

TRABAJO FINAL DE GRADO

Composición Holofónica Sintética para la mejora del estado de bienestar y su aplicación en las aulas



Esteban Albarral Pérez



Universidad de Granada
Facultad de Ciencias de la Educación
2015

RESUMEN

Este trabajo fin de grado centra sus propuestas en un diálogo de saberes provenientes de la física, la acústica musical, la informática, la pedagogía y la psicología positiva. En su fundamentación teórica se analizan las ondas sonoras frecuenciales y su incidencia sobre el cerebro y, por consiguiente, en los comportamientos. Igualmente se estudian los modos tonales de ciertas composiciones musicales y su influencia en los estados de ánimo.

En este contexto teórico-experimental, se pretende generar un programa piloto de creación de secuencias musicales con herramientas informáticas de síntesis digital a las que se asociarán ondas sonoras de frecuencias específicas (en muchos casos inaudibles) para desencadenar reacciones neuronales positivas. Tales sensaciones han de generar en el oyente un estado de flujo y bienestar que le permita superar situaciones de cansancio, hastío, tensión, estrés y angustia; consiguiendo revertir estos estados indeseables hacia situaciones emocionales positivas de alegría, ilusión, motivación, concentración y vitalidad (resiliencia).

En este trabajo se plantea una guía didáctica para que el profesorado de música con ciertas capacidades informáticas pueda crear artesanalmente secuencias sonoras sintéticas mediante instrumentación virtual con programas de software VSTi (Virtual Technology Instruments).

El conjunto del trabajo sienta las bases para el ejercicio de edición sonora holofónica sintética mediante una programación de software adecuado y adaptado. Está destinado al docente que desee iniciarse en la composición holofónica generando secuencias sonoras ubicadas espacialmente en diferentes ángulos de posicionamiento (sonido 3D), dando así lugar a la emulación de dicho espacio sonoro virtual.

Los prototipos de material sonoro creados que se presentan en este trabajo consiguen estimular emocionalmente al oyente, fomentando en él estados de relajación o bien de estimulación, beneficiosos para su salud física y psíquica (emocional), ayudándole así a afrontar situaciones de sobreesfuerzo, cansancio y estrés.

Palabras clave: Sonido binaural, onda y frecuencia sonora, estado de flujo, bienestar emocional, resiliencia, holofonía y VSTi.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.	5
2. OBJETIVOS.	6
3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	6
4. MARCO TEÓRICO.	6
4.1 La percepción del sonido.	6
<i>4.1.1. Física del sonido</i>	
<i>4.1.2. La escucha</i>	
<i>4.1.3. La importancia reforzadora de la audición binaural y holofónica</i>	
4.2. La música, el sonido y la modificación de conductas.	10
<i>4.2.1. Csikszentmihalyi y el modelo de Flujo</i>	
<i>4.2.2. El sonido y su efecto en el cerebro</i>	
<i>4.2.3. Tonalidades sonoras y emociones.</i>	
4.3. Dificultades sonoras.	11
4.4. Análisis de las ondas frecuenciales y sus efectos físicos y comportamentales. ..	12
<i>4.4.1. Tipos de ondas sonoras y sus efectos bio-comportamentales</i>	
4.5. La experimentación didáctica con sonido holofónico.	13
<i>4.5.1. Holofonía natural y holofonía sintética</i>	
<i>4.5.2. Características tecnológicas de la Holofonía</i>	
<i>4.5.2.1. Determinación de la posición de una fuente sonora</i>	
<i>4.5.2.2. Medios de reproducción holofónica.</i>	
4.6. La holofonía sintética	15
<i>4.6.1. El Dummy Head frente al VSTi</i>	
<i>4.6.2. El proceso de grabación de holofonías sintéticas</i>	
<i>4.6.3. El prometedor futuro de la holofonía sintética</i>	
5. POSIBLES APLICACIONES HOLOFÓNICAS SINTÉTICAS EN LA EDUCACIÓN PRESENCIAL Y VIRTUAL.	17
5.1. Metodología	
5.2. Hipótesis de investigación aplicables a aulas virtuales presenciales	
5.3. Instrumentos de investigación	
<i>5.3.1. Programas informáticos</i>	
<i>5.3.2. Producción de audios tipo de muestra</i>	

5.3.3.	<i>Formación docente mediante un manual básico de edición holofónica sintética.</i>	
5.3.4.	<i>Recogida de datos y posible muestra</i>	
5.3.5.	<i>Evaluación</i>	
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	22
6.1.	Videografía	
7.	ANEXOS.	27
	<i>ANEXO 1. Audios holofónicos sintéticos de muestra de producción artesanal</i>	
	<i>ANEXO 2. Manual de formación docente mediante un manual básico de edición holofónica sintética.</i>	
7.1.	Otros anexos complementarios	
Anexo 3	<i>Sistema biológico de audición humana</i>	
Anexo 4	<i>¿Que es el cóliculo inferior?</i>	
Anexo 5	<i>Umbral auditivo</i>	
Anexo 6	<i>Determinación de posición de una fuente de sonido</i>	
Anexo 7	<i>Estudio de modelo de Flujo</i>	
Anexo 8	<i>Esquema de las tonalidades y emociones</i>	
Anexo 9	<i>Física del sonido, la interpretación de la onda.</i>	
Anexo 10	<i>Frecuencias sonoras y su efecto físico corporal</i>	
Anexo 11	<i>Historia de la Holofonía</i>	
Anexo 12	<i>Holofonía</i>	
Anexo 13	<i>Beneficios y limitaciones de la Holofonía sintética</i>	
Anexo 14	<i>Guía de Edición holofónica sintética para docentes</i>	
Anexo 15	<i>Tabla de recogida de datos de alumnos y progreso de trabajo.</i>	
Anexo 16	<i>Test de Rapidez perceptiva</i>	
Anexo 17	<i>Cuestionario personal de experiencia y sensaciones</i>	
Anexo 18	<i>Representación virtual y gráfica de audios holofónicos</i>	

1. INTRODUCCIÓN

Vivimos en un mundo lleno de dificultades a las que es necesario encontrar solución, donde la tecnología se apodera de nuestro tiempo, espacio y vida. Miles de estímulos visuales y sonoros nos invaden día a día, produciendo saturación y sobreinformación que en ocasiones favorece la aparición de ciertos problemas físicos, psicológicos y emocionales.

Para evitar tales situaciones se pretende generar prácticas neuropsicológicas que permitan mejorar el bienestar físico y psicológico desde los hallazgos realizados por las investigaciones. Diversos estudios han demostrado que los sonidos, ya sean “ruidos” o composiciones musicales, se transmiten mediante ondas que influidas por factores y características físico-armónicas afectan incidiendo en la percepción corporal (por vibración) o la propia escucha auditiva.

Desde estas premisas que inciden en la certeza de que los sonidos puros e incluso la propia armonización afectan al estado físico, mental y emocional, hemos optado por la holofonía, para crear simulaciones de sonido espacial natural. Estas al llegar al oído humano mediante unos auriculares producen la denominada percepción *binaural*, o sonido tridimensional.

Este sonido 3D, al igual que la imagen 3D, crea una simulación espacial acústica que genera sobre estimulación a la vez que produce una sensación positiva de sorpresa que induce bienestar y motivación a seguir escuchando a la vez que va moldeando ciertas conductas.

2. OBJETIVOS

- Identificar los factores físico-armónicos y neuropsicológicos determinantes en la percepción sonora y sus relaciones con ciertos estados anímicos y comportamentales.
- Diferenciar con claridad el sonido holofónico (sintético) y sonido binaural
- Planear un programa de estimulación holofónica en cuya aplicación se demuestre que asociándole ciertas frecuencias genera una sobre estimulación muy superior al sonido convencional estéreo.

- Presentar con claridad los procedimientos para generar sintéticamente ondas de frecuencia positivas que induzcan estados emocionales de flujo, creando muestras sonoras adecuadas para superar estados emocionales adversos
- Elaborar un material didáctico para que los docentes interesados en el sonido holofónicos sintético puedan iniciarse en su creación.
- Inferir las posibilidades de estas técnicas en entornos educativos presenciales y virtuales,

3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Buscamos generar estímulos sonoros sintéticos de naturaleza holofónica que ayuden a alumnado sometido a desgaste físico o emocional a lo largo jornada laboral diaria puedan mejorar situaciones negativas revirtiéndolas en estados positivos de flujo vital.

Tales materiales se crearán de forma “sintética” con herramientas y programas sencillos y gratuitos (un simple ordenador con una programación adecuada para luego ser exportado a un sistema de reproducción externa).

4. MARCO TEÓRICO

4.1. La percepción del sonido

4.1.1. Física del sonido

La RAE define el sonido como la sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire. En esta definición destacan claramente los términos; órgano del oído, el movimiento vibratorio y medio elástico. El sonido se transmite en un medio elástico y mediante ondas sonoras. Este concepto se comprende intuitivamente recordando las ondas acuáticas formadas cuando se lanza una piedra a un charco. La posición central de la piedra se asemeja al foco de emisión sonora, si bien las ondas acuáticas serían ondas sonoras, y el medio acuático sería sustituido por el aire. Dichas ondas sonoras llegan a al oído golpeando los tímpanos mediante un esquema funcional formado por: la emisión, el transporte (canal) y la recepción y percepción. La emisión depende del foco sonoro que emitirá vibraciones moduladas por las cualidades del sonido (intensidad, tono, timbre y altura). El transporte será el medio por el que la onda sonora se desplace,

(sólido, líquido o gaseoso) y variará su velocidad en función de las características moleculares de este. La recepción y la percepción la realiza nuestro sistema auditivo que se encarga de recibir las ondas sonoras, convirtiéndolas en estímulos nerviosos de naturaleza eléctrica que llegan a la corteza cerebral estimulándola y produciendo la percepción y el reconocimiento sonoro.

Por ello, Llinares, (2007) afirma que:

El sistema para la escucha se compone de un órgano de toma de datos (oído externo y medio), un órgano de conversión analógica digital (oído interno) y un sistema de memorias u ordenador central (Cerebro). Así, las ondas acústicas del entorno inciden sobre el pabellón auditivo penetrando por el canal y poniendo a vibrar el tímpano. Posteriormente se convierten esos impulsos mecánicos en excitaciones nerviosas que llegan al cerebro (p. 350)

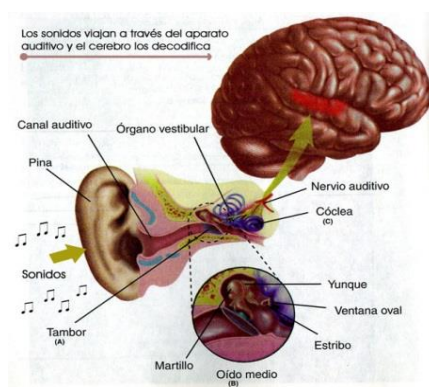


Fig.1. Generación del sonido, transmisión, recepción y percepción. Fuente: <https://wendy56.wordpress.com/2010/04/22/%C2%BFcomo-se-percibe-el-cerebro-a-la-musica/>

4.1.2. La escucha

En esta función cerebral perceptiva juega un papel destacado el *colículo inferior*, principal responsable de procesar las señales sonoras que le llegan de los canales auditivos izquierdo y derecho. En nuestro trabajo es importante destacar la existencia de umbrales auditivos, cuya unidad métrica de frecuencia sonora es el Hertzio (Hz). Este umbral en la especie humana se sitúa entre los 20 y los 20.000 hertzios.

