



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Sonido Binaural

Evolución Histórica y Nuevas Perspectivas con los Paisajes Sonoros

por

Yves Moncisbays Romero

Licenciado en Diseño Gráfico por la
Facultad de Estudios Superiores Acatlán de la
Universidad Nacional Autónoma de México

Dissertação submetida para satisfação parcial dos
requisitos do grau de mestre em

Multimédia

(Área de especialização: Música Interactiva e Design de Som)

Dissertação realizada sob a supervisão de

Carlos Manuel Cardoso Oliveira,

Professor Auxiliar Convidado

do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Abril 2011

AGRADECIMIENTOS

Quiero manifestar mi más profundo agradecimiento a todas las personas quienes, directa o indirectamente, contribuyeron para hacer de esta tesis una realidad.

En primer lugar, a mis padres y hermanos, ya que con su amor, enseñanzas y apoyo incondicional, me han forjado como ser humano y sin su ayuda, no hubiera llegado a donde estoy hasta ahora.

A mi amada compañera y amiga de por vida, Eliane, por todo su amor, comprensión, sus consejos y todo su apoyo en este recorrido que hemos hecho juntos, desde el día en que nos conocimos.

A mi orientador de tesis, Professor Carlos Oliveira, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a sus conocimientos, capacidad y experiencia académica, en un marco de confianza y amistad, fundamentales para la realización de esta tesis.

Al «Clube de Leitura de la FEUP», iniciativa de la Biblioteca de la FEUP con la especial colaboración de Susana Medina, Isabel Coutinho y la Dra. Ana Azevedo, Directora del Servicio de Documentación e Información de la Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

A mis amigos de la FEUP, en especial al equipo de “Engenharia Radio”, Ricardo Machado y Tiago Cavaleiro por toda su ayuda para la realización de las grabaciones de audio y por su amistad incondicional...obrigado amigos!

Dedico esta tesis en forma muy especial a Henri Augareils, (e.p.d.) gran ser humano y amigo.

Muchas gracias a todos.... Muito obrigado!

RESUMEN

El Sonido Binaural es un tipo de sonido que permite experimentar una sensación auditiva espacial y tridimensional. Al escuchar este sonido con auriculares, podemos apreciar el sonido en 360°, lo cual hace posible identificar la localización de las fuentes sonoras y de esta forma recrear una atmósfera sónica lo mas fiel posible a la realidad.

Por otra parte, los Paisajes Sonoros son una herramienta muy valiosa que nos permiten tener un registro acústico de la atmósfera de una determinada situación ubicada en un área y un momento determinados. Con esta información podemos conocer las “marcas de sonido” endémicas de áreas específicas, seguir el desarrollo de la contaminación acústica; así como también crear composiciones artísticas, entre otras aplicaciones.

El presente documento, pretende introducir el lector al Sonido Binaural, abordándolo conjuntamente con los Paisajes Sonoros y descubriendo de esta forma, nuevas perspectivas para sus aplicaciones futuras.

ABSTRACT

Binaural Sound is a type of sound that allows us to experience a spatialized and three-dimensional auditive sensation. When hearing this sound with headphones, we can appreciate the sound in 360 degrees, which permits to identify the location of the sound sources and, thus, recreate a sonic atmosphere as close as possible to reality.

The soundscapes are valuable tools, which allow us to have an acoustic register of an atmosphere from a specific situation located in definite space and time. With this information we can get to know the "sound marks" that are endemic of specific areas, following the evolution of sound pollution, as well as creating artistic compositions, among other applications.

This paper aims to introduce the Binaural Sound to the reader, to link it to a soundscape approach and to highlight new perspectives for future applications.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1. LA PERCEPCION DEL SONIDO | 11 |
| 1.1 FÍSICA DEL SONIDO | 12 |
| 1.2 LA AUDICIÓN | 17 |
| 1.3 LA AUDICIÓN BINAURAL | 21 |
| 2. SONIDO BINAURAL | 24 |
| 2.1 ORIGENES | 25 |
| 2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO BINAURAL | 32 |
| 2.2 HOLOFONÍA | 39 |
| 3. TECNICAS DE GRABACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE AUDIO BINAURAL | 44 |
| 3.1 GRABACIÓN | 44 |
| 3.2 EDICIÓN | 59 |
| 3.3 REPRODUCCIÓN | 63 |
| 4. APLICACIONES DEL SONIDO BINAURAL | 65 |
| 4.1 MUSICA | 65 |
| 4.2 MULTIMEDIA | 66 |
| 4.3 SALUD (Binaural Beats) | 69 |

| | |
|---|------------|
| 5. PAISAJES SONOROS | 72 |
| 6. PERSPECTIVAS BINAURALES EN LOS PAISAJES SONOROS | 81 |
| 7. PAISAJE SONORO BINAURAL | 88 |
| “LAS MURALLAS DE SAMARIS” | 88 |
| <i>7.1 LAS CIUDADES OSCURAS</i> | <i>88</i> |
| <i>7.2 LAS MURALLAS DE SAMARIS</i> | <i>91</i> |
| <i>7.3 PRODUCCIÓN DEL PAISAJE SONORO BINAURAL</i> | <i>97</i> |
| 8. CONCLUSIONES | 107 |
| GLOSARIO | 109 |
| INDICE DE FIGURAS | 112 |
| BIBLIOGRAFIA | 116 |
| ANEXOS | 122 |
| <i>“GUION TECNICO SONORO”</i> | <i>122</i> |

INTRODUCCIÓN

Cada día las tecnologías se desarrollan y por consecuente los métodos de trabajo, de producción y de creación están en constante evolución.

En el campo acústico, un ejemplo de este desarrollo, es la técnica de grabación binaural. Esta tecnología permite recrear con un gran realismo los sonidos en 360°, dando como resultado el Sonido Binaural. Este sonido permite experimentar una sensación auditiva espacial y tridimensional, la cual hace posible identificar la localización de las fuentes sonoras...es una experiencia muy similar a la de la escucha real *in situ*.

En el mismo sentido, desde que el desarrollo de las tecnologías de audio permitió la realización de grabaciones de buena calidad, y a si mismo, la comercialización de dispositivos de grabación y reproducción de audio se torno accesible a las personas; los sonidos ambientales se convirtieron en un valioso recurso para aquellos interesados en trabajar con ellos.

Como consecuencia, a finales de la década de los 60's e inicios de los años 70's, nació el concepto de "Paisajes Sonoros", como resultado de un estudio sobre ecología acústica.

Este documento, aborda el concepto de *Paisajes Sonoros* desde una perspectiva *Binaural*.

En el proceso auditivo *in situ*, normalmente utilizamos nuestras dos orejas para captar el sonido es decir, es un proceso *binaural*. En el capítulo 1, hago una breve introducción a la física del sonido así como a los fenómenos de la percepción sonora y la audición binaural.

Antes de que nos sea posible percibir las ondas sonoras, estas han pasado por diversos obstáculos físicos antes de llegar a nuestro cerebro, tales como los existentes en el espacio donde nos encontremos (muros, muebles, etc.) así como también, las ondas tienen que atravesar nuestro torso y cabeza antes de llegar a nuestras orejas.

Estos obstáculos hacen que el trayecto de las ondas, antes de recibirlas, sea único. Esta característica es la que nos permite identificar la posición de las fuentes sonoras y así tener una sensación de sonido espacial y/o tridimensional.

En el capítulo 2, expongo ampliamente el sonido binaural haciendo referencia en sus orígenes y su trayectoria a través de la historia a acústica, así como su evolución hasta nuestros días. En este mismo capítulo, también se mencionan las características generales de este sonido y se explica brevemente una tecnología muy similar... la holofonía.

Para que sea posible la grabación del sonido binaural, es necesario recrear al máximo posible todas las condiciones existentes en el proceso auditivo normal; para esto, actualmente existen varias soluciones, desde utilizar una réplica de una cabeza humana (Dummy Head) pasando por micrófonos especializados de diversos tipos. Estas y otras alternativas las desarrollaremos más adelante en el capítulo 3 "Técnicas de Grabación Edición y Reproducción de Audio Binaural"

En el siguiente capítulo (4) se muestran algunas aplicaciones actuales (en materia de música, multimedia y salud, por mencionar las más importantes), así como también se presentan algunas ideas y propuestas para el futuro.

Más adelante, en el capítulo 5, desarrollo el concepto de Paisajes Sonoros, su origen, sus objetivos y su evolución histórica.

Raymond Murray Schafer, creador del *World Soundscape Project*, define el paisaje sonoro como, "un ambiente sonoro o cualquier porción de ambiente acústico visto como un campo de estudios"¹. Mas concretamente podríamos definir al paisaje sonoro o "soundscape" (*termino original en ingles*), como el ambiente sonoro de un lugar específico, (p.e. en una granja podemos escuchar el sonido del gallo en el amanecer, los cerdos comiendo; el ruido de las vacas, el motor del tractor trabajando en los campos, los caballos relinchando, los perros ladrando, etc.).

