y de incidentales.

Actualmente el armado de pista se realiza en sistemas de edición sonora digital, en los cuales el agregar un pista de sonido es cuestión de hacer un par de clics con el ratón de la computadora; esto ha permitido, que en términos de la edición y procesamientos de sonidos, una producción de bajo presupuesto tenga acceso prácticamente a las mismas posibilidades de edición de sonido que una película industrial, siempre y cuando se le dedique suficiente tiempo.

2.3.5 Creación, grabación y edición de efectos sonoros.

A diferencia de los incidentales que tienden a ser realistas, los efectos sonoros suelen permitir una mayor libertad en su elaboración, dentro del estilo y la verosimilitud necesarios a cada situación y a cada propuesta cinematográfica, ya sea con fines dramático expresivos o de simple espectacularidad.

Dentro de los llamados efectos sonoros se encuentran los sonidos producidos por vehículos de todo tipo, por el accionar de armas blancas o de fuego, por eventos naturales como truenos, derrumbes, ráfagas de viento, etcétera, y aquellos producidos por seres fantásticos.

Los efectos sonoros pueden proceder fundamentalmente de cuatro fuentes: 1) *wilds* (tracks de sonido directo grabados aleatoriamente) grabados durante el rodaje, 2) *wilds* grabados después del rodaje, 3) creación de efectos sonoros, 4) bancos de efectos sonoros. En las dos últimas categorías es en donde entra este trabajo de Tesis ya que estamos creando los sonidos por medio de un software de programación de audio y así formaremos un banco de dichos sonidos creados.

Cuando los efectos son creados en la industria cinematográfica, hay dos maneras principales de producirlos. Una es por medio de la síntesis, es decir, trabajando con un software de programación de audio como es nuestro caso, con un software de síntesis digital (no lineal), o con un sintetizador. Este método parte de la manipulación directa de los parámetros básicos del sonido, tales como las formas de onda, las fases, los componentes de la envolvente de la señal.

La segunda manera es comenzando un sonido concreto y procesándolo de diversas maneras, tales como la ecualización, el cambio de *pitch*, *ecos* y *reverbs*, etcétera. En ambos casos, que además pueden combinarse, las posibilidades creativas son inmensas.

Otra manera de generar un efecto sonoro es que puede estar formado por dos o tres sonidos diferentes editados para sonar simultáneamente: puede que de un sonido nos guste su ataque, de otro su cuerpo y de otro su resonancia final y al combinarse obtendremos un nuevo sonido con la suma de dichas características. Esta técnica también es aplicada en este trabajo de tesis ya que

con los elementos sonoros creados, algunos fueron combinados para crear otro efecto sonoro con mucha más verosimilitud. Los sistemas actuales de procesamiento digital de sonido, indudablemente han puesto al alcance de muchos, posibilidades que hace unas décadas estaban reservadas a un grupo mucho más reducidos de usuarios.

2.3.6 La mezcla

La mezcla del sonido cinematográfica es el proceso por medio del cual se establecen las intensidades, la calidad y la colocación espacial de los sonidos; es decir, fundamentalmente como suenan esos sonidos.

El *mixer* o Ingeniero de mezcla tiene como especialidad la mezcla de todos los elementos sonoros de una película, lo cual requiere de un gran dominio de los elementos técnicos, junto con un oído muy bien entrenado y una amplia cultura cinematográfica y musical. Con este perfil un buen mixer es capaz de operar eficazmente las complejas consolas de sonido para producir una mezcla sonora de alta calidad y con criterios cinematográficos efectivos, aportando valores expresivos muy importantes a la banda sonora cinematográfica final.

Como mencionamos anteriormente la mezcla final se busca hacer en una sala con normamiento THX, una vez en dicha sala el sonido se trabaja por secciones y lomas común es empezar con la premezcla de diálogos, misma que puede estar compuesta por sonido directo y doblaje en cualquier proporción. Una vez terminada la premezcla de diálogos esta se usa como referencia para hacer las subsecuentes premezclas de ambientes, efectos y música. Una película promedio tendrá cuatro premezclas: diálogos, ambientes, efectos y música. Pero películas grandes o con alguna particularidad, pueden usar mayor número de mezclas previas, por ejemplo, una película de acción o animación con muchos elementos en juego puede precisar de dos hasta tres premezclas de efectos.

Una vez terminadas la premezclas, se escucha todo junto, para revisar si el resultado es satisfactorio y con la posibilidad de hacer ajustes en cualquiera de las premezclas. Una vez que todo está aprobado, las premezclas se integran en una sola mezcla final, ya sin posibilidad de cambios.

El último paso en la sala de mezcla es la masterización o print master, cuando la mezcla se registra en el disco magnetóptico que será enviado al laboratorio, para desde allí imprimir el sonido óptico para las copias de proyección.

2.4 ¿Qué es el diseño sonoro en la industria cinematográfica?

Es Trabajar el sonido como elemento fundamental del lenguaje y de la expresión cinematográfica, buscando explotar al máximo sus posibilidades en función de las necesidades narrativas, expresivas, y formales de cada película.

Algunos diseñadores sonoros se involucran en todos los aspectos conceptuales y prácticas, artísticos y técnicos del sonido de un film y participan desde el principio hasta el final de la película con un equipo de colaboradores más o menos reducido, otros se concentran más bien en cuidar los estándares de calidad técnica y supervisan y coordinan más o menos grandes de especialistas.

En la elaboración de de un banda sonora (sin contar la composición y la interpretación musical) participan en promedio de veinte a treinta personas, entre sonidistas de rodaje, editores de diálogos, creadores sonoros (incidentales y efectos, esta tesis es enfocada a esta parte de la elaboración de la banda sonora), ingenieros de grabación para doblaje de voces e incidentales; ingenieros de mezcla de música, de diálogos y de la banda sonora en su totalidad, además de asistentes y aprendices. En el cine independiente, el número de colaboradores apenas rebasa la decena, y puede reducirse en algunos casos a un equipo mínimo de tres: un sonidista de rodaje, un editor de sonido, y un ingeniero de mezcla. Normalmente cada uno de estos sonidistas especializados contara por lo menos con un asistente, pero puede haber excepciones.



Fig. 2.5 Ben Burtt, diseñador de sonido ganador de numeroso premios de la industria cinematográfica por su trabajo en películas con Star Wars, Indiana Jones y Wall-E.

2.5 Herramientas del creador de sonido en la cinematografía.

En la siguiente sección se hace una breve descripción en lo que respecta a recursos de Hardware y software.

2.5.1 Plataforma de cómputo

La plataforma computacional describe algunas características de la arquitectura del hardware o software; los dispositivos físicos como: tarjetas de video/audio, red, impresoras, etc. también implica el sistema operativo, aplicaciones, lenguaje de programación, librerías, interfaz grafica, etc. En la industria del diseño sonoro cinematográfico existe una cierta tendencia a trabajar con la plataforma de Macintosh por su estabilidad, eficiencia y confiabilidad, aunque muchos otros optan por PCs porque es en general más económico.

2.5.2 Interfaz de sonido

Una interfaz de sonido (tarjeta de sonido o placa de sonido, Fig. 2.6) es una placa de extensión para computadoras que permite la entrada y salida de audio bajo el control de un programa llamado controlador (*driver*), el cual actúa de mezclador de las aplicaciones de audio de una

computadora como son composición y edición. El uso típico de las tarjetas de sonido consiste en gestionar las aplicaciones multimedia relacionadas con el sonido. Estas aplicaciones multimedia engloban composición y edición de video o audio. Algunos equipos tienen la tarjeta ya integrada, mientras que otros requieren tarjetas externas que comúnmente se conocen como interfaz de audio y en muchos casos incorporan preamplificadores de señal, medidores de nivel, entradas para diferentes tipos de conectores, salidas multicanal, salida para audífonos, salidas para monitores, entre otras funciones.

La tarjeta de sonido está compuesta por un circuito que contiene un convertidor digital analógico y un convertidor analógico digital, el cual cumple la función de transformar las ondas grabadas o generadas digitalmente en una señal analógica y viceversa. Esta señal puede direccionarse a través del conector adecuado hacia cualquier otro dispositivo como un amplificador, un altavoz, audífonos, etc. Para poder grabar y reproducir audio al mismo tiempo la tarjeta de sonido debe poseer la característica “full duplex” para que los dos convertidores trabajen de forma independiente.



Fig. 2.6 Ejemplo de una Tarjeta de Sonido

Los diseños más avanzados tienen más de un circuito integrado y tienen la capacidad de separar entre los sonidos sintetizados (usualmente para la generación de música y efectos especiales) en tiempo real utilizando poca cantidad de información y tiempo de microprocesador siendo también compatibles con el protocolo MIDI (*musical instrument digital interfaz*), interfaz digital de instrumentos musicales.

2.5.3 Estaciones de trabajo de audio digital en la cinematografía

Una estación de trabajo de audio digital es un sistema electrónico diseñado para grabar, editar y reproducir audio/MIDI. El término se refiere a la combinación de software de edición de audio multipista con un hardware de audio y computo de alta calidad.

Mientras que casi cualquier computadora para uso del hogar puede editar y grabar música el término se refiere generalmente a sistemas electrónicos hardware y software los cuales requieren de una gran cantidad de memoria RAM, una unidad de proceso muy veloz, suficiente espacio en disco duro, convertidores analógicos-digitales de alta calidad, etc.

Los sistemas comerciales involucran un software de edición, grabación multipista e incluyen un hardware que funciona como interfaz de audio que generalmente es que realiza todos los procesos de cálculo con las señales de audio, dejando a la computadora solo las tareas de administración y albergando el sistema operativo.

Los sistemas más modernos y costosos involucran la integración total del sistema de computo (hardware junto con el software) y la captura de señales (mezclador físico) como los sistemas más populares en la industria cinematográfica AVID *ProTools* (Fig. 2.7) para las arquitecturas PC y *Mac*.

2.5.4 Editores de audio

Los editores de Audio son aplicaciones de software que permiten manipular el audio y que típicamente permiten al usuario realizar las siguientes acciones:



Fig. 2.7 Ventana de Edición de *Protools*.

- Grabar a través de las entradas de la tarjeta de sonido, archivos de audio digital, en la memoria de la computadora o en el disco duro.
- Editar la duración de cualquier sonido en una línea de tiempo. (Esta acción es la que principalmente usamos en esta Tesis al usar una herramienta de software no lineal).
- Editar el volumen de un archivo de sonido en cualquier momento. (Esta acción es la que principalmente usamos en esta Tesis al usar una herramienta de software no lineal).
- Mezclar múltiples fuentes de sonido/pistas combinándolas a través de diferentes niveles y direccionando estas fuentes hacia diferentes canales de salida (izquierda o derecha). (Esta acción es la que principalmente usamos en esta Tesis al usar una herramienta de software no lineal).
- Agregar efectos como: reverberación, reducción de ruido, ecualización, retardos, etc.
- Conversión entre distintos formatos de audio como wav, aiff, mp3 y distintas calidades.



Fig. 2.8 Ventana principal de *Logic Pro 7*

Algunos de los más conocidos entre los creadores de sonido en la plataforma PC son *Protools*, *Sound Forge*, *Adobe Audition*, *Live*, todos estos distribuidos bajo licencia comercial, aunque existen algunos muy completos y eficientes de distribución gratuita bajo el sistema operativo Linux como *Ardour* y *Rosegarden*. Para *Mac* existe *Logic* y *Garage Band*.

Cabe señalar que la creación de sonidos se puede hacer en la plataforma de edición deseada, ya sea en *Logic* o *Ableton Live* (que son los software más usados por los creadores de sonido en animación)¹⁶, también pudieran usar sintetizadores virtuales o como nosotras que usamos un entorno de programación de audio *Pure Data*. Una vez creados estos elementos sonoros se tiene que sincronizar con el video con ayuda de algún software en el que se pueda visualizar el mismo, el más popular y el estándar en la industria cinematográfica es *Protools*, el *Adobe Premier Pro*, en nuestro caso los sincronizamos (cabe resaltar que la mezcla y la sincronía con el video son un extra de esta tesis, ya que el enfoque de la misma, es la creación de sonidos) con la ayuda de *Adobe Audition 3.0*.

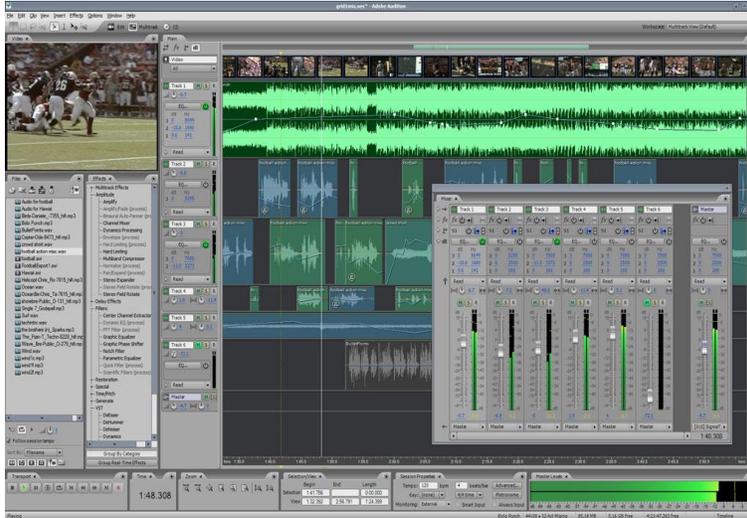


Fig. 2.9 Ventana principal de *Adobe Audition 3.0*

2.5.5 Bancos de sonidos

Existen innumerables fuentes de sonidos disponibles en formato de CD y archivos descargables de la red con infinidad de sonidos y tipologías, como pueden ser maquinas, sonidos de la naturaleza, animales, explosiones, armas de fuego, instrumentos musicales, etc. Es muy importante aclarar que la gran mayoría de estos bancos tiene un costo y derechos de autor que deben tomarse en cuenta al momento de usarse en la industria, motivo por el cual muchos diseñadores de sonido optan por crear sus propios sonidos, para evitar lidiar con estas problemáticas. También cabe señalar que es por ello que resulta importante introducir a la especialidad de Acústica esta rama del diseño sonoro ya que es otra oportunidad en el mundo laboral.

México es un país donde la producción de medios y material audiovisual está creciendo de manera vertiginosa. Solamente en la ciudad de México, existen alrededor de 155 estudios de grabación, 253 casas de posproducción de audio y video para cine y televisión. Existen organismos que están impulsando localmente la industria, como la Secretaria de Economía, CANIETI, Creanimax e incubadoras de empresas en las universidades. Es necesario contar con profesionales de las artes digitales y el sonido que trabajen en compañías especializadas para generar empleos de alto valor agregado. La demanda de este tipo de servicios es enorme, 38,000 millones de dólares anuales a nivel mundial.

¹⁶ Quiroz, Diego. Diseñador de Sonidos, último trabajo "Agente 00P2" de animación.

2.6 ¿Por qué *Pure Data*?

Es muy importante clarificar que las técnicas tradicionales del diseño de sonido como son la grabación de muestras de audio (wilds), edición y mezcla se tocan a grandes rasgos en este trabajo aunque siguen y seguirán siendo utilizadas por los profesionales de la industria. El contenido de esta Tesis de ninguna manera sustituye esos conocimientos sino que los complementa brindando más elementos para ampliar la gama de posibilidades.

Se utilizó el entorno de desarrollo orientado a la programación, y síntesis de sonidos llamado *Pure Data*. Ya que este software permite aplicar algoritmos de procesamiento de señales de audio de forma gráfica. Se optó por implementar un entorno de desarrollo que facilitara la comprensión a un nivel muy profundo de los conceptos y principios que están detrás del proceso del diseño de sonido, otorgándole un nivel de control y precisión por encima de los programas previamente mencionados, *Pure Data* facilita el proceso de aprendizaje por que trabaja sobre una idea en particular “El algoritmo es el código”.

Otra bondad de este programa es que es de distribución gratuita y existe mucha información técnica y desarrolladores de todas partes del mundo que pueden resolver dudas, *Pure Data* cuenta con numerosas librerías para controlar dispositivos de interfaz humana como: joystick, ratón, teclado alfanumérico, controladores MIDI, cámaras, etc. Además de la posibilidad de trabajar en conjunto con el microcontrolador Arduino. Todas estas facilidades hacen de *Pure Data* una herramienta ideal para ser usada como recurso didáctico en la creación de sonidos.

A continuación definiremos los temas involucrados en la elaboración del *Test* para reconocer la importancia y utilidad de la creación de sonidos en los proyectos audiovisuales, como un elemento de refuerzo sensorial en la industria cinematográfica.

2.7 Oído y percepción de sonido

2.7.1 Psicofísica

Estudio de la relación entre los diversos estímulos físicos del medio que nos rodea y sensación evocada o provocada por los mismos o su interrelación.

2.7.2 Psicoacústica

Área de la psicofísica que analiza la relación entre el estímulo acústico y la senso-percepción auditiva en sujetos normo-oyentes. El término Psicoacústica es un término que abarca la estructura física del oído, el camino del sonido a través de él, la percepción del sonido y su relación.¹⁷

¹⁷Kats J, The William & Wilkins, Handbook of Clinical Audiology, p. 12.

2.7. 3 Relación entre características subjetivas y objetivas del sonido

Las ondas sonoras que percibe el oído humano se distinguen por tres características: *nivel de intensidad, tono y timbre*. Pero para lo que una persona es *volumen fuerte* para otra es moderado. Lo que una persona percibe como calidad otra lo considera inferior. Por ello, los físicos deben tratar con definiciones medibles explícitas; por tanto, intentan correlacionar los efectos sensoriales con las propiedades físicas de las ondas; dichas correlaciones pueden verse en la Tabla 2.1. El significado de los términos de la izquierda puede variar considerablemente entre los individuos, pero los de la derecha son medibles y objetivos.

Efecto sensorial	Propiedad física
Intensidad acústica	Intensidad
Tono	Frecuencia
Timbre	Forma de onda

Tabla 2.1 Correlación entre las características Subjetivas y Objetivas.

2.7.3.1 Intensidad acústica-Intensidad

La intensidad de un sonido viene determinada por la amplitud del movimiento oscilatorio. Matemáticamente es la potencia transferida por una onda sonora, a través de la unidad de área normal a la dirección de propagación. (Ecuación 2.1)

$$I = \frac{P}{A}$$

Ecuación 2.1

Las unidades de Intensidad son la razón de una unidad de potencia con una unidad de área. La unidad de intensidad más usual es el watt por centímetro cuadrado (W/cm^2), pero, ya que la rapidez de flujo de energía de las ondas sonoras es extremadamente pequeña, el microwatt (mW) se sustituye frecuentemente como la unidad de potencia.

La intensidad de sonido también está dada por (Ecuación 2.2):

$$I = 2\pi^2 f^2 A^2 \rho v$$

Ecuación 2.2

Donde:

f = Frecuencia ρ = Densidad de Medio

v = Velocidad del sonido A = Amplitud

Otra unidad de nivel de intensidad que se usa frecuentemente es la décima parte de un bel, o *decibel* (dB, ecuación 2.3).

$$I(\text{db}) = 10 * \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Ecuación 2.3 "Nivel de intensidad"

Donde:

I_0 = es el umbral de audición (10^{-10} m W/cm²)

2.7.3.2 Tono-frecuencia

El tono o altura de un sonido depende de su frecuencia, es decir, del número de oscilaciones por segundo. La altura de un sonido corresponde a nuestra percepción del mismo como más grave o más agudo. Cuanto mayor sea la frecuencia, más agudo será el sonido (Ecuación 2.4).

$$f = \frac{1}{T}$$

Ecuación 2.4

En el caso de una onda periódica, el patrón que se repite corresponde a un *ciclo*. La duración de cada uno de los ciclos de una onda se conoce como *periodo*. La tasa a la cual los ciclos de una onda periódica se repiten se conoce como frecuencia y se mide en *Hertz* (Hz). Como se muestra en la ecuación anterior, matemáticamente la frecuencia es el inverso del periodo, por lo tanto, un periodo de 1ms (milisegundos) tiene una frecuencia de 1000Hz. El oído humano percibe frecuencias que van de 20 a 20 000Hz, aunque esto puede variar para distintas personas.

En términos de su contenido de frecuencia, un sonido posee lo que se denomina frecuencia fundamental, comúnmente denotada f_0 , que usualmente corresponde a la frecuencia de mayor amplitud presente en el espectro. Es la frecuencia fundamental de una onda la que determina en gran medida su altura musical. Las señales aperiódicas no poseen una frecuencia fundamental fácilmente determinable, dado que nada se repite en forma periódica. La estimación de f_0 para señales complejas es en sí un problema bastante complicado.

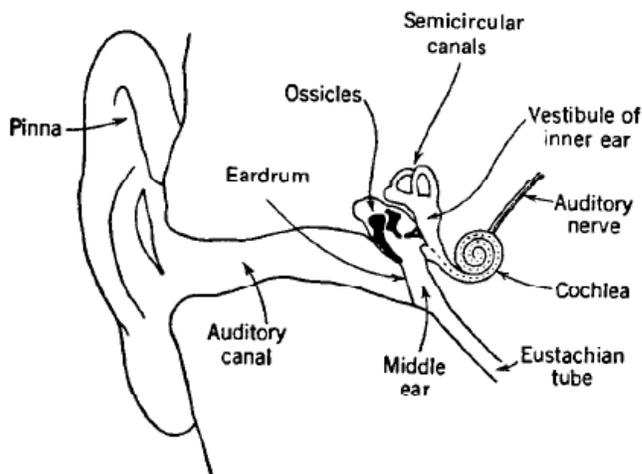
2.7.3.3 Timbre-forma de onda

El timbre es la cualidad del sonido que nos permite distinguir entre dos sonidos de la misma intensidad y altura. Podemos así distinguir si una nota ha sido tocada por una trompeta o por un violín. Cuando se hace vibrar un medio se producen, además de la frecuencia fundamental, los armónicos. El número de armónicos presentes es lo que diferencia los timbres de dos sonidos.

El patrón de variaciones de presión producido por una fuente de acuerdo al tiempo se conoce como forma de onda. La forma de onda determina en gran medida la cualidad del sonido. Esta determinada por su contenido de frecuencias o espectro.

2.7.4 Anatomía básica del oído

Básicamente el sistema auditivo humano se puede dividir en 3 partes, oído externo, oído medio y oído interno. El oído externo conformado por el pabellón del oído y el conducto auditivo externo que termine en la membrana timpánica. El oído medio es una cavidad ocupada por aire y tres huesos pequeños el martillo, el yunque el estribo, el martillo es sujeto por la membrana timpánica, mientras el estribo es sujeto por la ventana oval del oído interno. Estos tres huesos se



encargan de enviar por medio de vibraciones mecánicas la presión recibida en la membrana timpánica que al impactar con la ventana oval estos impulsos son reflejados dentro del oído interno como impulsos de energía hidráulica, ya que este se trata de una cavidad llena de líquido, el oído interno termina en el nervio auditivo el cual se encarga de enviar los impulsos bioeléctricos al cerebro. (Fig. 2.10)

Fig. 2.10 Anatomía del Oído Humano.

2.7.4.1 Transmisión de impulsos al cerebro

En el órgano de Corti cada célula ciliada es conectada cuando menos con una fibra nerviosa. Además, cada fibra nerviosa tiene sinapsis¹⁸ con una célula ciliada y algunas con varias. En general, las células ciliadas internas tienen sinapsis con una sola neurona y las externas con muchas. Esta superposición de conexiones nerviosas se cree que es para proporcionar FLEXIBILIDAD FUNCIONAL y la capacidad de compensar lesiones en alguna célula ciliada o en ciertas neuronas.

El nervio auditivo consta de 30,000 neuronas (la misma que se calcula de células ciliadas, no obstante la superposición mencionada). En el ganglio espiral, se encuentran las neuronas bipolares, cuyas prolongaciones centrípetas forman el nervio coclear, que se dirige a los núcleos cocleares dorsales y ventrales, situados en la protuberancia.

De estas estaciones de relevo, las fibras pasan a la oliva superior del mismo lado, aunque algunas pasan y cruzan al lado opuesto. Pueden también pasar hacia arriba al cuerpo geniculado interno con o sin sinapsis intermedias, con neuronas localizadas en los lemniscos laterales y en los tubérculos cuadrigéminos posteriores. Entre estos núcleos localizados en el mesencéfalo existe

¹⁸ Sinapsis: Uniones que se producen entre el axón de una neurona y las dendritas o cuerpo celular de otra neurona.

una segunda vía de decusación más pequeña, de modo que los estímulos recibidos en ambos oídos pueden ser sincronizados en uno de los dos niveles o en ambos. Al llegar a la corteza se perciben los diversos tonos. En general, a medida que los impulsos nerviosos ascienden por las vías auditivas, existe entre los dos oídos una creciente interacción y sincronización. Por esta razón las lesiones por encima del nivel del pedúnculo cerebral inferior necesitan métodos diagnósticos audiológicos muy complicados, así como estudios radiológicos.

2.7.4.2 Umbrales de la audición

Una de las mediciones más simples que pueden hacerse del proceso auditivo es la del nivel de presión sonora que se requiere en función de la frecuencia para producir la mínima sensación de sonido. Se define umbral de audibilidad para una frecuencia específica a la mínima presión sonora efectiva capaz de provocar una sensación auditiva en ausencia de ruido. Se expresa usualmente en decibeles referidos a $20 \mu\text{Pa}$ (ó dB_{SPL}).

Se considera a Fechner como el pionero de la Psicofísica. Se debe a Fechner la creación (1860) de los métodos psicofísicos clásicos para la determinación de los parámetros conocidos como umbrales. Los métodos Psicofísicos son métodos indirectos requeridos para la determinación de los umbrales (método no invasivo, no produce molestia en las personas, solo se busca la anuencia de las personas).

Los umbrales se consideran como valores estadísticos o puntos de transición dentro de una escala de sensaciones. Los umbrales pueden ser de dos tipos:

- a) Umbral absoluto
- b) Umbral Diferencial

El Umbral absoluto es la transición de la ausencia de sensación hasta la evocación clara y precisa de la sensación obtenida por lo menos en el cincuenta por ciento de los juicios. El Umbral Diferencial es la transición de una sensación clara y precisa a un cambio incremental mínimo perceptible positivo o negativo. Los métodos psicofísicos creados por Fechner son de tres tipos:

- a) Método de Límites. En el cual el investigador ajusta la intensidad del estímulo y el momento de su presentación, la persona bajo estudio se limita a emitir juicios más o menos cerca de su sensación.
- b) Método de Ajuste. En el cual la persona bajo estudio participa activamente emitiendo juicios sensoriales que se especifican con respecto al juicio inicial propuesto por el investigador.
- c) Método de Estímulos Constantes. Los estudios de Fechner trabajando con las sensaciones de pesantez, olor y sabor, reportaron lo siguiente (Ecuación 2.22):

Si llamamos:

S = Sensación (Subjetivo).

ε = Estimulo (Físico).