Los niveles de sonoridad indican la potencia con la que se emite un sonido, siendo su unidad de medida el decibelio (db). Dependiendo de la potencia sonora emitida y de la

proximidad de la frecuencia al umbral auditivo puede crear perturbaciones que pueden afectar a la conducta del oyente. También los aspectos físico-armónicos producidos por las ondas frecuenciales llegan a influenciar la percepción auditiva según reflejan los estudios de Meulders (2010) y Sadagopan (2009) en los que se apunta que elementos y cualidades del sonido juegan un papel importante en el cerebro.

Los sonidos que percibimos nunca son puros, ya que vienen acompañados de una gama sonora menos perceptible. Aquellos sonidos situados en el umbral de audición serán percibidos por el oído, si bien en ocasiones puede ocurrir el denominado enmascaramiento sonoro. Se trata de un fenómeno en el que se asocian dos sonidos de igual o diferente frecuencia pero diferente intensidad. Cuando esto ocurre, el oído solamente percibirá el de mayor frecuencia, dejando de percibir el de menor intensidad (Chiappa, Glasstone & Young, 1979). Este fenómeno es especialmente interesante para fundamentar la propuesta metodológica de en nuestro proyecto, ya que podemos hacer que un oyente perciba un sonido enmascarado por otro de más intensidad. En nuestro caso, el sonido enmascarado será en el que por su frecuencia y cualidades no sea audible, pero afecte al estado fisiológico y/o psicológico del oyente. Ello se realizará creando frecuencias subliminales que modificarán las conductas negativas de los oyentes generando estados de flujo positivos que las conviertan en positivas (resiliencia). En el caso de la melodía audible, se aprovechará su tono, timbre y ritmo para reforzar los efectos positivos desencadenados por la melodía subliminal.

4.1.3. La importancia reforzadora de la audición binaural y holofónica

La audición binaural es un aspecto fundamental de supervivencia natural del ser humano, gracias a esta percepción acústica espacial ha podido ubicarse en cualquier medio a lo largo de su historia. Zuccarelli demuestra en su video-entrevista del Diario Publicable (2008) cómo el sistema de audición humana es más desarrollado que la de otros animales ya que gracias a los pabellones auditivos fijos podemos identificar la posición exacta o aproximada de un sonido a diferencia de otros animales como los felinos que precisan del movimiento de sus orejas para identificarlo.

En el ser humano, la audición se produce a través de dos canales independientes (los dos oídos). La información que el cerebro recibe de los dos oídos es diferente (salvo cuando están equidistantes de la fuente), porque ambos oídos están físicamente separados entre

sí por la cabeza. Ésta diferencia en la posición de los dos oídos es la que permite al cerebro la localización de la fuente sonora. (Viveros, 2009)

El término binaural se identifica con la escucha natural del ser humano mientras que el término holofónico la escucha sonora es totalmente artificial (mediante aplicaciones virtuales). Viveros (2009) explica que la percepción sonora está relacionada con la diferencia de intensidad (ILD) y con la fase de percepción temporal (ITD) que presenta cada oído frente a la posición del foco que emite el sonido, identificando así su posición respecto al sujeto oyente (p. 19). Es por ello que la holofonía solo puede ser escuchada con audífonos (auriculares), su función es la de ofrecer a nuestro oído una reproducción del entorno sonoro con la misma disposición espacial que la percepción binaural natural del ser humano.

Existe actualmente un medio sonoro muy recurrido por los espacios cinematográficos, el sonido surround, el cual puede ser confundido con el concepto de Binaural u holofónico. Viveros (2009), diferencia con claridad ambos tipos señalando que el sonido surround “solo trata de crear un sonido envolvente a partir de la reproducción y no a partir de la grabación-mezcla, teniendo en cuenta la real percepción auditiva del oído humano lo cual da sólo la sensación de estar en frente de la fuente de sonido y no dentro de un ambiente” (p.17), citando que “las grabaciones en sonido holofónico son una técnica de grabación que permite dotar al sonido de coordenadas espaciales y proveer de un panorama sonoro de 360° alrededor de un oyente”, siendo necesaria su escucha a través de auriculares (p.19).

Este desarrollo revolucionario del sonido se ha destacado en numerosos estudios como los de Sánchez y Lumbreras (2010, p.14) quienes estudian la posibilidad del sonido holofónico en niños con baja visión o ceguera, diseñando programas virtuales educativos con espacios sonoros holofónicos que reproducen el entorno real. Entre sus conclusiones se refleja el beneficio de la elaboración de ambientes acústicos virtuales como nuevos materiales educativos para personas con discapacidad visual, desarrollando habilidades cognitivas como la lateralidad y las relaciones espaciales.

Otras investigaciones como las de Montell, y col., (2009, p.1) plantean que “la holofonía aplicada a entornos virtuales sociales, científicos e incluso lúdicos han ofrecido resultados muy interesantes”.

4.2. La música, el sonido y la modificación de conductas

4.2.1. Csikszentmihalyi y el modelo de Flujo

El estado de flujo es una de las mayores aportaciones al estudio de la motivación intrínseca que se ha producido en los últimos años (aunque sus primeras formulaciones datan de 1975). Hace referencia a experiencias óptimas, a situaciones altamente positivas, a experiencias autotélicas y al disfrutar haciendo alguna actividad, que se convierten en el motor interno o razón para la realización de esas mismas actividades que generan la experiencia del flujo (Fernández-Abascal, 1998).

Se necesita de una situación de desafío, focalizar la atención, tener metas claras, control de sentimientos o la simple despreocupación de uno mismo para que se dé un estado de flujo (Csikszentmihalyi, 1975).

Para nosotros el sonido holofónico asociado a ciertas ondas sonoras frecuenciales debe generar emociones intensas, capaces de estimular el estado de flujo emocional e intelectual.

4.2.2. El sonido y su efecto en el cerebro

El cerebro es el órgano responsable de recibir todos los datos de información acústica producidas por las ondas cerebrales. El oído percibe y procesa esta información en el colículo inferior, identificando así una relación espacial entre las frecuencias sonoras percibidas y su interpretación en el cerebro (Yu 2009). Los sonidos que podemos escuchar están dentro del umbral de audición humana, son frecuencias no perjudiciales. El sonido produce estímulos cerebrales mediante la incidencia acústica de ondas frecuenciales, así la música puede generar en nuestro cerebro diferentes estímulos emocionales.

Cuando la onda cerebral se aproxima a los límites del umbral de audición humana (menos de 20Hz o más de 20.000 Hz), el cerebro experimenta una actividad neuronal de estimulación física y psíquica (Jakub Kraus 2015). Éstas ondas se clasifican según su frecuencia y estimulación cerebral; ondas *Delta* cuya frecuencia oscila entre 0,1 y 4 Hz, ondas *Theta* entre 4 y 8 Hz, ondas *Alfa* entre 8 y 13 Hz, ondas *Beta* entre 13 y 40 Hz y ondas *Gamma* de 40 Hz exactos. (Helmholtz 1954).

Las ondas Delta, Theta, Alfa y Beta (hasta 19Hz) producen estimulación cerebral pero no son audibles, solo las Beta entre 20 y 39 Hz y las Gamma (40 Hz) lo son. Las ondas Gamma provocan una mayor actividad neuronal relacionada con la resolución de problemas (Jakub Kraus 2015) siendo ideales para la estimulación cerebral y emocional.

4.2.3. Tonalidades sonoras y emociones

El ser humano siempre ha intentado expresar sus sentimientos y emociones al escuchar música. Hermann Helmholtz en su libro “The Sensation of Tone” (p. 182) crea un esquema musical relacionado con el efecto anímico que producen las composiciones musicales (personalidad tonal).

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua define composición musical o música al arte de combinar los sonidos de la voz humana o de los instrumentos, o de unos y otros a la vez, de suerte que produzcan deleite, conmoviendo la sensibilidad, ya sea alegre, ya tristemente. La combinación de sonidos con una estructura tonal armónica genera un estado anímico o emocional en el oyente. (Helmholtz 1954)

La siguiente tabla recoge las tonalidades más adecuadas (de entre todas las existentes) para estimular la aparición de estados flujo:

Tonalidad	Personalidad
Do mayor	Alegre, guerrero, completamente puro. Carácter inocente y simple.
Re mayor	Feliz y muy guerrero. El triunfo, Aleluyas, júbilo, victoria.
Fa # mayor	Triunfo sobre la dificultad, libertad, alivio, superación de obstáculos.
Si b mayor	Magnífico, alegría, amor alegre, conciencia limpia, mejores metas y deseos

Tabla 1. Tonalidades adecuadas para favorecer la aparición de un estado de flujo. Adaptado de (Helmholtz 1954).

4.3. Dificultades sonoras

No todas las personas poseen las mismas cualidades para la percepción sonora ya que el avance en la edad hace variar el umbral de audición humana, más amplia en la juventud y en proceso progresivo de reducción en la vejez. Además del envejecimiento, existen dificultades de percepción sonora tales como la hipoacusia o la cofosis (Guzmán, 2015).

Otras dificultades a tener en cuenta es la epilepsia musicogénica , que se manifiesta en ataques epilépticos que pueden surgir tras escuchas musicales. Las alucinaciones musicales suelen aparecer en pacientes psiquiátricos, neurológicos y otológicos que sufren alucinaciones auditivas y amusia, un defecto neurológico que altera la percepción auditiva así como la lectura, escritura o la propia ejecución musical. Todas ellas son dificultades que pueden ocasionar graves lesiones si no se trabaja con un grado de conocimiento (Soria-Urios, 2011).

Nuestra propuesta de utilización de la música para crear estados de flujo ha de tener presente en su aplicación estas dificultades ya que quienes las padecen no suelen soportar sobreestimulaciones sonoras tales como las que planteamos en ella.

4.4. Análisis de las ondas frecuenciales y sus efectos físicos y comportamentales

4.4.1. Tipos de ondas sonoras y sus efectos bio-comportamentales

La experimentación psicopedagógica con ondas sonoras requiere de una profundización en el conocimiento epistemológico de sus efectos para prevenir posibles riesgos en la salud en sus aplicaciones experimentales.