Creando un *soundscape*, es decir, registrando el ambiente sonoro de una ciudad, pueblo o alguna zona geográfica determinada, podemos conocer información detallada e importante de la misma, como el nivel de impacto industrial en el medio ambiente, algunas costumbres de los habitantes, así como los rasgos sonoros (*soundmarks*) característicos de ese lugar. (p.e. el sonido de la campana de la catedral, las gaviotas en la ribera del río)

En el capítulo 6 desarrollo mi tesis abordando el tema de *las perspectivas binaurales en los paisajes sonoros*. Los paisajes sonoros permiten recrear la atmósfera sonora de un determinado lugar, un recorrido específico o incluso hacer una composición musical a base de sonidos ambientales. Si este concepto lo fusionamos con la tecnología binaural, se pueden obtener ventajas significativas en diferentes ámbitos, como el entretenimiento o la salud. Mi proyecto es realizar un paisaje sonoro binaural, descubriendo nuevas perspectivas en el desarrollo y en las aplicaciones de los mismos.

El siguiente capítulo (7), expone un ejemplo práctico de la concepción y desarrollo de un paisaje sonoro binaural basado en la novela gráfica: "Las Murallas de Samaris" (Schuiten & Peters, 1983).

Cabe mencionar que este proyecto esta enmarcado en la iniciativa del programa “Circulo de Lectura” realizado por la Biblioteca de la Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, (FEUP) en Portugal

El ultimo capitulo (8), esta dedicado a las conclusiones derivadas de esta investigación.

En este contexto, el propósito de este estudio se basa en los siguientes objetivos:

- *Estudiar y comprender la audición binaural, así como el fenómeno de localización sonora... ¿como es que percibimos y localizamos un sonido en el espacio?*
- *Investigar el sonido binaural, sus orígenes, desarrollo y el estado actual de esta tecnología.*
- *Comprender el concepto de paisaje sonoro, sus objetivos iniciales, su evolución y sus utilidades. ¿Para que sirven los paisajes sonoros?*
- *Fusionar e integrar los conceptos de “Paisaje Sonoro” y “Sonido Binaural”, profundizando en las ventajas y posibilidades que se obtienen al utilizar la tecnología binaural en la construcción de un paisaje sonoro.*
- *Descubrir nuevas perspectivas de los Paisajes Sonoros Binaurales y dejar referencias para sus usos actuales y sus posibles aplicaciones en un futuro próximo.*
- *Realizar como proyecto práctico, un Paisaje Sonoro Binaural*

Para finalizar esta introducción, deseo que este documento sirva para conocer y comprender las numerosas posibilidades (la mayoría de ellas subestimadas) del sonido binaural y los paisajes sonoros, así como también me gustaría estimular el debate y el intercambio de ideas para llegar a desarrollar nuevas y mejores aplicaciones alrededor del mismo.

¡Buenas ondas binaurales!

CAPITULO 1

1. LA PERCEPCION DEL SONIDO

Se encuentra en un café y decide tomar un momento para escuchar los sonidos que están a su alrededor, el sonido que producen las cucharas en la loza, la conversación amorosa de las personas a lado de usted, la música de la radio, el sonido del ventilador, el perro ladrando afuera, el ruido del trafico en la calle. La mayoría de la fuente de estos sonidos no esta a su vista, si pone más atención, será capaz de reconocer que las personas a 3 mesas de distancia de usted están discutiendo, que el llanto del niño proviene de la esquina izquierda de la sala, de pronto, escucha un estruendo agudo y usted esta seguro que se cayo al suelo un vaso en los que se acostumbra servir la cerveza (no una taza de café o un plato) aunque no lo haya visto. Tales ejemplos nos ayudan a demostrar el valor del sonido en la percepción del mundo.

La percepción del sonido se deriva de la interacción entre el entorno de una persona y su sistema auditivo (oídos).

Siendo la audición un proceso donde se correlacionan varios fenómenos acústicos y psicoacústicos es preciso separar su análisis en dos secciones:

La física del sonido y la escucha.

1.1 FÍSICA DEL SONIDO

En pocas palabras, el sonido es vibración.

Desde el punto de vista *físico*, Harry F. Olson define al sonido como “ una alteración en la presión, en el desplazamiento de las partículas, o en la velocidad de las mismas que se propaga en un medio elástico en forma de ondas.”²

El sonido puede pasar a través de muchas sustancias diferentes -sólido, líquido o gas- de hecho, requiere la presencia de un medio para desplazarse. El sonido no puede viajar en el vacío.

Chion lo define como “... una onda producida por la vibración mecánica en un soporte sólido o fluido y es propagada gracias a la elasticidad del medio ambiente en forma de ondas longitudinales. Fisiológicamente hablando, el sonido es la sensación auditiva que crea esta vibración cuando se transmite por un medio..”³

Para que se produzca un sonido es necesaria la existencia de:

- Un emisor o cuerpo vibrante
- Un medio elástico transmisor de esas vibraciones
- Un receptor que capte dichas vibraciones

El medio más común dentro del cual percibimos el sonido es, por supuesto, el aire.

El sonido causa vibraciones en las moléculas de aire, y esta energía del sonido se transporta hacia el exterior como ondas. De la misma manera que las ondas de agua se desplazan cuando tiramos una piedra en un estanque, así se mueve el sonido a través del aire. Una vez que terminamos de tirar la piedra, el estanque poco a poco volverá a su posición original, como si nada hubiera sucedido. Una vez que el emisor de sonido se detiene, las ondas sonoras van desapareciendo del aire gradualmente.

Además de el aire, el sonido también viaja a través del agua, y puede viajar a través de sólidos también, como la madera, concreto, hierro, etc. La facilidad con que puede hacerlo depende de la composición del medio y la naturaleza del sonido mismo.

“Las alteraciones de presión que constituyen el sonido se desplazan a una velocidad que depende del medio; es lo que se conoce como velocidad de propagación. En el caso del aire a nivel del mar, la velocidad del sonido es aproximadamente de 340 metros por segundo; es denominada Mach 1 en aviación. (Figura 0) De forma similar a lo que ocurre con la radiación electromagnética, el oído humano es capaz de percibir las perturbaciones de presión de las ondas acústicas”⁴.



Figura 0. “Sonic Boom” - F/A-18F atravesando la barrera del sonido.

U.S. Navy . ©Public Domain.

Las ondas viajan como una transferencia de energía dentro de un medio - una onda es básicamente una secuencia de compresiones (cohesión) y rarefacciones (separación) de las moléculas. ⁵ (Figura 1)

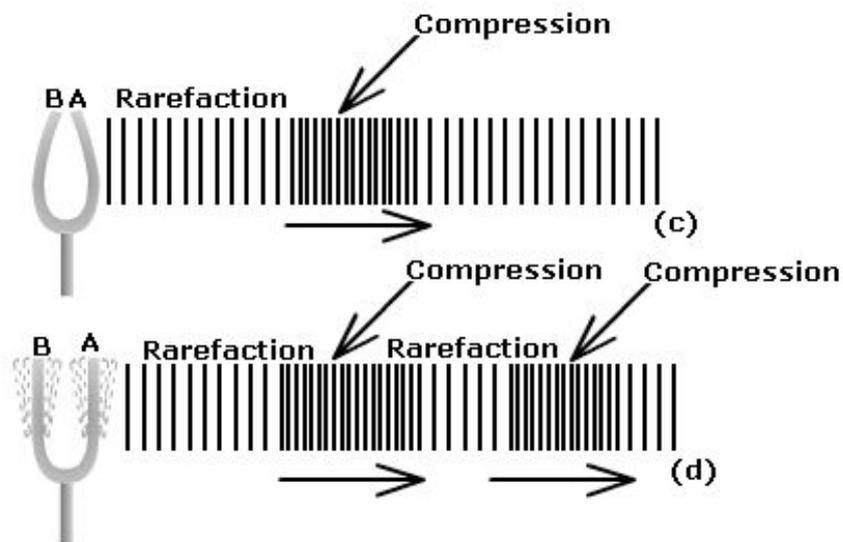


Figura 1. Onda Sonora Longitudinal.

© Fair Use.

Como el sonido se propaga en forma de ondas, tenemos que saber que características tiene la onda sonora para ver como se comporta.

Según L. E. Kinsler (Limusa, México, 1990), una onda sonora es mecánica, longitudinal y tridimensional⁶:

1.- Una onda mecánica.

Las ondas mecánicas no pueden desplazarse en el vacío necesitan hacerlo a través de un medio material (aire, agua, cuerpo sólido). Además dicho medio debe ser elástico y no rígido para permitir la transmisión del sonido. Ya hemos visto cómo se propaga la vibración a través de las partículas o moléculas que conforman el medio.

2.- Una onda longitudinal y/o transversal.

En las ondas longitudinales el movimiento de las partículas se desplazan en la misma dirección que la onda.

Mientras que en las ondas transversales el movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de la onda. (Figura 2)

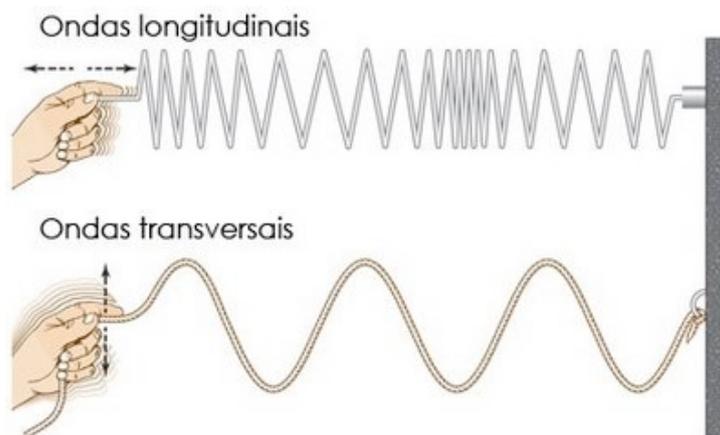


Figura 2. Ejemplos de ondas longitudinales y transversales.