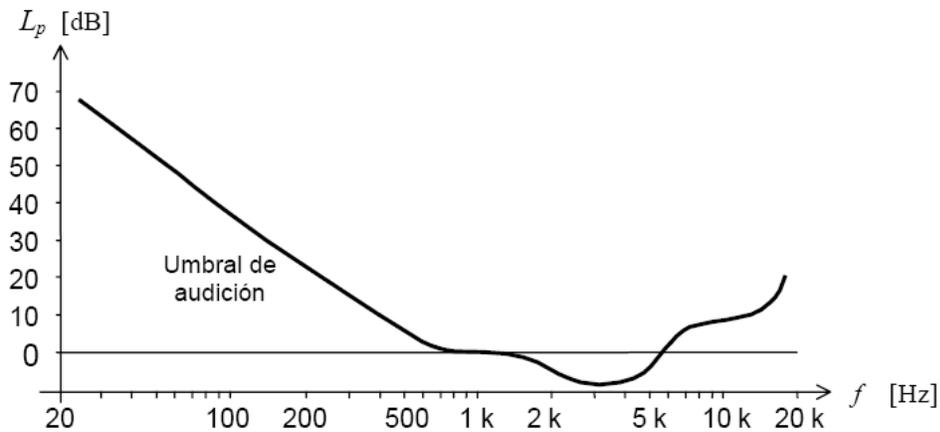
k = Constante fisiológica que depende de la modalidad sensorial que se analice.

$$S = k * \log \varepsilon$$

Ecuación 2.22 “Ley Psicofísica de Weber-Fechner”

2.7.4.3 Curvas de igual sonoridad y nivel de sonoridad

En 1933, Fletcher y Munson realizaron otro tipo de determinación Psicoacústica basada en la comparación entre dos tonos puros: un tono de 1 kHz e intensidad fija, utilizado como referencia, y un tono de otra frecuencia e intensidad variable, que el sujeto debía ajustar hasta que fuera igualmente sonoro (o intenso) que el de 1 kHz (Fig. 2.11). Graficando los resultados en función de



la frecuencia, obtuvieron para cada intensidad de referencia una curva o contorno de *igual sonoridad*. Las curvas, denominadas *contornos de Fletcher-Munson*, se reproducen en la Fig. 2.12.

Fig. 2.11 Umbral absoluto de audición. En 1 kHz el umbral es 0 dB pues la presión de referencia fue seleccionada como la presión correspondiente al umbral de audición a 1 kHz.

Se han representado allí las curvas de igual nivel de sonoridad cada 10 dB. Según se puede apreciar, las curvas son similares a la de umbral,¹⁹ aunque para intensidades elevadas las curvas se van haciendo más planas. Estas curvas permiten comparar la intensidad subjetiva de dos tonos puros de diferentes frecuencias e intensidades. Así, un tono puro de 100 Hz y 50 dB parece menos sonoro que uno de 2 kHz y tan sólo 30 dB. Los menores valores de L_p requeridos en las proximidades de 3 kHz para evocar una misma sensación de sonoridad se deben a la resonancia del canal auditivo en esa frecuencia.

Debe advertirse que estas curvas reflejan en realidad los promedios de un número considerable de personas jóvenes y con el oído en buenas condiciones, pudiendo haber, por consiguiente,

¹⁹ De hecho, la curva de umbral coincide con el contorno de 0 dB.

variaciones individuales importantes. Los contornos de igual sonoridad pueden utilizarse para asignar una valoración numérica a la sonoridad. Así, se define el *nivel de sonoridad*, *NS* (loudness level, *LL*), como el nivel de presión sonora del tono de 1 kHz que se encuentra sobre el mismo contorno. Como unidad simbólica se utiliza el fono. Por ejemplo, un tono de 200 Hz y 60 dB está sobre el contorno que contiene al tono de 1 kHz y 51 dB (interpolando), de modo que su *NS* es de 51 fonos. Sería interesante poder calcular de manera simple el *NS* de un sonido compuesto a partir

de los *NS* de sus componentes (por ejemplo sumándolos). Lamentablemente, ello no es simple debido a dos causas: el fenómeno de *enmascaramiento* de un sonido por otro, que hace que el aporte del sonido enmascarado sea insignificante, y el hecho de que el *NS*, tal como ha sido definido, no provee una escala absoluta que permita determinar cuánto más sonoro es un sonido que otro. Sólo permite dilucidar si es más o menos sonoro.

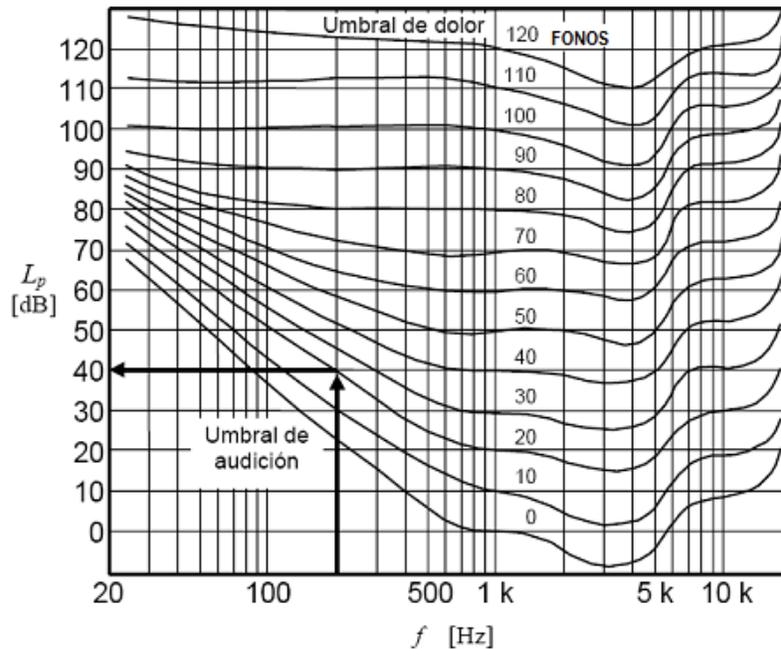


Fig. 2.12 Curvas de Fletcher y Munson (1933). Un tono de 200 Hz y $L_p = 40$ dB provocará la misma sensación de sonoridad que uno de 1000 Hz y $L_p = 20$ dB. Se dice entonces que tiene un nivel de sonoridad de 20 fonos. Obsérvese que a igual L_p los sonidos muy graves (baja frecuencia) y los muy agudos (alta frecuencia) tienen menor nivel de sonoridad que los sonidos medios. Además, en la zona de los 3 kHz se tiene la mayor sensibilidad del oído. La curva de 0 fonos es el *umbral de audición*, y la de 120 fonos, el *umbral de dolor*.

2.7.5 Los Rangos de la audición humana

Tenemos dos rangos fundamentales de percepción auditiva, el dinámico y el de frecuencias. El rango dinámico de escucha se refiere a la percepción del volumen o intensidad sonora y se mide en decibeles. Nuestro rango dinámico está delimitado hacia abajo por el umbral de audibilidad (0 dB) y hacia arriba por el umbral de tolerancia (120 dB).

Actualmente los sistemas de sonidos digital en el cine, permiten un rango de alrededor de 100 dB de volumen real tanto en la sala de mezcla como en la de proyección. No es raro que en ciertos momentos de algunas películas el volumen de la banda sonora los 85 dB, literalmente golpeando al público con el sonido.

La exposición prolongada a niveles de intensidad de más de 80 dB produce eventualmente pérdidas importantes de la capacidad auditiva. Está documentado que la moda actual del uso de aparatos reproductores portátiles con audífonos de "chicharito" que se introducen a la entrada del

canal auditivo, producen intensidades de hasta 120 dB cuando se utilizan a máximo volumen, intensidad suficiente para provocar pérdidas auditivas notorias tras una hora de uso. El problema no es aparato reproductor sino mas bien los audífonos y los altos niveles de volumen por un tiempo prolongado. Las recomendaciones de los especialistas hablan de la norma 60/60; es decir, sesiones de escucha de máximo 60 minutos a no más del 60% del volumen del aparato.

En cuanto al rango de frecuencias el oído humano promedio percibe sonidos en el rango de 20Hz a 20kHz, pero no las percibe todas igual. El canal auditivo y la oreja favorecen la mejor percepción de una franja media de frecuencias, ubicada entre los 1000hz y los 5000hz con un pico ubicado alrededor de los 3500hz. Las curvas de Fletcher y Munson ilustran nuestro patrón de respuesta a la frecuencia en relación con la intensidad.

Para comenzar a escuchar un sonido se requiere de determinada intensidad, según el tono o las frecuencias de que está compuesto. Mientras más graves o agudos sean los sonidos. Necesitaran sonar más fuerte para ser escuchados. Al llegar a un nivel de 85dB, la curva de respuesta se hace relativamente más plana; es decir, las diferencias de intensidad para el volumen percibido según el tono, comienzan a ser menores. Por esto el volumen de 85dB es considerado el volumen óptimo de audición en un estudio de grabación o en una sala de mezcla cinematográfica. El hecho de no considerar el volumen de monitoreo de audio como una norma fija de referencia, suele provocar trabajos de mala calidad. Por ejemplo, si un Ing. de Mezcla con poca experiencia realiza un trabajo para cine o video variando sus niveles de monitoreo, de manera arbitraria o accidental. Obtendrá resultados disparejos, pues en algunas partes tendrá exceso de graves y agudos y en otra parte le harán falta.

Otra característica producida por nuestra discriminación auditiva es que en el caso de frecuencias muy bajas, podemos llegar a sentir las en el cuerpo antes de realmente poder oír las. El uso de frecuencias graves casi inaudibles es un mecanismo muy efectivo de manipulación del público, sobre todo en el cine, pues este tipo de sonidos literalmente nos “mueven”, sin que alcancemos en muchas ocasiones “atrapados por la acción dramática” a percibirlos de manera consciente.

2.7.6 Audiometría

2.7.6.1 Importancia y objeto de estudio de la audiometría

El primitivo objeto de la audiometría era investigar el estado de audición mínima del sujeto en cuestión. Desde el descubrimiento de la válvula electrónica, con la fabricación de audiómetros, se han incorporado muchas pruebas las principales ofrecen:

- a) Determinar el umbral mínimo de audición. Es el objetivo esencial en la medición de la audición, encontrar la mínima cantidad de sonido que el sujeto examinado pueda oír.
- b) Establecer un topodiagnóstico. Se puede explorar el campo auditivo efectuando varias pruebas, que pueden mostrar el sitio de la lesión a lo largo del camino que sigue el sonido hasta impresionar la corteza cerebral.

- c) Encontrar los oídos débiles a la fatiga acústica. Esta ciencia permite descubrir a los individuos que tengan un oído predispuesto para el trauma acústico mediante las pruebas de fatiga auditiva.
- d) Para medir los acúfenos. Una variante en la medición del sonido es la acufenometría por la cual medimos el ruido que siente el enfermo por comparación con los tonos del audiómetro.

2.7.6.2 Técnicas de evaluación audiométrica

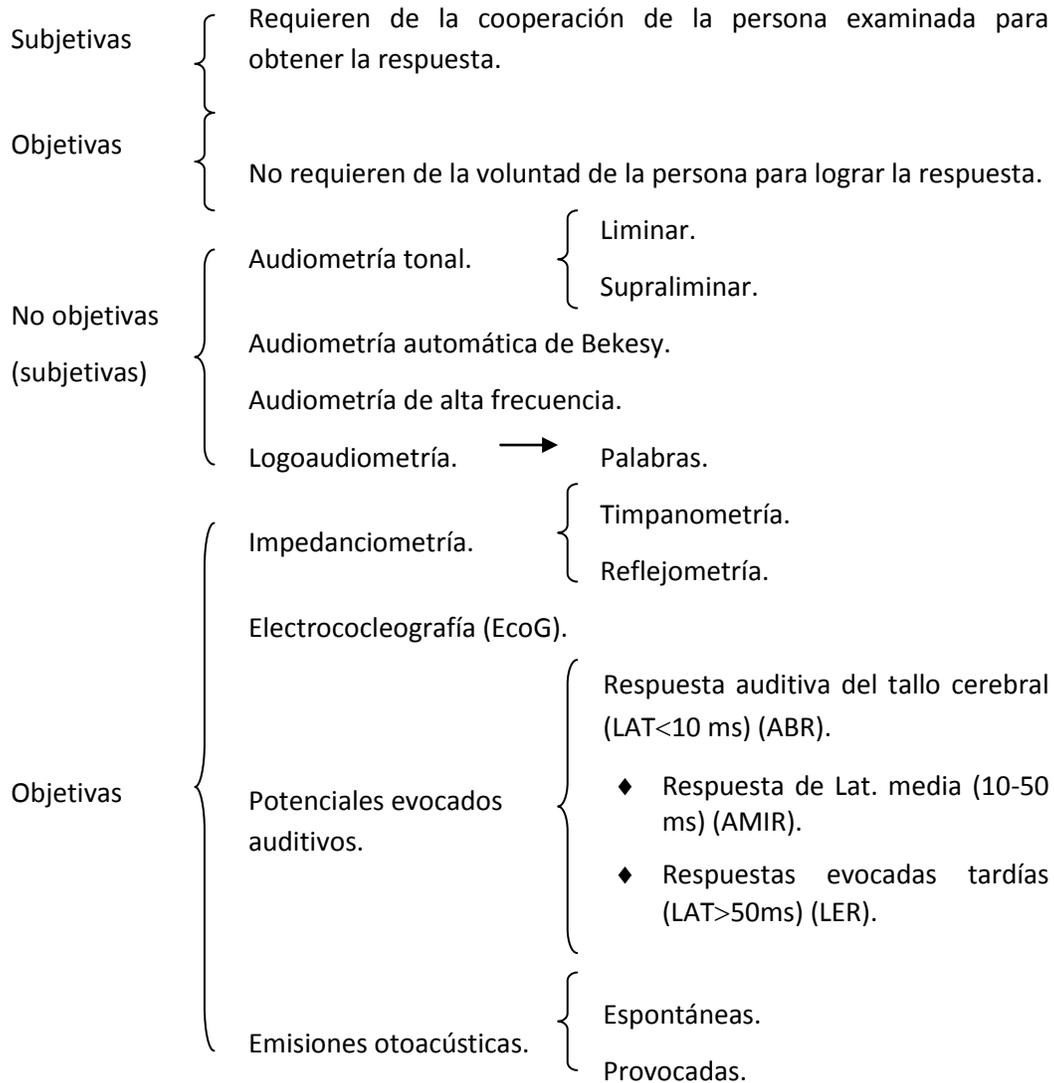


Tabla. 2.2 Técnicas de Evaluación Audiométrica

Para el estudio y análisis de la función auditiva en el hombre, se acostumbra emplear generalmente tonos puros o ruidos de Banda Estrecha, ambos recursos físicos artificiales perfectamente caracterizados y controlados.

Esta característica de control tiene como objetivo establecer diversas modificaciones relacionadas con su incidencia temporal o de control de fase, lo que nos permite generar efectos de suma o

diferenciación de energía sonora involucrada. Cuando nos referimos a tonos puros a los cuales se les asigna una frecuencia única, expresada en Hz (ciclos/s), ésta comprende un rango nominal de 20 Hz a 20,000 Hz. El oído humano presenta una mayor sensibilidad en el rango de 300 Hz a 4,000 Hz. Desde el punto de vista del análisis clínico se acostumbra emplear frecuencias descritas por bandas de octava entre 125 Hz y 8,000 Hz ó de 8,000 Hz a 16,000 Hz, para audiometría de alta frecuencia.

El audiograma clínico convencional en el cual se registra la respuesta auditiva de una persona, contiene las frecuencias ya mencionadas en función de la pérdida auditiva dada dBHL entre -10 dBHL y 120 dBHL. La audición normal descrita en el audiograma varía entre -10 dBHL y 20 dBHL para las frecuencias entre 125 Hz y 8,000 Hz. Hacia la parte inferior del audiograma ó hacia arriba del nivel sonoro en el que se logre establecer el umbral, se reconoce diferentes grados de hipoacusia, asociados a diferentes perfiles de pérdida tonal.

El perfil audiométrico que caracteriza un problema de conducción (descenso del umbral por vía aérea) es la reducción de la pérdida a medida que se incrementa la frecuencia, con la conservación del umbral para conducción ósea a niveles normales, siendo contrario al problema de recepción en el cual la pérdida se incrementa al incrementarse la frecuencia. Las estructuras anatómicas del oído involucradas en la función auditiva periférica establecen una tendencia común hacia los niveles de resonancia cercana a los 3,500 Hz; como se observa en el caso del conducto auditivo externo, a los que se suman los efectos de resonancia del cráneo e inclusive del pabellón auricular.

Los niveles de pérdida auditiva que rebasan los 80 dB, no permiten la recepción de los sonidos del lenguaje, siendo también muchos los sonidos ambientales que se pierden. No existe actualmente tratamiento médico o quirúrgico satisfactorio que restablezca la condición de normalidad, de aquí la importancia que adquiere la concienzuda y detallada adaptación de la prótesis auditiva que se debe tomar en cuenta además del perfil y nivel de pérdida auditiva las características acústicas.

CAPITULO 3 CREACIÓN DE SONIDOS ENFOCADOS AL CINE DE CIENCIA FICCIÓN

3.1 Diseño

Utilizado habitualmente en el contexto de las artes aplicadas, ingeniería, arquitectura y otras disciplinas creativas, diseño se define como el proceso previo de configuración mental "pre-figuración" en la búsqueda de una solución en cualquier campo.

3.1.1 Diseñador sonoro

Hablar del diseñador de sonido es quizás intentar tratar un tema que muchos ni siquiera se hayan planteado: la importancia del sonido dentro de las puestas en escena y la necesidad de un especialista que sea el encargado de su concepción y articulación. De la necesidad de darle al segmento sonoro la cualidad artística y narrativa necesaria para que se integre en el hecho escénico, surge la figura del diseñador de sonido.

El diseño de sonidos para la industria cinematográfica es una técnica conceptual dentro de la producción artística que se ocupa de la creación de elementos sonoros que sirven como apoyo en la combinación de imagen y sonido para producir un efecto psicoacústico en el espectador. "Hay un primer sonidista, que es el que trata de rescatar todos esos sonidos que integran esa escena y aportar la mayor cantidad posible de estos, para que el diseñador de sonidos de la película los integre finalmente a la mezcla de la misma."²⁰

Existen organizaciones de diseñadores de sonidos profesionales como la *Sound Design Commission* de la *United States Institute for Theatre Technology* USITT, en Estados Unidos, y la *Associated Designers of Canada*, en Canadá. Además se han creado áreas de investigación en instituciones como el IRCAM, en París, y el *Forum Neues Music Theater* en Stuttgart.

3.1.2 Esquema sintetizado del trabajo del diseñador de sonido

Como una segmentación metodológica, se han dividido 4 fases dentro del marco de una puesta en escena (Fig. 3.1):

- Preproducción: Análisis y planificación.
- Producción: Recopilación, creación y grabación de los materiales brutos necesarios.
- Postproducción: Modificación y alteración de los materiales brutos generados o recopilados durante la fase de producción de forma que se ajusten a los requerimientos del diseño de sonido.

²⁰ Gabriel Coll, Entrevista 2009, *VER ANEXO A*.

- Diseño en sala: Se monta y comprueba en el espacio concreto de la representación el equipo técnico necesario para la materialización del diseño de sonido y su integración dentro del espectáculo que finalmente se mostrará al público.

En cine todavía se utiliza grabar la imagen por un lado y el sonido por otro; el proceso que sigue el sonido es, en la primera etapa, registrar todo el sonido directo (que es el que se hace en la escena), y para esto hay distintas técnicas; generalmente se utiliza una grabadora multitrack, donde se captan los diálogos de los actores en la forma más limpia posible y siempre buscando una relación entre cada uno de los sonidos que se graban y la imagen que la cámara está registrando.

Después, el diseñador de sonido determinará si ese elemento sonoro es el correcto para la película; entonces la primera etapa es rescatar el sonido, la segunda etapa, tiene un proceso de edición donde se arma la imagen de la película con el sonido capturado en el rodaje, el editor de imagen lo sincroniza y arma toda la película con el Director; una vez que unieron los segmentos y decidieron las tomas que van, desde la duración hasta como interactúan con el sonido capturado, pasan a la tercera etapa. Comúnmente llamada postproducción de audio, que compone la revisión de cada uno de los elementos que llegaron desde el rodaje más el aporte de las áreas que ahí se juntan: ambientes, efectos de audio y música, que comprenden el diseño sonoro final de la película.

Una vez hecho esto y ya que el editor de imagen armó la película con el Director, se envía el **OMF**, que es un programa para transferir el audio de una suite de edición de imagen a un Protools (programa estándar), y ya en *protools*, abrimos ese audio, que es el sonido directo que nos llega sincronizado con la imagen, y a partir de ahí, se inicia a armar los diálogos directos de la película y al mismo tiempo, se tiene un equipo de gente trabajando en los ambientes, efectos con la misma referencia de imagen y todas esas distintas áreas se van sumando en tracks hasta conformar las decenas o centenas de pista que pueden incluirse en una mezcla de sonido. Entonces el diseño es el que en definitiva va a tomar las decisiones sobre qué sonidos van a prevalecer, qué sonidos van a tener mayor preponderancia y qué sonidos menor preponderancia; tiene la responsabilidad de lograr que el sonido de la película tenga un equilibrio con base a la misma como contenido de imagen y audio, por lo que hay un trabajo conceptual, esto es, tiene que haber algo además que cuente cosas en la película que no se pueden contar a través de la imagen.

Hay un trabajo conceptual del diseñador de sonido con el director de la película, dicho trabajo es el que termina de conformar la idea del diseño hacia donde va dirigido, entonces, el ***“diseñador de sonido es el que traduce lo que el director quiere para su película a nivel de sonido, tratando de aportar elementos para aterrizar sus ideas y darles una manifestación sonora”²¹***.

²¹ ANEXO A. DISEÑADORES SONOROS DE LA INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA, Gabriel Coll, 2009.

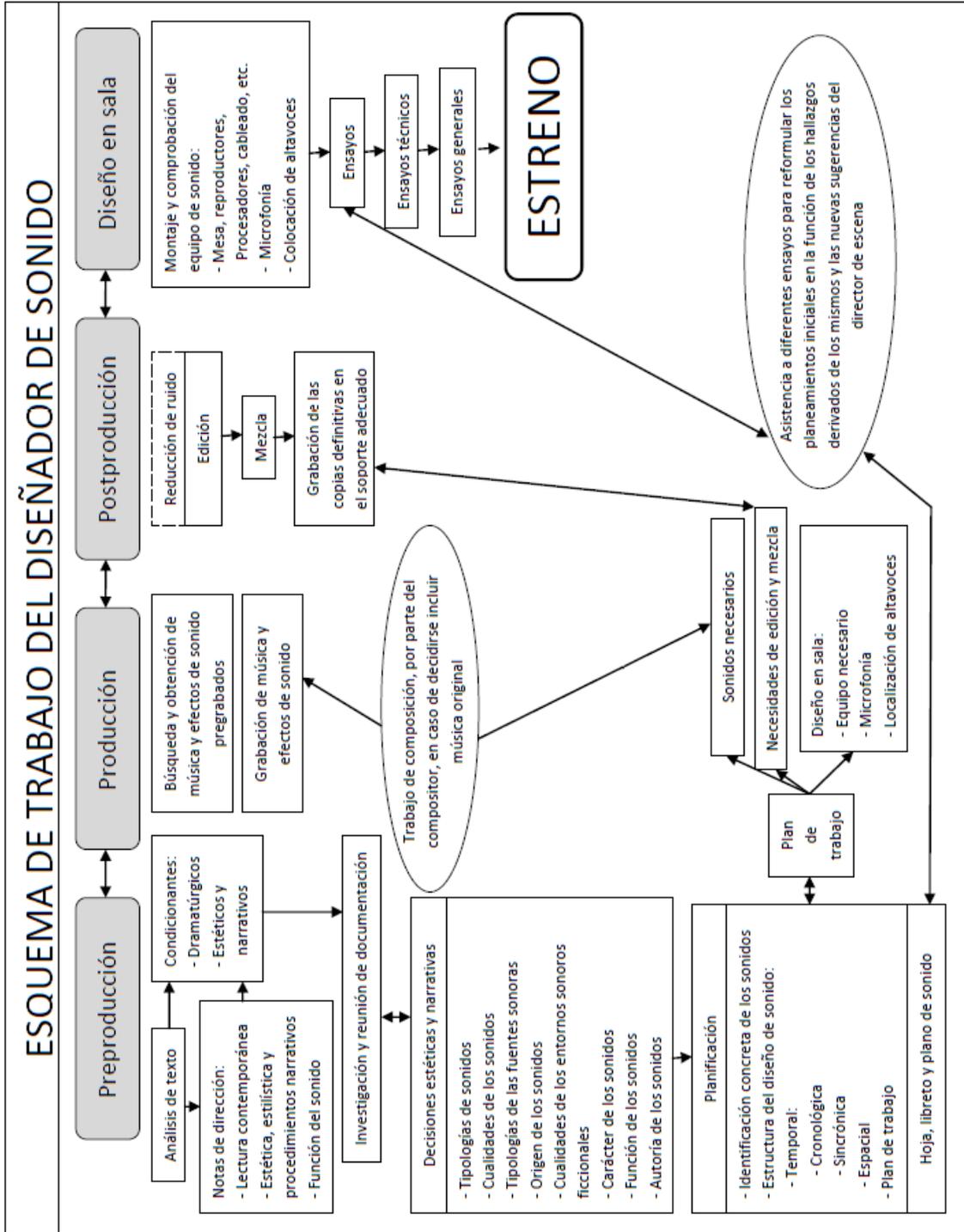


Fig. 3.1 Esquema de trabajo del Diseñador de Sonido

3.2 Programación gráfica

Un diseñador de sonido requiere un amplio conocimiento, experiencia, imaginación y paciencia. Una comprensión de la física diaria es útil para analizar y comprender los procesos sonoros. Debe apoyarse en el conocimiento del audio digital y la teoría de procesamiento digital de señales.

En muchos entornos de programación orientados al diseño de sonido, síntesis de audio y procesamiento de señales como *Csound*, *Max/MSP*, *Pure Data*, etc., las operaciones con señales de audio son manejadas a través de redes compuestas de unidades generadoras o bloques con las cuales se realizan infinidad de cálculos y procesos. Los usuarios de estos entornos llaman a esas redes *Patches* los cuales, en esencia, corresponden a los algoritmos de síntesis.

La forma más común de representar los algoritmos es a través de bloques los cuales nos permiten visualizar gráficamente los procesos y operaciones que se realizan con las señales de audio, por ejemplo: para mostrar cómo producir una señal sinusoidal necesitamos básicamente dos unidades generadoras: primero una que se construye a través de un oscilador y otra que sea un operador que permita controlar la amplitud, donde dicho operador es la multiplicación.

3.3 Características de Pure Data

Pure Data es un lenguaje de programación capaz de hacer cualquier cosa que pueda expresarse algorítmicamente. El flujo de datos es muy simple si se entiende la programación orientada a objetos, los cuales tienen métodos que son llamados por los datos y que sólo puede devolver los datos. *Pure Data* funciona utilizando un tipo de programación llamada flujo de datos, ya que pasa a lo largo de las conexiones y los objetos; la salida del proceso desemboca en la entrada de otro y puede haber muchos pasos en el flujo (Fig.3.2).