Los estudios de Helmholtz (1954) son un referente a tener en cuenta en la producción de música holofónica sintética con fines de desencadenar efectos físicos y psíquicos (emocionales) que promuevan estados de flujo. En las tablas adjuntas se describen los distintos tipos de ondas sonoras existentes y sus efectos más significativos, a partir de los trabajos de este autor.

Onda Cerebral	Características y efectos físico-psicológicos	Rango (Hz)
DELTA	Muy largas. Muy lentas. Sueño profundo	0,1 – 4
THETA	Muy lentas. Asociadas a la extrema creatividad	4 – 8
ALFA	Relajación. Estado de Calma y paz interior	8 – 13
BETA	Más Rápidas. Muy comunes en la actividad cerebral	13 – 40
GAMMA	Más rápidas. Presentan mucha más actividad mental. Son las más recurridas en el ser humano	40

ONDA	RANGO (Hz)	EFEKTOS
THETA	0,50 – 0,10	Estado épsilon. Meditación avanzada, niveles altos de inspiración
	3,50 – 7,50	Estado Theta. Conocimiento, emociones, imaginación
	4,90 – 4,90	Relajación, meditación, introspección
	5,0 – 10,0	Estados de relajación
	6,0 – 10,0	Visualización creativa
ALFA	8,0 – 8,60	Reducción de la ansiedad, reducción del stress
	8,0 – 10,0	“Low Alpha”. Aprendizaje de nueva información
	8,0 – 12,0	Estado Alpha. Pensamiento positivo, inspiración, motivación.
	10,0 – 12,0	Estado Alfa superior. Sincronización cuerpo y mente, centrarse
	11,0 – 11,0	Reducción del stress.
BETA	14,0 – 14,0	Alerta, despierto. Concentración en las tareas, trabajo o actividades
	36,0 – 44,0	Rango de aprendizaje. Pensar, estudiar. Sentido del olfato, procesamiento.
GAMMA	40,0 – 40,0	Resolución de problemas en situación de miedo. Mecanismo de defensa.

Tabla 2 y 3. Ondas cerebrales ideales para el estado de flujo. Fuente: Adaptado de Helmholtz (1954)

Especial mención hacemos a las propuestas de Jakub Kraus (2015), quien aclara en sus recientes investigaciones que las ondas gamma producen un estado alterado en el sujeto que le ayuda a mejorar la capacidad de trabajo en lo que a memoria se refiere, identificando que el funcionamiento cognitivo y ejecutivo siempre viene acompañado de oscilaciones en las ondas cerebrales. Por ello, un aumento en el rendimiento de la memoria se consigue con una estimulación de ondas Alpha con frecuencias entre 8,0 – 10,0 Hz. Los resultados de su investigación indicaron que los sonidos binaurales afectaban de forma positiva al control de la atención, la activación, retención y almacenamiento de la memoria. (pp. 3-10).

4.5. La experimentación didáctica con sonido holofónico

4.5.1. Holofonía natural y holofonía sintética

Existen ciertas diferencias entre la holofonía natural y holofonía sintética. La holofonía que Hugo Zuccarelli desarrolló (Fox B.1983 p. 24) se elaboró de forma natural captando los sonidos mediante una microfónica específica que separaba digitalmente los canales

izquierdo y derecho (mediante un cuerpo físico), dando lugar a la denominada sombra acústica, una emulación casi perfecta del sistema espacial de audición binaural humana.

Fox B. (1983) aclara en la revista *New Scientist* que Hugo Zuccarelli, creador del sonido holofónico no pudo hacer que la holofonía se expandiera en los campos musical, científico o comercial (p.24)

A diferencia de la holofonía “natural”, la holofonía sintética se crea con herramientas informático-digitales, por lo que no existe microfonía, sino que se usan emuladores virtuales (software) que crean espacios sonoros tridimensionales editables, a los que se pueden aplicar focos sonoros, consiguiéndose al escucharlos con auriculares (audífonos), distinguir el ángulo de emisión de las distintas fuentes sonoras (su posicionamiento).

4.5.2. Características tecnológicas de la holofonía

4.5.2.1. Determinación de la posición de una fuente sonora

La producción de sonido holofónico dependerá de diversos factores, el principal de ellos es la posición exacta de la fuente de sonido, que producirá las diferencias de intensidad (ILD) emitidas por los focos sonoros. El segundo factor es la diferencia de tiempo (ITD) igual que ocurre en la escucha binaural, y el tercero el HRTF (*Head-related transfer function*), un sistema aplicado a la holofonía natural pero mucho más influyente e importante en la holofonía sintética (Rivas J. 2012). Esta función permite percibir los focos sonoros incluso en espacios delanteros o traseros, cuando la distancia y tiempo de percepción es la misma, mejorando así la percepción holofónica (espacial).

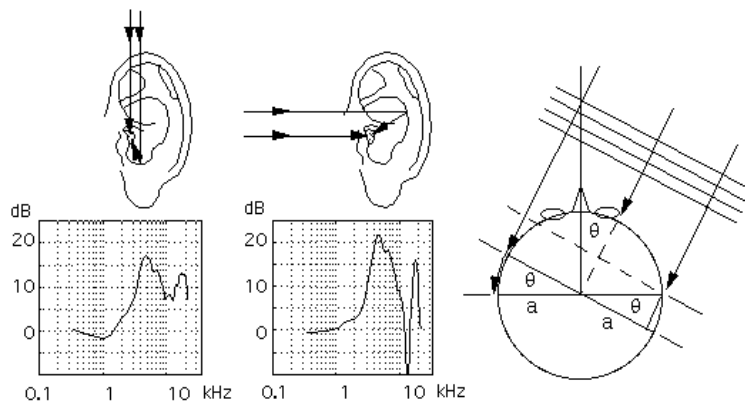


Fig. 2. Percepción acústica espacial (Rivas, 2012)
(<http://www.juanrivassonido.com/localizacion-espacial-del-sonido/>)

4.5.2.2. *Medios de reproducción holofónica*

Cuando la reproducción se lleva a cabo en otros medios como altavoces u otros sistemas de reproducción sonora (surround), no se identifica con claridad la percepción espacial al no existir un medio de aislamiento entre los canales auditivos izquierdo y derecho. El único medio existente hasta la fecha de reproducción holofónica son los audífonos (auriculares), ya que los canales izquierdo/derecho son independientes, sin que un auricular influya sobre el oído contrario, (Fox B. 1983).

Las investigaciones de Zuccarelli reflejadas por Santiago (2013) y Viveros (2009) reflejan que el sonido estereofónico no identifica un posicionamiento espacial (ILD-ITD), ya que solo diferencia dos parámetros sonoros únicos (izquierdo y derecho). Igualmente, el Home Cinema o sonido surround 5.0 tampoco identifica este posicionamiento aun disponiendo de cinco o más focos sonoros.

Por ambas cuestiones se usarán en los diseños experimentales previstos en este trabajo sonidos holofónicos sintéticos escuchados con audífonos para garantizar la percepción auditiva espacial.

4.6. La holofonía sintética

4.6.1. *El dummy head frente al VSTi*

El Dummy Head o cabeza holofónica, es una reproducción de una cabeza humana a escala natural que dispone de micrófonos separados y aislados en cada oído (dando lugar a la denominada sombra acústica). Es un sistema de grabación holofónica natural.

Debido a que la sensación de posición de un sonido se puede determinar dependiendo del tiempo de llegada de éste a ambos oídos (ITD inter-aural Time difference) y de su intensidad (ILD, inter-aural Level difference), el efecto se produce al ajustar las diferencias entre ILD e ITD de una grabación hecha con una Dummy Head. (Viveros 2009. P.19)

En nuestros diseños experimentales no usaremos grabaciones generadas por cabezas holofónicas sino secuencias sonoras generadas por medios informáticos. La holofonía sintética se genera mediante los sistemas VSTi (Virtual Studio Technology Instrument) que editan digitalmente sonidos (reales o ficticios) con un posicionamiento holofónico determinado, (Viveros 2009 p.79).

4.6.2. El proceso de Grabación de holo fonías sintéticas

Para la producción de holo fonías sintéticas se requerirá pues disponer de un dispositivo informático adecuado para aplicar, sistemas VSTi: programas de edición y mezcla sonora, sistemas de emulación holo fónica y un teclado (piano) de interfaz Midi para composiciones musicales propias.

(...) Se inicia con un trazo del espacio donde se va a grabar, replicando en un papel las medidas del espacio. Luego, se traza un sistema de coordenadas en aras de esquematizar un “mapa” de la ubicación de los sonidos a grabar y el movimiento que tendrán en la escena sonora. (Viveros 2009 p. 71)

Basándose en las propuestas de este autor, acotamos que la grabación holo fónica sintética consiste en la importación de uno o más sonidos (reales o ficticios) al programa de edición y mezcla sonora, se integra el emulador holo fónico al mismo programa para aplicar los parámetros espaciales tridimensionales, la mezcla sonora final se exporta a un formato de reproducción compatible (Mp3, WAV, etc.). En el gráfico adjunto reflejamos el proceso de producción antes mencionado.

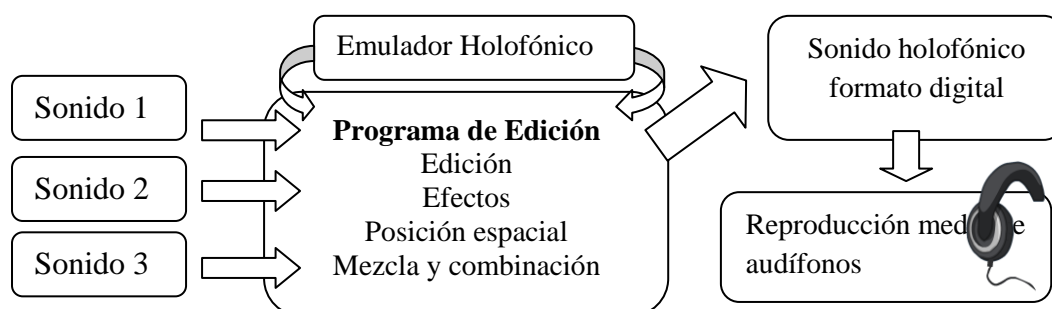


Gráfico 1. Proceso de grabación holo fónica sintética. Elaboración propia.

4.6.3. El prometededor futuro de la holo fonía sintética.

El futuro de la holo fonía sintética dependerá de la integración de ésta a diferentes campos educativos, científicos o sociales.

Por ejemplo, conocemos que la holo fonía se ha desarrollado en aplicaciones médicas y terapéuticas sobre personas ciegas o hipoacúsicas (Sánchez y Lumbreras 2010, p.14) facilitando la creación de paisajes sonoros espaciales y el desarrollo de material específico para tal fin.