© Fair Use.

3.- Una onda tridimensional.

Son ondas que se propagan en tres direcciones. Las ondas tridimensionales se conocen también como ondas esféricas, porque sus frentes de ondas son esferas concéntricas que salen de la fuente de perturbación expandiéndose en todas direcciones. (Figura 3)

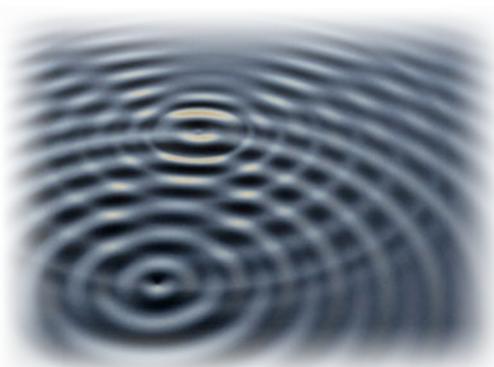


Figura 3. Onda Esférica.

© Free Content

Las características principales de las ondas sonoras son las siguientes.

- **Amplitud:** Es la diferencia entre los valores máximos y mínimos del movimiento ondulatorio en un punto. Representa la variación de presión existente en ese punto.
- **Frecuencia:** Es el número de veces que un fenómeno (periódico) se repite a sí mismo por segundo. Es la inversa del periodo de repetición (T).
Se mide en Hertzios (Hz), que representa la cantidad de oscilaciones por segundo.
- **Velocidad:** Es la velocidad a la que viaja la onda sonora. Depende del medio donde se propaga y de la temperatura. En el aire se toma 343 m/seg. Variando para otros materiales.
- **Longitud de onda:** Es la distancia perpendicular entre dos frentes de onda que tienen la misma fase. Esta longitud es la misma que la recorrida por la onda en un ciclo completo de vibración.

Se denomina con la letra griega lambda " λ " y se relaciona con la frecuencia (en Hz) y con la velocidad del sonido (en m/s) (Figura 4)

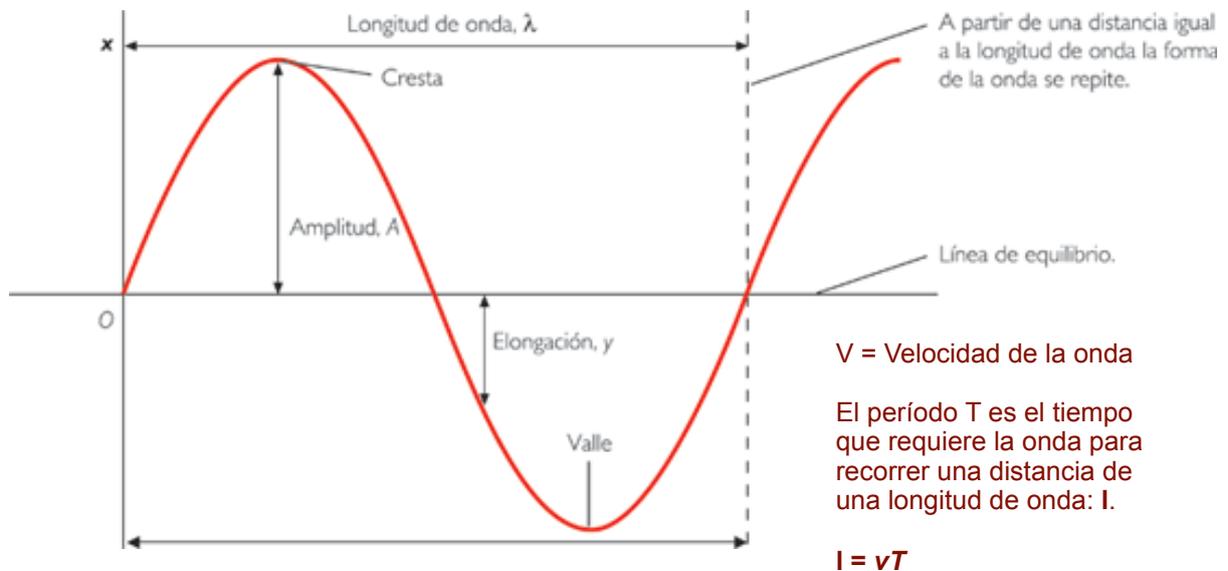


Figura 4. Amplitud y Longitud de Onda.

$$v = l/t$$

© Fair Use.

1.2 LA AUDICIÓN

“El sistema auditivo en los humanos se compone de un órgano de toma de datos (oído externo y medio), un órgano de conversión analógico/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”⁷

Esta mención entre la conversión analógico/digital es meramente demostrativa y la utilizo para representar el sistema auditivo humano a grandes rasgos; (Figura 5) no es una afirmación absoluta de ninguna forma.

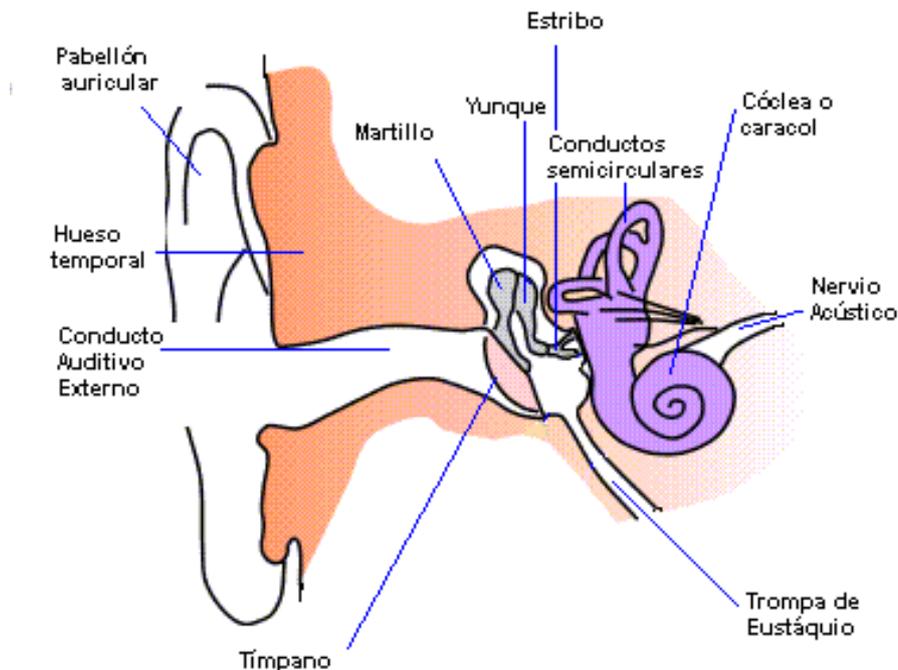


Figura 5. Anatomía del Oído Humano.

La audición como tal consta de un cierto número de procesos distintos cuyas complicaciones, no permiten encontrar una relación simple y única entre las magnitudes físicas de la onda sonora y su percepción por medio del sistema auditivo. (Figura 6) Por tanto, para que una onda acústica se transforme en sensación de sonido es necesario que esa variación de presión esté entre una determinada banda y que la amplitud de esas fluctuaciones sea superior a un determinado valor para cada frecuencia.