Caja de mensaje. Tienen un contorno de bandera, interpreta el texto dentro de ellos como un mensaje que se envía a cualquier otro bloque que se encuentre activo.

Caja objeto. Material que entra, material que sale. Tienen un borde rectangular. Las entradas están en la parte superior del objeto, las salidas en la parte inferior. Los objetos contienen los procesos o procedimientos que cambian las variables que aparecen en sus entradas y luego envían los resultados a una o más salidas. Tienen cientos de aplicaciones como osciladores, generadores de envolvente, procesos matemáticos, etc. Cada objeto lleva a cabo una función simple y tiene un nombre que aparece en su cuadro que identifica lo que hace. Los objetos muestran que tipo de datos procesan, lo podemos distinguir por ejemplo: un objeto que suma dos señales de audio se vería como + ~. El + significa que es un objeto y por la tilde, ~ notamos que opera con señales de audio. Los objetos sin la tilde se utilizan para procesar mensajes.

Conexiones. Las conexiones entre los objetos se llaman los cables o alambres. Se dibujan en una línea recta entre la salida de un objeto y la entrada de otros. Es importante evitar cruzarlos ya que se dificulta leer el diagrama del patch. Hay dos tipos de grosor, los delgados llevan los datos del mensaje y los más gruesos llevan las señales de audio.

Caja número. Son un tipo especial de interfaz gráfica, tienen forma rectangular con una esquina recortada, almacenan resultados de operaciones específicas que en su caso se actualizan de acuerdo a la dinámica de cada proceso, su valor puede cambiarse si se hace click sobre ella y se desplaza el ratón hacia arriba o hacia abajo.

Patches. Una colección de objetos conectados entre sí es un programa o parche. Los parches son una forma antigua de describir un sintetizador construido a partir de unidades modulares conectadas entre sí. Algunos objetos tienen más de una entrada o salida, así que las señales y mensajes puede ser una función de muchos otros y a su vez puede generar múltiples flujos de datos nuevos. Para poder modificar los parámetros de los bloques que los conforman, es necesario activar el modo de edición (Ctrl+E), la cual se desactiva para comprobar su funcionamiento.

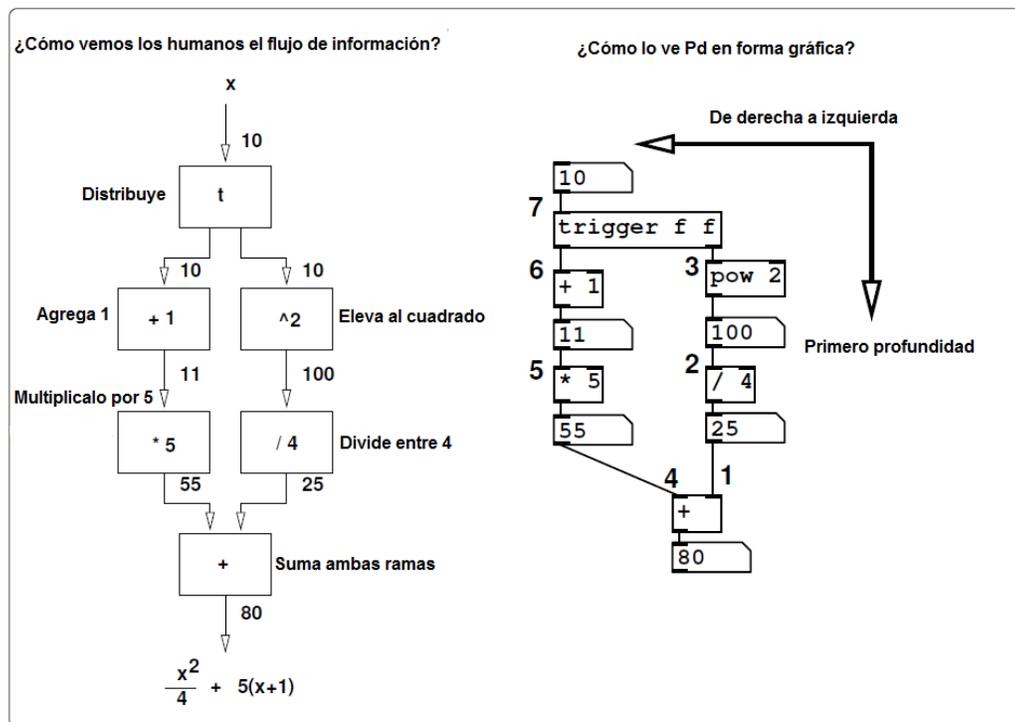


Fig. 3.2 Esquema de trabajo de Pure Data (Pd)

3.4 Marco teórico general de la síntesis de sonido

Una de las grandes ventajas que ofrece la tecnología digital es la posibilidad de crear sonidos con un alto nivel de precisión y flexibilidad mediante variaciones de voltaje, síntesis analógica, o por

síntesis digital, es decir, mediante algoritmos o manipulación numérica, sin la mediación del mundo acústico y sin la necesidad de partir sobre la base sonidos previamente grabados, aunque algunas técnicas utilizan las señales capturadas por un micrófono y que después son procesadas en tiempo real.

Los diseñadores usan las técnicas de síntesis para crear una infinidad de entidades sonoras con cualidades muy distintas, cada técnica ofrece ventajas y desventajas así como alcances y limitaciones las cuales se deben conocer pues, al tener esto en cuenta, se puede decidir por cual optar para lograr un determinado resultado, en esta sección se estudiarán las más comunes.

3.4.1 Clasificación de las técnicas de síntesis

Un primer esquema básico de clasificación divide las distintas técnicas entre las que intentan reproducir un sonido existente y las que no. El primer grupo puede ser llamado "concreto" (no el sentido de la música concreta, sino en el de reproducir algún sonido ya existente) y el segundo "abstracto". Esta clasificación puede parecer confusa ya que hay técnicas de síntesis que no están basadas en ninguno de estos criterios y al mismo tiempo satisfacen ambos, como es el caso de la síntesis FM, la cual puede ser utilizada para simular broncos o campanas como también para producir sonidos electrónicos "abstractos" que responden a criterios matemáticos y no necesariamente musicales. No obstante, esta primera clasificación resulta adecuada para discutir el problema concerniente a la fuente sonora o el objeto sonoro según Schaeffer²².

Es así como en 1977, Moore²³ ya propone que la forma natural de clasificación debiera considerar técnicas de síntesis aditiva, subtractiva y modulación (también llamada síntesis no lineal o de distorsión, es importante aclarar que hoy en día no se refiere exclusivamente a la modulación, sino que agrupa un gran número de técnicas basadas en ecuaciones matemáticas con comportamiento no lineal) y que en general son usadas en combinación. Esta clasificación es ratificada por Moore en su libro "Elements of Computer Music"²⁴.

3.4.2 Evaluación de las técnicas de Síntesis

Las limitaciones tecnológicas nos obligan a valorar una serie de características que debemos tener en cuenta a la hora de diseñar o utilizar una determinada técnica de síntesis, como son:

²² Según Pierre Schaeffer un objeto sonoro es "todo fenómeno sonoro que se perciba como un conjunto, como un todo coherente, y que se oiga mediante una escucha reducida que lo enfoque por sí mismo, independientemente de su procedencia o de su significado..."

²³ F. Richard Moore es uno de los pioneros en la música por ordenador. Contribuyó en el desarrollo de Music V, uno de los primeros programas en este campo. Posteriormente trabajó programando el sistema Groove.

²⁴ F. Richard Moore, Elements of Computer Music, Prentice Hall, 1990.

1. Calidad del sonido. Es por lo cual entendemos la riqueza interna del sonido. Un sonido con mucha calidad podría ser un sonido natural y al otro extremo podríamos tener un sonido simple, sintetizado electrónicamente y sin ninguna variación al largo de su duración.

2. Flexibilidad. Con este término se describe la capacidad de una determinada técnica de síntesis para modificar el sonido a partir de una serie de parámetros de control. Con este criterio, un "sampler" sería un aparato muy poco flexible y la síntesis por modulación de frecuencia sería muy flexible.

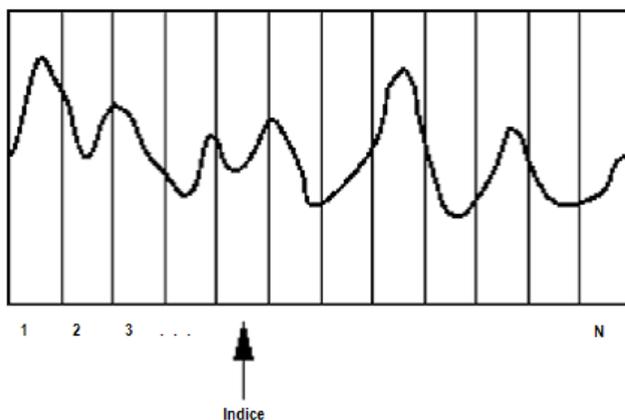
3. Generalidad. Posibilidad de que una misma técnica de síntesis pueda generar un gran número de tonos. La síntesis aditiva sería una técnica muy general y la grabación de un sonido sería muy específica.

4. Tiempo de cálculo. Se refiere al número de instrucciones que el algoritmo tendrá para generar cada una de las muestras de sonido sintetizado. En este sentido la síntesis por modulación de frecuencia es una técnica muy económica y la síntesis aditiva requiere mucho más tiempo de cálculo.

Idealmente querríamos maximizar calidad, flexibilidad y generalidad, minimizando el tiempo de cálculo. Eso no es posible tecnológicamente y en cada caso concreto debemos valorar que es lo que nos interesa más y escoger la técnica de acuerdo con estas consideraciones. Por ejemplo, si queremos máxima calidad, seguramente habremos de renunciar en los aspectos de flexibilidad y generalidad y, si queremos una gran flexibilidad, no podremos tener mucha calidad.

Además de valorar estas características a la hora de escoger un algoritmo, es necesario considerar que para que una técnica de síntesis sea útil su control ha de ser intuitivo y por tanto ha de partir de una realidad sonora existente.

3.4.3 Tabla de ondas



Una tabla de ondas (wavetable en inglés, Fig. 3.3) consiste básicamente en un pedazo de memoria donde se puede almacenar una señal de audio. La tabla puede contener audio generado en forma sintética o una señal proveniente del mundo real muestreada. Es común almacenar en una tabla de onda un ciclo de una onda de sonido cualquiera. En esta técnica un oscilador lee los datos que se almacenaron en memoria.

Fig. 3.3 Tabla de Ondas

Un oscilador puede entonces leer datos desde la tabla de onda a distintas frecuencias y con eso puede generar una onda periódica de frecuencia arbitraria cuya forma de onda se encuentra determinada por los datos almacenados en la tabla. La Fig. 3.4 detalla el principio básico de funcionamiento de un oscilador. Un oscilador tiene dos contadores: uno que lleva la posición en la tabla de ondas desde la cual se está leyendo, denominado contador de fase y otro llamado incremento, que contiene la cantidad de muestras que deben saltarse para leer desde la siguiente posición de fase. La cantidad de incremento determina la frecuencia del sonido generado por el oscilador. Mientras mayor sea el incremento, la tabla de onda se completa más rápido y mayor es la frecuencia de la señal generada.

3.4.4 Síntesis aditiva

La síntesis aditiva consiste básicamente en la superposición o mezcla de ondas sinusoidales con el objetivo de generar ondas más complejas. En el mundo acústico, este es el principio de funcionamiento de un órgano de tubos. El concepto tras la síntesis aditiva es simplemente la aplicación directa de la serie de Fourier con un número finito de componentes.

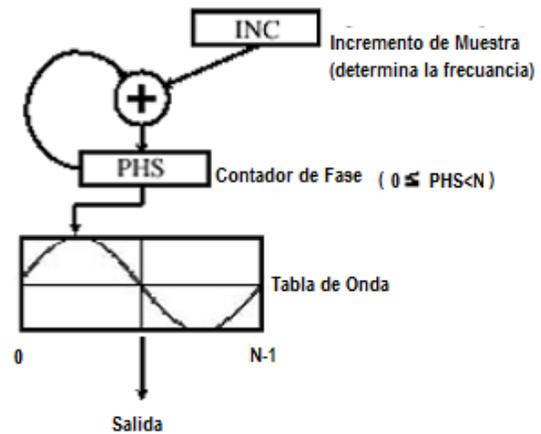


Fig. 3.4 Algoritmo de una Tabla de Onda.

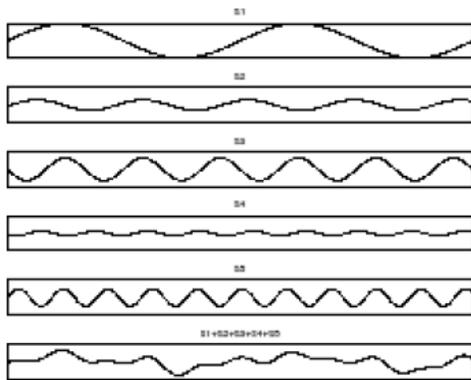
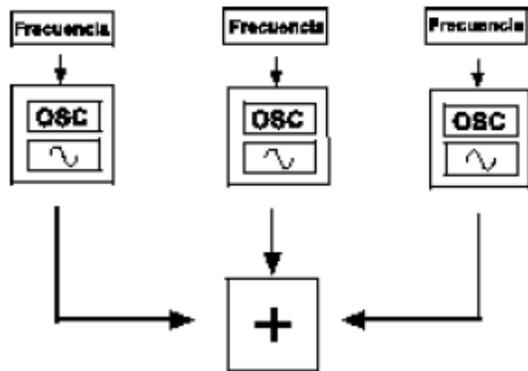


Fig. 3.5 Suma de señales simples para generar una compleja

Si bien esta técnica se basa en Fourier, no todo es necesario seguirlo al pie de la letra, ya que perfectamente en un computador se pueden sumar sinusoides no armónicas, es decir, señales cuyas frecuencias no estén relacionadas por múltiplos enteros. En este caso, los armónicos se denominan parciales. La Fig. 3.5 muestra la suma de 5 sinusoides de distinta amplitud, frecuencia y fase, con relaciones no armónicas entre sí.

Un sonido generado mediante síntesis aditiva está formado entonces por una cantidad variable de armónicos o parciales que evolucionan a lo largo del tiempo con respecto a un tono o frecuencia fundamental. El número de parciales y su amplitud, frecuencia y fase relativa es lo que permite

crear un sonido con un timbre determinado. Sin embargo, por lo general el timbre no es estático y cada parcial sigue una curva particular de evolución temporal. Es por esto que en la síntesis aditiva



es muy importante la utilización de diferentes envolventes que se encarguen del manejo y la amplitud sobre cada parcial cuya función es estructurar el comportamiento global del sonido en el tiempo.

Para realizar el proceso se hace necesario disponer de un banco de osciladores, cada uno con su amplitud, fase y frecuencia respectiva, además de su propia envolvente de amplitud, creándose un sonido dinámico y realista (Fig. 3.6)

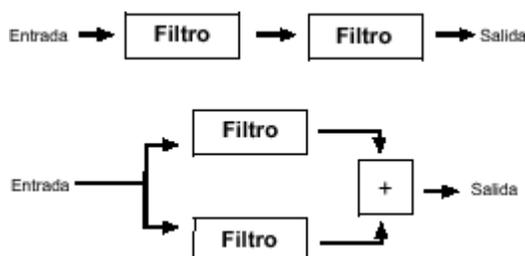
Fig. 3.6 Síntesis Aditiva

3.4.5 Síntesis substractiva

En la síntesis substractiva se sintetiza el sonido mediante la filtración o simplificación de una onda compleja. La señal pasa a través de uno o más filtros que modifican su contenido armónico, atenuando o reforzando determinadas áreas del espectro de la señal, tal como se describe en la (Fig. 3.7). La síntesis sustractiva está basada de cierta manera en la idea inversa de la síntesis aditiva, ya que a partir de señales ricas en contenido de frecuencia la idea es eliminar ciertas bandas o componentes de manera de generar una señal simplificada. Es por esta razón que usualmente se utilizan señales aleatorias o de ruido como punto de partida ya que poseen un espectro de frecuencias muy completo.



Fig. 3.7 Síntesis Substractiva



Los resultados de la síntesis substractiva dependen en gran medida de la calidad y diseño de los filtros utilizados, de manera de poder producir en forma efectiva los cambios requeridos en la señal de entrada. Las características de los filtros se determinan por su función de transferencia y su orden.

Fig. 3.8 Configuración de filtros en la síntesis substractiva

La primera determina la forma en que la señal aplicada cambia en términos de su amplitud y fase al pasar por el filtro y la segunda describe el grado de precisión en la aceptación o rechazo de frecuencias por encima o por debajo de la respectiva frecuencia de corte.

Si se desea obtener más precisión en las frecuencias de corte o bien procesar la señal de distintas maneras, se pueden combinar filtros de primer o segundo orden en dos formas: serie y paralelo, tal como se muestra en la (Fig. 3.8). En el primer caso, la salida de un filtro alimenta a otro filtro. Un ejemplo de esta configuración podría ser un sonido que primero es pasado por un filtro pasa bajos y luego reverberado mediante otro proceso. En el caso de filtros en paralelo, la señal se ve modificada por uno o más filtros al mismo tiempo y las salidas de estos se suman para generar la señal modificada.

3.4.6 Modulación

El concepto modulación se basa en la idea de alterar algún parámetro de una onda sonora en razón de otra onda. Las formas más comunes de modulación son: Modulación de Amplitud o AM, que consiste en alterar la amplitud de una señal portadora en función de la amplitud de otra señal llamada moduladora y la modulación de frecuencia o FM, que consiste básicamente en variar la frecuencia de una portadora en función de otra señal moduladora.

La síntesis aditiva y la subtractiva descritas anteriormente pueden ser consideradas como lineales en cuanto no afectan el contenido armónico de la señal. Simplemente se basan en operaciones lineales sobre la señal en la entrada. En contraste, las técnicas de modulación suelen también llamarse de distorsión o no lineales, dado que generan componentes armónicos no posibles de obtener mediante operaciones lineales.

Modular una señal consiste en modificar alguna de las características de esa señal, llamada portadora, de acuerdo con las características de otra señal llamada moduladora. (Ecuación 3.1 y 3.2)

$$x_p(n) = A_p \sin(\omega_p n)$$

Ecuación. 3.1 Señal Portadora o Modulada

$$x_m(n) = A_m \sin(\omega_m n)$$

Ecuación. 3.2 Señal Modulante o Moduladora

3.4.6.1 Síntesis por modulación de frecuencia

“La síntesis FM es un método que permite la manipulación de un timbre para obtener sonidos reales y naturales”. En esta técnica conocida como FM, la frecuencia instantánea de una onda portadora es variada de acuerdo a una onda moduladora, de tal forma que los cambios en la

portadora se convierten en la frecuencia de la onda moduladora o frecuencia moduladora. La cantidad de variación en la onda portadora cambia alrededor de un promedio que se conoce como la desviación de picos de frecuencia entre ambas ondas y a la vez es proporcional a la amplitud de la onda moduladora.

Matemáticamente, esto es:

Citando las expresiones: Ecuación 3.1 y 3.2

La ecuación que implica una suma de señales (portadora mas moduladora, ecuación 3.3) es:

$$x(n) = \sin(\omega_p n + A \sin(\omega_m n) n)$$

Ecuación. 3.3 Suma de Portadora mas Moduladora

Esta expresión puede ser reescrita como (Ecuación 3.4) una serie de potencia que expresa la serie espectral resultante:

$$x(n) = \sum J_i(A) [\sin(\omega(f_c + n f_m)n) + \sin(\omega(f_c - n f_m)n)]$$

Ecuación. 3.4 Serie Espectral Resultante

Al analizar el espectro de frecuencias de una señal FM, observamos infinitas frecuencias laterales, espaciadas en f_m , alrededor de la frecuencia de la señal portadora f_p , Sin embargo la mayor parte de las frecuencias laterales tienen poca amplitud, lo cual depende del índice de modulación.

Frecuencias Laterales Reflejadas

La riqueza de la frecuencia modulada se basa en que hay relaciones (i.e. proporciones) entre frecuencias portadoras y moduladoras además de valores del índice de modulación que producen componentes laterales que pueden quedar en un dominio de frecuencias negativas del espectro. Estos componentes negativos se reflejan o se desdoblan alrededor de 0Hz; y se mezclan con los componentes del dominio positivo. La variedad de relaciones de frecuencias que resultan de esta mezcla es de una multiplicidad de combinaciones que además incluyen espectros armónicos e in-armónicos.

Aplicación de FM

Esta técnica sugiere una implementación básica (Fig. 3.10) que consiste en dos osciladores de onda sinusoidal interconectados entre sí mediante un operador que mezcla (suma) las frecuencias portadoras en la siguiente configuración:

- Si el oscilador consiste en un generador de unidades con dos entradas y una salida, una entrada es la amplitud o energía del sistema y la otra entrada es el incremento en la frecuencia angular ω . La salida depende de estos dos valores de entrada que son asociados a una tabla de valores que en este caso equivalen a la función Seno para producir la salida u onda resultante.

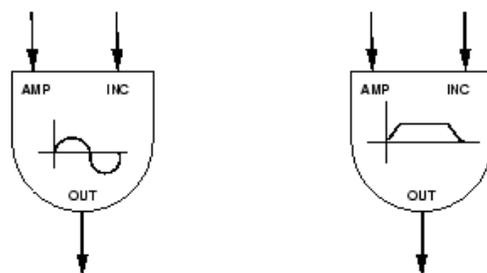


Fig.3.10 Oscilador a la Izquierda, Envoltora a la Derecha

- En esta implementación básica la tabla tiene valores para generar, interpolando entre muestras, una simple onda sinusoidal. La figura del oscilador, fig.3.9 (izquierda) es la siguiente:
- Para producir valores que van de 0 a N o funciones para manipular parámetros como la intensidad o amplitud de un sonido y que además puedan cambiar al transcurrir la duración de un sonido, se utilizan un tipo de generadores de unidades que se denominan envolventes. En la mayoría de los casos no hay necesidad de interpolar estos valores a la frecuencia de muestreo sino estos van cambiando de acuerdo a proporciones con la duración del sonido.

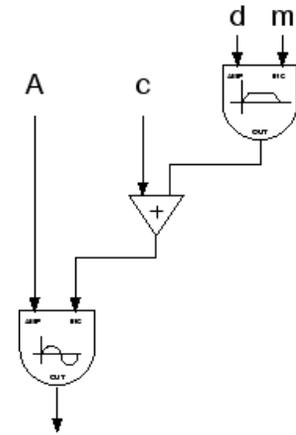


Fig. 3.9 Implementación básica de FM

3.4.6.2 Síntesis por amplitud modulada

En la modulación por amplitud (AM) la señal modulada tendrá una amplitud igual al valor máximo de la señal portadora más el valor instantáneo de la señal modulada: La portadora es una señal periódica de alta frecuencia (tono) y la modulada es una señal periódica de frecuencia entre 20Hz-20Khz (frecuencias audibles). La modulación consiste en multiplicar la portadora y la moduladora para obtener la nueva señal (ecuación 3.5).

$$x(n) = (A_p + A_m \sin(\omega_m n)) \sin(\omega_p n) \quad \text{Ecuación. 3.5}$$

Factorizando, la ecuación anterior puede escribirse como (Ecuación 3.6):

$$x(n) = A_p \left(1 + \frac{A_m}{A_p} \sin(\omega_m n)\right) \sin(\omega_p n) \quad \text{Ecuación. 3.6}$$

Dónde $m = \frac{A_m}{A_p}$ (Ecuación 3.11) es el índice de modulación.

$$x(n) = A_p (1 + m \sin(\omega_m n)) \sin(\omega_p n) \quad \text{Ecuación. 3.7}$$

$$x(n) = A_p \sin(\omega_p n) + A_p m \sin(\omega_m n) \sin(\omega_p n) \quad \text{Ecuación. 3.8}$$

Aplicando la Identidad Trigonométrica. (Ecuación 3.9)

$$\sin(A) \sin(B) = \frac{\cos(A - B)}{2} - \frac{\cos(A + B)}{2} \quad \text{Ecuación. 3.9}$$

Se tiene que (Ecuación 3.10):

$$x(n) = A_p \sin(\omega_p n) + \frac{A_p m}{2} \cos((\omega_p + \omega_m)n) - \frac{A_p m}{2} \cos((\omega_p - \omega_m)n)$$

$$\text{Ecuación. 3.10}$$

Al modular las dos señales, hemos obtenido una señal compuesta por tres señales sinusoidales, dos de ellas con frecuencias iguales a la suma y la resta de las frecuencias de la portadora y moduladora y una de ellas con frecuencia similar a la portadora. Como consecuencia, tenemos tres componentes frecuenciales en el espectro. La componente original de la portadora y las dos bandas laterales.

3.4.7 Síntesis con modelos físicos

Estos métodos de síntesis generan sonidos describiendo el comportamiento de cuerdas, lengüetas, labios, tubos, membranas y cavidades resonadoras. Todos estos elementos, excitados de una forma mecánica, vibran y producen perturbaciones, generalmente periódicas, en el aire que les rodea.

La acústica se ha preocupado de encontrar modelos, relaciones matemáticas, para describir estos sistemas vibratorios. Principalmente estos modelos se han utilizado para entender fenómenos físicos concretos, pero desde el trabajo de Hiller y Ruíz (1971) también se han utilizado para la síntesis.

El primer paso para la implementación de estos modelos consiste en definir y medir las características físicas del objeto a reproducir. Por ejemplo, para generar un sonido de cuerda hemos de considerar su longitud, grosor, densidad, etcétera...Una vez definidas las medidas físicas, el algoritmo nos permite reproducir numéricamente el movimiento de cuerda y, a la vez, convertir este movimiento en sonido.

Con estos medios podemos diseñar y escuchar el sonido de un instrumento mecánico que sea físicamente imposible de construir. Históricamente los modelos físicos han sido implementados con algoritmos muy complejos que difícilmente pueden funcionar en tiempo real con la tecnología actual.

Estas implementaciones se han basado en la integración numérica de la ecuación que describe la propagación de ondas en un fluido (Fletcher y Rossing, 1991). Recientemente se han encontrado soluciones más eficientes para este problema (Smith, 1992).

Estos modelos físicos pueden ser considerados como "generadores de realidad", no solamente en el sentido de imitar instrumentos tradicionales sino también para ayudar a conceptualizar esta realidad y crear estructuras que no tienen por qué tener una interpretación física. En este caso la realidad física es utilizada como fuente de inspiración y no como una referencia de calidad del sonido producido.