También se sabe que las aplicaciones holofónicas con personas hipoacúsicas, pueden facilitar una audición espacial mucho más perfecta y desarrollada en el paciente, adaptando las estimulaciones sonoras espaciales a las necesidades auditivas mediante el uso de audífonos (Sánchez 1999). Finalmente reflejamos como la cofosis o sordera total puede ser también tratada mediante los efectos y combinación de las ondas cerebrales ofreciendo respuestas físicas o psíquicas mediante la estimulación cerebral. (Guzmán. 2015), aspectos de gran interés para los diseños experimentales que realizamos en este trabajo.

AYUDAS TÉCNICAS QUE AMPLIFICAN Y/O MODIFICAN EL SONIDO	<i>Audífonos</i>
	<i>Amplificadores de mesa</i>
	<i>“Codificadores” de sonido (implante coclear)</i>
AYUDAS TÉCNICAS QUE MEJORAN LAS CONDICIONES ACÚSTICAS	<i>Equipos individuales de Frecuencia Modulada</i>
	<i>Equipos colectivos de campo magnético</i>
AYUDAS TÉCNICAS TRANSDUCTORAS DEL SONIDO	<i>Sistemas táctiles. Aparato Marta</i>
	<i>Sistemas visuales</i>

Tabla 3 .Ayudas técnicas sonoras. Padilla (2000. p. 270)

5. POSIBLES APLICACIONES HOLOFÓNICAS SINTÉTICAS EN LA EDUCACIÓN PRESENCIAL Y VIRTUAL

Los diseños experimentales que proponemos a continuación se basan en las aplicaciones holofónicas sintéticas en diferentes campos educativos, sus objetivos son;

- Elaborar muestras sonoras holofónicas a las que se unirán ondas de estimulación cerebral para conseguir mejorar el estado emocional generando flujos positivos de bienestar.
- Desarrollar un marco teórico-práctico aplicable por docentes con conocimientos musicales en el diseño y desarrollo de estas experimentaciones.
- Elaborar un material didáctico guía para que los docentes interesados en el sonido holofónico sintético puedan iniciarse en su creación, y posterior evaluación.

5.1. Metodología

Para la elaboración de material holofónico sintético serán necesarios los recursos informáticos adaptados expresados en páginas precedentes así como y audífonos (auriculares) de calidad, y no se deberán aplicar sin disponer de los conocimientos físico-acústicos y psicológicos necesarios para trabajar en el campo de la estimulación neuronal, cuidando siempre de recoger los datos de los efectos observados con precisión para su posterior análisis y evaluación.

5.2. Hipótesis de investigación aplicables a aulas virtuales y presenciales

El diseño que presentamos en este trabajo pretende estudiar la atención y retención memorística del alumno así como su disposición activa y creativa en situaciones de saturación de actividades y cansancio que suelen dificultar los procesos de atención activa y consecución de estados de flujo de bienestar.

Desde la estimulación cerebral que pretendemos generar con nuestras holofonías sintéticas asociadas a ondas cerebrales, esperamos conseguir en la aplicación posterior que se realizará tras la presentación de este trabajo, ayudar a los sujetos a superar estas situaciones deficitarias transformándolas en flujos de bienestar favorecedores de desarrollo creativo.

5.3. Instrumentos de investigación

5.3.1. Programas informáticos.

Serán tres los programas de software a utilizar: un generador de onda frecuencial (mda TestTone), un editor o mezclador de sonido que permita la integración de plugins (Cubase 5) y un emulador holofónico (H3D Binaural Spatializer). El software de edición holofónica sintética aplicado en las aulas será libre, sencillo y compatible con los sistemas operativos Windows y Linux.

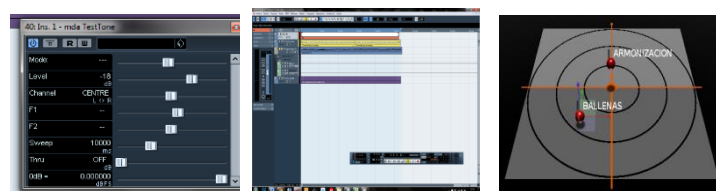


Fig. 4. (De izquierda a derecha) Mda TestTone, Cubase, H3d Binaural Spatializer. Elaboración propia.

5.3.2. Producción de audios tipo de muestra

De forma anticipada se han generado tres las muestras sonoras que esperamos que propicien la generación de estados de flujo de bienestar. Se produjeron mediante una composición tonal, frecuencial y holofónica determinada que se ha combinado combinan con sonidos naturales para hacerla más agradable y estimulativa cerebralmente.

Cada secuencia de muestra contiene de forma individualizada las tonalidades armónicas de Do Mayor, Re Mayor y Fa# Mayor. Se ha recurrido a la inserción de ondas cerebrales Gamma (40Hz), para aumentar la estimulación neuronal. Los estímulos sonoros naturales utilizados han sido sonidos de ballenas, tormentas y otros recogidos de espacios naturales silvestres.

Estas ejemplificaciones sintéticas quedan insertadas en el anexo número 1



Gráfico 2. Combinación Holofónica sonora para el estado de flujo. Elaboración propia

5.3.3. Formación docente mediante un manual básico de edición holofónica sintética

Como segundo fruto anticipado de nuestro diseño experimental se ha elaborado un manual de creación propia para el aprendizaje de la edición holofónica sintética, con el objeto de facilitar al colectivo de profesores de música interesados de los conocimientos básicos necesarios para iniciarse en la producción. Este manual se inserta en el anexo número 2

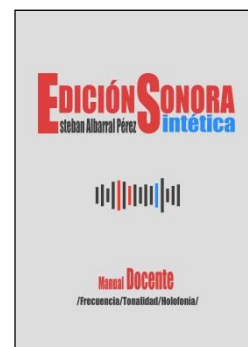


Fig. 5. Portada manual docente de edición sonora sintética. Elaboración Propia

Este manual recoge estrategias de identificación de dificultades, así como un planteamiento detallado de los objetivos de las acciones a realizar. Los apartados de holofonía, ondas frecuenciales, tonalidad emocional y edición sintética son explicados con detalle con ilustraciones ejemplificadas para su desarrollo educativo, informando de los riesgos y prevenciones necesarias. La metodología de trabajo presentada en cinco fases ayuda a desarrollar en el alumnado los conocimientos necesarios para una composición holofónica sintética adecuada.

5.3.4. Recogida de datos y posible muestra

La recogida de datos puede centrarse en un primer apartado en el diagnóstico de los conocimientos previos del alumno y el registro de las reacciones observadas durante la actividad. El progreso se puede realizar de pautas de observación en las que reflejen los comportamientos y conocimientos adquiridos.

La elaboración del test de rapidez perceptiva facilitada por la página virtual www.todostustests.com será el instrumento evaluador que ayude a valorar la potencial mejora de la atención del sujeto, aplicado antes y después de las experimentaciones. Este test se elabora de manera virtual agilizando su evaluación.

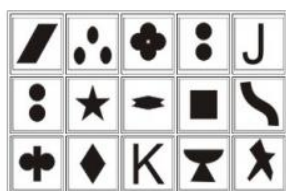


Fig. 6. Test de rapidez perceptiva. <http://www.todostustests.com/TAP.html>

5.3.5. Evaluación

La evaluación de los procesos de elaboración holofónica sintética e identificación del estado de flujo en el aula se puede llevar a cabo mediante pautas de registro. El uso de test de rapidez perceptiva y de cuestionarios debe ayudar a generar un discurso sistematizado de descripción de procesos y resultados valorando con ello si se ha conseguido generar estados de flujo de bienestar y motivación creativa.

Un posible esquema de evaluación sería la aplicación de un primer cuestionario para recoger la información personal, seguidamente se aplicaría el test de rapidez perceptiva (con una duración de 2 minutos). Finalizados los ejercicios sonoros que contienen los estímulos holofónicos asociados a las ondas cerebrales previstas, se volvería a aplicar el test de rapidez perceptiva seguido de una entrevista personal en la que el sujeto cuente como se ha sentido y las sensaciones y emociones experimentadas, que se registraría en video, para su posterior codificación y análisis.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abundis, M. (2014). *¿Qué son y para qué sirven los sonidos binaurales o binaural beats?*. Recuperado de: <http://masabundancia.com/salud/que-son-y-para-que-sirven-los-sonidos-binaurales-o-binaural-beats/>
- Ayala Y. A., Pérez-González D, Duque D., Nelken I. & Malmierca M.S. (2013). *Frequency discrimination and stimulus deviance in the inferior colliculus and cochlear nucleus*. *Front Neural Circuits*. 6 (119). Doi: 10.3389/fncir.2012.00119.
- Barahona, M.N.; Sánchez A.; Urchaga J.D. (2013). *La Psicología Positiva aplicada a la educación: el programa CIP para la mejora de las competencias vitales en la Educación Superior*. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*. 6 (4) 244-256
- Chacón Medina A. (2005). *Teoría y práctica de las nuevas tecnologías en la formación de maestros*. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Chandrasekaran L., Xiao Y. & Sivaramakrishnan S. (2013) *Functional Architecture of the Inferior Colliculus Revealed with Voltage-Sensitive Dyes*. *Front Neural Circuits*. 7 (41). Doi: 10.3389/fncir.2013.00041
- Chiappa K. H, Glasdstone K. J, Young R.R. (1979). *Brain stem auditory evoked responses. Studies of waveform variations in 50 normal human subjets*. *Archives of Neurology*, 36(2) 7-81.
- Csikszentmihalyi, M. (1998) *Creatividad: el flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Barcelona: Paidós
- Csikszentmihalyi, M. (2012). *Aprender a fluir*. Barcelona: Kairós (Orig. 1997)
- Csikszentmihalyi, M. (2013). *Fluir (Flow): una psicología de la felicidad*. Barcelona: Kairós (Orig. 1990).
- Despins, J. P. (1989). *La música y el cerebro*. Barcelona: Gedisa
- EducarChile. *Estudiar música para mejorar los aprendizajes*. Recuperado de: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=206381>
- Estévão P., Andrade & Bhattacharya J. (2003) *Brain tuned to music*. *J R Soc Med*. 6 (96) 284–287. pmcid: PMC539509
- Fernández-Abascal E.G. y Palmero, F. (1999): *Emociones y salud*. Barcelona: Ariel