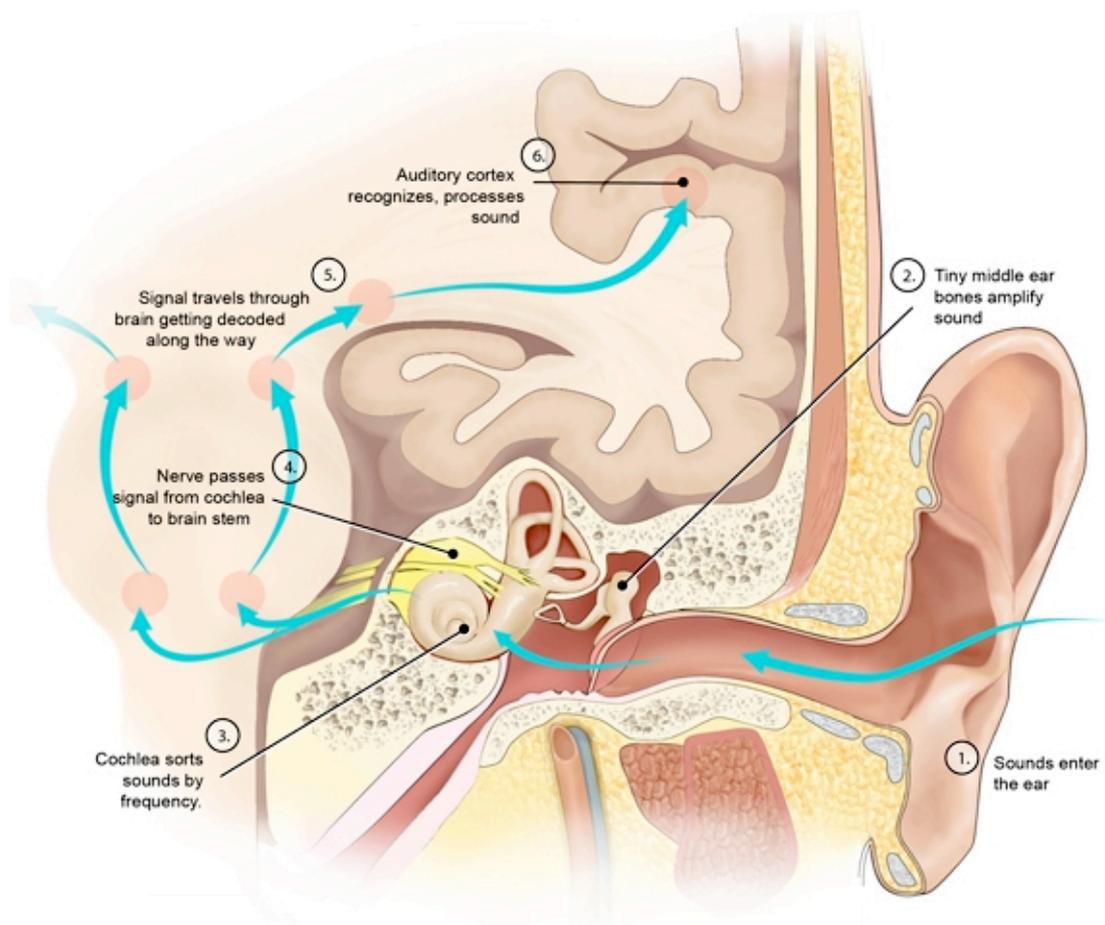


Figura 6. Proceso Auditivo.

© Public Domain - US Gov.

El oído humano se limita normalmente a frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20.000 Hz (20 KHz) ⁸

Dentro del ejercicio de la escucha existen sensaciones relacionadas tanto a la frecuencia y la amplitud como a la intensidad y tiempo de llegada de las ondas al oído. Las que están relacionadas con la frecuencia y amplitud, son el tono y la sonoridad:

- **TONO:** o sensación de agudeza, propia de la frecuencia, de modo que un sonido parece más agudo cuanto mayor sea su frecuencia.

- **SONORIDAD:** o sensación de intensidad, propia de la presión acústica, cuanto mas alta es la presión más intenso parece el sonido.

Siendo así, las relaciones entre frecuencia y amplitud dan pie a diferentes sensaciones acústicas tales como: Umbral auditivo, nivel de sonoridad, frecuencia subjetiva, timbre y enmascaramiento del sonido.

- **Umbral Auditivo**

Es la presión mínima o máxima que el oído puede detectar. La experiencia confirma que ese umbral varía con la frecuencia y con el individuo. Por tanto, para establecer dicho umbral se normaliza con experiencias idénticas en jóvenes entre los 18 y 25 años con una señal de referencia de 1 KHz dando como resultado una curva de respuesta audible.

- **Nivel de Sonoridad**

Ésta percepción está en función de la **intensidad** pero también de la frecuencia por tal, la percepción subjetiva del sonido se comporta como el umbral de audición ya que el oído humano no es igual de sensible a todas las frecuencias. Dado que es una sensación característica del oyente, no es susceptible de una medida física directa, sino en base a

enjuiciamientos con respecto a sonidos de referencia conocidos. Siendo así la medida de ésta se da en *Sonios* que se define como: “la sonoridad de un tono de 1.000 Hz, con un nivel de presión sonora de 40 dB”⁹.

- Frecuencia Subjetiva

La frecuencia subjetiva tiene que ver con el tono o sensación de agudeza. Como ya mencionamos, el oído humano tiene un rango audible en cuanto a frecuencia comprendido entre 20 Hz y 20 KHz en promedio, el cual se suele dividir en franjas o bandas de ancho variable o proporcional a la frecuencia central de la banda para estudios acústicos.

- Timbre

Es la cualidad del sonido que permite distinguir sonidos procedentes de diferentes instrumentos, aun cuando posean igual tono e intensidad. Debido a esta misma cualidad es posible reconocer a una persona por su voz, que resulta característica de cada individuo.

El timbre está relacionado con la complejidad de las ondas sonoras que llegan al oído. Pocas veces las ondas sonoras corresponden a sonidos puros, sólo los diapasones generan este tipo de sonidos, que son debidos a una sola frecuencia y representados por una onda sinusoidal. Cada vibración compleja puede considerarse compuesta por una serie de vibraciones armónico simples de una frecuencia y de una amplitud determinadas, cada una de las cuales, si se considerara separadamente, daría lugar a un sonido puro.¹⁰

- Enmascaramiento del Sonido

La percepción de un determinado sonido está influenciado por la presencia o no de otros. Así, un mismo sonido emitido en dos ambientes distintos con niveles de ruido de fondo distintos, puede resultar audible o no. Por tanto un determinado sonido para sobresalir frente a otro (o ruido parasito) debe tener mayor intensidad para ser audible. El enmascaramiento de un tono por otro, es más destacado cuando los dos tonos tienen frecuencias próximas, y en general, un tono enmascara señales de frecuencias inferiores a la de él pero no superiores. También existe el enmascaramiento temporal.¹¹

1.3 LA AUDICIÓN BINAURAL

El sistema auditivo humano es binaural por naturaleza.

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 un cuerpo opaco (la cabeza). Ésta diferencia en la posición de los dos oídos es la que permite al cerebro la localización de la fuente sonora.

Por ejemplo andando por la acera, podemos escuchar a nuestras espaldas el ruido de un vehículo y cómo se acerca a nosotros. Sin verlo podemos saber si está frenando acelerando, derrapando, etc.

Para ello, se recibe la información independientemente que luego el cerebro procesa comparando los impulsos nerviosos que produce cada sonido interpretando finalmente las características de las ondas sonoras. Éste proceso, en el cual nuestros oídos reciben la información sonora independientemente, y posteriormente es descifrada, es cómo el ser humano escucha binauralmente.

Según Juan Ignacio Arribas Sánchez¹², en el sistema auditivo, la sensación tridimensional está relacionada con la diferencia entre intensidad (ILD) y la diferencia de tiempo (ITD) que resulta en la información que recibe cada oído (fase). Es decir, la localización de los sonidos en el espacio se consigue con el procesamiento por separado de la información que recibe cada oreja, y con la posterior comparación de intensidad y fase entre ambas señales.

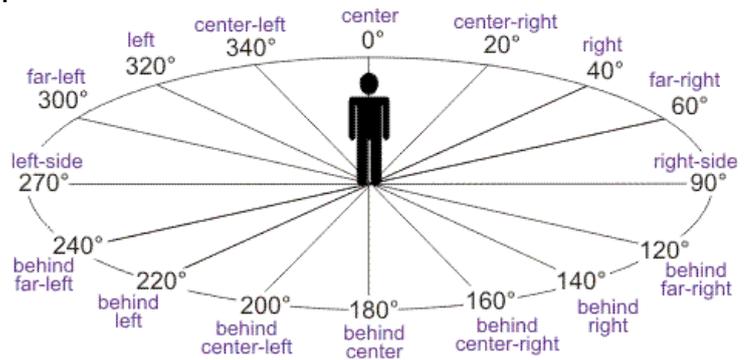
Cabe señalar que en todo este proceso, la *pinna* (es decir el pabellón auricular externo) juega un papel extremadamente importante. Las estructuras de la pinna forman filtros de selectivos de dirección, dependiendo de el origen del sonido. Todos estos factores, así como las refracciones hechas por el torso, los hombros y la cabeza, forman las funciones de transferencia del oído, características de ITD e ILD individuales, así como la HRTF (*Head-Related Transfer Function*); estas características las explicaremos mas adelante.

Es preciso resaltar que estas características son únicas en cada persona ya que dependen de la forma de la pinna de cada uno (no hay 2 iguales), por lo tanto la forma de percibir el sonido es diferente y única en cada individuo

- **La diferencia de tiempo o Interaural Time Difference (ITD)** en seres humanos y animales, es la diferencia en el momento de llegada de un sonido entre los dos oídos. La ITD es importante en la localización de los sonidos, ya que proporciona las pistas de la dirección y el ángulo de la fuente sonora con respecto a la cabeza. (Figura 8) Cuando una señal se produce en el plano horizontal, su ángulo en relación a la cabeza se le conoce como el azimut. (Figura 7) Con 0 grados (0°) el azimut esta directamente en frente del oyente, a 90° corresponde a la derecha, y en 180° corresponde directamente detrás del oyente. Si una señal llega a la cabeza con 90° de azimut, la señal tiene que viajar más para llegar a la oreja izquierda que la derecha. Esto se traduce en una diferencia de

tiempo entre el momento en que el sonido llega a uno de los oídos y después al otro. El cerebro detecta esta diferencia de tiempo, y esta información ayuda al proceso de identificación de la fuente de sonido.¹³

Figura 7. Azimuth

- **La diferencia de intensidad o Interaural Level Difference (ILD)** es exactamente el mismo principio que la diferencia de tiempo (ITD) pero relacionado a la diferencia del nivel de intensidad de las ondas sonoras entre las señales que llegan a los dos oídos. Esto se debe a que la cabeza produce un efecto de difracción en el sonido. (Figura 8) Todas las ondas sonoras cuyas longitudes de onda (λ) sean menores de 35 cm. (correspondientes a frecuencias mayores de 1000 Hz.) sufrirán esta diferencia de intensidad entre los dos oídos. Esta diferencia normalmente se mide en decibeles (db)

Siendo así, en el plano psicoacústico, para que el cerebro pueda determinar de dónde proviene un sonido tiene que evaluar tanto el retardo de llegada a los oídos como el nivel de intensidad de la onda, así como también, fenómenos tales como el enmascaramiento (del cual se trató anteriormente) y el efecto Hass que posteriormente se analizará.