3.4.8 Síntesis con modelos espectrales

Los modelos espectrales se basan en la descripción de las características sonoras que el oyente percibe. Por lo tanto se basa en la percepción y no en el mundo físico. El sonido es generado con base a medidas perceptuales del timbre que se desea generar. Una ventaja de estos modelos es

que existen técnicas para analizar sonidos y obtener los correspondientes parámetros perceptuales. Es decir, analizando un sonido determinado obtenemos sus parámetros de percepción. A partir del análisis es posible volver a sintetizar el sonido original y en el proceso, los parámetros pueden ser modificados de tal forma que el sonido resultante es nuevo pero conserva aspectos del sonido analizado.

La transformada de Fourier es el primer paso hacia un modelaje perceptual del sonido. Con esta técnica un sonido es descompuesto en sus armónicos de los cuales se puede estudiar su evolución en el tiempo. Otro aspecto de la transformada de Fourier es el descomponer los sonidos en sinusoides (parciales) y ruido (componente residual), es decir, analizando sonidos con este modelo y generando de nuevos a partir de los datos de análisis (Serra, 1994; Serra y Smith, 1990).

El análisis detecta los parciales estudiando las características espectrales de un sonido y los representa con sinusoides. Estos parciales se restan del ruido original y el "residuo" que queda se representa como sonido blanco filtrado. La parte de síntesis del sistema es una combinación de síntesis aditiva por la parte sinusoidal y síntesis por sustracción por la parte del ruido. Esta estrategia de análisis y síntesis puede ser utilizada tanto para generar sonidos (síntesis) como para transformar sonidos preexistentes (procesamiento).

MODELOS FÍSICOS	MODELOS ESPECTRALES
Basados en la realidad física	basados en la realidad perceptual
Controlados por parámetros físicos	controlados por parámetros perceptuales
Modelos específicos para cada instrumento	modelos generados para todos los sonidos
síntesis independientes de análisis	síntesis a partir de análisis
ideal para reproducir instrumentos tradicionales	menos ideal para reproducir instrumentos tradicionales
menos rápido para reproducir sonidos naturales	ideal para reproducir sonidos naturales
Tiempo de cálculo alto	tiempo de cálculo alto
permite escoger entre calidad y flexibilidad	permite escoger entre calidad y flexibilidad
más cerca de la flexibilidad que de la calidad	más cerca de la calidad que de la flexibilidad

Tabla 3.1: Comparación de las características entre modelos físicos y espectrales

Se analizarán tres sonidos, se seleccionaron los más representativos, iniciando de menor a mayor dificultad.

3.5 Sonido 1. Levitación

3.5.1 Antecedentes teóricos. Procesamiento digital de señales

Las señales eléctricas son tensiones o corrientes que contienen información. Además de las señales eléctricas existen otras, de naturaleza magnética, hidráulica, neumática, luminosa, etc. Las señales pueden ser generadas en forma natural o artificial. Algunos ejemplos de señales naturales son la radiación electromagnética de una estrella, la altura de la marea y la velocidad del viento. Algunos ejemplos de señales artificiales son la emisión de un canal de TV, las ondas emitidas y recibidas por radares, teléfonos celulares, sonares, etc.

Las señales se representan matemáticamente como funciones de una o más variables independientes. La variable independiente más común es el tiempo y algunas señales que dependen de él son, por ejemplo, la voz, una onda de radio, un electrocardiograma, etc. Otras señales, tales como las imágenes, son funciones de 2 variables independientes, ya que contienen información de brillo o de color en función de las coordenadas X y Y de un plano.

El Procesamiento de Señales es un área de la Ingeniería Electrónica que se concentra en la representación, transformación y manipulación de señales, además de la información que ellas contienen. El primer tipo de procesamiento electrónico que se desarrolló y se aplicó extensivamente fue el procesamiento análogo, el cual se lleva a cabo mediante circuitos compuestos por resistores, capacitores, inductores, amplificadores operacionales, entre otros.

El Procesamiento de Señales en Tiempo Discreto (*Discrete-Time Signal Processing*) se refiere al procesamiento de señales discretas en el tiempo o en el espacio. Esto implica que sólo se conoce el valor de la señal en instantes o en puntos específicos. Sin embargo, la amplitud de la señal es continua, es decir, puede tomar infinitos valores diferentes

El Procesamiento Digital de Señales (*Digital Signal Processing* o DSP) añade a la característica anterior la de manejar la amplitud en forma discreta, la cual es una condición necesaria para que la señal pueda ser procesada en un computador digital. La amplitud de la señal sólo puede tener un número finito de valores diferentes.

3.5.2 Señales digitales: Características, amplitud y frecuencia

Para el diseño de sonidos es de gran ayuda el uso de una computadora que se encargue de sintetizar o procesar las señales de audio, los cuales se denotan como una secuencia de números (Ecuación 3.11):

$$\dots, x[n - 1], x[n], x[n + 1], \dots \text{Ecuación. 3.11}$$

donde n , es el numero de muestra. Esta secuencia está formada por un conjunto de muestras. El ejemplo más sencillo de una señal de audio es una senoide (Ecuación 3.12):

$$x[n] = A \sin(\omega n + \phi) \quad \text{Ecuación. 3.12}$$

donde A , es la amplitud, ω es la frecuencia angular, y ϕ es la fase inicial; esta ultima será función del número de muestra n , que es igual a $\omega n + \phi$. La fase inicial es la fase en la muestra cero ($n=0$).

Una forma de enfatizar el muestreo natural de la señal de audio digital gráficamente se puede ver en la (Fig. 3.11), donde en el eje horizontal se muestran los valores sucesivos de n y el eje vertical corresponde a los valores de $x[n]$.



Fig.3.11 Señal de audio (senoide) digital en tiempo discreto

Las señales de audio digital no tienen una relación intrínseca con el tiempo, pero para poder ser escuchadas, se debe elegir una tasa de muestreo, la cual se denota como R que es el número de muestras tomadas en un segundo. El tiempo t está relacionado con el número de muestra n por medio de la ecuación 3.13:

$$Rt = n \quad \text{Ecuación. 3.13}$$

Una onda sinusoidal con frecuencia angular ω , tiene una frecuencia (Ecuación 3.14):

$$f = \frac{\omega R}{2\pi} \quad \text{Ecuación. 3.14}$$

Ya que por cada segundo habrá R muestras y el ciclo a cumplir

Análisis: ¿Qué es la levitación?

Se denomina levitación el efecto por el que un cuerpo u objeto se halla en suspensión estable en el aire, sin mediar de otro objeto físico en contacto con el primero que sustente al que levita o "flota".

Para que tenga lugar la levitación en presencia de un campo gravitatorio, es preciso:

- una fuerza que contrarreste el peso del cuerpo (la fuerza de gravedad que actúa sobre el objeto que levita).
- para que sea una suspensión estable, es necesaria una fuerza adicional que contrarreste cada pequeño desplazamiento del objeto en levitación.



Fig. 3.12 Levitación

Modelo

El proceso de este ejemplo es simple, ya que básicamente consta de señales. De acuerdo con lo anterior, tomaremos las características científicas de la variedad de las levitaciones, que pueden ser:

- Levitación electrostática. Para ello es necesario que el objeto que levita esté cargado eléctricamente, de modo que con un campo eléctrico adecuado se produzca una fuerza igual y opuesta a la de la gravedad.
- Levitación magnética. En esta forma de levitación se pueden agrupar la debida a: imanes, superconductividad, diamagnetismo o suspensión electromagnética (aplicada en trenes de levitación magnética).
- Levitación aerodinámica. En este caso se juega con las variaciones en la presión ejercida por gases para mantener objetos en posición estable, como en el caso de los helicópteros.
- Levitación acústica. Es posible debido a los efectos no lineales de las ondas sonoras intensas, aunque en la práctica esto se ha realizado tan sólo con objetos de unos pocos gramos de masa.
- Levitación óptica. Emplea la presión de radiación para hacer levitar objetos de poca masa, usando el principio de la conservación del momento (el objeto absorbe los fotones, con lo que el momento de estos es transferido al objeto en levitación). Por lo general, en este tipo de levitación se emplean láseres.

Método

En términos de intensidad acústica, la parte dominante de una levitación es la secuencia de sonido, el cual vamos a crear basándonos en el concepto de armónicos, que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

$$f_a = Nf_0$$

Ecuación 3.15 Representación matemática de la frecuencia fundamental y armónicos

Donde:

f_a = Frecuencia del armónico

N= Numero de armónico

f_0 = Frecuencia fundamental

A su vez, lo anterior lo podemos entender con la síntesis aditiva, que es uno de los primeros métodos utilizados para la obtención de espectros sonoros ricos que se aproximan al comportamiento natural de los sonidos. El análisis acústico de las señales de audio nos enseña que los sonidos naturales están, de hecho, compuestos de una multitud de componentes simples, los cuales, en el caso de los sonidos periódicos con una altura determinada, tienen una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental. (VER 3.4.4 SÍNTESIS ADITIVA)

Implementación

Con una frecuencia fundamental de 2 Hz y sus armónicos correspondientes: 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 Hz, llegando cada uno a un oscilador para finalmente tener la sumatoria de los mismos, logramos la distribución de los pasos que conforman la levitación.

Se debe tener presente que en cualquier entorno de trabajo orientado a la programación de sonido, es posible manejar niveles de señal que pueden ser perjudiciales para el equipo o la audición del diseñador; se recomienda verificar cuidadosamente que los niveles de salida de línea de la computadora no estén al máximo, así como el nivel de volumen de los altavoces.

El funcionamiento del patch es sencillo, simplemente se elige la frecuencia fundamental desplazando el mouse hacia arriba o abajo y se seleccionan los armónicos que se desean escuchar junto con ésta, el patch automáticamente los calcula con una simple multiplicación.

En la (Fig. 3.13) se muestra el patch, el cual se divide en 4 partes:

1. ENCENDIDO/APAGADO. Usando los números 0 y 1 para desactivar o activar respectivamente.
2. OPERACION DEL PATCH. Consta de un bloque número (frecuencia fundamental), la cual se multiplica por un número entero que va desde el 1 hasta el 10 (armónicos), que corresponderán a las frecuencias de los 10 osciladores. Cada uno cuenta con un selector (cuadro) de diferente color.
3. CONTROL DE AMPLITUD. Para la señal que realiza la suma de los osciladores y el control de volumen.
4. PATCH PARA GRABAR EL SONIDO CREADO. La salida se toma antes del envío de la señal estéreo a la tarjeta de sonido, el cual manda luz verde al presionar la tecla g (Guardar) al objeto *savepanel* que permite guardar un archivo en el directorio que queramos, luego este envía la orden a

prepend open para abrir el archivo en donde se almacenara el audio a grabar y este a *prepend set*, que prepara el archivo al que acabamos de dar nombre y ubicación, el objeto *open* indica la ruta que elegimos.

Al presionar la tecla *r* (*Record*) activa el mensaje *open** que manda el aviso a *writesf~** de que ya tiene listo el archivo donde se escribirán los datos de audio y el *keyup** nos permitirá mandar al soltar la tecla, un 1 al mensaje *start* que activa el mecanismo inicializando la escritura de datos en nuestro archivo de audio, así como la creación y llenado del archivo de audio y la tecla *s* (*Stop**²⁵) la cual detendrá el proceso de escritura y finalizara la creación del archivo .wav.

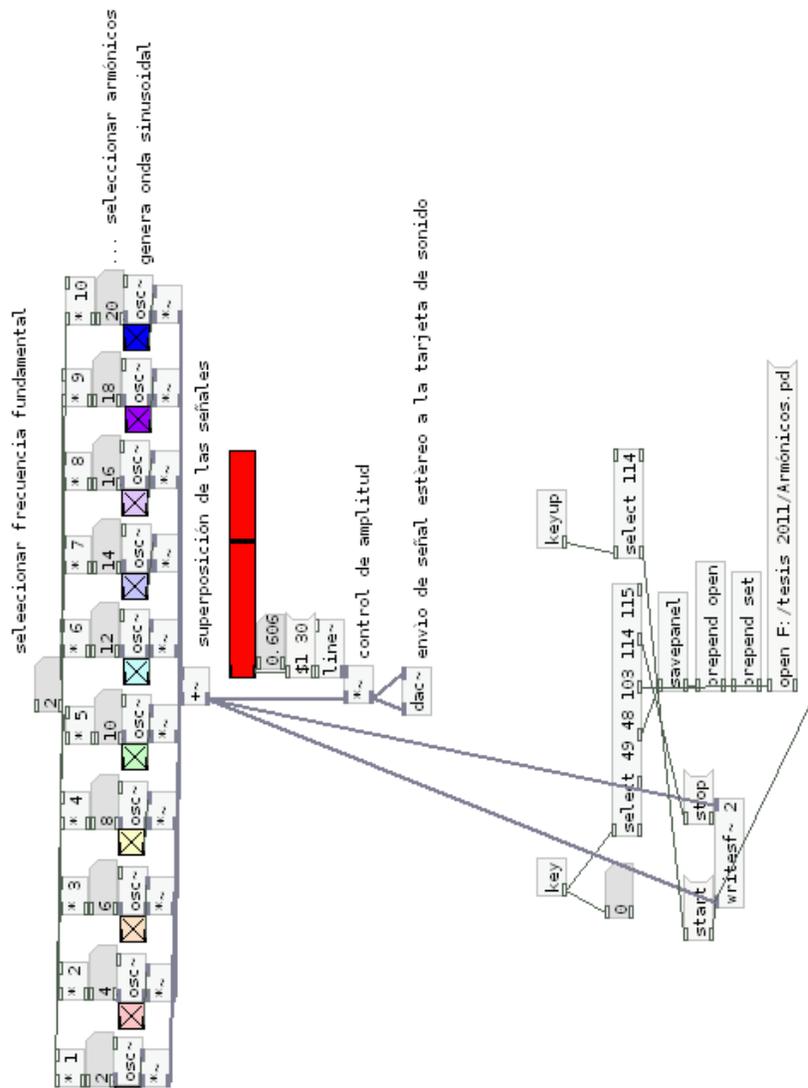
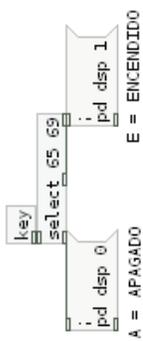
Conclusiones

Los sonidos pueden ser definidos mediante a un proceso físico. Pueden ser dados por las características exactas. Sin embargo, debemos tener en cuenta todos los procesos físicos que pueden afectar el sonido. Tomando como base de funcionamiento el patch “armónicos” se crearon los sonidos de: la *descarga del robot blanco*, *el arco eléctrico*, *disparo* y *teclado*, estos tres últimos usando además un barrido de frecuencias. (VER VIDEO DE SEGMENTO 2).

²⁵ * Patch para grabar sonido creado, Object box (cajas objeto).

Yuliana Elvira Saucillo
 Karina Victoria Mndez Rivera

ARMÓNICOS

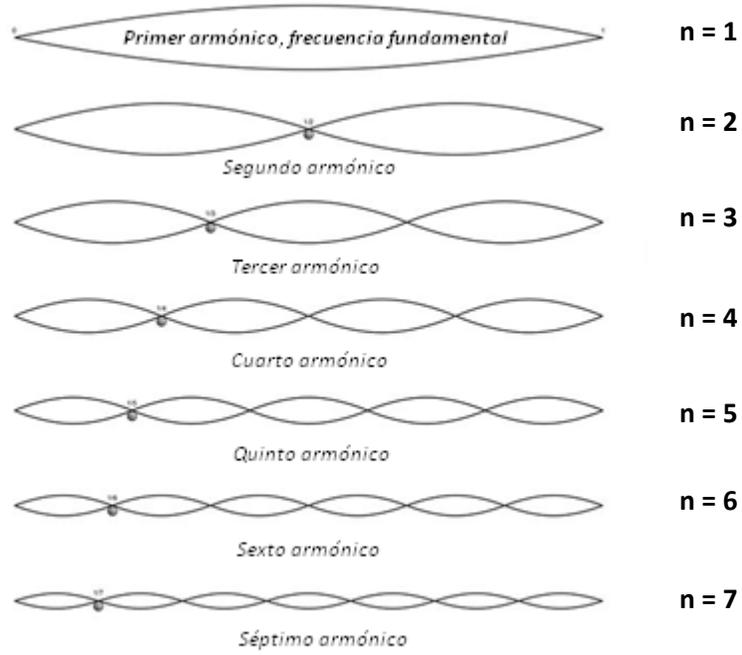


Pasos para grabar: 1 Enciende el programa con la letra A
 2 Guarda el archivo en el directorio que desee con la tecla g
 3 Inicia la grabacion con la tecla r 4 Deten la grabacion con la tecla s

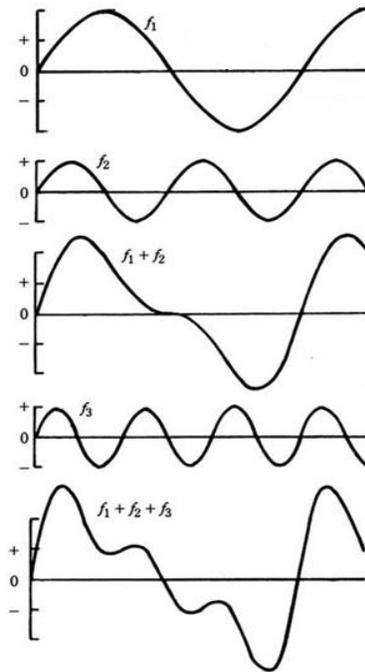
Fig. 3.13 Patch de Armónicos, SONIDO LEVITACIÓN

ALGORITMO DEL PATCH ARMÓNICOS

f_0
↓



↓



3.6 Sonido 2. Viento

3.6.1 Breve introducción acerca de los efectos especiales

Existen determinados efectos especiales para la imagen cuya realización en la cinematografía genera ruidos no deseados en el registro sonoro, tales como vientos y lluvias. Para tener viento en una escena, tradicionalmente se utilizan grandes hélices o ventiladores, mismos que permiten controlar la dirección y la intensidad de la brisa o de las ráfagas de viento. Esta es una gran oportunidad para la creación de sonidos en la cual se basa esta Tesis ya que como se mostrará a continuación, se logró crear el efecto especial de “viento” por medio de filtros digitales sin necesidad de la utilización de aparatos que generan un ruido intenso y constante que ensucia casi siempre de manera irremediable el sonido directo. No estamos diciendo que el grabar el sonido sea una mala opción, sólo citamos que es una oportunidad de aplicación de este trabajo de Tesis.

3.6.2 Antecedentes teóricos. Filtrado digital de señales

Un filtro es un sistema o una red que cambia selectivamente la forma de onda o las características amplitud-frecuencia o fase-frecuencia de una manera deseada. Los objetivos comunes del proceso de filtrado son mejorar la calidad de la señal, por ejemplo removiendo o atenuando el nivel de ruido, extraer información de dos o más señales previamente combinadas para hacer uso eficiente de un canal de comunicación, etc.

Un filtro digital es un algoritmo implementado en hardware y/o software que opera sobre una señal de entrada digital (discreta en tiempo y cuantizada en amplitud) y genera una señal digital de salida, con la finalidad de efectuar un proceso de filtrado. El término “filtro digital” se refiere al hardware o software específico que ejecuta el algoritmo. Los filtros digitales trabajan sobre valores numéricos asociados a muestras de esas señales analógicas previamente digitalizadas por convertidor A/D o simplemente sobre un conjunto de números almacenados en la memoria de una computadora o microprocesador. En la (Fig. 3.14) se muestra un diagrama bloque simplificado de un filtro digital que opera en tiempo real, con entradas y salidas analógicas. La señal de entrada, limitada en banda, se muestrea periódicamente y se convierte en una serie de muestras $x[n]$, $n = 0, 1, 2, \dots$. El procesador digital convierte la sucesión de entrada $x[n]$ en una sucesión de salida $y[n]$ de acuerdo al algoritmo de cómputo. El convertidor digital-analógico convierte la salida digital $y[n]$ en valores continuos en tiempo que son procesados por un filtro analógico para suavizar la forma de onda y remover componentes no deseados de alta frecuencia.

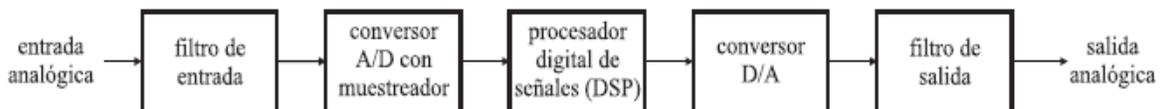


Fig. 3.14. Diagrama bloque simplificado de un filtro digital.

3.6.2.1 Respuesta impulso, en frecuencia y fase de un filtro

La respuesta impulso es la reacción de un filtro a un impulso que se envía a su entrada. La respuesta impulso caracteriza a un filtro en el dominio temporal. Podemos pensar, por ejemplo, en la respuesta impulso de una sala de conciertos que podemos generar si damos un golpe seco. Al trabajar en el dominio digital, dicha respuesta impulso será discreta en el tiempo y por tanto definida por una serie de muestras:

$$h[n]$$

Ecuación 3.16

La transformada de Fourier de una respuesta impulso de un filtro corresponde a su función de transferencia o representación en frecuencia, que caracteriza al filtro en el dominio de la frecuencia. Dicha caracterización se realiza a través de su espectro de amplitud y de su espectro de fase.

$$H(f)$$

$$\text{Amplitud : } |H(f)|$$

$$\text{Fase : } \angle H(f)$$

Ecuación 3.17

Por naturaleza, un filtro no puede ser a la vez preciso en el dominio temporal y en el de la frecuencia. De hecho, un filtro con una transición rápida (por ejemplo, con una banda pasante estrecha) presenta una respuesta impulso larga (resuena mucho tiempo). Por el contrario, una banda pasante ancha corresponde a una respuesta impulso corta.

Sea una señal digital de entrada $x[n]$ que procesamos con un filtro para generar una señal de salida $y[n]$. El espectro de la señal de salida $Y(f)$ se obtiene multiplicando el espectro de entrada $X(f)$ por la respuesta en frecuencia del filtro $H(f)$, es decir:

$$Y(f) = X(f) \cdot H(f)$$

Ecuación 3.18

Esto equivale a la operación de convolución (representada con un "*") entre las señales en el dominio temporal:

$$y[n] = x[n] * h[n]$$

Ecuación 3.19

Los filtros tienen también un efecto importante en la fase de las señales. El filtrado en sí mismo es una aplicación de los retardos (modificando la fase de la señal), lo que explica su comportamiento en el dominio temporal y su implementación digital.

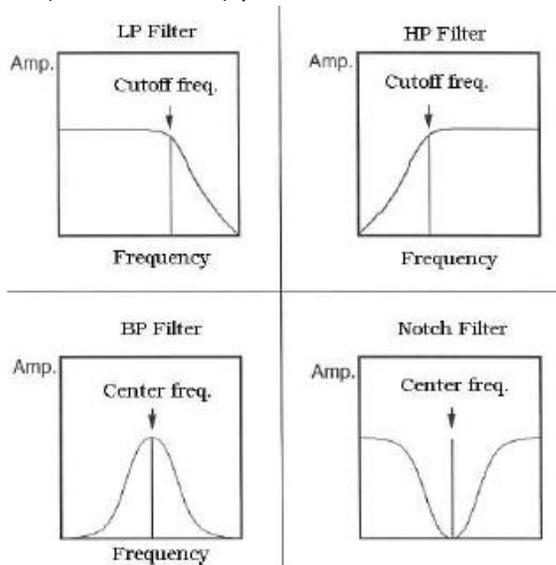
3.6.3 Teoría de filtros

La teoría de filtros tiene una componente matemática compleja que hace que se aleje de la experiencia humana. La ecuación de un filtro, por ejemplo, no está relacionada necesariamente con sus cualidades sonoras. En los textos técnicos, los filtros se describen mediante una herramienta matemática denominada transformada z . La transformada z relaciona los efectos de retardos de muestras en una imagen de dos dimensiones de la representación en frecuencia ($H(f)$) que se denomina el plano complejo z . Los polos en dicho plano representan los picos de resonancia o puntos que hacen que la respuesta en frecuencia se haga infinita. Los ceros representan los puntos de amplitud nula de la respuesta en frecuencia. Por ejemplo, un filtro de 2 polos tiene 2 picos de resonancia. La transformada z es un concepto esencial para el diseño de filtros, ya que proporciona una relación matemática entre las características del filtro que queremos diseñar y los parámetros de implementación del mismo. Sin embargo, la complejidad matemática de la transformada z sólo está indirectamente relacionada con los parámetros que tienen significación perceptual.

3.6.4 Tipos de filtros

Los filtros más comunes son los filtros *paso bajo* (*Low Pass, LP*), *paso alto* (*High Pass, HP*), *paso de banda* (*Band Pass, BP*) y los filtros *rechazo de banda* (o *paso no banda*) (*Band Reject, Band stop o Notch*).

En la (Fig. 3.15) se representan estos 4 tipos de filtros mediante su respuesta en frecuencia o espectro de amplitud. Cada punto de la respuesta en frecuencia nos indica la atenuación a la que se someterá una señal a una frecuencia determinada.



- Los filtros **pasa bajo (LP)** dejan pasar las frecuencias que están por debajo de una determinada frecuencia.
- Los filtros **pasa alto (HP)** dejan pasar las frecuencias que están por encima de una determinada frecuencia.

Fig. 3.15 Tipos de filtros

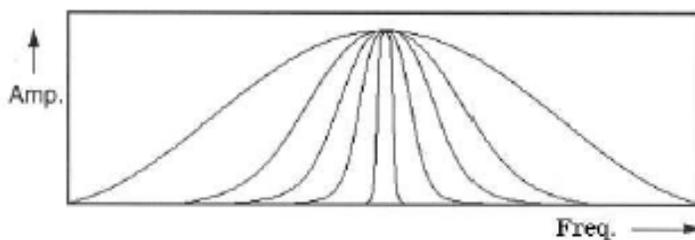
Estos dos tipos de filtros están definidos por su frecuencia de corte, que es la frecuencia a la cual la amplitud de la señal se reduce a $0.707 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$ de su valor máximo, es decir, sufre 3 dB de atenuación.

- Los filtros **paso banda (BP)** dejan pasar las frecuencias que están situadas en una determinada banda de frecuencia, es decir, entre dos determinadas frecuencias.
- Los filtros **rechazo de banda (BR)** dejan pasar todas las frecuencias excepto las que están situadas en una determinada banda de frecuencia, es decir, entre dos determinadas frecuencias f_1 y f_2 . Estas frecuencias son las frecuencias a las que la amplitud de la señal se reduce a $0.707 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$ de su valor máximo, es decir, sufre 3 dB de atenuación.

Estos dos tipos de filtros están definidos por su frecuencia central y su ancho de banda, que sería la diferencia entre las frecuencias de corte inferior y superior. Como se ilustra en la figura 1, las transiciones entre la **banda pasante** y la **banda de corte** no son generalmente limpias en los filtros reales. Existe, por tanto, una **banda de transición** entre la zona donde teóricamente *todo pasa* y la zona donde teóricamente *nada pasa*. Los filtros pueden combinarse en serie o en paralelo para obtener respuestas en frecuencia más complejas.