- Fox B. (1983). *“Tomorrow`s sound” is a blast from the past*. New Scientist. (98). 1352. ISSN 0262-4079.
- Gary H. (1990). *The natural and the normative: theories of spatial perception from Kant to Helmholtz*. Cambridge: MitPress
- Grothe B., Pecka M. & McAlpine D. (2010) *Mechanisms of Sound Localization in Mammals*. *Physiol Rev* (90). 983–1012 doi: 10.1152/physrev.00026.2009
- Gruters K., Groh J. M. (2012). *Sounds and beyond: multisensory and other non-auditory signals in the inferior colliculus*. *Front Neural Circuits*. 6 (96). doi: 10.3389/fncir.2012.00096
- Guzmán J. J. (2015). *Propiedades del sonido*. Neurofisiología Málaga. Recuperado de: <http://neurofisiologiagranada.com/peatc/peatc-propiedadesdelsonido.htm>
- Helmholtz H. (1954). *On the Sensations of Tone*. Nueva York: Dover Publ.
- Kraus J. (2015) The effect of binaural beats on working memory capacity. *Soutezni*, p.3-10. (Tesis de licenciatura). Masaryk University. Rep. Checa
- Li L., Yue Q. (2002). *Auditory gating processes and binaural inhibition in the inferior colliculus*. *Hear. Res.* 168. pp. 98–109.
- Libâneo J. C. (2013). *¿Adiós profesor, adiós profesora?: nuevas exigencias educativas y nueva profesión docente*. Barcelona: Octaedro.
- Llinares J., Llopis R. & Sancho J. (2007) *Acústica arquitectónica*. México: Limusa.
- Loftus W.C., Bishop D.C., Saint Marie, R. L., & Oliver, D. L. (2004). *Organization of binaural excitatory and inhibitory inputs to the inferior colliculus from the superior olive*. *J. Comp.Neurol.* 472 (3) Doi: 10.1002/cne.20070
- McAlpine, D., Jiang, D., Shackleton, T. M., & Palmer, A. R. (2000). *Responses of neurons in the inferior colliculus to dynamic interaural phase cues: evidence for a mechanism of binaural adaptation*. *J. Neurophysiol.* 83 (3). 1356-65. PMID: 10712463
- Meulders M. (2010). *Helmholtz: from enlightenment to neuroscience*. Cambridge: MitPress

- Montell, R., Segura, J. Montell, R., Cerdá, S. Barba, A., Moya, T.,... Giménez, A. (2009). *Sistemas de auralización y sonido 3D para su aplicación en entornos virtuales de edificios del patrimonio histórico-arquitectónico*. TecniAcúsitca. 40. (ISBN: 84-87095-17-3)
- Moya, A.M. (2009). *Las nuevas tecnologías en la educación*. ISSN 1988-6047 24. Recuperado de: http://www.csic.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_24/ANTONIA_M_MOYA_1.pdf
- Músicos por la consciencia. (2014) *Lista completa de frecuencias de_onda y efectos que provocan en el ser humano*. Musicoterapia Solfeggio. Recuperado de: <https://musicosporlaconsciencia.wordpress.com/2014/02/26/lista-completa-de-frecuencias-de-onda-y-efectos-que-provocan-en-el-ser-humano/>
- Padilla D. (2000) *Validación del "Proyecto Marta" como ayuda técnica a la comunicación para deficientes auditivos*. (Tesis doctoral). Universidad de Almería. Almería.
- Palmero F., Fernández-Abascal E.G. (1998). *Emociones y adaptación*. Barcelona: Ariel.
- Peretz, I, Zatorre, JR. (2005) *Brain organization for music processing*. Annu Rev Psychol. 56. 89–114. Doi: 10.1146/annurev.psych.56.091103.070225
- Piacente P. J. (2009). *Nace la primera Escuela Europea Virtual de Música*. Recuperado de: http://www.tendencias21.net/Nace-la-primer-Escuela-Europea-Virtual-de-Musica_a3132.html
- Prendes, MP., Castañeda L. & Gutiérrez I. (2010). *Competencias para el uso de TIC de los futuros maestros*. Comunicar: Revista Científica iberoamericana de Comunicación y educación. 35. 175-182.
- Rauschecker J.P. (1998), *Cortical processing of complex sounds*. Current Opinion in Neurobiology. (8) 516–521.
- Rinne, T., Balk, M. H., Koistinen, S., Autti, T., Alho, K., & Sams, M., (2008). *Auditory selective attention modulates activation of human inferior colliculus*. J. Neurophysiol. Gainesville: Springer

- Rivas J. (2012). *Cómo funciona la localización espacial del sonido*. Recuperado de: <http://www.juanrivassonido.com/localizacion-espacial-del-sonido/>
- Sadagopan S., Wang X. (2009) *Nonlinear Spectrotemporal Interactions Underlying Selectivity for Complex Sounds in Auditory Cortex*. The Journal of Neuroscience. 29(36) 11192–11202.
- Sánchez M.P. (1999): *¿Qué necesidades inmediatas tiene el profesorado en los niveles de secundaria en la atención educativa de los alumnos con deficiencia auditiva?*. Publicaciones Universidad de Pontificia, Salamanca, 229-240.
- Sánchez M.P. (1996): *Atención educativa a las necesidades especiales relacionadas con la audición*. Enciclopedia de Educación Especial. Archidona (Málaga): Aljibe.
- Sánchez, J., Lumbreras, M. (2010) *Ambientes Interactivos con Sonido Espacializado para Estimular la Cognición de Niños Ciegos*. Universidad de Chile, 14-20 Recuperado de: https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0CEEQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FJaime_Sanchez7%2Fpublication%2F255647110_Ambientes_Interactivos_con_Sonido_Espacializado_para_Estimular_la_Cognición_de_Niños_Ciegos%2Flinks%2F0deec5367064b33f0600000.pdf&ei=1_ckVdyfCcLcaNjagPAO&usq=AFQjCNE5OyAa059ZUGGC2Z-pgeNm7F9V2w&sig2=ANsYprYmLSf44WxT3nWIHg
- Soria-Urios G., Duque P & García-Moreno JM (2011). *Música y cerebro: fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales*. Rev Neurol 52 (1) 45-55. PMID: 21246493
- Tramo M.J., Cariani P.A., Delgutte B. & Braidia L.D. (2001). *Neurobiological Foundations for the Theory of Harmony in Western Tonal Music*. Ann NY Acad. 930. 92-116. PMID:11458869
- Viveros, J.A. (2009). *Aplicación de técnica de grabación y mezcla binaural para audio comercial y/o publicitario*. Pontificia universidad javeriana. p.17-29. Recuperado de: <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/4390/1/tesis69.pdf>
- Voss U. Holzmann R, Hobson A, Paulus W, Koppehele-Gossel J., Klimke A. & Nitsche M. (2014). *Induction of self-awareness in dreams through*

frontal low current stimulation of gamma activity. Nature Neuroscience. 17. 810–812. Doi:10.1038/nn.3719

- Yu J. J., Eric D. (2013). *Young Frequency response areas in the inferior colliculus: nonlinearity and binaural interaction* Front Neural Circuits. 7 (90). doi: 10.3389/fncir.2013.00090. Recuperado de: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fncir.2013.00090/full>
- Zatorre, RJ, Peretz I. (2001). *The biological foundations of music.* 930. 439-442. Ann NY Acad Sci. Nueva York: New York Academy of Sciences.

6.1. Videografía

- Anna Al. (2009) *El oído Humano.* Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=HKblTQfOJJ4>
- Audífonos (2009) *El oído y la Audición.* Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=rd6_zrvwk7U
- Jaquelina Perrone. (2010) *Vídeo ondas sonoras.* Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=8VLyX0onji0>
- Conlida (2009) *Cualidades y transmisión del sonido.* Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=CVAB6tEB6lo>
- National Museum of American History. (2012) *Helmholtz Resonator.* Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=A9XLNH8FPd0>
- Taller del Arca. (2012) *Holofonía – Hugo Zuccarelli (1997).* Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=sz3TXF7f18>
- Diario Publicable (2012). *Hugo Zuccarelli hablando de Holofonía..* Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=To76OKGKgtk>
- Santiago J. F. (2013). *Entrevista a Hugo Zuccarelli sobre Holofonía.* Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Ux-afJdxQtU>
- Egegural (2008). *Hugo Zuccarelli's holographic sound demonstration stereo.* Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=6iIAgmMdayk>

ANEXOS

Anexo 1. Audios holofónicos sintéticos de muestra de producción artesanal..

TFG Holofony – Do Mayor 40Hz Walles

TFG Holofony – Re Mayor 40Hz Water&Birds

TFG Holofony – Fa# Mayor 40Hz Rainstorm

Anexo adjuntado en documento y CD

Anexo 2. Manual de Formación docente mediante un manual básico de edición holofónica sintética.

Anexo adjuntado en documento

Otros anexos complementarios

- Anexo 3 *Sistema biológico de audición humana*
- Anexo 4 *¿Que es el colículo inferior?*
- Anexo 5 *Umbral auditivo*
- Anexo 6 *Determinación de posición de una fuente de sonido*
- Anexo 7 *Estudio de modelo de Flujo*
- Anexo 8 *Esquema de las tonalidades y emociones*
- Anexo 9 *Física del sonido, la interpretación de la onda.*
- Anexo 10 *Frecuencias sonoras y su efecto físico corporal*
- Anexo 11 *Historia de la Holofonía*
- Anexo 12 *Holofonía*
- Anexo 13 *Beneficios y limitaciones de la Holofonía sintética*
- Anexo 14 *Tabla de recogida de datos de alumnos y progreso de trabajo.*
- Anexo 15 *Test de Rapidez perceptiva*
- Anexo 16 *Cuestionario personal de experiencia y sensaciones*

Anexo 1 Audios holofónicos sintéticos de muestra de producción artesanal.

Los audios sonoros que se llevarán a cabo en la sesión de investigación vienen adjuntados en un formato digital junto con el propio documento. Sin embargo éstos pueden ser descargados de un depósito virtual propio en el siguiente enlace.

<https://mega.nz/#F!vIASEI5B>

Se han llevado a cabo tres elementos de composición musical; una onda frecuencial única (Gamma 40Hz), una composición armónica determinada y un efecto sonoro natural el cual variará en cada una de las tres composiciones, ésta pista acompañará potenciando la representación mental del espacio virtual que se quiera emular para la estimulación cerebral.

Para identificar la disposición holofónica de cada elemento se han facilitado representaciones gráficas espaciales de la posición exacta de cada uno. Éstos serán representados según su ubicación ya sea en un espacio superior, inferior o periférico.