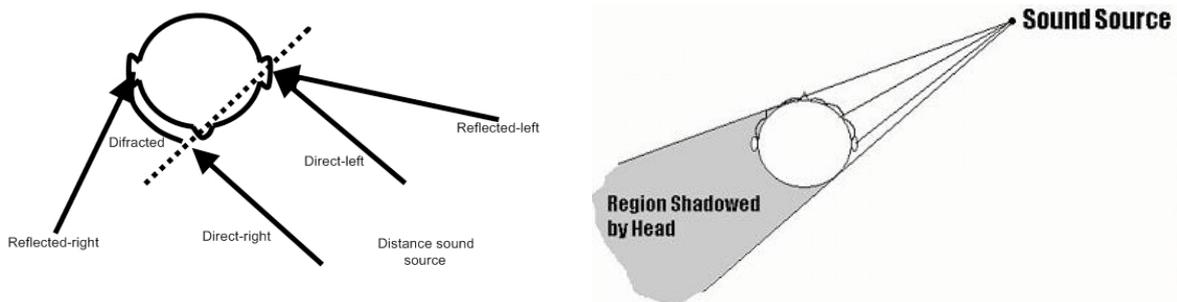


Figura 8. Ilustración de ITD & ILD

 Public Domain.

2. SONIDO BINAURAL

La grabación binaural se fundamenta básicamente en grabar un sonido o un ambiente sonoro, emulando las condiciones en que se realiza la audición humana. El resultado deseado, es obtener un sonido espacial tridimensional donde el oyente sea capaz de detectar la fuente de los sonidos en 360° como si estuviera presente en el ambiente grabado. Para ello, se utiliza una configuración particular, colocando dos micrófonos omnidireccionales en la misma posición y distancia (aproximadamente entre 16.5 a 21 cm.) que nuestros oídos colocando en medio un material acústico-absorbente (p.e. un disco Jecklin) que simule la absorción sonora de la cabeza. También existe otra técnica más profesional en la que se utiliza una “Dummy Head” especialmente construida para hacer grabaciones binaurales, esta tiene los canales auditivos construidos a semejanza de los del ser humano y donde se alojan los correspondientes micrófonos de alta fidelidad que llevan a cabo la grabación. Así, se intenta recrear el comportamiento de las ondas sonoras dentro de los oídos y las mismas diferencias en tiempo de llegada y nivel (fase y amplitud) entre oídos que ocurren de forma natural¹⁴. Ultimamente han salido otro tipo de micrófonos binaurales que se pueden llevar puestos dentro de nuestras orejas (como auriculares tradicionales) y hacer las grabaciones “in situ”. Este tema lo abordaremos ampliamente e el capitulo 4 “Técnicas de Grabación y Reproducción Binaurales”

Uno de los inconvenientes de esta técnica es que cada pabellón auricular es único, y el filtro que éste impone en la localización del sonido es aprendido por cada individuo desde su infancia, por lo tanto, si se utiliza en las grabaciones un pabellón auricular distinto al del oyente final, puede dar lugar a confusiones en la percepción de los sonidos.

Si bien es cierto que el producto auditivo es uno solo, éste no sería posible sin la interacción de algunos aspectos físicos del sonido. Por tanto, es preciso tratar el tema en cuanto a los aspectos que intervienen en el sonido binaural.

2.1 ORIGENES

Para comenzar, el termino de “binaural” significa “relacionado a las dos orejas”, (bi - dos, aurículas - orejas), de hecho, el no usar esta palabra en vez del termino “estéreo” es solo por circunstancias de la historia. El sonido “**estéreo**” como lo conocemos es la grabación y reproducción de sonido usando **dos canales de audio**, contrario al sonido “monoaural” que solamente usa una fuente de sonido. Por lo tanto, si somos estrictos en los términos, **el sonido estéreo es un sonido binaural.**

La gran diferencia entre «estéreo» y «binaural» en este caso, **es el modo de grabación:**

La grabación “**estéreo**” es esencialmente cualquier grabación hecha con dos canales de audio, donde la señal de cada canal es diferente. Esta grabación se pueden hacer con 2 micrófonos Omnidireccionales (a veces llamados binaurales) o Unidireccionales (a veces llamado cardioides).

En una **grabación estéreo**, cuando grabas algo con 2 micrófonos separados por una distancia razonable, puedes obtener las ondas de sonido de manera diferente en cada micrófono; de esta forma cuando las reproduces, puedes percibir el espacio entre ellas, lo cual crea la imagen *estéreo*.

En la **grabación binaural**, existen 2 canales de grabación que son creados colocando 2 micrófonos omnidireccionales adentro, o lo mas cercano posible de las orejas.

Usando esta técnica, el torso, la cabeza y la estructura de la oreja afectan la manera en que las ondas sonoras son recibidas por los micrófonos; de esta manera la información de localización contenida en la onda sonora, queda registrada lo mas similar posible para que el sistema auditivo humano la pueda descifrar.

De esta forma, los micrófonos captan con precisión la información sonora de todas las direcciones y producen grabaciones extremadamente realistas cuando se escuchan a través de auriculares.

Para efectos prácticos, vamos a hacer la distinción y **relacionaremos el termino “sonido binaural” con el sonido registrado binauralmente, que nos da como resultado la sensación de un sonido espacial o tridimensional.**

La primera idea y puesta en marcha de una demostración pública con sonido binaural, se remonta al **siglo XIX con Clément Ader**, celebre inventor francés, más reconocido por sus inventos en el campo de la aeronáutica (se le considera uno de los padres del avión tal y como lo conocemos).

Corría el año de 1880 en París, Clément Ader mejoraba el sistema del teléfono, que había inventado Graham Bell en 1876, añadiendo un micrófono de carbon al mismo tiempo que instalaba la línea telefónica por primera vez en París. En la **Exposición Internacional de la Electricidad de París en 1881**, Ader dio la demostración de su invento: el **Théatrophone**. (Figura 9)



Figura 9. Ilustración del Théatrophone de monedas
Public Domain



Figura 10. Litografía de Jules Chéret, 1896
Public Domain

El Théatrophone era un sistema de transmisión telefónica que permitía a sus utilizadores escuchar con dos bocinas y en tiempo real, los conciertos y las obras de teatro que se presentaban en L'Opera de París. (Figura 10) La primera transmisión se recibió en un par de teléfonos instalados en la sede de la Exposición Eléctrica de París, ubicada en la

avenida de los Campos Elíseos, a mas de 2 kilómetros de L'Opera de París.¹⁵ Después las transmisiones se extendieron a todo el territorio que contara con una red telefónica.

Ader había instalado 40 micrófonos distribuidos en el escenario de L'Opera¹⁶, la mitad de estos micrófonos estaban colocados en el lado izquierdo del escenario y la otra mitad en el lado derecho, la señal de los micrófonos era transmitida por los cables telefónicos, llegando la señal de los micrófonos de la parte izquierda a un teléfono y la señal de los micrófonos de la parte derecha a otro teléfono; de esta manera, el utilizador se colocaba las dos bocinas de los teléfonos receptores, una en cada oreja, y podía escuchar de una manera muy realista, lo sucedido en L'Opera de París. (Figura 11)

Los resultados fueron sorprendentes, al instante el invento fue un éxito y recibió muchas criticas favorables, una de ellas la hizo el celebre escritor francés Víctor Hugo describiendo su experiencia “curiosa y encantadora”¹⁷.

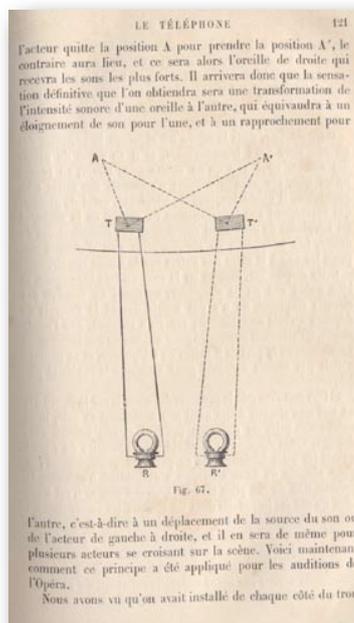
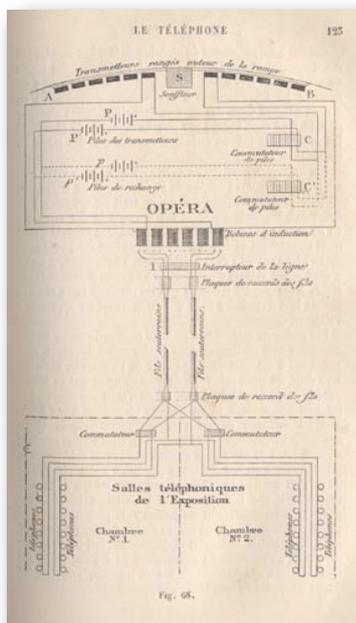


Figura 11. Esquemas del prototipo del Théatrophone

Clement Adler, 1887

Public Domain

Sin saberlo, Ader había transmitido la primer señal estereofónica (binaural) y había creado el primer sistema de audio de dos canales, además, el Théatrophone fue el primer medio electrónico de difusión cultural ya que fue el predecesor directo del radio.