3.6.5 Ancho de banda y factor de calidad

En un filtro ideal, toda componente espectral que se sitúe más allá de la frecuencia de corte debería, en principio, ser eliminada completamente. En realidad, no podemos implementar este tipo de filtros con los métodos que veremos. Por lo tanto, tenemos que establecer la rigidez o rapidez del corte, expresado en dB por octava. El factor de calidad Q de un filtro BP o BR permite regular la rapidez o la pendiente de la campana que se representa en la (Fig. 3.16).



El factor de calidad Q corresponde a un cociente entre la frecuencia central del filtro y el ancho de banda a los puntos con 3 dB de atenuación:

Fig. 3.16 Factor de Calidad Q

$$Q = \frac{f_{central}}{(f_{C_2} - f_{C_1})}$$

Ecuación 3.20

La (Fig.3.16) representa un filtro BP en el que hacemos variar el factor de calidad manteniendo fija la frecuencia central. La amplitud máxima o ganancia de un filtro BP o BR también es importante.

El control de bandas múltiples, por ejemplo, y la ganancia de cada una de ellas, permitirá fabricar módulos ecualizadores o filtros gráficos.

3.6.6 Funcionamiento base de un filtro

El funcionamiento de base de un filtro digital es relativamente simple. Distinguimos de hecho dos tipos de funcionamiento que se ilustran a continuación en la (Fig.3.17).

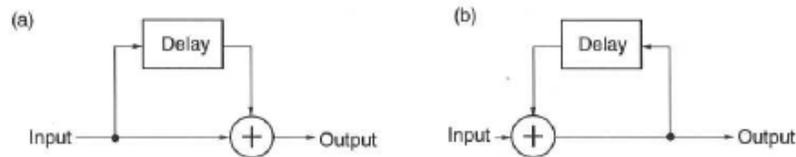


Fig. 3.17 Diagrama de bloques de los dos tipos de filtros digitales: (a) FIR y (b) IIR.

- (a) retardamos ligeramente una copia de la señal de entrada (de uno o varios períodos de muestreo) y combinamos la señal de entrada retrasada con la nueva señal de entrada. Los filtros digitales basados en este funcionamiento se dice que son de respuesta impulso finito o FIR (Finite Impulse Response).
- (b) retardamos una copia de la señal de salida, la cual combinamos con la nueva señal de entrada. Los filtros digitales basados en este funcionamiento se dice que son de respuesta impulso infinito o IIR (Infinite Impulse Response). También se les denomina filtros recursivos o con *feedback*.

ANÁLISIS ¿Qué es el viento?

El viento es aire que se mueve de un lugar a otro. Tiene una procedencia directa de la energía solar. El calentamiento desigual de la superficie de la tierra produce zonas de altas y bajas presiones, este desequilibrio provoca desplazamientos del aire que la rodea dando lugar a este fenómeno.

La velocidad del viento



Fig. 3.18 Viento

El viento produce energía porque está siempre en movimiento. El contenido energético del viento depende de su velocidad. Cerca del suelo, la velocidad es baja, aumentando rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará ésta al viento. Es por ello que sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y más sobre las colinas.

Modelo

Todos los procesos anteriores conforman un grupo de diferentes sonidos. Dependiendo del tipo de viento que se requiera para el filme, se elegirán las características más importantes, las cuales predominaran en el sonido. Para este ejemplo, las características que nos interesan, son la velocidad y dirección del viento. El viento, cuando sopla con fuerza, recibe distintos nombres, según las diferentes áreas del mundo: ciclones, huracanes, tornados, etc. Cuando el viento supera los 119 km por hora se llama huracán. El tornado es un violento embudo giratorio de nubes que se extiende a nivel del suelo. Son muy frecuentes en Norteamérica. Los vientos pueden girar incluso a 380 km por hora, más rápido que ningún otro viento de la tierra.

Método

Ya que la parte dominante del viento es la velocidad y la dirección, crearemos cada parte por separado basándonos en la síntesis substractiva, ruido blanco filtrado, usando el tipo pasa banda con diferentes factores de calidad. El ruido blanco es una señal aleatoria que se caracteriza porque sus valores en dos instantes de tiempo diferentes no guardan correlación estadística. Como consecuencia de ello, su densidad espectral de potencia (PSD, Power Spectral Density) es una constante. Esto significa que la señal contiene todas las frecuencias y todas ellas tienen la misma potencia.

El filtro Pasa Banda tiene la siguiente curva de respuesta de frecuencia. Dejará pasar todas las tensiones de la señal de entrada que tengan frecuencias entre la frecuencia de corte inferior f_1 y la de corte superior f_2 . Las tensiones fuera de este rango de frecuencias serán atenuadas y serán menores al 70.7 % de la tensión de entrada. La frecuencia central de este tipo de filtro se obtiene con la siguiente fórmula:

$$f_0 = 1 / [2\pi C \times (R_3 R)^{1/2}]$$

Fórmula 3.21. Frecuencia central de un filtro pasa banda.

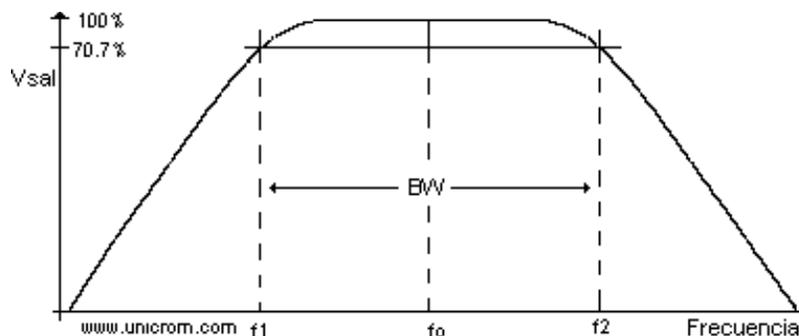


Figura 3.19. Curva de respuesta de un filtro pasa banda.

Si se seleccionan los capacitores y resistores de modo que: $C_1 = C_2 = C$ y $R_1 = R_2 = R$, tenemos:

$$BW = f_2 - f_1 = 1.41 R / [C R_3 (R_3 R)^{1/2}]$$

Fórmula 3.22 Ancho de banda de un filtro pasa banda.

$$Q = f_0 / BW.$$

Fórmula 3.23. Factor de calidad de un filtro pasa banda.

Las líneas discontinuas verticales sobre f_1 y f_2 y la línea horizontal del 70.7% representan la respuesta de un filtro pasa banda ideal. Nota: F_1 y f_2 (frecuencias de corte) son puntos en la curva de transferencia en que salida ha caído 3 dB (decibelios) desde su valor máximo.

Implementación

Usando un filtro digital, que básicamente es un sistema que deja pasar ciertos componentes de frecuencia de una secuencia de entrada sin distorsión y atenúa otros, se logró implementar un patch para crear viento.

Se tienen 3 filtros pasa banda y con su respectivo ruido blanco, cada uno con los siguientes valores: para el primer filtro se usó una frecuencia de corte de 184,9hz con un factor de calidad de 3, para el segundo filtro la frecuencia de corte fue de 391,9hz con un factor de calidad de 7 y el último filtro tenía la misma frecuencia de corte que el anterior pero con un factor de calidad de 10. El funcionamiento del patch es el siguiente: se elige la frecuencia de corte con su factor de calidad y volumen desplazando el mouse hacia arriba o abajo la barra roja o gris respectivamente, esto se realiza para los restantes filtros. El patch de ruido blanco filtrado en la (Fig. 3.20), el cual se divide en 3 partes:

1. ENCENDIDO/APAGADO. Usando los números 0 y 1 para desactivar o activar respectivamente.

OPERACION DEL PATCH. Consta de 3 filtros, cada uno con un bloque número (frecuencia de corte), la cual se manipula mediante una barra de desplazamiento; este valor corresponde a uno midi, por lo tanto para saber realmente el valor de la frecuencia del filtro, se usa la función `mito`. Esta parte junto con el ruido blanco entran al filtro pasa banda, el cual consta de un factor de calidad variable que se modifica con la barra de desplazamiento gris, cada uno cuenta con volumen. El bloque anterior se repite 2 veces más, los cuáles finalmente se suman, generando una superposición de filtros, consta de un

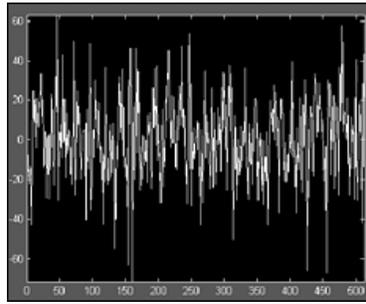
2. CONTROL DE AMPLITUD. Para la señal que realiza la suma de los osciladores y el control de volumen.

3. PATCH PARA GRABAR EL SONIDO CREADO.

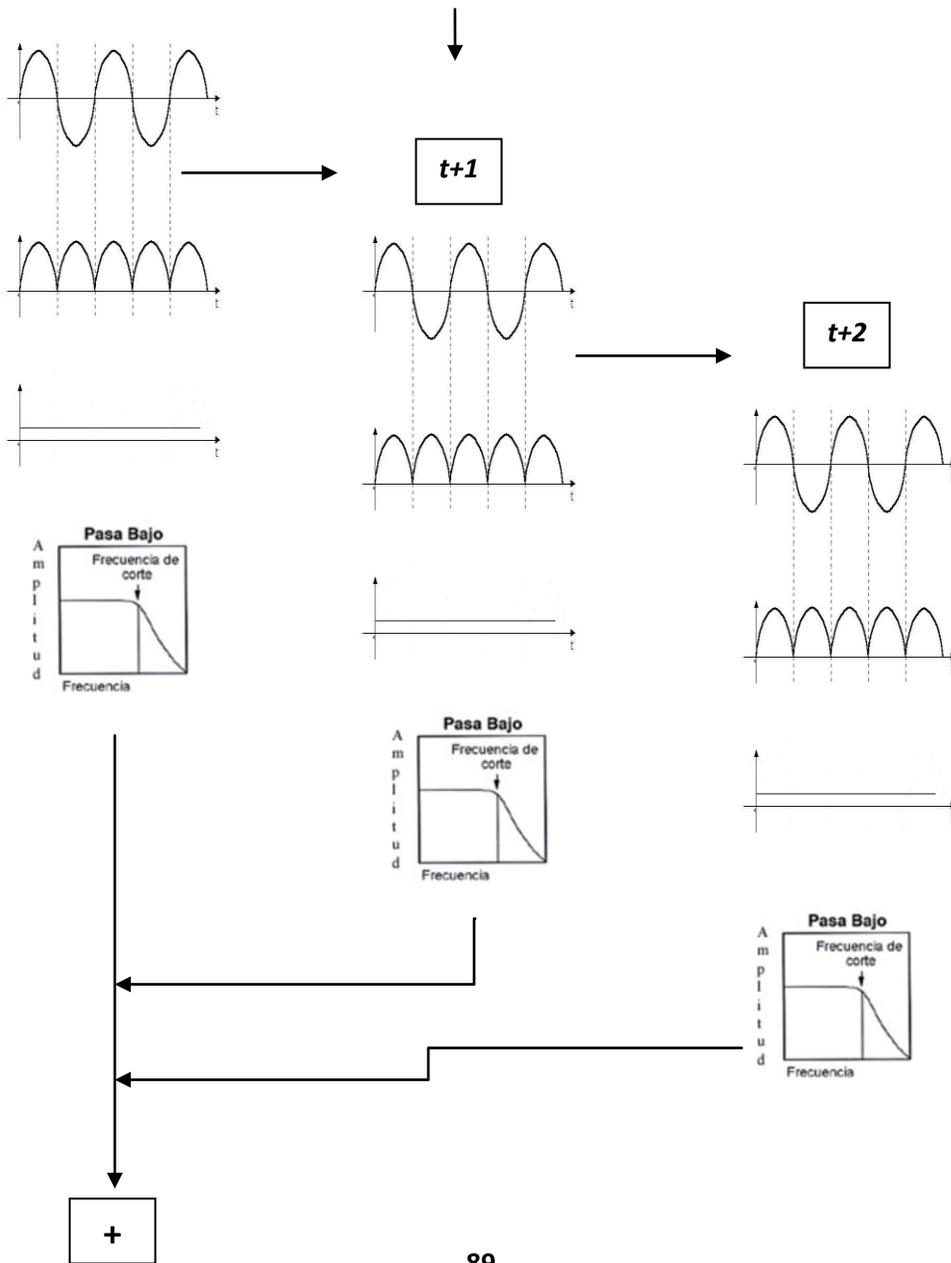
Conclusiones

El análisis de componentes basados en la física puede ser una herramienta de gran alcance. La reducción de un sonido a los fenómenos por separado proporciona un gran control. Aquí podemos aproximar los efectos físicos por una serie de distorsiones y filtros. A su vez, usando como base el funcionamiento del patch de la "aplicación de filtros" se crearon los sonidos de: *viento después de la explosión* y *el área quemada*, variando los parámetros y tipos de los filtros. (VER VIDEO DE SEGMENTO 2).

ALGORITMO DEL PATCH APLICACIÓN DE FILTROS CON RUIDO BLANCO



RUIDO BLANCO



3.7 Sonido 3. Motor Eléctrico

3.7.1 Antecedentes teóricos. Envoltentes

El sonido no es un fenómeno estático. Muy por el contrario, usualmente cada componente de frecuencia de un sonido tiene vida propia, en el sentido de que adquiere un comportamiento independiente (o casi independiente) en el tiempo. Esta significa que cada parcial corre una trayectoria o envolvente particular en su evolución temporal.

3.7.1.1 Generador de envoltentes

Como las ondas generadas por los osciladores son continuas y sin matices, necesitamos un generador de envolvente para dotarles de dinámica y expresión.

Las envoltentes nos permiten además aplicar cambios en el tiempo (dinámicos), afectando a distintos parámetros y es frecuente clasificarlos de la siguiente manera:

3.7.1.2 Envolvente de amplitud

Es usada para simular la dinámica de amplitud de un instrumento, por ejemplo, un piano tiene cualidades percusivas de rápido ataque es decir; debido al mecanismo de funcionamiento, se obtendrá el máximo volumen de un nota al pulsar una tecla; en cambio un violín necesita mas tiempo para construir un sonido debido a la forma en que se produce el sonido (fricción, arco con cuerda). De igualmente el motor necesita tiempo para construir un sonido.

3.7.1.3 Envolvente de filtro

Permite controlar un filtro par que no actué en todo momento, sino en diferentes puntos en el tiempo y de diversas maneras. Si configuramos un filtro paso-bajo con el corte situado en las frecuencias más bajas, y elegimos un tiempo de ataque largo para esta envolvente, el sonido comenzara mostrando todas sus frecuencias y gradualmente ira eliminado las medias y altas, sin necesidad de actuar manualmente sobre el filtro.

Los pasos progresivos que constituyen una envolvente (Fig. 3.21) son los siguientes:

- ◆ El ataque (Attack), que marca el comienzo del sonido y es el tiempo que tarda el mismo en pasar, por regla general, de ser inaudible al máximo volumen.

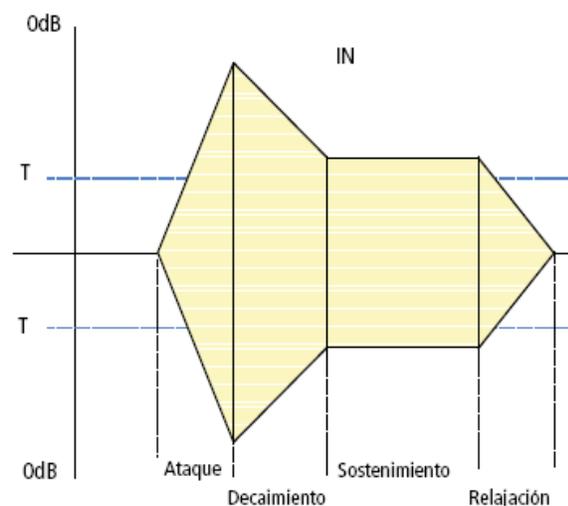


Fig. 3.21 Envolvente del sonido

- ◆ La caída (Decay), es el tiempo en que se produce la disminución inicial de la intensidad del sonido hasta el nivel del sostenimiento.
- ◆ El sostenimiento (Sustain), que es el periodo durante el cual el sonido se mantiene con un nivel más o menos constante.
- ◆ La extinción (Release), es el tiempo que tarda el sonido en pasar del nivel de mantenimiento al nivel cero.



Análisis ¿Qué es un motor eléctrico?

Es un dispositivo rotativo que transforma energía eléctrica en energía mecánica. La gran mayoría de los motores eléctricos son máquinas reversibles pudiendo operar como generadores, haciendo la conversión inversa de energía.

Partes de un motor eléctrico

Comencemos mirando el diseño global de un motor eléctrico DC simple de 2 polos. Un motor simple tiene 6 partes, tal como se muestra en el diagrama (Fig. 3.23):

Fig. 3.22. Motor Eléctrico

- Una armadura o rotor.
- Un conmutador.
- Cepillos.
- Un eje.
- Un Imán de campo.
- Una fuente de poder DC de algún tipo.

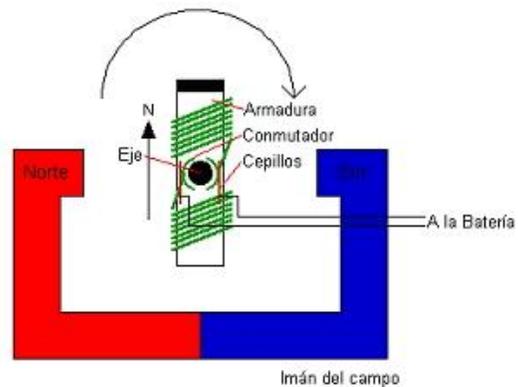


Fig. 3.23. Partes de un Motor Eléctrico

Los dos componentes básicos de todo motor eléctrico son el rotor y el estator. El rotor es una pieza giratoria, un electroimán móvil con varios salientes laterales, que llevan cada uno a su alrededor un bobinado por el que pasa la corriente eléctrica. El estator, situado alrededor del rotor, es un electroimán fijo cubierto con un aislante. Al igual que el rotor, dispone de una serie de salientes con bobinados eléctricos por los que circula la corriente.

Cuando se introduce una espira de hilo de cobre en un campo magnético y se conecta a una batería, la corriente pasa en un sentido por uno de sus lados y en sentido contrario por el lado opuesto. Así, sobre los dos lados de la espira se ejerce una fuerza; en uno de ellos hacia arriba y en

el otro hacia abajo. Sí la espira de hilo va montada sobre el eje metálico, empieza a dar vueltas hasta alcanzar la posición vertical. Entonces, en esta posición, cada uno de los hilos se encuentra situado en el medio entre los dos polos, y la espira queda retenida.

Para que la espira siga girando después de alcanzar la posición vertical, es necesario invertir el sentido de circulación de la corriente. Para conseguirlo, se emplea un conmutador o colector, que en el motor eléctrico más simple, el motor de corriente continua, está formado por dos chapas de metal con forma de media luna, que se sitúan sin tocarse, como las dos mitades de un anillo y que se denominan delgas. Los dos extremos de la espira se conectan a las dos medias lunas. Dos conexiones fijas, unidas al bastidor del motor y llamadas escobillas, hacen contacto con cada una de las delgas del colector, de forma que, al girar la armadura, las escobillas contactan primero con una delga y después con la otra.

Cuando la corriente eléctrica pasa por el circuito, la armadura empieza a girar y la rotación dura hasta que la espira alcanza la posición vertical. Al girar las delgas del colector con la espira, cada media vuelta se invierte el sentido de circulación de la corriente eléctrica. Esto quiere decir que la parte de la espira que hasta ese momento recibía la fuerza hacia arriba, ahora la recibe hacia abajo, y la otra parte al contrario. De esta manera la espira realiza otra media vuelta y el proceso se repite mientras gira la armadura.

Modelo

La velocidad de un motor es una característica muy importante de su sonido. Debido a que la masa del rotor es muy pesada se necesita un tiempo para construir la velocidad angular, entre más ligero y más pequeño es el motor más rápida es su velocidad. Cuando una corriente grande circula por el motor su aceleración es alta. Después de un tiempo cuando alcanza la velocidad óptima se mantiene constante la aceleración. Cuando el poder se elimina la decadencia de la velocidad y de la fricción con los cepillos empieza a ser notoria.

Método

La fuente de ruido blanco es completa en espectro, por lo que permite utilizar algunos filtros para golpear a un resultado más específico. En este patch solo se multiplica por una señal pequeña para darle amplitud. Para la velocidad tenemos que elegir una escala, ya que en la mayoría de los motores se especifican en RPM (Revoluciones por Minuto), para hacer la conversión a Hz se dividen las RPM entre 60 que es lo que equivale un minuto en segundos, así que un motor estándar gira a 30,000 RPM lo que nos dará una señal de 500Hz.

Implementación

Lo primero que se generó fueron los cepillos con uso de ruido blanco y con un *vslide* de parámetros pequeños entre 0-2 para manejar su intensidad, de aquí se construye el rotor el cual le dará movimiento ligero o pesado, para generar la envolvente ingresamos el objeto [ead~] que significa exponencial, ataque y decaimiento. La salida de la envolvente se le aplica a la velocidad

calculada en el método hacia un fasor, ya que esta es una señal de entrada muy aguda, necesaria para el giro del motor. Cabe mencionar que el objeto *ead~* se coloca dentro del objeto el valor del ataque y enseguida del decaimiento, decidimos ponerlos en 0 ya que con *vslide* es mas maleable así como los dos parámetros van al mismo controlador *vslide*, lo que corresponde a que el tiempo de ataque será el mismo del decaimiento.

1. ENCENDIDO/APAGADO. Seleccionando on/off

2. OPERACION DEL PATCH. Se colocan los parámetros controlables como los cepillos, el rotor, la velocidad, el tiempo de duración y el volumen en distintas posiciones y después se procede a dar *click* en on/off para ser encendido, una vez hecho esto se pueden variar los parámetros y obtener distintos tipos de motores, de la creación de este patch se crearon todos los sonidos de motores de la sección de VIDEO 2, como las llantas de Wall-e, sus movimientos, la nave donde llega Eva, etc.

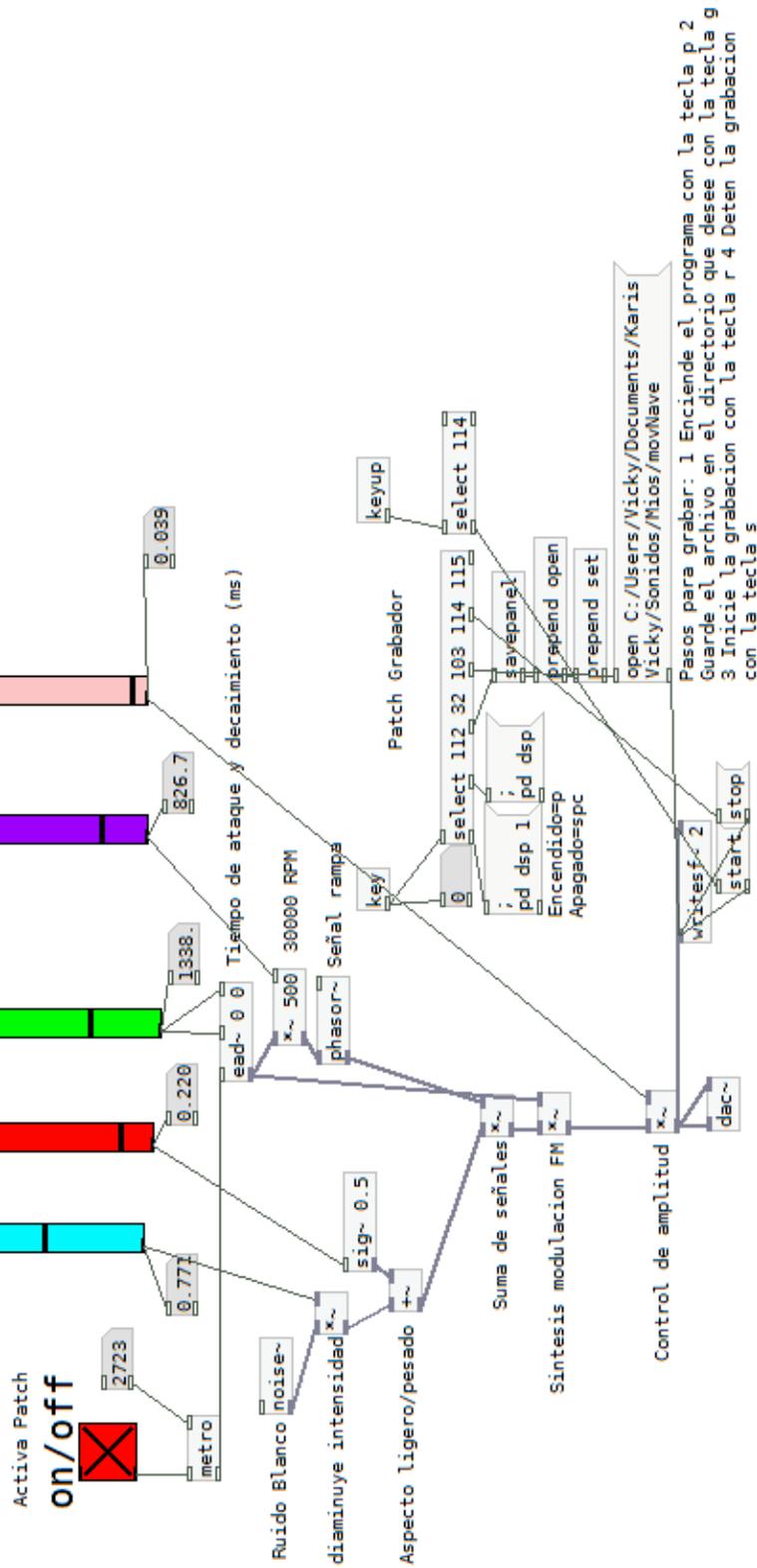
3. CONTROL DE AMPLITUD. Para la señal que realiza el control de volumen.

4. PATCH PARA GRABAR EL SONIDO CREADO. La salida se toma antes del envío de la señal estéreo a la tarjeta de sonido, el cual manda luz verde al presionar la tecla g (Guardar) al objeto *savepanel* que permite guardar un archivo en el directorio que queramos, luego este envía la orden a *prepend open* para abrir el archivo en donde se almacenara el audio a grabar y este a *prepend set*, que prepara el archivo al que acabamos de dar nombre y ubicación, el objeto *open* indica la ruta que elegimos. Al presionar la tecla r (*Record*) activa el mensaje *open** que manda el aviso a *writesf~** de que ya tiene listo el archivo donde se escribirán los datos de audio y el *keyup** nos permitirá mandar al soltar la tecla, un 1 al mensaje *start* activa el mecanismo que inicia la escritura de datos en nuestro archivo de audio, así como la creación y llenado del archivo de audio y la tecla s (*Stop**) la cual detendrá el proceso de escritura y finalizara la creación del archivo *.wav*.

Conclusiones

Entendiendo el funcionamiento del motor es como se llegó a la concepción del tema de envolvente, el cual se pudo estudiar y con base en ello, crear los sonidos de motor, se decidió tener un amplio rango de movilidad en cuanto a los parámetros a controlar ya que eran varios tipos de motores a crear para la sección de VIDEO 2.