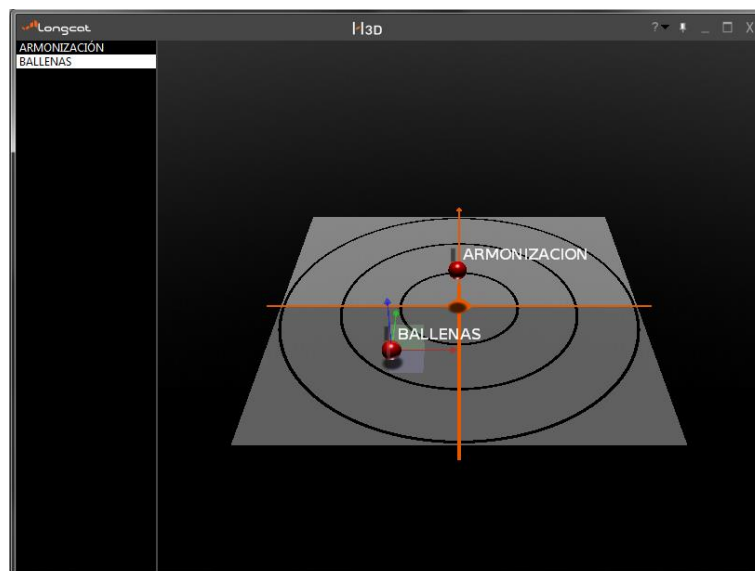
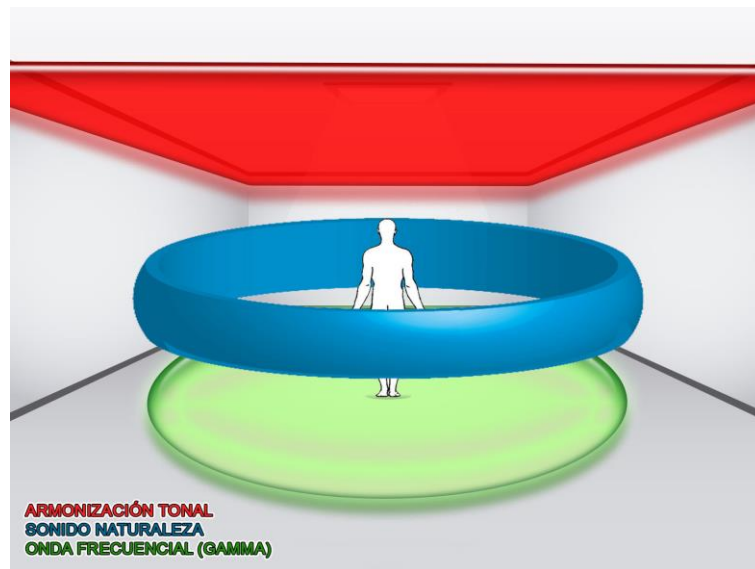
Cada estímulo sonoro es representado con un color que lo identifica. Los sonidos de armonización tonal serán identificados con el color rojo, la frecuencia de onda Gamma (40 Hz) la cual se ha tomado por su mayor actividad cerebral activa respecto a las otras se identifica con el color verde, y los efectos sonoros de la naturaleza que acompañan a la composición armónica vendrán relacionados con el color azul.

Además, para su visualización en los sistemas de programación virtual holofónico o VSTi se han tomado muestras visuales del programa, facilitando así su representación esquematizada durante el proceso de creación de las muestras sonoras.

Pistas sonoras elaboradas holofónicamente y su relación con el estado de flujo, acompañadas de sus representaciones espaciales visuales y virtuales.

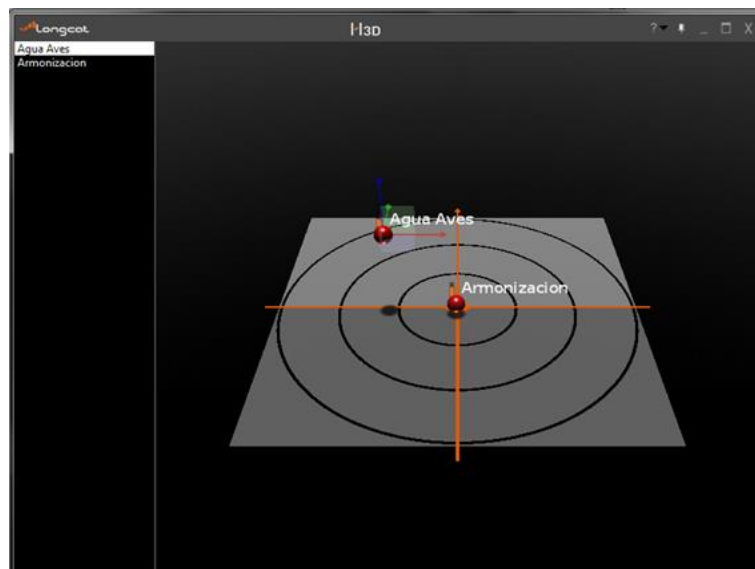
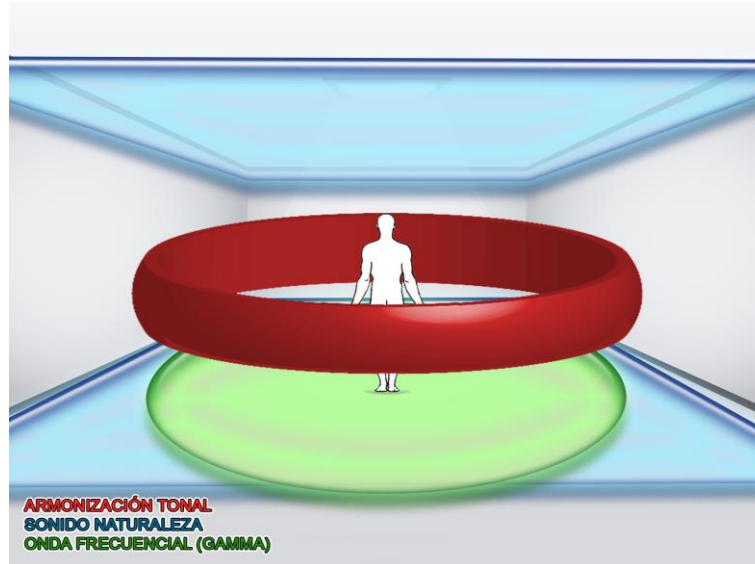
TFG Holofony – Do Mayor 40Hz Wallis

Espacio sonoro acuático, rodeado de animales marinos. Facilita el estado de alegría evocando la inocencia con un estado de simplicidad y pureza.



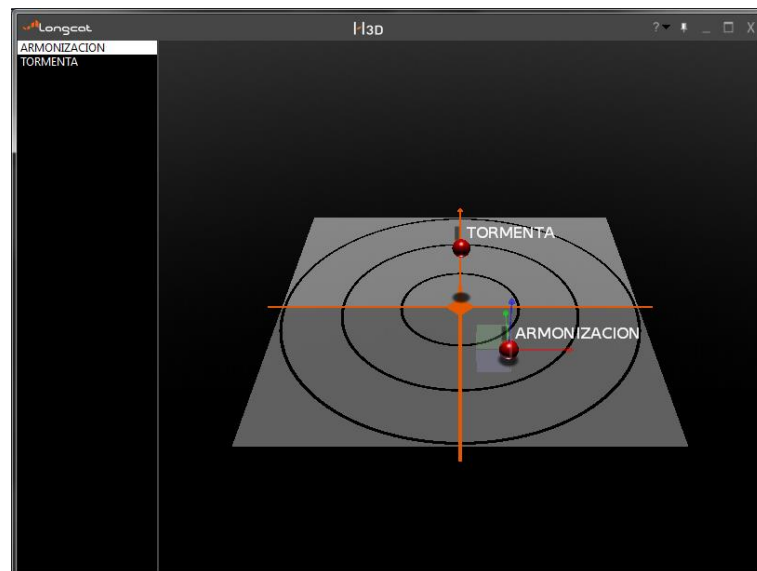
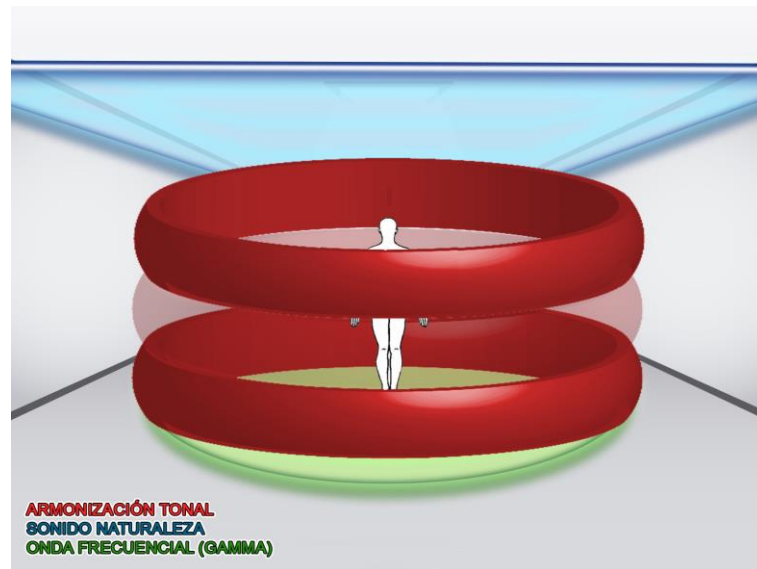
TFG Holofony – Re Mayor 40Hz Water&Birds

Espacio sonoro lleno de vida, sensación de triunfo y júbilo en armonía con la naturaleza.



TFG Holofony – Fa# Mayor 40Hz Rainstorm

Espacio sonoro que evoca el fin de un duro esfuerzo, la satisfacción por haber realizado una labor dura nos ofrece alivio y sosiego, merecedores del mayor de los reconocidos descansos.



Anexo 2 *Manual de Formación docente mediante un manual básico de edición
holofónica sintética*

EDICIÓN SONORA

steban Albarral Pérez **intética**



Manual **Docente**

/Frecuencia/Tonalidad/Holofonía/

1- INTRODUCCIÓN

2- OBJETIVO DE ESTE MANUAL

3- CREANDO NUESTRO MATERIAL SINTÉTICO (Windows – Linux)

a. ONDAS FRECUENCIALES

i. Selección de ondas ideales para trabajar

b. TONALIDAD EMOCIONAL

c. CREACIÓN HOLOFÓNICA

4- APLICACIONES EN EL AULA

INTRODUCCIÓN

Este manual tiene la intención de mostrar al docente cómo elaborar de forma rápida y sencilla pequeñas o extensas muestras de audio holofónicas editadas de forma sintética, a las cuales le podremos adjuntar frecuencias de onda específicas que influyen en el cuerpo y el cerebro del oyente afectando de una forma positiva a sus condiciones físicas, psicológicas o emocionales.

Se trabajará con software libre, el cual podemos disponer de forma inmediata en la red gracias a su facilidad de descarga y poco peso virtual. El software es en su mayoría compatible con los sistemas operativos de Windows y Linux (Guadalinex).

Será imprescindible disponer de medios de reproducción digital con auriculares, ya sea en los propios ordenadores o reproductores portátiles, siempre y cuando trabajemos el campo holofónico. La edición estéreo la cual dispondrá solo de la frecuencia de onda adjuntada a un audio estéreo estándar no requerirá de auriculares obligatoriamente, ésta puede ser reproducida mediante un equipo estéreo de amplificación compatible con la amplitud de frecuencia que se emita para ofrecer la mejor calidad de percepción sonora posible.

OBJETIVO DE ÉSTE MANUAL

El objetivo del manual que se presenta no es ni más ni menos que un recurso escolar más que ayuda a la mejora del alumno en los aspectos referentes al desarrollo, cumplimiento y superación de los objetivos y competencias propios del currículo educativo.