“Esta ‘doble escucha’ del sonido, produce los mismos efectos en el oído que el estereoscopio para los ojos” había declarado Ader¹⁸ En 1884, el Rey D. Luis I de Portugal - gran aficionado a la opera - hizo instalar el Théatrophone en la sede real, esto debido a que no podía asistir a la opera *Laureana* que se presentaba en el Teatro Nacional de San Carlos en Lisboa, ya que la familia real se encontraba de luto debido a la muerte de la princesa de Sajonia.¹⁹ (Figura 12)

El ingeniero responsable de la instalación fue el director de la compañía Edison Gower Bell, el cual fue galardonado por la Orden Militar de Cristo!²⁰



Figura 12. Caricatura de Rafael Bordalo Pinheiro mostrando al Rey D. Luis I escuchando la obra “Laureana” por Théatrophone. Publicada en “Antonio Maria” el 6 de Marzo de 1884.

© Public Domain

En 1889, el Théatrophone hizo su presentación en la famosa Exposición Universal de París, generando más adeptos como el mismísimo Thomas Alva Edison y expandiendo su uso a países como Inglaterra, Estados Unidos, Bélgica, Suecia, Alemania y Austria. El Théatrophone se había convertido en un símbolo de la era moderna, pero ya que en aquellos tiempos contar con un teléfono resultaba caro, poseer 2 aparatos telefónicos era un lujo que solo pocos podían acceder. (Figura 13)

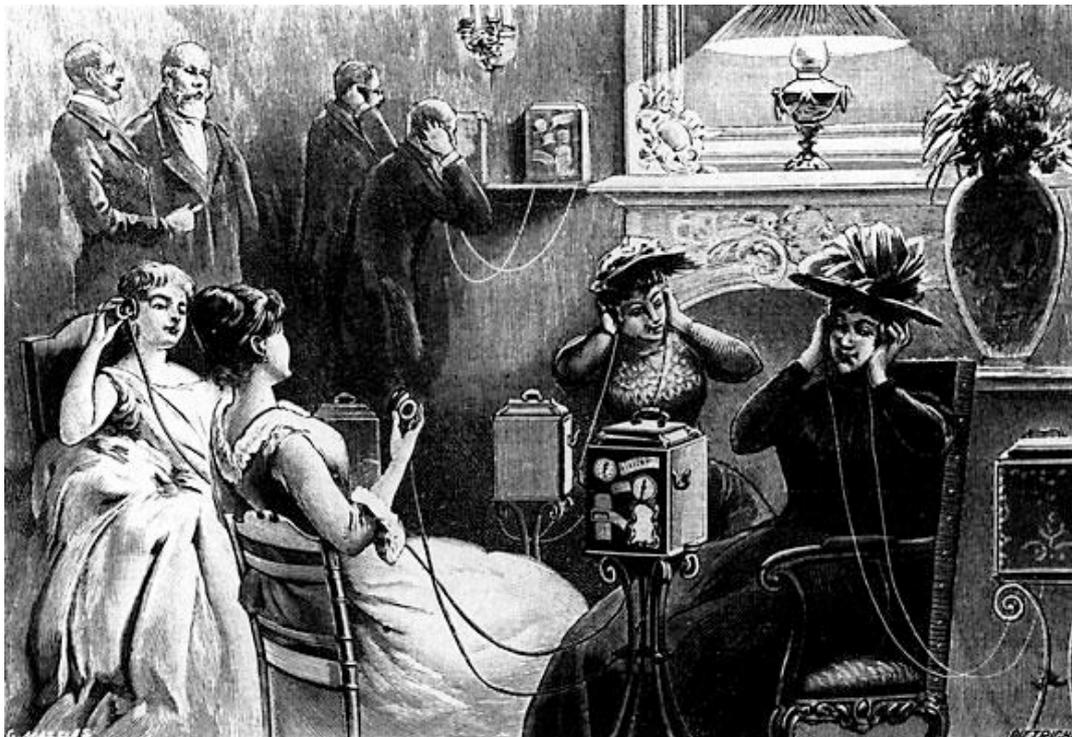


Figura 13. Público en el Münzapparaten, Alemania. Theatrophon de 1892”

Public Domain

El Théatrophone sucumbió debido a la creciente popularidad de las transmisiones por radio. La compañía del Théatrophone cesó operaciones en 1932. ²⁰

Con la llegada de la radio, algunas estaciones americanas transmitieron programas grabados en forma binaural. a mediados de la década de 1920, las señales llegaban por dos frecuencias diferentes. El usuario tenía que tener 2 receptores de radio y conectar un speaker a un aparato receptor de una frecuencia y el otro speaker al radio receptor de la

otra frecuencia. En un principio se usaba AM, después, con la creación de la FM, una de las dos señales era transmitida en esta frecuencia.²¹

En 1946, la radio Alemana transmite por primera vez un concierto de música clásica en vivo grabado binauralmente, con una técnica de “Dummy Head”²², la cual abordaremos más adelante.

En Octubre de 1955 se publica un artículo en la revista americana “Popular Science” mostrando “*lo que debes de saber sobre sonido binaural*”, (Figura 14) con ilustraciones e instrucciones para que puedas convertir tu radio en receptor de dos frecuencias al mismo tiempo y poder escuchar emisiones binaurales especialmente transmitidas en la radio de esos años, (Figura 15) así como también información para crear nuestro propio sonido binaural con 2 grabadoras magnetofónicas.²³ (Figura 16)

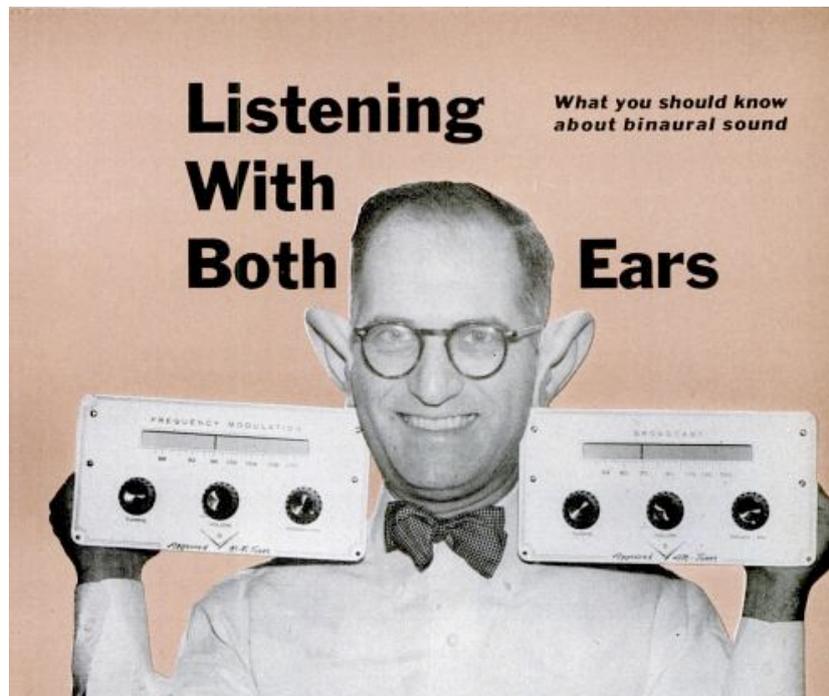


Figura 14. Portada del artículo “Listening with Both Ears”

© Public Domain - Popular Science. Octubre 1955

En las últimas décadas del siglo XX, la radio alemana ZBS, así como la BBC de Londres, producen series de radio-dramas binaurales, como Horspiele, The Cabinet of Dr. Fritz, y algunas historias de Sherlock Holmes. En el 2003, Radio 4 de la BBC produce su exitoso drama interactivo binaural transmitido por radio e internet, "The Dark House"²⁴