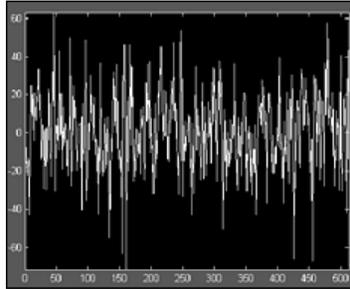
Tesis "Creacion de Sonidos Orientado a La Cinematografia"
 Karina Victoria Mendez Rivera
 Yuliana Elvira Saucillo



Pasos para grabar: 1 Enciende el programa con la tecla p 2
 Guarde el archivo en el directorio que desee con la tecla g
 3 Inicie la grabacion con la tecla r 4 Deten la grabacion
 con la tecla s

Fig. 3.26 Patch de aplicación de Envolvente, SONIDO MOTOR.

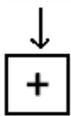
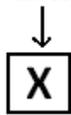
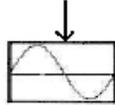
ALGORITMO DEL PATCH MOTOR CON RUIDO BLANCO



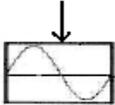
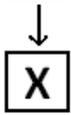
RUIDO BLANCO



Frecuencia moduladora



Índice de modulación



Frecuencia de la portadora



Modulación de frecuencia

Bandas laterales de las componentes en frecuencia:

C = frecuencia envolvente, M = frecuencia de modulación

$$C - M = f_5 \text{ Hz}$$

$$C + M = f_2 \text{ Hz}$$

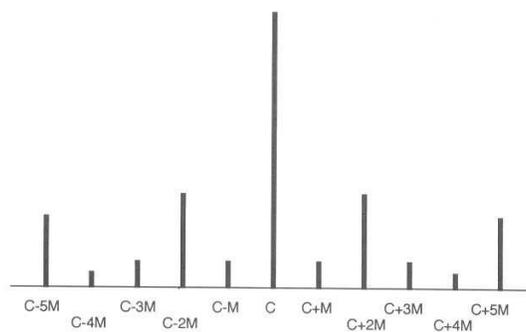
$$C - (2 \times M) = f_3 \text{ Hz}$$

$$C + (2 \times M) = f_4 \text{ Hz}$$

$$C - (3 \times M) = f_1 \text{ Hz}$$

$$C + (3 \times M) = f_6 \text{ Hz}$$

etc....

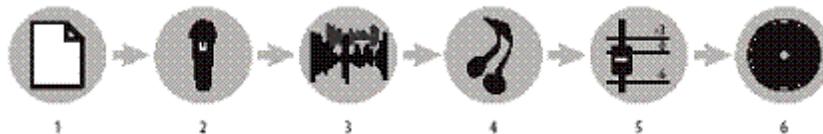


3.8 Proceso de mezcla

Una vez creados los elementos sonoros, se insertaron en el segmento de video 2, usando un editor de audio y video. En este caso, se eligió Adobe Audition, por su practicidad; ofrece diferentes vistas para editar archivos de audio y crear mezclas multipista²⁶. El total de sonidos creados es 38, se usaron 29 para el segmento de video 2 (Fragmento de 7.05 min. de el film Wall-e) de los cuales 6 fueron grabados (fue necesario usar esta técnica por las características y el enfoque del fragmento de video). Los 9 sonidos restantes son ajenos al fragmento de video2, surgieron aleatoriamente de la práctica con el software utilizado. Del audio original del film se uso únicamente: la música, la voz de Wall-e y un sonido incidental referente al lanzamiento del extinguidor. Para lograr esto se editó el audio original del video de Wall-e, haciendo cortes de lo no deseado y rescatando música limpia de efectos para poderla pegar y sincronizarlo al fragmento de video 2.

El editor multipista se utiliza para sincronizar una sesión, de una forma instantánea, pues requiere una mayor potencia de procesamiento, pero aumenta la flexibilidad. Esta flexibilidad es preferible a la hora de crear y reevaluar gradualmente los sonidos de un film.

Flujo de trabajo multipista



1. Apertura de sesión. El menú Archivo, seleccione Abrir sesión o Nueva sesión. (Si crea una sesión nueva, especifique la velocidad de muestreo para los clips de audio que contendrá la sesión).
2. Inserción o grabación de archivos.
3. Organización de clips. En el panel Principal, organice y edite los clips en la línea de tiempo.
4. Uso de efectos. Se pueden editar, agrupar y reordenar los efectos de cada pista. Cabe aclarar que los únicos efectos que se aplicaron al segmento del video 2 fueron:

Fade in: incrementar el volumen lentamente.

Fade out: disminuir el volumen lentamente.

Paneo: balanceo de la señal, izquierda, derecha ó centro

5. Mezcla de pistas

6. Exportación

²⁶ Es un método que permite editar múltiples fuentes sonoras por separado para luego unir las y formar un todo. (mezcla).

3.9 Banco de sonidos orientado a la cinematografía

NOMBRE DEL SONIDO	FORMATO 1	FORMATO 2	REFERENCIA COSTOS
alarma.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
alarma automovil.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
arco reflejo.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
brazoNave1.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
campofuerza.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
disparo.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
enfundar.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
explosion1.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
explosion.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
explosiones_nave.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
extinguidor1.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
fondoruedas.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 1
golpe_puerta.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 1
helicoptero.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
helicoptero2.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
laser.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
levitacion.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
llantaswalle.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
manonave.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
movimientos_walle.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
movNave.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
nave4.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
patito_hule.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
pingpong1.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
quemado.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
resplandor.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
teclado_eva.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
viento.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
vientob.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
jinete cabalgando.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
marcha.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
mosquito.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
nave1.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
nave3.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 3
pedras1.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 1
pedras2.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 1
sierra2.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2
taladro.wav	16bits, 48kHz	16bits, 44.1kHz	Sonido 2

Cabe mencionar lo siguiente:

- El **nombre del sonido** indica el nombre asignado por el creador (Yuliana Elvira o Karina V. Méndez).
- El **formato 1** es el usado en la industria cinematográfica, 48kHz, múltiplo de 24, que es el total de cuadros reproducidos en un segundo, de esa manera se puede sincronizar el audio con la imagen.
- El **formato 2** es el usado en el Compact Disc (44.1kHz).
- La **referencia de costo** fue asignada para compararla con el análisis de costos de los sonidos.

3.10 Costos

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
SONIDO 1	ELABORACIÓN DE SONIDO SIMPLE PARA LA INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA, INCLUYE: DISEÑO SONORO Y CREACION EN FORMATO WAV.	PZA	1.00	12.59	\$ 12.59
SONIDO 2	ELABORACIÓN DE SONIDO MEDIO PARA LA INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA, INCLUYE: DISEÑO SONORO Y CREACION EN FORMATO WAV.	PZA	1.00	36.70	\$ 36.70
SONIDO 3	ELABORACIÓN DE SONIDO COMPLEJO PARA LA INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA, INCLUYE: DISEÑO SONORO Y CREACION EN FORMATO WAV.	PZA	1.00	69.68	\$ 69.68
BANCO DE SONIDOS	ELABORACIÓN DE BANCO DE SONIDOS PARA LA INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA, CONFORMADO POR: 4 SIMPLES, 14 MEDIOS Y 20 COMPLEJOS, INCLUYE: DISEÑO SONORO Y CREACION EN FORMATO WAV. (CD)	PZA	1.00	1,599.60	\$ 1,599.60
CURSO CREACIÓN DE SONIDOS	CURSO: ELABORACIÓN DE SONIDOS PARA LA INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA 40 HORAS	PZA	1.00	3,041.91	\$ 3,041.91

CURSO CREACION DE SONIDOS ORIENTADO A LA CINEMATOGRAFÍA ASISTIDO POR SOFTWARE COMPUTACIONAL (*PURE DATA*)

Objetivos

El alumno entenderá la importancia del sonido para el ser humano como individuo así como, su trascendencia en la evolución cultural de la industria cinematográfica.

Involucrarse en el lenguaje utilizado en el proceso del diseño de sonidos, así como familiarizarse con el software computacional (*Pure Data*)

Crear diversos sonidos utilizando el entorno de desarrollo orientado a la programación y síntesis de audio llamado *Pure Data*. Dicho entorno facilitará la comprensión a un nivel muy profundo de los conceptos y principios que están detrás del proceso del diseño de sonido.

Requerimientos

El alumno deberá contar con conocimientos sobre acústica, psicoacústica, grabación, mezcla básica, síntesis, informática y programación, así como con el siguiente equipo:

1. Computadora portátil que cumpla con las siguientes características técnicas:
 - Procesador mínimo de 800Mhz.
 - Memoria RAM mínimo de 500Mhz.
 - 3Gigabytes de espacio libre en disco duro.
 - Mínimo sistema operativo *Windows XP*.
 - *Pure Data* Previamente instalado.
2. Audífonos.

Temario

1. La audición, los procesos cerebrales de la audición y modos de audición
2. El oído, percepción del sonido.
3. Psicoacústica, relación entre características subjetivas y objetivas del sonido
4. Transmisión de impulsos al cerebro, los rangos de la audición humana.
5. Un poco de historia; desarrollo tecnológico del sonido cinematográfico.
6. Los sistemas multipista.
7. Norma THX y los sistemas de sonido digital para la industria cinematográfica.
8. Historia de *Pure Data*, programación grafica, características de *Pure Data*.
9. Elementos de la banda sonora cinematográfica.
10. Diégesis.
11. La Postproducción.
12. Practicas introductorias al diseño de sonido asistido por computadora. Elaboradas por el Ing. Edgar Aarón Huitron. Así como abordar los temas mencionados en dichas prácticas.
13. Marco teórico general de la síntesis de sonido.
14. Creación de sonidos aleatorios aplicando principios teóricos de síntesis de sonidos.
15. Crear un sonido inexistente haciendo relación a algo existente.
16. Generar un banco de sonidos.

CAPITULO 4 APLICACIÓN Y RESULTADOS DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS

4.1 Evaluación de la respuesta subjetiva “test”

4.1.1 Concepto.

La subjetividad es la propiedad de las percepciones, argumentos y lenguaje basados en el punto de vista del sujeto y por tanto, influidos por los intereses y deseos particulares de éste. Refiere a las interpretaciones y a los valores específicos que marcan cualquier aspecto de la experiencia. La experiencia de cada persona tiene aspectos cualitativos específicos que sólo son accesibles a la conciencia de esa persona. Aunque ciertas partes de la experiencia son objetivas y accesibles a cualquiera, como la longitud de onda de una luz, otras son sólo accesibles a la persona que las experimenta, como la cualidad misma del color.

4.1.2 Procedimiento

4.1.2.1 Diseño

Para los elementos sonoros creados, se diseñó y se aplicó un test particular para la Valoración Subjetiva del Sonido con la finalidad de comprobar las funciones del sonido dentro de un film cinematográfico haciendo la comparación de las respuestas sensoriales subjetivas obtenidas, de acuerdo a las condiciones del sitio dónde se realizó, así como para la población a la que se le aplicó. Es necesario mencionar que no existen antecedentes de valoraciones semejantes.

4.1.2.2 Desarrollo

1. Búsqueda de una población la cual tuviera un estudio de audiometría tonal reciente.
2. Revisión del estudio para seleccionar la muestra de los alumnos normaoyentes.
3. Se les explicó en forma clara lo que deberían hacer; esto es, leer con atención el test y en caso de tener dudas, mencionarlo para aclararlas; observar el segmento de video 1 (con ausencia de audio), una vez que terminó, responder el test de las preguntas 1 a la 5, al finalizar, observar el segmento de video 2 (contiene los elementos sonoros creados) y repetir la operación anterior, salvo que en esta ocasión respondieron las preguntas 6 a 10.
4. Se integró una muestra de 14 “oyentes”, con edades entre los 22 y 32 años (4 mujeres y 10 hombres).
5. Los oyentes se distribuyeron en la sala de control del estudio de grabación, ubicado en el segundo piso del edificio Z.

Dimensiones de la sala de control:

Dimensiones exteriores

Alto = 2.53 m
Largo = 7.35 m
Ancho = 3.10 m

Equipo de reproducción:

EQUIPO	MARCA	MODELO	Nº de Serie
Altavoces	GENELEC	1031A	031A100903
Consola	YAMAHA	01V96	S/N
Computadora	SONY VAIO	VGN	NR330FE

PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SUBJETIVA

a) Puntos de audición

a1) Se distribuyeron los oyentes en la sala de control del estudio de grabación.

*Se asignó una clave al oyente para que el análisis de resultados.

b) Muestra

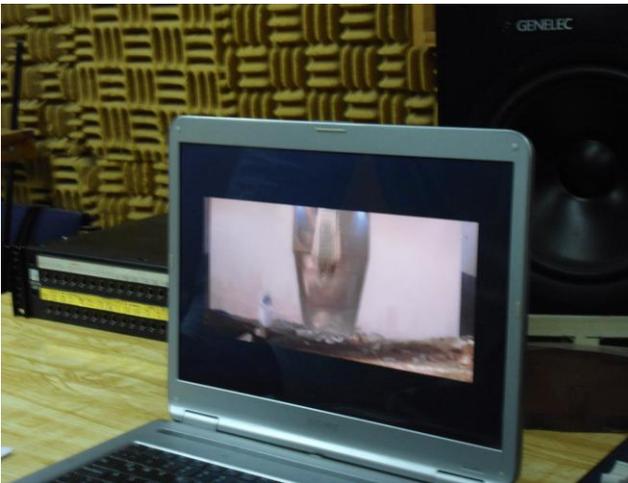
b1) A partir de la una población de 17 alumnos del turno vespertino, especialidad acústica, grupo 8CV16, se seleccionaron 14 alumnos normaoyentes mediante su estudio de audiometría tonal, elaborada por ellos mismos, (VER ANEXO B).

c) Aplicación

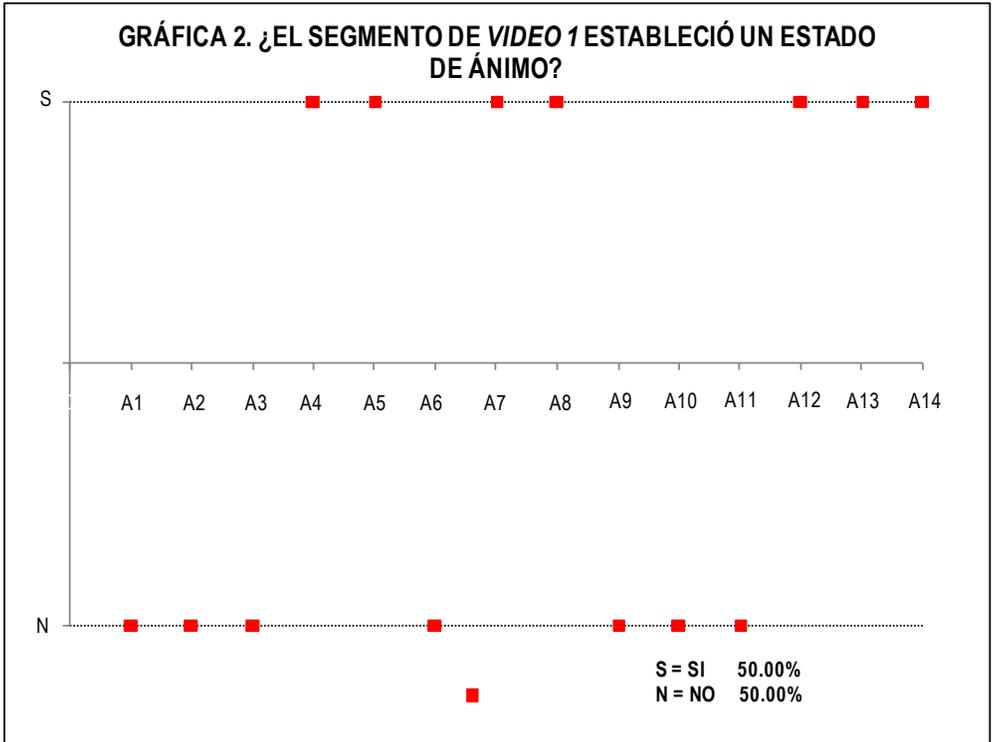
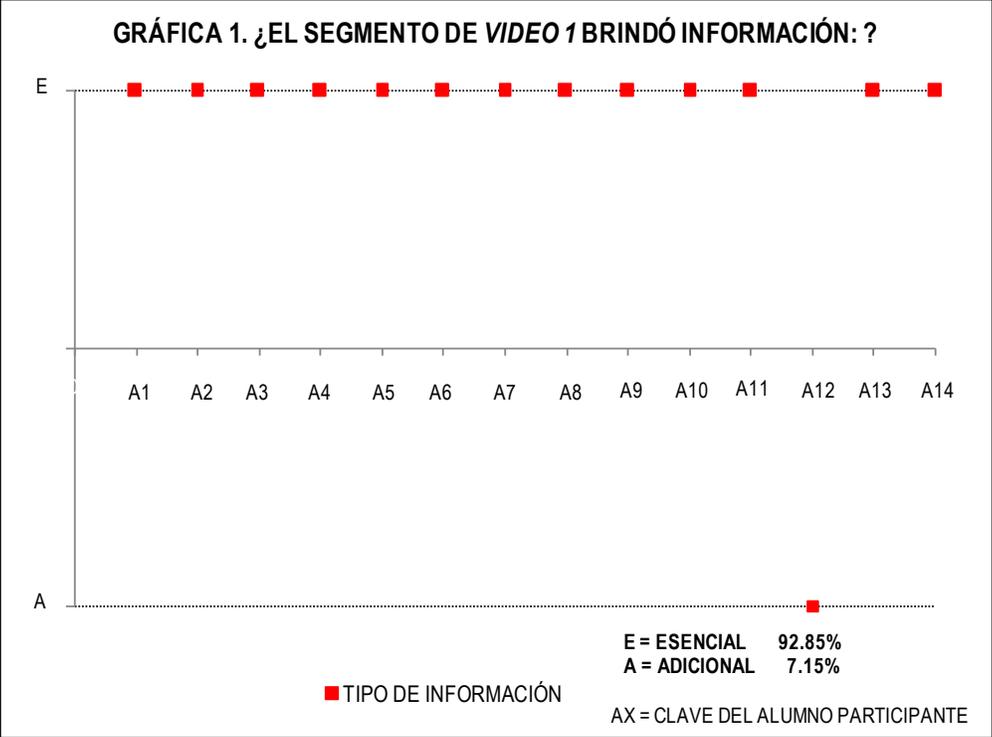
c1) Los oyentes observaron cada segmento de video, 7 minutos.

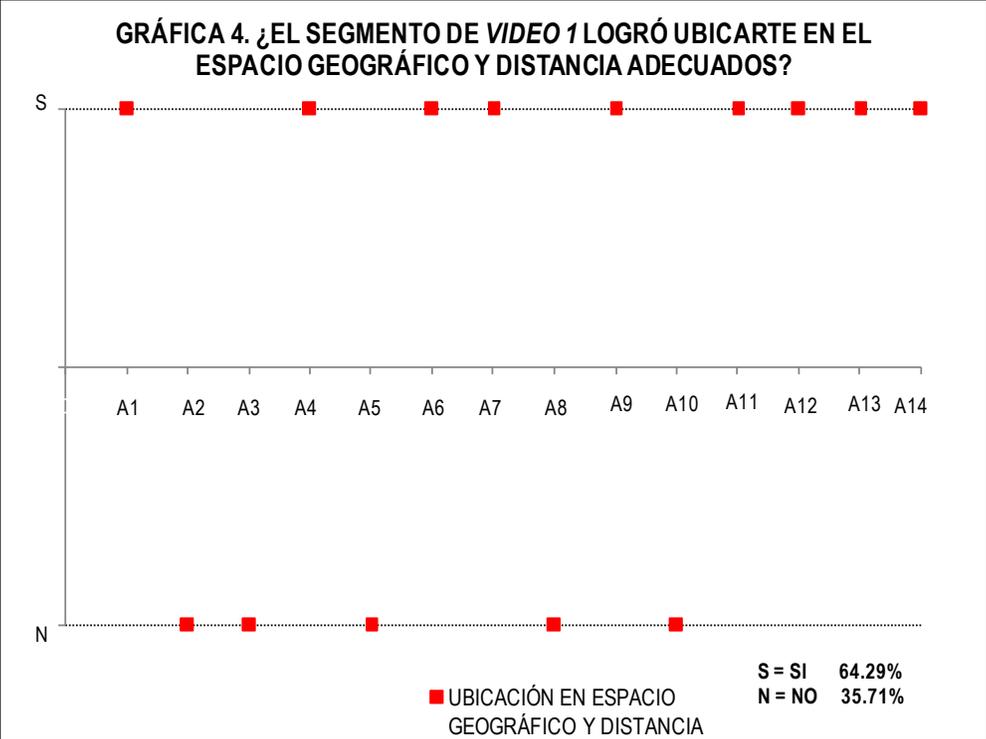
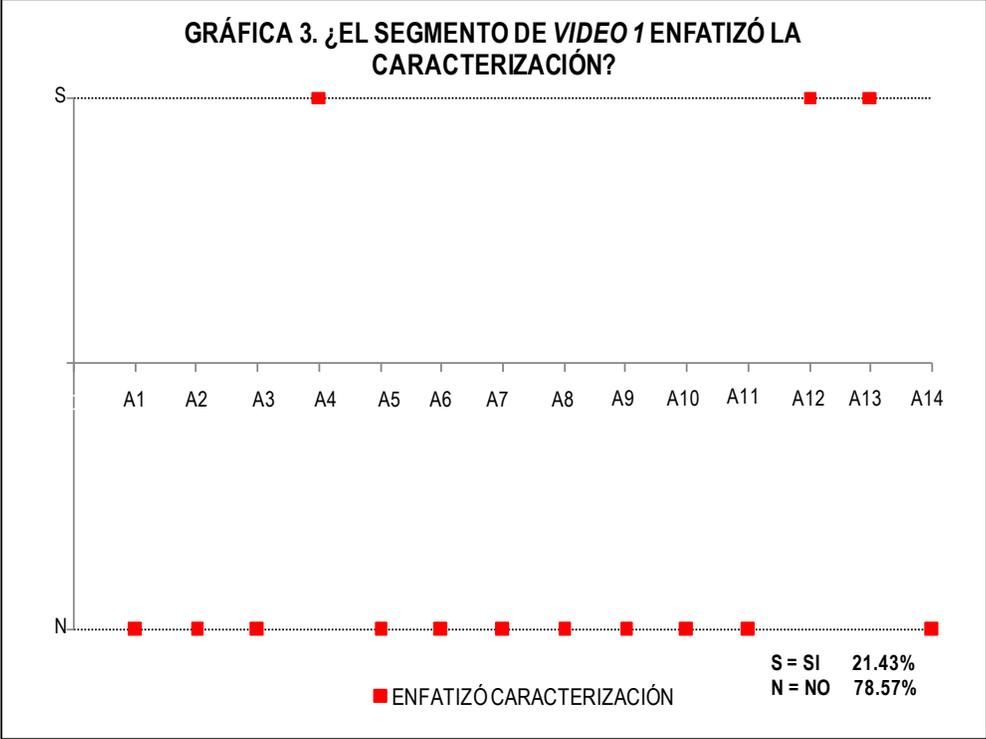
c2) Los oyentes registraron sus respuestas en el formato correspondiente, (VER ANEXO C), duración total de la prueba 20 minutos aproximadamente.

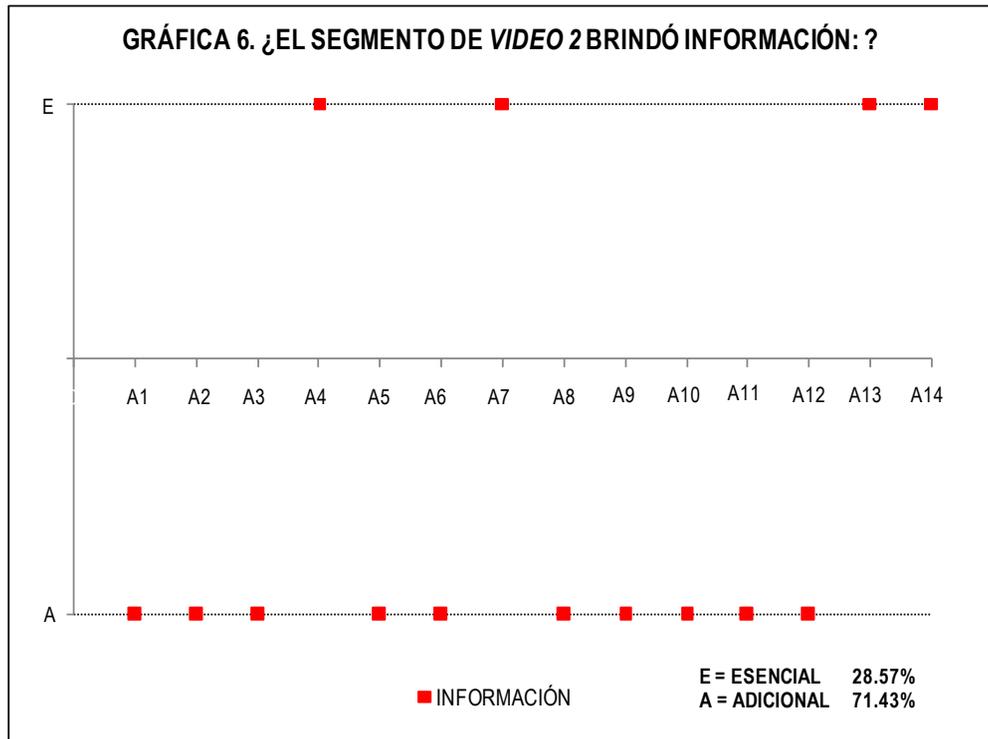
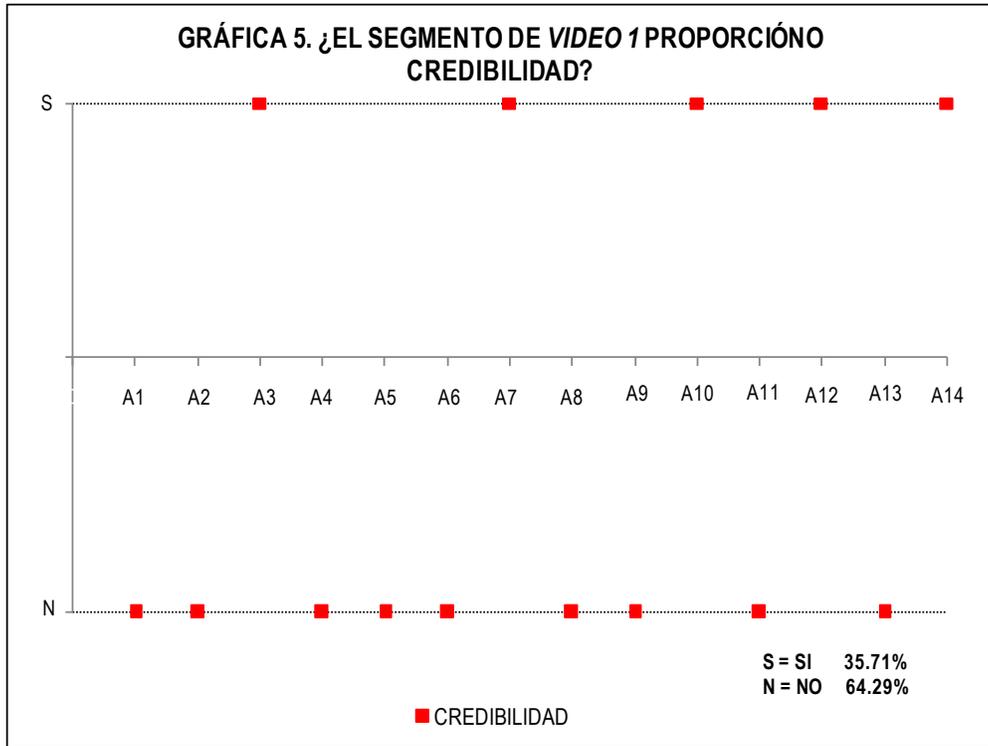
A continuación se muestran imágenes que comprueban la aplicación de dicho test.