Ciertamente los datos indicados son muy básicos, pero se recomienda que el docente tenga unos conocimientos básicos no solo de informática y programación para defenderse frente a estos programas sino también unas bases asentadas de acústica y teoría musical, los cuales ayudarán a que esta práctica se lleve a cabo con la mayor precisión y efectividad posible.

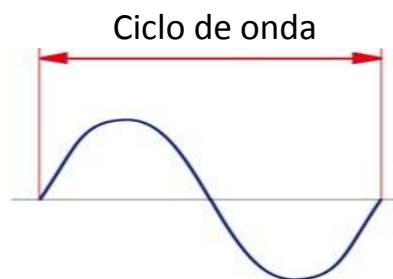
En el caso de que el docente domine aspectos teóricos-armónicos referentes al campo musical, podrá ampliar considerablemente los efectos y resultados deseados. También si es conocedor de la programación musical con instrumentación virtual (VSTI) podrá no solo editar los campos musicales sino además crearlos, siendo este un elemento muy importante, pues el material creado se adaptaría totalmente a las condiciones de los sujetos a los que se les presentaría las muestras sonoras.

Son muchos los aspectos que pueden entrelazarse y complementarse con este trabajo, lo cual amplía el rango de docentes con diferentes conocimientos que puedan aplicar este tipo de manual de edición sonora, ya sean de ámbito virtual, teórico musical o del campo de la física acústica.

CREANDO NUESTRO MATERIAL SINTÉTICO

ONDAS FRECUENCIALES

Por definición sabemos qué es una onda, pero una onda frecuencial primeramente hay que saber que la frecuencia hace referencia a la cantidad de veces que un ciclo de onda (en este caso) se repite por una unidad de tiempo. Por lo que según el número de ciclos por segundo aplicados a otros factores como la intensidad de dicha onda, podremos emitir un sonido determinado con unas características básicas de tono e intensidad. La frecuencia de honda se mide en Hertzios (Hz).



Hay que conocer que la audiodfrecuencia humana, es decir, las frecuencias audibles para el ser humano se encuentran entre los 20 y los 20.000 Hz. Las ondas superiores o inferiores (infra/ultrasonidos) a este rango de frecuencia no van a ser percibidas por el oído humano, pero igualmente influyen sobre la materia. Por lo que hay que tener en cuenta su efecto sobre el cuerpo humano y más sobre el elemento que vamos a trabajar: el cerebro.

Las ondas pueden ser creadas de forma analógica, con generadores de tono o por diferentes instrumentos electrónicos, sin embargo, nuestro trabajo se centra en el ámbito sintético, una producción totalmente virtual, por lo que para su producción necesitaremos dos elementos importantes: **Un generador de tono o emulador de tono y un editor de tono.**

- **Generador de tono**

Es un programa que nos muestra y emite en tiempo real una onda con una frecuencia e intensidad determinada. Esta frecuencia e intensidad puede ser variada directamente a elección, proporcionándonos un conocimiento inmediato del tipo de onda que queremos trabajar con unos parámetros deseados. El generador de tono solo genera el sonido, éste no puede ser guardado ni editado o exportado a otros formatos de audio, esa función le corresponde al editor de tono.


Generador de tono: Windows (Generatosaur)

CANAL DE ONDA

- Diferencia canal izquierdo y derecho
- Podemos emitir dos frecuencias por canal
- Se puede escoger tipo de onda (SINUS es la apropiada, es la más limpia y pura)

Tarjeta de sonido (PC por defecto o la que tengamos)

Volumen de potencia



Una vez editados los parámetros deseados, pulsamos **PLAY** para escuchar la onda generada.

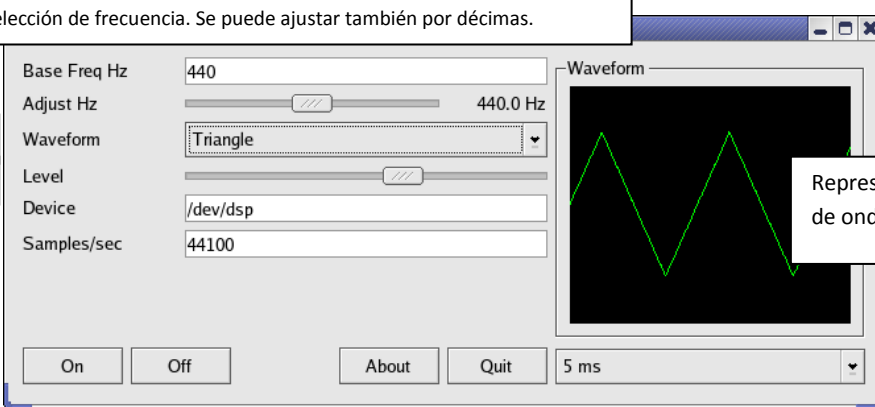
Barras sonoras visuales, también disponen de barra de potencia individualmente.

Generador de tono: Linux (SignalGen)

Tipo de onda

Selección de frecuencia. Se puede ajustar también por décimas.

Volumen de potencia



Una vez editados los parámetros deseados, pulsamos **ON** para escuchar la onda generada.

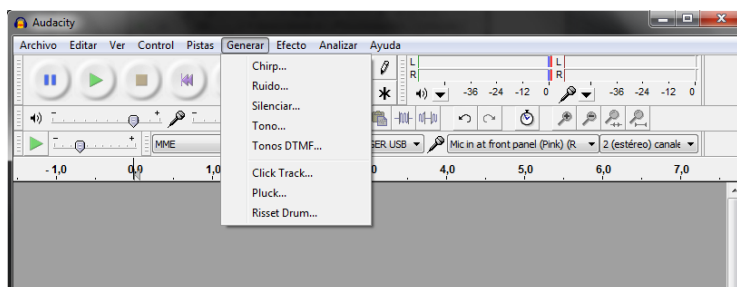
Representación de onda

- Editor de tono

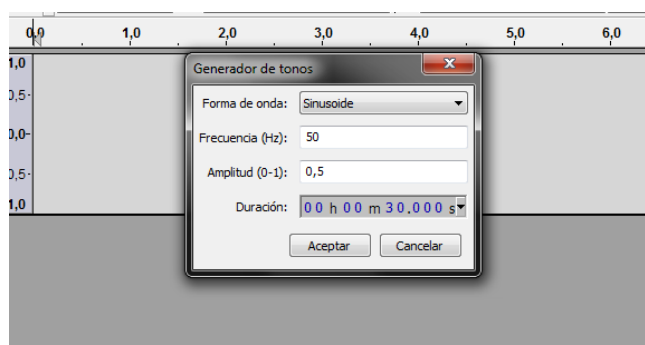
El editor de tono será un programa el cual tendrá las mismas funciones que el generador de tono, con la diferencia de que éste puede exportar y editar el tono como si de una pista de audio estándar se tratase.

El editor de tono que usaremos será “Audacity” compatible tanto en Windows como en Linux. Este programa es el más común para su uso como editor de sonido, sin embargo no lo usaremos esta vez como editor sino como generador/editor de ondas de frecuencia sonora. Para ello nos valdremos de su propio generador integrado. Lo explicaremos cómo crear una onda sonora en sencillos pasos:

- 1- Abrimos Audacity y accedemos al menú “GENERAR” y seleccionamos “Tono...”

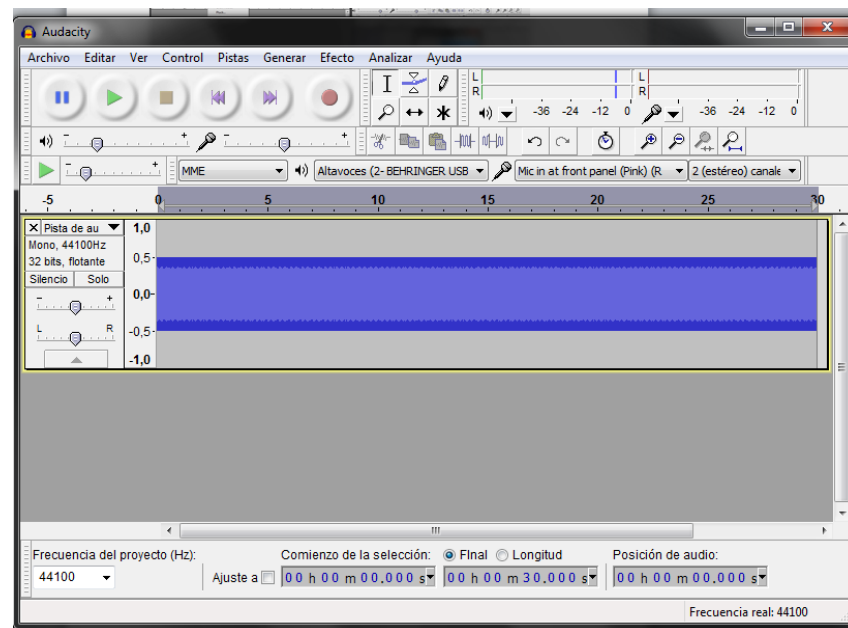


- 2- Se nos abre una ventana con parámetros idénticos a los del Generador de onda, donde podremos especificar el tipo de onda a trabajar
 - a. Forma de Onda. Para seleccionar el tipo de onda (Sinusoide es la más limpia)
 - b. Frecuencia (Hz). Seleccionaremos la frecuencia deseada. Para saber cómo sonaría esta onda usaríamos el generador de tono como emulador para ver una muestra de la onda deseada.
 - c. Amplitud. Aquí podremos trabajar la amplitud de onda que nos permitirá trabajar solo con los rangos existentes entre 0 y 1.
 - d. Duración. Es la duración de emisión que tendrá la onda. Ésta se puede variar.



- 3- La onda está creada sobre una pista editable y como cualquier pista de audio de Audacity podremos editarlo, ampliar su potencia sonora, añadirle efectos o incluso añadir varias pistas sonoras de canciones y combinarlas al gusto. Finalmente todo el trabajo puede exportarse para ser guardado en los diferentes formatos de audio que este programa pueda permitirnos (MP3, WAV, etc.)

Para escuchar la onda simplemente será necesario darle al icono de PLAY.



Selección de ondas ideales para trabajar

Onda Cerebral	Características y efectos físico-psicológicos	Rango (Hz)
DELTA	Muy largas. Muy lentas. Sueño profundo	0,1 – 4
THETA	Muy lentas. Asociadas a la extrema creatividad	4 – 8
ALFA	Relajación. Estado de Calma y paz interior	8 – 13
BETA	Más Rápidas. Muy comunes en la actividad cerebral	13 – 40
GAMMA	Más rápidas. Presentan mucha más actividad mental. Son las más recurridas en el ser humano	40

ONDA	RANGO (Hz)	EFECTOS
THETA	0,50 – 0,10	Estado épsilon. Meditación avanzada, niveles altos de inspiración
	3,50 – 7,50	Estado Theta. Conocimiento, emociones, imaginación
	4,90 – 4,90	Relajación, meditación, introspección
	5,0 – 10,0	Estados de relajación
	6,0 – 10,0	Visualización creativa
ALFA	8,0 – 8,60	Reducción de la ansiedad, reducción del stress
	8,0 – 10,0	“Low Alpha”. Aprendizaje de nueva información
	8,0 – 12,0	Estado Alpha. Pensamiento positivo, inspiración, motivación.
	10,0 – 12,0	Estado Alfa superior. Sincronización cuerpo y mente, centrarse
	11,0 – 11,0	Reducción del stress.
BETA	14,0 – 14,0	Alerta, despierto. Concentración en las tareas, trabajo o actividades
	36,0 – 44,0	Rango de aprendizaje. Pensar, estudiar. Sentido del olfato, procesamiento.
GAMMA	40,0 – 40,0	Resolución de problemas en situación de miedo. Mecanismo de defensa.