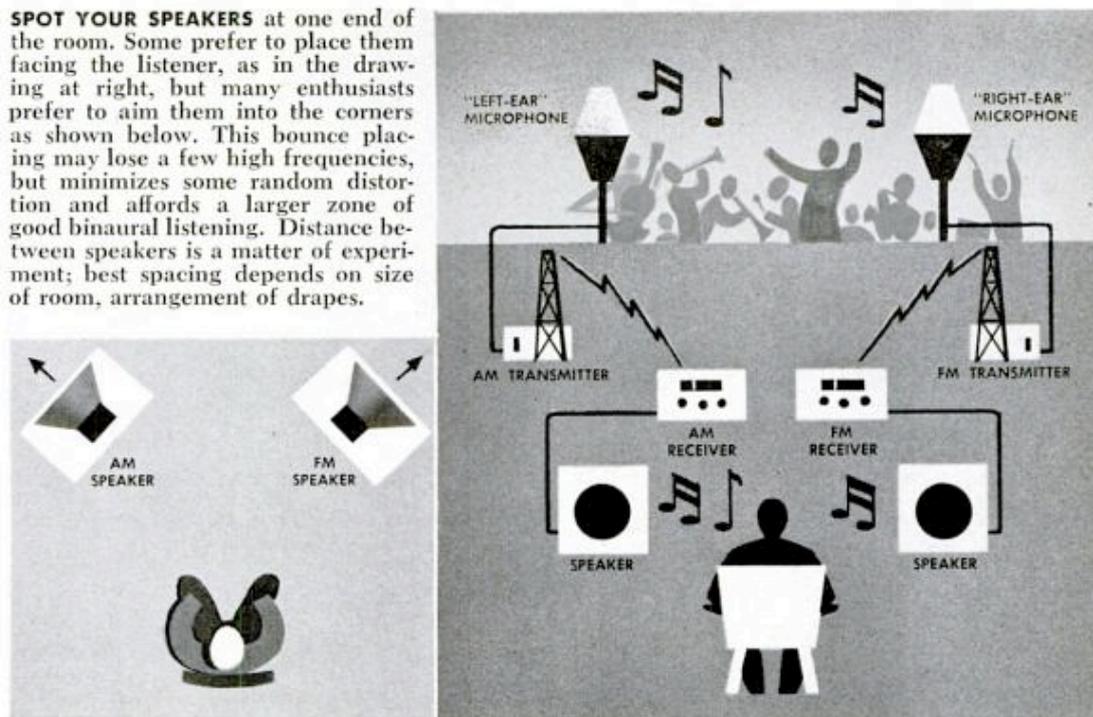


Figura 15. Ilustración para colocar los speakers correctamente.

© Public Domain - Popular Science. Octubre 1955

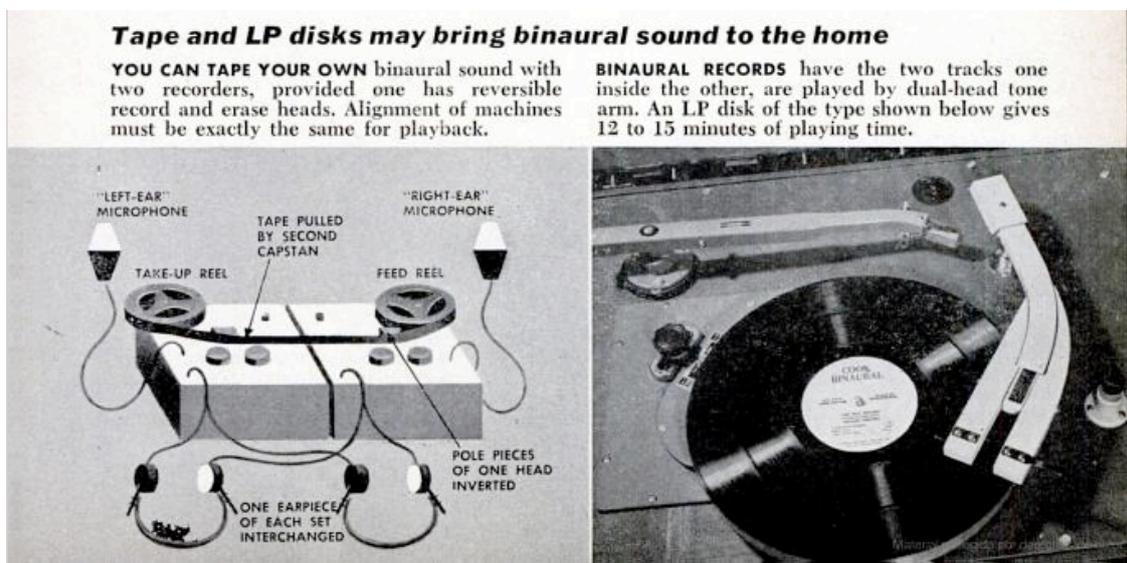


Figura 16. Ilustración para construir una grabadora binaural y fotografía que nos muestra los discos binaurales en reproducción con un tocadiscos de doble cabeza.

© Public Domain - Popular Science. Octubre 1955

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO BINAURAL

El sonido binaural u holofónico comprende diversos parámetros físicos importantes que definen prácticamente todos los fenómenos acústicos que intervienen en él:

- el tiempo de llegada al oído de un sonido
- la intensidad del sonido
- la dirección de llegada del onda sonora
- y los eventos acústicos producidos por la interferencia de la cabeza en el transcurso de la onda.

A raíz de ésta interacción, el cerebro puede procesar esa información acústica para establecer la posición, intensidad, sonoridad, así como la modificación de un determinado sonido con el movimiento.

- Localización Sonora

La principal forma de localizar una fuente de sonido es de acuerdo a su posición angular, la cual involucra la diferencia relativa de la forma de onda entre los dos oídos en el plano horizontal. Es importante recalcar que desde el punto de vista evolutivo, la posición horizontal de los oídos maximiza las diferencias de los eventos auditivos que ocurren a través del oyente, ya sea hacia arriba o hacia abajo; esto permite la audición de fuentes auditivas fuera del campo visual. “Para describir estas señales bajo experimentos psicoacústicos, se recurre al paradigma de lateralización, el cual involucra la manipulación experimental de la ITD y de la ILD para determinar la sensibilidad relativa de los mecanismos fisiológicos a éstas. Aunque la lateralización pueda ocurrir con parlantes en ambientes anecoicos, los experimentos de lateralización utilizan casi siempre los audífonos”²⁵.

El fenómeno de “lateralización” es un caso especial en la localización sonora, ocurre cuando la percepción espacial se escucha dentro de la cabeza sobre todo a lo largo del eje interaural, es decir entre los oídos. En el fenómeno de la percepción espacial, se implica la manipulación de las diferencias de tiempo y de intensidad interaural (**ITD e ILD**) sobre los audífonos. Con la lateralización, es posible hacer hipótesis limitadas pero demostrables sobre la fisiología del sistema auditivo y de la localización por parámetros simples controlados por algún medio. Por ejemplo cuando sonidos idénticos (Monoaurales) son emitidos por audífonos estéreos, la “imagen espacializada” aparece en una posición virtual en el centro de la cabeza. Una situación similar ocurre con los sistemas de altavoz de dos vías, donde una buena manera de encontrar el “sweet spot” para un sistema estéreo casero es ajustando la perilla del balance hasta lograr un sonido de emisión de radio monoaural, entonces, el sonido suena como una fuente virtual localizada en el punto medio entre los altavoces.

Para que el oído pueda establecer la localización de la fuente de sonido se ponen en juego ocho parámetros acústicos que son:

- *ITD (Interaural Time Difference)*
- *ILD (Interaural Level Difference)*
- *el movimiento de la cabeza y movimiento de la fuente*
- *la respuesta del pabellón auditivo (características de ITD e ILD ambiguas, HRTF, localización con características HRTF)*
- *características de la distancia (Intensidad, volumen, influencia de la familiaridad, características espectrales y binaurales para la distancia)*
- *reverberación y*
- *eco*

- ITD (Interaural Time Difference)

El tiempo de llegada del frente de onda a los oídos o, mejor dicho, la diferencia de los tiempos de llegada entre los dos oídos es uno de los mecanismos usados por nuestro sistema auditivo para localizar una fuente de sonido. Éste tiempo que se conoce como ITD (Interaural Time Difference) es útil hasta una frecuencia en la que la longitud de onda del sonido se aproxima al doble de la distancia entre los dos oídos, a partir del cual, no se diferencia un sonido de otro. Este tiempo de llegada del sonido, le permite al oído determinar la localización del sonido en un ángulo horizontal 90° (derecha)- 270° (izquierda).

- ILD (Interaural Level Difference)

El sonido de una fuente que venga de la izquierda (por ejemplo) llegará primero al oído izquierdo, pero tendrá que viajar hasta el otro lado. En realidad lo que ocurre, es que el sonido es difractado alrededor de la cabeza para llegar al oído derecho y por lo tanto tendrá que viajar más y gastar más energía. Éste tiempo se llama (ILD) Interaural Level Difference, que abarca en cuanto a intensidad tanto el efecto pantalla de la cabeza como el debido a la distancia extra que recorre. El ILD depende fuertemente de la frecuencia. A frecuencias bajas, donde la longitud de onda del sonido es más grande que el diámetro de la cabeza, hay poca diferencia de presión sonora en las dos orejas, sin embargo, a altas frecuencias, donde la longitud de onda es pequeña, puede haber 20dB o más de diferencia.

- HRTF (Head-Related Transfer Function)

Esta función, trata básicamente de la diferencia entre el sonido que se encuentra en el aire libre y el sonido que percibimos cada uno cuando llega a nuestro oído.

Debido a las diferencias físicas que hay entre todos los seres humanos, se vuelve relativo el sentido de la escucha entre sí.