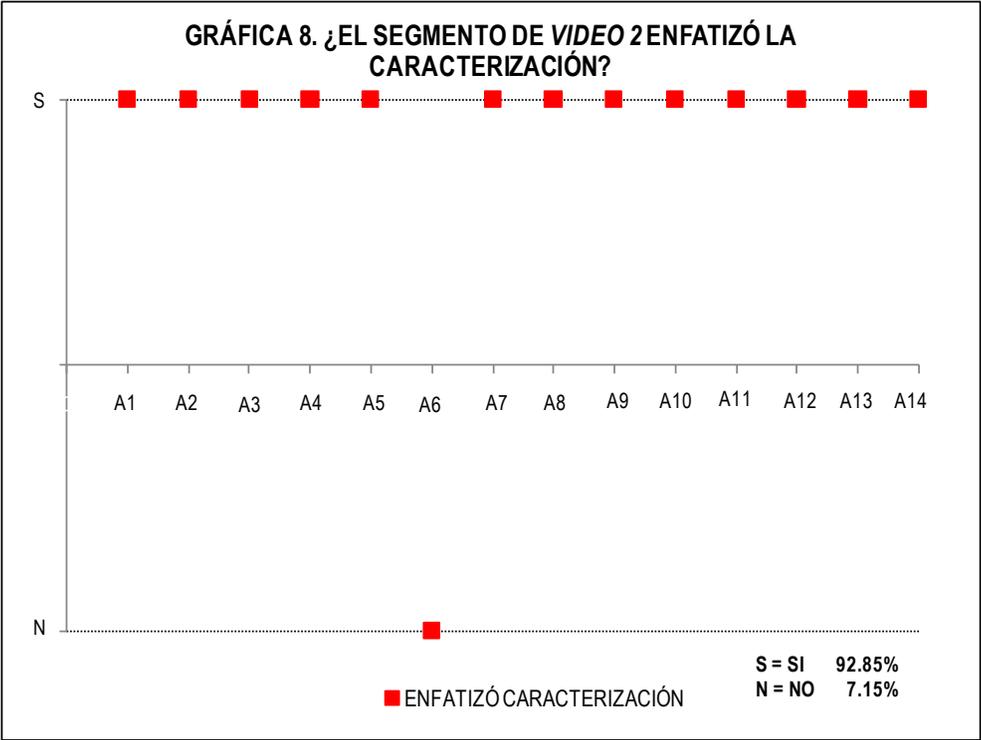
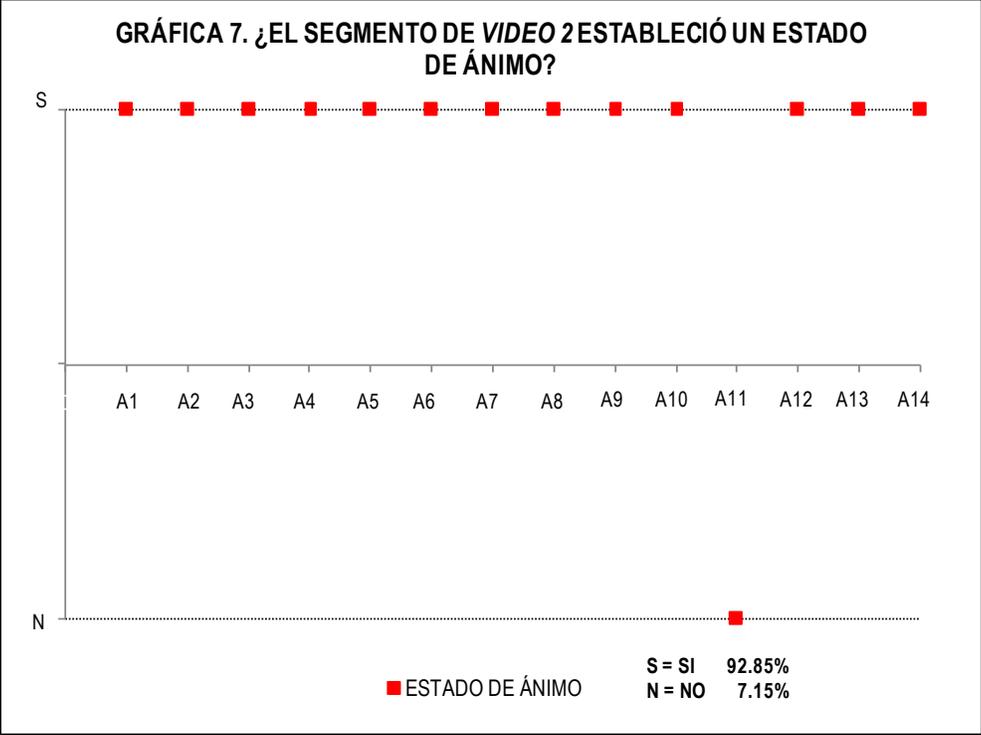


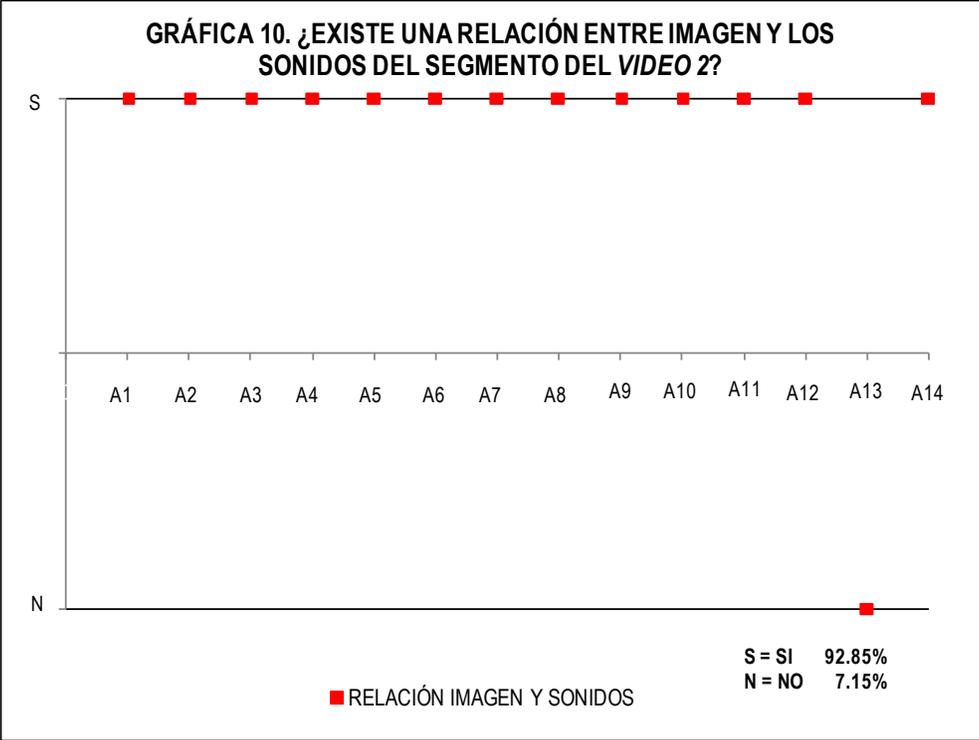
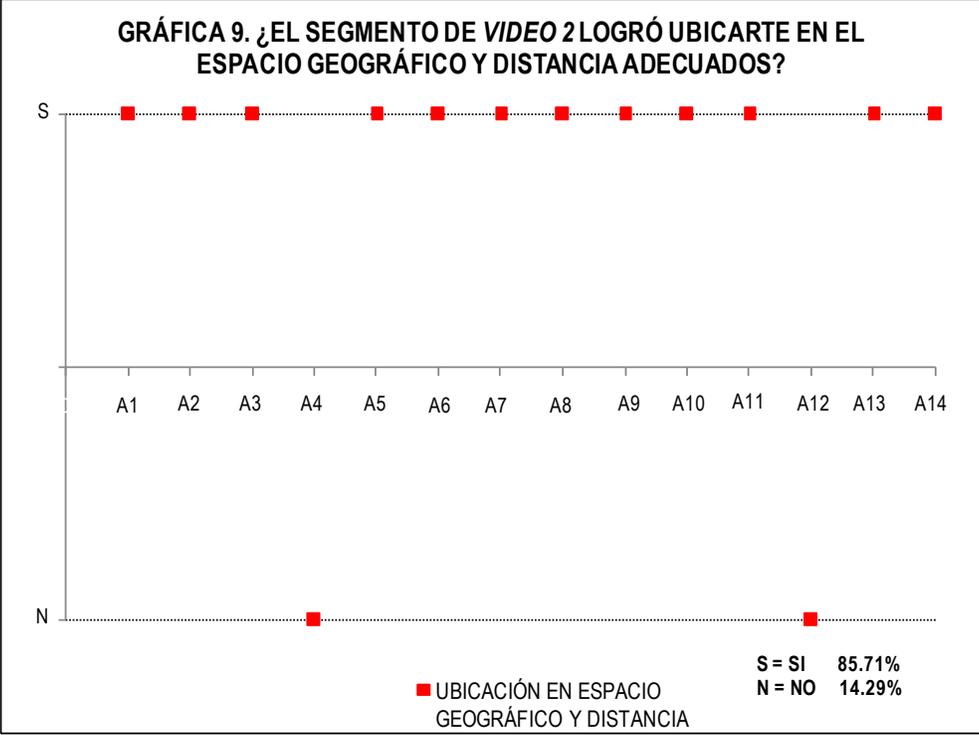
A continuación se muestran los resultados estadísticos de la respuesta sensorial de la muestra a la que se le aplicó el test.











CAPITULO 5 CONCLUSIONES

El sonido constituye una parte esencial para el tratamiento de un film, ya que proporciona una idea conceptual sobre el tema del mismo; sin embargo nunca parece tener la atención que se merece.

Desgraciadamente, existen muchos directores que no se detienen a concebir el universo sonoro de su película, por lo tanto, al final todo lo que sucede sonoramente es el resultado incidental (o accidental) de lo que se ve.

El lenguaje adoptado por los especialistas y los estudios de dicha área, sin darse cuenta, conceptualizan al sonido de una manera que solo tiene sentido para la imagen. Es evidente que hablamos de sonido, pero en realidad estamos pensando en la imagen visual de la fuente sonora.

Esta tesis presentó la creación de sonidos orientado a la cinematografía, que tiene como propósito principal crear elementos sonoros a partir de un concepto y con base a los requerimientos de un filme cinematográfico por medio de un software computacional (*Pd*); además de:

- Analizar los trabajos de algunos de los más importantes diseñadores sonoros de la industria cinematográfica mexicana y extranjera, por medio de entrevistas, material audiovisual o mediante la lectura de artículos publicados por estos en diferentes medios.
- Interactuar en el lenguaje utilizado en el proceso del diseño de sonidos, abordado en el capítulo II; la información fue adquirida de fuentes veraces, tales como: libros, manuales en el idioma inglés, entre otras, la cual fue analizada, comparada y seleccionada para obtener el contenido de dicha tesis.
- Reconocer la importancia y utilidad del uso del sonido como elemento sensorial en la industria cinematográfica; es un factor de gran trascendencia en la sincronización emocional de los espectadores, quienes son conmovidos y manipulados, lo quieran o no, por las vibraciones de la banda sonora, capítulo I y II.
- Conocer algunas de las herramientas computacionales empleadas en el diseño de sonidos, por los diversos diseñadores consultados: *Ableton Live*, *Reason*, *Max/MSP* orientados a la creación, modificación de sonidos y producción musical. Se sabe que estos programas son caros y el costo rebasa las posibilidades económicas de un estudiante.
- Creación de más de 40 sonidos (para su posterior utilización en diferentes trabajos de tesis o filmes que lo requieran, citándonos como autoras) con base a los requerimientos a la cinematografía con ayuda de un software orientado a la programación y síntesis de sonidos llamado *Pure Data*. Se eligió dicho software porque proporciona un entorno de desarrollo facilitando la comprensión a un nivel profundo de los conceptos y principios que están detrás del proceso de la creación de sonidos, por lo que le otorga un nivel de control y precisión por encima de los programas previamente mencionados.
- Realizar un test con los sonidos creados a 14 estudiantes de edades entre 20 y 27 años, para reconocer la importancia y utilidad del uso del sonido como un elemento de refuerzo sensorial en la industria cinematográfica.

Las respuestas subjetivas obtenidas en la aplicación del test comprobaron las funciones del sonido dentro de un film cinematográfico

1. *Brinda información adicional ayudando a enriquecer la imagen con una amplia gama de tonos e intensidades que resaltan o marcan una división entre las distintas partes que componen la historia que se narra.*
2. *Agrega una mayor profundidad al estado de ánimo que se desea proyectar.*
3. *Proporciona una estructura rítmica del campo visual, nos indica lo que debemos mirar. El sonido puede anticipar algún elemento visual y dirigir hacia él nuestra atención.*
4. *Subraya una caracterización como un elemento dramático y expresivo.*
5. *Asociarlo con un evento, esto es, existe una relación entre la imagen y el sonido que aporta un refuerzo sensorial. Lo que significa, en el caso del cine, la imagen domina pero sin el sonido difícilmente crea emociones.*

5.1 Dificultades

- a) Al indagar sobre los programas: *Ableton Live, Reason, Max/MSP*; orientados a la creación, modificación de sonidos y producción musical; percibimos que son costosos, rebasando las posibilidades económicas de un estudiante, optamos por implementar y aprender a programar en *Pure Data*. Como mencionamos, tomamos un breve curso del programa, pues tiene la ventaja de ser gratuito y actualmente mucha gente está trabajando con esta herramienta.
- b) Realizamos la mezcla de los sonidos como un extra. Decidimos tener un material donde se vieran aplicados dichos sonidos, pero es un proceso que no compete a este tema de tesis. La complicación en este punto fue la sincronía de los sonidos con el video.
- c) Para los sonidos creados, se diseñó y se aplicó un test particular para la valoración subjetiva de los mismos; los resultados estadísticos requieren condiciones controladas del sitio donde se aplica la prueba y la población a la cual se aplica; por lo tanto, seleccionamos una sala acondicionada acústicamente (sala de control del estudio de grabación) con equipo de reproducción (altavoces, consola, computadora) y una muestra normooyente (dicha condición se comprueba con un estudio de audiometría tonal reciente, el grupo 8CV16 del turno vespertino especialidad acústica contaba con la evidencia) con edades entre los 22 y 32 años.

5.2 Resumen de Contribuciones

- a) Desarrollar un documento con información teórica totalmente con base en lo que se hace en la actualidad en la industria del sonido en la cinematografía.
- b) Dar seguimiento con una aplicación a un trabajo de tesis hecho por un alumno de Acústica de ICE en ESIME Zacatenco, dándole gran importancia al diseño de sonido asistido por computadora.
- c) Lograr encontrar acercamientos reales con la industria cinematográfica mexicana a través de entrevistas con diseñadores de sonidos que laboran en dicha industria.

- d) Despertar el interés de los alumnos por desarrollar proyectos que tienen que ver con el área, como doblaje, sintetizadores virtuales, etc.
- e) Evaluar subjetivamente los sonidos creados para comprobar que existe una relación entre la imagen y el sonido, así como la comprobación que el sonido es un elemento sensorial muy importante ya que sin él, la imagen difícilmente crea emociones.
- f) Crear conciencia tanto al director de cine, al ingeniero de audio y al diseñador sonoro para darle la importancia al mismo nivel que se la da a la imagen, ya que como nos mostró la prueba el sonido es más que un refuerzo sonoro. También se crea conciencia al mismo espectador, para que con sus críticas constructivas la industria sonora cinematográfica tenga la debida atención.

5.3 Futuras investigaciones

Mostramos una de las aplicaciones posibles dentro del diseño de sonido asistido por computadora; así como también demostramos que el creador sonoro no es sólo una persona que llena huecos de la película, sino también una persona que cuenta cosas en la película, que no se pueden contar a través de la imagen; es aquí donde entra una parte del diseño de sonido que es más experimental o conceptual, pero que a la vez encuentra el equilibrio con los conocimientos de la ingeniería.

Desarrollamos parte de la infraestructura complementaria necesaria para el diseño de sonidos en producciones multimedia en el laboratorio de Acústica, para su uso en las diversas asignaturas impartidas en la ESIME Zacateco y su contribución al desarrollo y fundamentos en diversos ámbitos de esta ciencia. Es un aporte para la vinculación de los programas de enseñanza con la realidad laboral así como una ampliación del campo y así los estudiantes egresados aumenten sus oportunidades de encontrar un empleo relacionado a su área de especialización.

Partiendo de lo mencionado anteriormente, es posible visualizar varias líneas de investigación como lo son: la mezcla de audio aplicada a la industria cinematográfica, la gran industria del doblaje de voz, creación de sonidos para videojuegos dotándolos de realismo y dinámica, creación de sonidos para teatro y, en general, el desarrollo de proyectos multimedia que involucren la interacción de audio, video, sensores de movimiento, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

- BARCHIESI, Juan Vignolo., R.W. HAMMING 1977: *Introducción al Procesamiento Digital de Señales*; Editorial Prentice Hall.
- BRESSON, Robert 1975: *Notas Sobre el Cinematógrafo*, México, Editorial Era.
- CHION, Michel 1999: *El sonido: música, cine, literatura, Barcelona*, Editorial Paidós.
La Audiovisión, Barcelona 1993, Editorial Paidós.
- EYMAN, Scott 1999: *The Speed Of Sound: Hollywood an the Talkie Revolution*, Baltimore, Editorial John Hopkins University.
- FARNELL, Andy 2006: *Practical Synthetic sound design for films, games and interactive media using dataflow*.
- GOMERY, Douglas 1985: <<Economic Struggle and Hollywood Imperialism: Europe Converts to Sound>>, en *Film Sound: Theory and Practice*, Nueva York, Editorial Columbia University.
- GUNNING, Tom 2001: <<Doing for the Eye What the Phonograph Does for the Ear>>, en *The Sounds od Early Cinema*, Bloomington, Editorial Indiana University.
- HOVANESSIAN, S.A., Louis A. PIPES 1969: *Digital Computer Methods in Engineering*; Editorial McGraw-Hill.
- HUITRON, Edgar 2010: *Practicas Introductorias al Diseño de Sonido Asistido por Computadora*, Tesis de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Especialidad de Acústica IPN.
- JOURDAIN, Robert 1998: *Music, The Brain and Ecstasy: How Music Captures Our Imagination*, Nueva York, Editorial Harper Collins.
- KATZ, Jack., Larry MEDWETSKY, Robert BURKARD, Linda HOOD 2009: *Handbook of Clinical Audiology*, Editorial Lippincott Williams & Wilkins.
- LACK, Russell 1997: *Twenty-Four Frames Under: A Buried History of Film Music*, Londres, Editorial Quartet Books
- LARSON, Guerra Samuel 2010: *Pensar el Sonido. Una introducción a la teoría y la práctica del lenguaje sonoro cinematográfico*, México, Editorial UNAM, Centro Universitario de Estudios Cinematográficos.
- MCCLELAN, James H 1990: *Computer-Based Excercises for Signals Proccesing*; Editorial Prentice Hall.
- MITHEN, Steven 2006: *The Singing Neanderthals: The Origins of Music, Language, Mind and Body*, Cambridge, Editorial Harvard University.
- MOORE, F. Richard 1990: *Elements of Computer Music*, Englewood Cliffs.
- PARKS, Thomas W., C. BURUS 1982: *Digital Filter Design*; Editorial McGraw-Hill.
- POCKETT, Miller 2009: *The Theory and Technique of Electronic Music*, World Scientific Publishing Co. Pte.Ltd
DFRAFT
- ROADS, Curtis 1996: *The Computer Music Tutorial*, Editorial MIT.

ROBERT L. Mott y de Bordwell and Thompson en <www.filmsound.org>

SCHAEFFER, Pierre 1996: *Tratado de los Objetos Musicales*, Madrid, Editorial Alianza.

SMITH, Julius O: *Introduction to digital filters with audio applications*
<<http://ccrma-www.stanford.edu/~jos/filters/>>

STERNE, Jonathan 2003: *The Audible Past: Cultural Origins of Sound Reproduction*, Londres, Editorial Duke University.

ZANK, Howard: *Digital Filter Design Techniques in the Frequency Domain*; Editorial Prentice-Hall.

<www.ccapitalia.net/reso/articulos/musicaycerebro/musicaycerebro1.htm>

<www.aes.org/tmpFiles/tutorials/20090419/aesTutorial72.pdf>

<www.dsi.uclm.es/personal/luisrruiz/curso/tema8.pdf>

<aspress.co.uk/ds/sampleChapters.html>

<aspress.co.uk/ds/pdf/Designing_Sound_Sample-2.pdf>

<es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%A9gesis>

<mediatheque.ircam.fr/articles/textes/Devergie06a/>

<www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/eolica_y_molinos/Capitulo_1/cap_1_1.htm>

<www.unicrom.com/Tut_filt_act_PasoBanda.asp>

<www.conaculta.gob.mx/sala_prensa_detalle.php?id=13002>

GLOSARIO

API. (*Application Programming Interface, Interfaz de programación de aplicaciones*). Representa una comunicación entre componentes de software. Consiste en proporcionar un conjunto de funciones de uso general. Por ejemplo, para dibujar ventanas ó íconos en la pantalla, de esta forma, los programadores se benefician de las ventajas de la API evitándose el trabajo de programar todo desde el principio.

Algoritmo. Descripción exacta de la secuencia en que se ha de realizar un conjunto de actividades tendientes a resolver un determinado tipo de problema o procedimiento.

Código. En programación, se refiere al código fuente, que es un texto escrito en algún lenguaje de programación que debe ser compilado o interpretado para poder ser ejecutado.

Código abierto. Término con el que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente.

Decusación. (Del latín, *decussatio*). Cruzamiento en aspa o en X especialmente de las fibras nerviosas de la parte inferior del bulbo raquídeo.

Modulación. Proceso de implantar la información original en una señal pasa banda (también llamada señal modulada, aquella cuya magnitud espectral de su forma de onda es diferente de cero en alguna banda centrada en torno a la frecuencia) con una frecuencia portadora, mediante la introducción de perturbaciones de amplitud, frecuencia o fase.

Muestra. Parte de una población sobre la que se efectúa un estudio estadístico.

Normooyente. Persona con audición normal que puede escuchar todos los sonidos del habla (y otros sonidos ambientales) con intensidades normales.

Oscilador. Sistema capaz de crear perturbaciones o cambios periódicos o cuasiperiódicos en un medio.

Patch. Colección de objetos conectados entre sí. Los parches son una forma antigua de describir un sintetizador construido a partir de unidades modulares conectadas entre sí.

Población. Una población se precisa como un conjunto finito o infinito de personas u objetos que presentan características comunes.

Portadora. Es una senoide de alta frecuencia, y uno de sus parámetros (amplitud, frecuencia o fase) se varía en proporción a la señal de base.

Real-Time. Señala los acontecimientos que se llevan a cabo enteramente en el lapso de la representación, y en la misma proporción.

Ruido. *Sonido no deseado.*

Ruido Blanco. *Señal aleatoria cuya señal contiene todas las frecuencias y todas ellas muestran la misma potencia.*

Sonido. *Ondas sonoras que producen oscilaciones de la presión del aire, que son convertidas en ondas mecánicas en el oído humano y percibidas por el cerebro.*

Síntesis. *Consiste en obtener sonidos a partir de medios no acústicos; variaciones de voltaje ó por medio de programas de computadora.*

Sintetizador. *Aparato que genera y manipula sonidos por medios electrónicos.*

Wav. *Formato de audio digital normalmente sin compresión de datos, desarrollado y propiedad de IBM y Microsoft.*

ANEXO A. DISEÑADORES SONOROS DE LA INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA

1. GABRIEL COLL, 2009

1.- *Historia y trascendencia por el sonido y el cine*

“Mi historia, es una larga historia, yo empecé con el sonido desde muy pequeño, siempre me gusto, en un principio jugar con grabadoras y todo cuanto equipo de sonido llegaba conmigo y empecé también estudiando música y sobre todo trabajando en sonido, primero en la parte de sonido en vivo: Amplificación, PA, con una empresa en Buenos Aires, a los 14 años hice mi primer película gracias a un contacto con gente de cine, como microfonista de un proyecto para un director francés, luego seguí trabajando en sonido en vivo, a los 18 años entre a un estudio de grabación de música, fue muy variado a los veintiuno, hice mi primer película grabando el sonido, grabando en un rodaje el sonido directo de una película en Argentina y a partir de ahí ya me quede en el cine, utilizando todos los recursos que había aprendido trabajando en video, en música bueno tratando de aplicar todas las técnicas que había conocido y había aprendido y así empezé mi carreta en el cine como sonidista, tanto de sonido directo y como de rodaje y postproducción de audio”

2.- *¿Dónde estudio?*

“Yo estude primero en Buenos Aires, tengo 12 años ya en México, después de haber entrado a la facultad de Ingeniería, encontré fuera de ésta una carrera de Técnico de Grabación, tanto de imagen como de sonido, que aproveche con la gente de Ingeniería y he estudiado algunos cursos independientemente de las carreras pero la mayoría lo he aprendido en tantos años de trabajar en sonido, por la experiencia.”

3.- *¿Qué es el diseño de sonidos en la industria cinematográfica?*

“El diseño de sonidos en la Industria Cinematográfica, es la elaboración del concepto de cada uno de los sonidos que va a “quedar” en una película, digo “quedar” porque muchos de los sonidos se integran a partir de lo que se graba en el rodaje de la película, y yo diría que la gran mayoría quedan a partir de que en un rodaje se establece una escena donde se filma, con actores o no, lo que sucede en la película: hay un primer sonidista, que es el que trata de rescatar todos esos sonidos que integran esa escena y aportar la mayor cantidad posible de esos sonidos, para que el diseñador de sonidos de la película los integre finalmente a la mezcla de la misma.”