Tabla 1 y 2. Ondas cerebrales ideales para el estado de flujo. Fuente: Adaptado de Helmholtz (1954)

TONALIDAD EMOCIONAL

Durante todos estos tiempos, el ser humano ha intentado mediante la música llegar a expresar sus sentimientos, sus emociones, y que el oyente comprendiese todo y cuanto dijeran sus propias melodías musicales. Gracias a esto y al gran número de compositores que elaboraron obras referentes de cada una de las tonalidades existentes se ha podido extraer un esquema general de la finalidad expresiva de cada una de las tonalidades musicales según lo que cada obra y compositor han intentado expresar con cada una de sus melodías.

Este estudio está centrado en las investigaciones de Hermann L. F Von Helmholtz en su libro "The Sensation of Tone" Pg. 182, donde habla de las sensaciones que el ser humano experimenta mediante las vibraciones de onda y pulsaciones que los intervalos de tono (que combinadas forman las escalas tonales o modales) afectan al comportamiento y estado natural de la persona.



De toda la lista de tonalidades existen cuatro que nos interesarán bastante ya que sus efectos son alegres, motivadores y beneficiarán al resultado que buscamos en nuestra edición sintética.

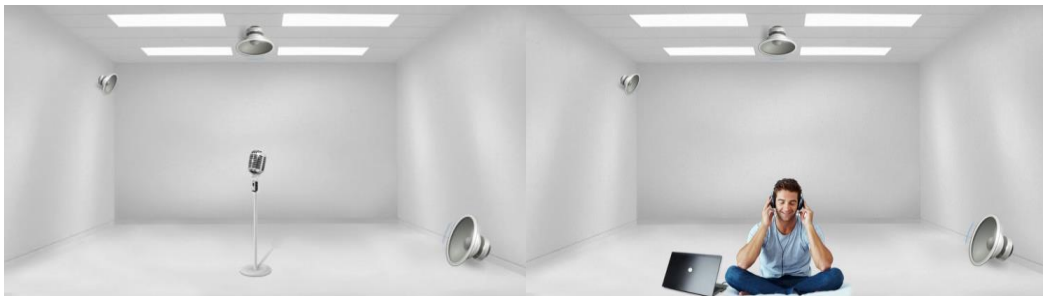
Tonalidad	Personalidad
<i>Do</i> mayor	Alegre, guerrero, completamente puro. Su carácter es de inocencia y de simplicidad.
<i>Re</i> mayor	Feliz y muy guerrero. El triunfo, Aleluyas, júbilo, victoria.
<i>Fa #</i> mayor	Triunfo sobre la dificultad, libertad, alivio, superación de obstáculos, el eco de un alma que ferozmente ha lidiado y finalmente conquistó.
<i>Sí b</i> mayor	Magnífico, alegría, amor alegre, conciencia limpia, metas y deseos por un mundo mejor.

CREACIÓN HOLOFÓNICA

La holofonía Es un sistema de grabación alternativo, creado en los años 80 por Hugo Zuccarelli. Sencillamente se basa en la grabación de sonidos emitidos a una distancia y espacio determinado, y éstos al ser reproducidos emiten el sonido tal y como fue grabado, misma distancia, posicionamiento, efecto, etc.

No confundamos el sonido holofónico con el sonido estéreo o el sonido envolvente (home cinema). Es totalmente diferente, con el sonido estéreo distinguimos sonidos que se emiten en dos parámetros auditivos (derecha e izquierda), con el sonido envolvente ocurre lo mismo solo que en lugar de tener dos parámetros izquierdo y derecho, lo ampliamos a cinco, seis, diez o los que uno quiera emitiendo por dichos focos auditivos el sonido que se programe.

El sonido holofónico sin embargo, reproduce uno o varios sonidos que han sido grabados en un parámetro de 360° sobre las coordenadas X, Y, Z. Su función principal se basa en la reproducción de dichos sonidos mediante audífonos, dando la sensación espacial auditiva del primer entorno grabado aunque el sujeto se encuentre en otro totalmente diferente.



Para la elaboración de la producción holofónica será necesario el uso de plugins específicos, el predeterminado para usar será totalmente compatible con nuestro programa Audacity, con lo que no solo podremos con éste programa crear frecuencias de tono sino que además podremos aplicar a sus pistas efectos holofónicos sintéticos.

El programa (también llamado “plugin”) que usaremos será “Binaural Simulator” solo disponible para Windows, podremos usar otros programas compatibles que podamos encontrar en la red, ya sean de pago o licencia gratuita y para diferentes Sistemas Operativos (SO), siempre y cuando puedan ser integrados en Audacity. Binaural Simulator lo podemos descargar gratuitamente desde cualquier página de instrumentación virtual:

http://www.vst4free.com/free_vst.php?id=887

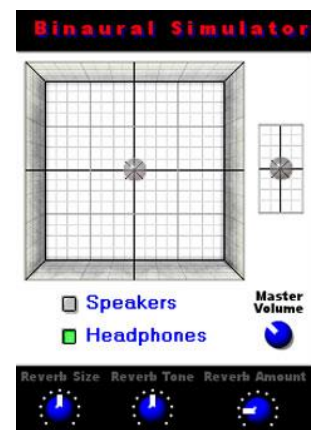
Antes de comenzar, debemos conocer cómo integrar un plugin VSTi en Audacity, para ello podemos acceder a su propio manual según el SO que tengamos.

<http://web.audacityteam.org/download/plugins?lang=es>

[http://manual.audacityteam.org/o/man/faq_installation_and_plugins.html#How do I install VST plugins.3F](http://manual.audacityteam.org/o/man/faq_installation_and_plugins.html#How_do_I_install_VST_plugins.3F)

Una vez instalado el Plugin en Audacity podremos comenzar a crear nuestras pistas de audio y tonos pudiendo crearlas en entornos virtuales holofónicos.

Cuando accedemos a la pantalla del plugin podemos observar aspectos muy básicos, podemos especificar el tipo de salida (auricular o altavoz) y editar parámetros específicos como la distancia, el tono o la cantidad de reverberación que se desee. Además posee un control general de volumen.



Hay que indicar que para que esto sea efectivo, la pista de audio a la que se le aplica este efecto deberá estar en modo estéreo, de lo contrario no serán perceptibles las ediciones holofónicas.

APLICACIONES EN EL AULA

Hay que destacar que este manual se presenta con una función principal; llevar a cabo pistas de frecuencias tonales y audiciones holofónicas para la mejora del rendimiento y la calidad de bienestar el oyente, en este caso el alumno.

El objetivo es que sean ellos mismos los que acaben por elaborar sus propias pistas musicales, para ello se deberá trabajar bajo supervisión, pues bien es cierto que existen frecuencias dañinas que pueden afectar al sujeto, es por ello que se les dará a conocer y se trabajará con frecuencias únicamente beneficiosas y se usarán audífonos de frecuencia estándar, los cuales evitarán que se emitan frecuencias de ultrasonidos dañinos debido a la baja calidad del auricular el cual solo registra frecuencias audibles e infrasonidos.

Cualidades del alumno para trabajar esta materia

- No padecer deficiencias acústicas
- Responsabilidad ante el uso de estos programas
- Trabajar siempre con un compañero al lado
- Dominio básico de software informático escolar
- Actitud positiva y motivadora ante este nuevo aprendizaje (les genera una mayor responsabilidad en su trabajo). Un alumno desmotivado puede actuar de forma inadecuada con estos programas.

Modo de trabajo

Será totalmente por el sistema de andamiaje. Se aprenderá a trabajar los conceptos y programas de forma básica uno por uno y luego se irán complementando entre sí hasta completar un dominio de varios programas en un mismo espacio de trabajo.

Cada fase se corresponderá con una sesión de trabajo.

1ª fase: “Conocer la función del trabajo y los programas básicos”

- Audacity
- Generador de tono
- Simulador Holofónico
- Actividad: Estudio sobre la holofonía y Acústica musical básica (ondas y materia)

2ª fase: “Trabajar con Audacity”

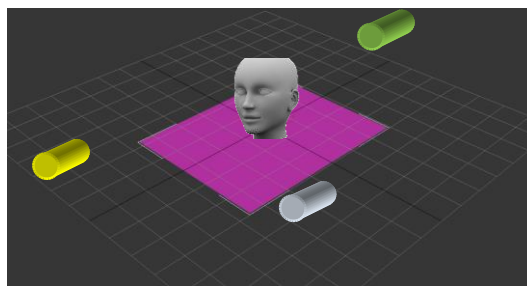
- Conocer los paneles de función básica
- Crear pistas
- Importar/exportar pistas de audios
- Editar pistas de audios
- Instalar Plugins
- Actividad: Importar audios, editar con plugins integrados y exportarlo a formatos de audio.

3ª Fase: “Frecuencias de Tono”

- Estudio de las frecuencias de tono y sus efectos
- Estudio de las tonalidades ligadas a las emociones.
- Estudio y práctica del Emulador y Generador de Tono con Audacity
- Actividad: Con Audacity, importar pistas de audio con música tonal alegre, insertar una pista de frecuencia de onda que genere un efecto acorde a la tonalidad (alegría, motivación, etc.), exportar todo el proyecto en un formato de audio.

4ª Fase: “Holofonía”

- Estudio elaborado sobre Holofonía. (diferencia estéreo-holofonía)
- Estudio y práctica del programa de Holofonía en Audacity
- Actividad: importa 3 archivos de audio a 3 pistas estéreo separadas en Audacity, edítalas holofónicamente especificando en un dibujo de plano tridimensional la posición aproximada en el espacio de los tres sonidos (recuerda indicar dónde se encuentra el punto “0”, que es la posición virtual del oyente), exporta todas las pistas a un único formato de audio.



5ª Fase: “FINAL”

- Elaborar un audio con una tonalidad específica, la cual añadiremos una frecuencia específica, todo en un espacio holofónico.
- Exportar el audio a formatos compatibles con dispositivos portátiles (mp3, wav, etc.)
- Experimentar sus beneficios mediante pruebas acústicas y análisis periódicos a lo largo del trimestre. Analizando resultados y posibles factores que puedan influir.