4.- *¿En un filme, que procesos se requieren desde que se inicia el rodaje hasta como se monta todo el audio en un filme?*

“Bueno, el proceso que sigue el sonido en una película es, en la primer etapa, registrar todo el sonido directo (que es el que se hace en la escena), hay distintas técnicas para esto, generalmente ahora lo que mas se utiliza es una grabadora multitrack, con varios canales donde se captan los

diálogos de los actores en la forma más limpia posible y siempre buscando una relación entre cada uno de los sonidos que grabas y la imagen que la cámara está registrando.

En cine todavía se utiliza grabar la imagen por un lado y el sonido por otro; aunque existen ya cámaras de alta calidad en HD, como la R-ONE, que ahora está muy de moda y que puede grabar hasta cuatro canales de audio, para lo que es el formato de cine: 35 súper 16 y aun con la R ONE aunque mandas una referencia, utilizas grabadoras multitrack para registrar los diálogos de los actores, algunos efectos que se llaman **incidentales** (que son sonidos que como por ejemplo: un actor que arroja algo o simplemente que enciende un cigarro, esos son sonidos que muchas veces, si la locación y el lugar te permite tener cierto nivel bajo de ruido puedes grabar esos sonidos y aportarlo al armado final del sonido de la película. Entonces , ya el diseñador de audio determinará si ese es el sonido: que tú le llevaste, correcto indicado, para que hagan la película, pero yo personalmente, esto cada uno tiene su criterio, soy un, diría no un fanático, pero siento que hay que ser lo más auténtico posible en cuanto al sonido por lo menos de lo que es el sonido real de un rodaje, por ejemplo si un actor esta haciendo algo que vos lo ves en una imagen y ese sonido puede estar bien grabado, utilizar una librería, utilizar otro sonido porque sí o porque simplemente no supiste grabarlo bien en un rodaje, no me parece ni honesto ni tan bonito como tener el registro del sonido auténtico y real de una acción en la película, esto lo digo porque, aquí en México por lo menos, una de las cosas que nos ayuda mucho a lograr un sonido medianamente bueno es rescatar esos sonidos en el rodaje, cosa que es muy difícil, porque todo el equipo tiene que estar condicionado o un momento de silencio, a una preparación, a equipo que este bien y de esta manera poder tener ese sonido para que llegue al final de la película, en cambio hay criterios que les resulta más fácil ir a una librería y buscar una encendida de cigarro que la original de la película, que seguramente va a tener una textura muy especial porque lo que se utiliza difícilmente se repite en una librería, que se hizo con un estándar; entonces la **primera etapa** es eso, **rescatamos el sonido**, en la **segunda etapa**, en la cual hay un proceso de **edición** donde se arma la imagen de la película con ese sonido que tú capturaste en el rodaje, el editor de imagen lo sincroniza y arma toda la película con el Director, entonces una vez que lo tiene armado y deciden las tomas que van, desde donde hasta donde van y como se juntan con el sonido que le aportaste, pasan a la **tercer etapa** donde lo llamamos comúnmente, **postproducción** de audio, que compone la audición de cada uno de los elementos que llego desde el rodaje mas el aporte de las áreas que ahí se juntan, que son: *ambientes, efectos de audio y música*, con eso tu armas los diálogos o sonido directo, los ambientes, los efectos de audio y la música, estarías uniendo todas las áreas que comprenden el diseño sonoro final de la película”.

5.- Desde antes de la postproducción no se ha ingresado ningún efecto, ningún plug-in, o sea, ¿es natural lo que se ha grabado?, ¿cuando se hace esa sincronización?

“Claro, en realidad tú te puedes valer de algunos recursos durante el rodaje para grabar, hay 2 que son los que más se utilizan, o mejor dicho casi los únicos que se utilizan, que son: compresores o limitadores de audio y filtros, lo que sucede es que uno cuando graba el sonido directo de una película es consciente que si aplica un filtro o modifica ese sonido de alguna forma, ya sea por

filtrado: quitándole ciertas frecuencias, o por compresión o limitación: modifica la amplitud de ese sonido, entonces se tiene que ser consciente de que ya no hay una vuelta atrás, entonces lo que generalmente se trata es de conservar la mayor cantidad de riqueza sonora posible para que después en postproducción ya con mucha más calma uno pueda determinar que cantidad filtra o que cantidad comprime o que cantidad limita, pero este en algunos casos, si uno tiene que echar mano de un poco de filtrado, sobre todo en bajas frecuencias, que son frecuencias que si nosotros estamos interesados en tener un diálogo limpio y hay en el famoso “hum” o bajas frecuencias que te esta contaminando ese sonido, podrías aplicar un filtro a lo mejor en 40, 60, 80 Hz, podrías aplicar un filtro para suavizar y bajar un poco ese hum y despegarlo de la relación de las voces que estas grabando, pero ¿Qué pasa?, si tú lo grabas y no pudiste mejorar ese hum en el rodaje, lo grabas sin el filtro pues puedes poner después el filtro, lo que si sucede es que si tu excedes y a lo mejor estas aplicando un filtro muy agresivo, o una compresión muy agresiva porque tienes miedo de que se te vayan los niveles, yo no puedo descomprimir eso después, entonces por lo general se opta por solo utilizarlo cuando es muy necesario, ahora el limitador si porque a veces uno esta en una situación de rodaje impredecible, imaginense que nos dicen que vamos a filmar una escena donde entra el actor corriendo, pateo la puerta y se empieza a pelear y a gritarle al otro, un escándalo, tú no sabes a que nivel va a llegar, eso porque generalmente son tomas únicas o tomas que nunca salen de la misma manera dos veces, entonces te cubres teniendo un limitador que en un caso que hayas calculado mal te ayude a mantenerte en una relación que no haya distorsión pero, como son cosas que si se notan cuando las usas, tratamos de ser conservadores en muchos casos en eso.

Volviendo al procesos que estamos diciendo, ya hicimos el directo, ya el editor de imagen armo la película con el Director, y se sincronizo el audio, nos lo pasa a través de un programa como puede ser el **OMF**²⁷, que es un programa para transferir el audio de una suit de edición de imagen a un protocols(programa estándar), este ya en protocols , abrimos ese audio , que es el sonido directo que nos llega sincronizado con la imagen, puede ser con un *QuickTime* de referencia de imagen, y a partir de ahí nosotros empezamos a armar los diálogos directos de la película y vamos a tener un equipo de gente trabajando en los: ambientes, efectos con la misma referencia de imagen, los incidentales también conocidos como **foley**²⁸, con la misma referencia de imagen y todas esas distintas áreas se van sumando en tracks hasta conformar las decenas o centenas de pista que pueden incluirse en una mezcla de sonido, entonces el diseño es el que en definitiva va a tomar las decisiones sobre que sonidos van a prevalecer, que sonidos van a tener mayor preponderancia, que sonidos menor preponderancia, una cosa por ejemplo que hay que entender muy bien es que el diseñador de sonidos tiene la responsabilidad de lograr que el sonido de la película tenga un equilibrio con base a la misma como contenido de imagen y audio, esto es, el diseñador de sonido

²⁷ Open Media Framework. Formato de fichero para la transferencia de video y audio digital entre distintas aplicaciones de software.

²⁸ Son sonidos que reemplazan los sonidos de ambiente y los efectos que se pierden cuando se doblan diálogos o se graban en directo, pasos, roces de ropa, ruidos domésticos, puertas que se abren y se cierran, etc.

de una película no es el tipo que eligió la explosión más bonita o el arma más bonita en la película, si no que, además de los sonidos, explosiones o lo que haya puesto, que son las mejores, cual es la que mejor encaja dentro de la historia de la película, entonces hay un trabajo conceptual y el equilibrio del trabajo técnico es lo que el diseñador de sonidos debe comprender muy bien, porque de él depende eso, entonces por ejemplo hay películas que se exceden con la música y resulta que no hay un buen diseño de sonido que sustente la película, entonces tiene que acudir a la música para sustentarla, en otros casos, el diseño de sonido si logra asumir la responsabilidad de cumplir con el aporte de lenguaje que debe tener la película a través del sonido, digo aporte lenguaje porque muchas el diseño de sonidos tiene que contar cosas, entonces el diseño de sonido no es algo que tapa los hoyos de la película solamente, donde el actor se quedo callado y no debería haberse quedado callado, pongamos un perro, pongamos no se un auto que pasa y esas cosas, tiene que haber algo además que cuente cosas en la película que no se pueden contar a través de la imagen y luego hay toda una parte del diseño de sonido que es más experimental o conceptual.

El sonido directo que nosotros capturamos que ya fue editado, sincronizado junto con la imagen y armado por el editor de imagen, debe ser transferido a la parte de producción de audio, esto se hace a través de un programa generalmente, que contiene el **FINAL CUT** o **AVID**, cualquiera de los programas para editar imagen que nos permite capturar el *timeline* con el cual se armo el sonido y la imagen, para transferirlo como una sesión de protools a protools, este programa es el OMF y a partir del OMF nosotros podemos decir que empezamos la postproducción de audio, porque el OMF solo se hace o se debe hacer, no es que siempre se haga así pero se debe hacer cuando ya no se va a tocar la imagen, cuando tu decides que la imagen de tu película no va hacer modificada en absoluto, ni le vas a quitar ni poner cuadros, ahí es donde tú haces ese OMF, extraes el audio de la sesión de imagen y lo conviertes en una sesión transparente para protools, lo abres en protools y empiezas realmente la post de audio.

Con tu edición de los directos, ahora si a partir de ese momento que te desvinculas de la edición de la imagen, si llegan a modificar algo en la imagen, ya tu sesión no va a coincidir, no va a tener sincro de audio con esa imagen que ha sido modificada, entonces eso nos transforma en un gran lío, porque hay que buscar los momentos donde se modifico la imagen y desincronizar nuestras sesiones, cosa que a veces es muy laborioso porque cuando hay muchos cortes, encontrar eso lleva tiempo y realmente es feo que lo hayan hecho; nos ahorra mucho trabajo que no se modifique la imagen y hacer ya el sonido con buen sincro, ahora hay una cuestión, una vez que empezamos la postproducción de audio, donde las áreas empiezan a trabajar la edición de los directos o sonidos directo, de los ambientes, de los efectos, de los incidentales y el músico, la música de la película.

Hay un trabajo conceptual del diseñador de sonido con el director de la película, ese trabajo conceptual es el que termina de conformar la idea del diseño hacia donde va dirigido, entonces, podríamos decir desde un punto de vista que el **diseñador de sonido es el que traduce lo que el director quiere para su película a nivel de sonido**, claro que, lo que suele pasar es que muchas

veces no tienen la más mínima idea de lo que quieren, entonces **el diseñador trata de aportar elementos para aterrizar las ideas del director y darles una manifestación sonora; lamentablemente yo creo que no sólo en México, si no que también en Latinoamérica, no hay una vocación muy grande por la experimentación en el diseño de sonido, a veces las condiciones en las cuales se trabaja que son económicamente difíciles, obligan a que el diseño de sonidos se convierta en un paso de poner en la película lo que necesariamente tiene que estar**, entonces si un actor atendió su celular, obviamente hay que poner el sonido del celular, eso es obvio, entonces ahí el diseño sólo sería ver qué tipo de ring está sonando ó cómo va a sonar ese celular, no es un gran desafío pero si sería muy interesante que hubiese un tiempo mayor para que el diseño de sonido trabaje no sólo lo que técnicamente tenga que estar en la película, si no también, haya un desarrollo del concepto más artístico junto con el director de la película”.

6.- *La parte final, lo que seguiría de la postproducción, entonces ¿es la mezcla para entregar el master?*

“La parte final, bueno, una vez que durante semanas estamos trabajando el diseño de sonido y la edición de cada una de las áreas que conforman el sonido de la película, teniendo la aprobación del director para ir cerrando cada una de esas etapas llegamos al **final**, que es cuando ya todos los sonidos están colocados, todo lo que queremos que suene está sonando y es hora de encerrar todo eso en una **mezcla final** si estamos hablando que una edición puede tener más de 100, 200 ó 300 tracks sonando al mismo tiempo, todo eso dependiendo el formato de mezcla de audio que utilicemos para la película, si es 5.1 o es simplemente un formato stereo para un dvd ó aún en 5.1 para dvd, pero ya una vez que sabemos a que formato vamos a cerrar la mezcla de la película, hay 2 caminos que se siguen normalmente: uno es el de una mezcla final después de la edición con todos los tracks cerrándolos a por ejemplo 5.1 ó una premezcla final donde eso se cierra y codifica en 5.1, esas son las 2 formas: *compresión, mezcla y una mezcla final más corta ó con una mezcla final más larga; en los 2 casos terminamos con un 5.1 ya codificado por Dolby*”.

2. EL SONIDO EN EL CINE, ENTRE LA ALBAÑILERÍA Y EL ARTE CULINARIO

–SALA DE PRENSA–

Comunicado No. 871

07 de Mayo de 2011

*** Diseñadores de audio nominados al Ariel ofrecieron una conferencia en el Centro de Capacitación Cinematográfica



Convocados por Conaculta Cine, a través del Centro de Capacitación Cinematográfica (CCC), diseñadores de audio nominados al Ariel ofrecieron la conferencia ***La importancia del sonido en el cine***, en la cual expusieron los procesos creativos necesarios para desarrollar su trabajo.

Los *invitados* fueron ***Miguel Ángel Molina*** y ***Miguel Hernández Montero***, quienes figuran al Ariel por la cinta *El infierno de Luis Estrada*; ***Santiago Núñez*** y ***Ernesto Gaytán***, por *Chicogrande de Felipe Cazals*, y ***Manuel Carranza***, por *Alamar*, de *Pedro González-Rubio*.

La mesa fue moderada por Joaquín Martí, quien llevó a los participantes a ***opinar acerca de*** la importancia del Ariel, ***la situación del sonido en México, cómo revalorar el sonido y saber escuchar las películas, así como algunos consejos para producción, guión y dirección.***

Miguel Ángel Molina –El infierno–, comentó que *el sonido* es una parte fundamental de la postproducción de una película, pues así es como se *logra crear una identidad propia, para así contar de la mejor manera una historia.*

“Estamos rodeados de sonidos, nunca dejamos de escucharlos, así que el diseño de audio de una película debe estar enfocado a crear el ambiente necesario para crear los ambientes que se han planteado en la anécdota. Desde mi punto de vista, los sonidos ambientales y la música forman parte de lo mismo, así que cada uno debe ser manejado con el mismo peso específico, me refiero a que, al menos en mi trabajo, no hay preferencia para ninguno de los dos”.

Molina resaltó que para que una película logre tener el mejor diseño de audio, es necesario estar en comunicación constante con el realizador, algo que con frecuencia es difícil de lograr.

“Porque el tiempo es nuestra mayor limitante, así que por general debemos trabajar por intuición, pero con mucho cuidado, pues el material que manejamos ya no se puede modificar, no es como las actuaciones, por ejemplo, que el director puede repetir una escena.

“Así que al momento de editar el audio de una película es como volver a hacer todo, es algo muy parecido a un trabajo de albañilería, porque resanamos todos los huecos que encontramos, para lograr un resultado óptimo”.

En su intervención, **Santiago Núñez** –Chicogrande-, dijo que en las escuelas de cine de México los alumnos se inscriben generalmente con la idea de ser directores, pero que muy pocos lo logran.

“Así que luego intentan ser fotógrafos, si eso les falla, entonces guionistas, pero si nada de eso pega, entonces se meten a cualquier otra cosa que tenga que ver el proceso de producción de una película, y *casi por último, piensan en ser diseñadores de audio o mezcladores*. Para mí entrar al cine fue algo casual, me interesaban otras cosas, pero siempre me inquietó mucho trabajar con los sonidos, producir algo con ellos, contar una historia, así que el paso lógico fue entrar como sonidista a una película... lo que no sabía es que debía pasar muchas horas, prácticamente vivir, frente a una computadora”.

Para Núñez, *el trabajo de diseño de audio es también un trabajo artesanal*, como preparar comida, “claro que también estoy de acuerdo en decir somos como albañiles de los sonidos. Para mí, además de eso, debemos ‘cocinar’ el audio. Me refiero a que es como preparar un platillo sofisticado, hay poner un poco de esto, otro de aquello, calcular cuál es la mejor combinación, en fin es cocinar lo que vamos a escuchar, algo que me apasiona, porque de esa manera se cuenta la historia, se complementa”.

Un comentario generalizado entre los participantes de la sesión, fue resaltar la nominación de los premios Ariel, pues se trata de un reconocimiento proveniente de quienes están metidos también en la industria filmica del país.

Pero **Pedro González-Rubio** –Alamar-, opinó que la difusión de los reconocimientos y del trabajo de los cineastas, debería ser más puntual y precisa, para que el público reconozca tanto a los actores como a quienes están detrás de las cámaras.

“Me sorprende en principio que los resultados y la cobertura que hace los medios de la ceremonia aparezca en las secciones de espectáculos de los periódicos, pienso debería estar en la de cultura, porque se trata de propuestas artísticas. Aunque no es así, claro que es un honor que mis propios colegas sean los que hacen las nominaciones, todos lo agradecemos, estoy seguro, *sólo falta acercarnos más al público, para que valore la importancia de áreas como el maquillaje, los efectos especiales y desde luego, la mezcla y el audio de una película*”.

JRA

México / Distrito Federal

Última modificación: 07 de mayo de 2011 - 19:37 por la Dirección General de Comunicación Social

3. DISEÑO DE SONIDO DE ANIMACION: CONSTRUYENDO MUNDOS

Ben Burt, el legendario diseñador de sonido, comparte sus secretos para crear los sonidos de WALL-E

Ben Burt se le considera el padre del diseño sonoro moderno creó los sonidos de la guerra de las galaxias.

-Discernir entre el sonido correcto y el sonido para el momento correcto-

¿Si estos materiales, robots, lugares y maquinas existieran cual sería su sonido?

¿Cuál sería su fuente de energía?

¿Cuál sería la física subyacente de su funcionamiento?

-Si veo que un sonido no encaja en una escena abandono la ciencia y elijo lo que sea efectivo a nivel emocional-

-Se diseño con base a las personalidades de cada personaje-

Wall-e. Conjunto de motores, se escogieron sonidos diferentes para cada uno de sus movimientos pueden combinarse para señalar sus emociones con sonidos que son justificables como parte de su función.

Eva. Tonalidad moderna, serena y casi como piezas musicales que exudaran cierto misterio, energía y encanto, modo de una idea sutil y emotiva.

Piloto. Timbres, silbatos y motores grandes y es el único personaje que hace varias cosas a la vez, siempre da la sensación de actividad y calculo.

Mo. Es un Robot de limpieza pequeño y nervioso, así a menudo acelera su motor como ansioso por hacer otra cosa, los pequeños recortes de sonido lo hacen parecer frenético.

-Cuando utilizas sonidos del mundo exterior y los vuelcas a una película de ciencia ficción logras que esa autenticidad convenza al público de que el mundo fabuloso presentado es real.-

-Oí un sonido en una vieja película de guerra, donde un soldado hacia arrancar un generador para dar energía a una radio militar del campo, el generador lo obtuve comprando en eBay, con ese sonido de ese generador comenzó wall-e, al estar quieto en cierta escena, cuando no anda muy rápido. Cuando wall-e acelera agregamos otros sonidos a sus motores y uno de los elementos principales proviene de un aparato llamado arrancador de inercia que servía para arrancar el motor de aviones viejos, es un sonido clásico que oímos cuando el correccaminos acelera o cuando el demonio de Tasmania empieza a girar.

-Crear efectos de sonidos es una cosa pero otra mucho más difícil para mí como diseñador es crear voces. Los efectos de sonidos pueden ser voces, pueden ser expresivos. Otra técnica consiste en partir de la voz humana y modularla como efecto de sonido.-

-Disney supo emplear un instrumento electrónico innovador para modificar la voz humana en los años 40's llamado: SONAVOX, el sonido se reproducía en unos parlantes pequeños y el artista se apoyaba los parlantes en la garganta. La voz de Eva es un ejemplo actual de la misma técnica, en este caso uso un aparato llamado: VOCODER, en el cargo la grabación de una voz humana por un lado y por el otro selecciono el tono, así se altera la interpretación y le da el carácter electrónico (mechanized voice). Debe tener toda el alma que un humano le imprime a su interpretación, pero también debe sonar como si estuviera sintetizado (que lo está), como si fuera de una maquina.-

-La voz de Wall-e empezó grabándose luego la analice y separe sus componentes en la PC con ayuda de un software, cambie el volumen y el tono del sonido, modificar la resintetizacion mediante esto altera la grabación.-

-Cuando más creativo es un sonido más subjetivo se vuelve y se convierte en sonido en el oído del espectador. Para un arma d rayos o un campo de fuerza, vale todo, casi todos estos sonidos son tan abstractos que la última decisión debe depender de una persona, que paradoja-

ANEXO B. EJEMPLO DE AUDIOMETRÍA TONAL

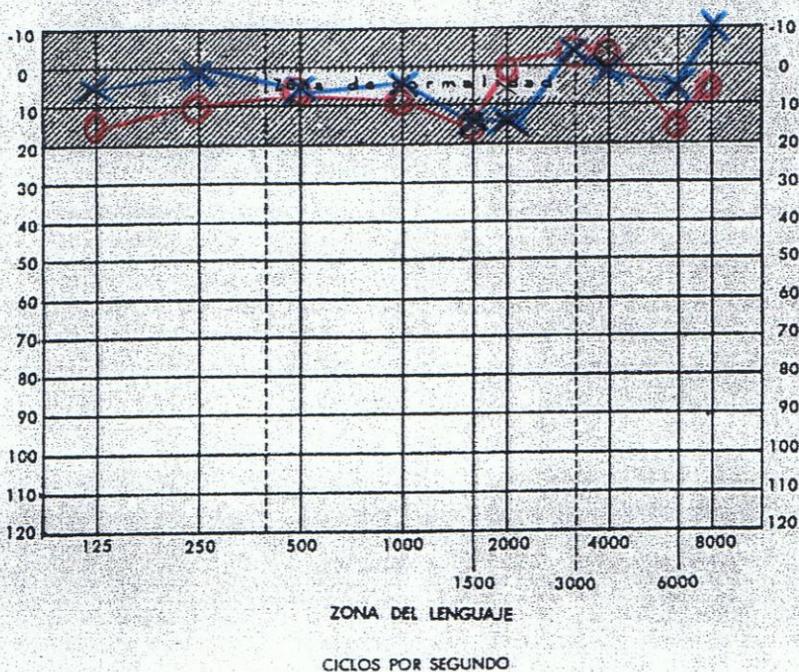
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

ACADEMIA DE ACÚSTICA I.C.E.

LABORATORIO DE PSICOACÚSTICA

AUDIOMETRÍA TONAL

	O D		O I	
	VIA AEREA	VIA OSSA	VIA AEREA	VIA OSSA
SIN LATERALIZACIÓN Y SIN ENSORDECIMIENTO*	○—○	[[X—X]]
CON LATERALIZACIÓN Y SIN ENSORDECIMIENTO	◌—◌	⌈ ⌈	ⓧ—ⓧ	⌋ ⌋
CON ENSORDECIMIENTO Y SIN LATERALIZACIÓN	△—△	↑ ↑	▽—▽	↓ ↓
CON ENSORDECIMIENTO Y CON LATERALIZACIÓN	⊖—⊖	⌈ ⌈	ⓧ—ⓧ	⌋ ⌋



NOMBRE: An donde n[1-14]

Fecha: 20 Oct 11

EDAD: 24 Años

GRUPO: 8CV16

[Handwritten Signature]

ANEXO C. TEST APLICADO

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
ESPECIALIDAD ACÚSTICA
"CREACIÓN DE SONIDOS ORIENTADO A LA CINEMATOGRAFÍA"

TEST

Instrucciones: Lee con atención y elige una opción para cada pregunta.

1.- ¿El segmento de video 1 brindó información:

esencial? adicional?

2.- ¿El segmento de video 1 estableció un estado de ánimo?

Si (responde *) No

¿Por qué?

*¿Cuáles?(Menciona mínimo 3)

3.- ¿El segmento de video 1 enfatizó la caracterización?

Si No

¿Por qué?

4.- ¿El segmento de video 1 logró ubicarte en el espacio geográfico y distancia adecuados?

Si No

¿Por qué?

5.- ¿El segmento de video 1 proporcionó credibilidad?

Si No

¿Por qué?

6.- ¿El segmento de video 2 brindó información:

esencial? adicional?

7.- ¿El segmento de video 2 estableció un estado de ánimo?

Si (responde *) No

¿Por qué?

*¿Cuáles?(Menciona mínimo 3)

8.- ¿El segmento de video 2 enfatizó la caracterización?

Si No

¿Por qué?

9.- ¿El segmento de video 2 logró ubicarte en el espacio geográfico y distancia adecuados?

Si No

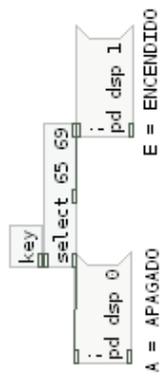
¿Por qué?

10.- ¿Existe una relación entre la imagen y los sonidos del segmento de video 2?

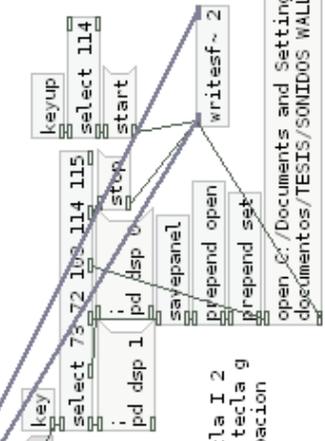
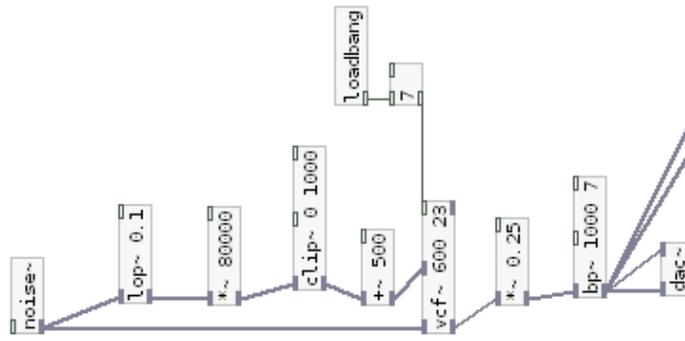
Si No

¿Por qué?

Yuliana Elvira Saucillo
 Karina Victoria Méndez Rivera



SONIDO: VIENTO DE DESIERTO



Pasos para grabar: 1 Enciende el programa con la tecla I 2
 Guarde el archivo en el directorio que desee con la tecla g
 3 Inicie la grabacion con la tecla r 4 Deten la grabacion
 con la tecla s

open_c:/Documents and Settings/YULIANA/Mis
 documentos/TESIS/SONIDOS WALL-E/viento despues de explosion

Tesis "Creacion de Sonidos Orientado a la Cinematografia"

Karina Victoria Mendez Rivera
Yuliana Elvira Saucillo