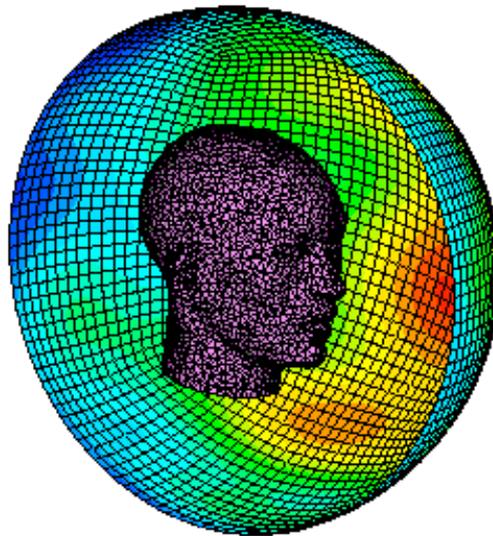


Figura 17. Medición del HRTF.

University of Southampton, institute of sound and vibration research.

© Fair Use.

Esto reside en que cada onda sonora que llega a uno de ellos se comporta de manera diferente por la reflexión y difracción, debido a todos los “obstáculos físicos humanos” (cabeza, torso, orejas, etc.) que tendría la onda antes de llegar al sistema que convierte la señal en sonido dentro del pabellón auditivo. Siendo así, la función **HRTF (head-related transfer function)** es la compilación de todos esos factores que alteran la onda acústica y que permiten determinar la posición de un sonido en específico. Ésta depende de 4 variables que se dividen en tres espaciales y una frecuencial. Sin embargo, mediciones hechas para establecer el HRTF se hacen en el campo lejano de audición que está a 1 metro aproximadamente de la posición del oyente. (Figura 17) De esta manera, el HRTF dependerá fundamentalmente de la azimuth (ángulo de la fuente) , elevación y frecuencia del sonido.

Aunque existen estándares, resultado de mediciones de HRTF como la de Kemar, esta función es particular de cada individuo y por tanto la generalización de ella resulta un tanto arbitraria para posteriores usos en aplicaciones de audio en tres dimensiones. (Figura 18)

Por tanto, cada medición de HRTF realizada en alguna grabación binaural con Dummy head, con micrófonos colocados en las orejas o con cualquier otra técnica, va a resultar única.

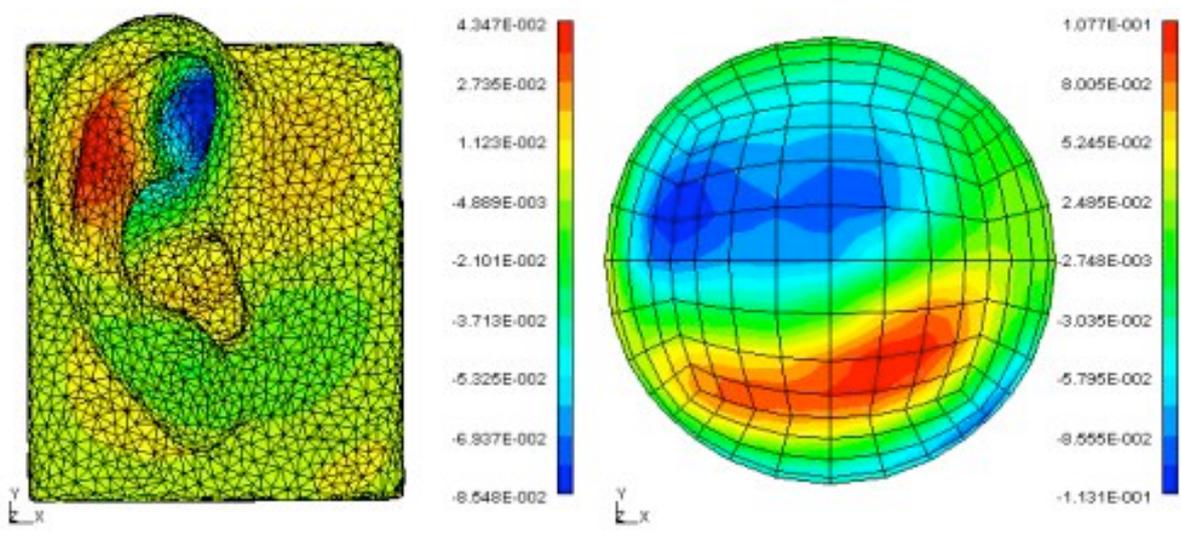


Figura 18. Mediciones del HRTF.

University of Southampton, institute of sound and vibration research.

© Fair Use.

- Efecto Doppler

El súbito cambio del tono de la sirena de una ambulancia pasando frente a nosotros (fuente en movimiento), o el cambio del tono de la música que emana de un equipo de sonido, mientras conducimos a toda velocidad frente a el (receptor en movimiento), fue primeramente explicado en **1842** por **Christian Doppler**. “El efecto Doppler es el cambio en la frecuencia y en la longitud de onda de las ondas producidas por una fuente en movimiento con respecto al receptor, o un receptor en movimiento con respecto a la fuente de sonido.”²⁶ (Figura 19)

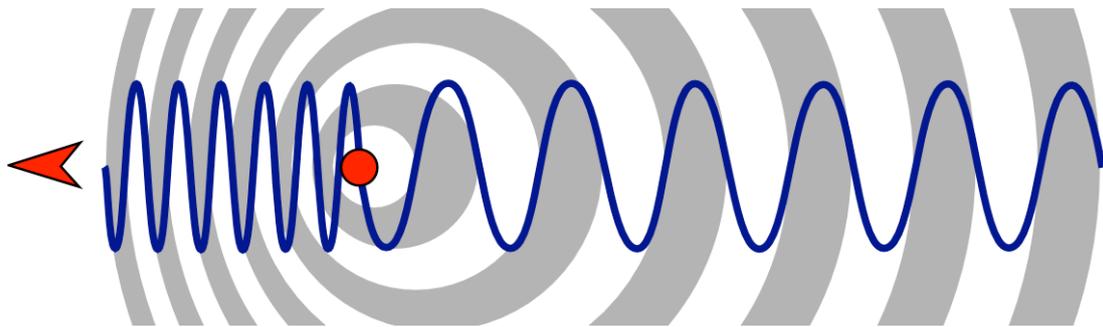


Figura 19. Efecto Doppler.

©Public Domain

“Cuando una fuente de ondas y el observador están en movimiento relativo, la frecuencia de las ondas observadas es distinta a la frecuencia de las ondas emitidas. Los frentes de ondas que emite la fuente son esferas concéntricas, la separación entre las ondas es menor hacia el lado en el cual el emisor se está moviendo y mayor del lado opuesto. Para el observador, en reposo o en movimiento esto corresponde a una mayor o menor frecuencia”²⁷.

- Efecto Haas

El **efecto Haas** también se conoce como *efecto de precedencia* o *efecto de prioridad*. El efecto Haas afecta a la percepción humana del sonido . Este fenómeno fue descrito por el médico alemán Helmut Haas en 1949.

Para establecer de donde proviene un sonido, el oído no solo se basa en que tan intenso es éste sino también en el tiempo de llegada a los oídos. De tal manera, que en un escenario donde el sonido lo generen varias fuentes, el cerebro será prioritario con el sonido de la fuente más cercana y, por tanto, será más audible que los demás. Sin embargo, el **efecto Haas** describe cómo, “a nivel de percepción, si varios sonidos independientes llegan a nuestro cerebro en una intervalo inferior a 50 ms. (milisegundos), éste los fusiona y los interpreta como uno sólo. Esto se debe a que el cerebro deja de percibir la dirección y entiende los sonidos posteriores como un eco o reverberación del primero.”²⁸

Esta interpretación el cerebro la hace de dos modos distintos:

1. Si el retardo llega en un intervalo inferior a 5 ms, el cerebro localiza al sonido en función de la dirección que tuviera el primer estímulo, aunque los otros provengan de direcciones diametralmente opuestas.
2. Si el retardo está entre los 5 y los 50 ms, el oyente escucha un único sonido, pero de intensidad doble y localiza a la fuente a medio camino entre todas.

Para que el retardo (efecto Haas) no determine en nuestro cerebro la dirección del sonido (es decir, para se perciba el sonido como proveniente de un punto central), la señal retrasada debe tener mayor nivel que la primera.

2.2 HOLOFONÍA

El sonido holofónico, u **holofonía** es una técnica de grabación binaural que fue desarrollada por **Hugo Zucarelli** en los años 80's.

Aquí la definición de Holofonía tomada el sitio web de Hugo Zucarelli.

“Holophonics™, técnica creada por el inventor Hugo Zuccarelli, es el equivalente fonético de la holografía visual, es una tecnología con la capacidad de registrar el sonido exactamente como es. La dimensión espacial, el ambiente, la emoción y el espíritu de vida de la fuente sonora se presentan de tal manera que nuestros cerebros no tienen otra opción que decirnos que el contenido de la grabación es, de hecho, la vida real. No hay tratamiento, no hay efectos especiales, sólo una señal pura, mezclada con una buena dosis de ingenio.”²⁹

De esta manera, se logra un efecto análogo al de la holografía en el campo visual donde para lograr volumen en la imagen se hacen incidir rayos láser y por su variación asimétrica con un entorno forman la imagen en tres dimensión. He aquí el origen del sonido y de su nombre.

Para determinar el origen de una fuente sonora, el cerebro humano procesa el sonido percibido y a través del análisis de varios fenómenos, (como el desfase temporal existente entre el estímulo sonoro recibido del oído izquierdo y derecho), es capaz de determinar el origen del sonido.

Las primeras grabaciones que consiguen este efecto fueron realizadas por el investigador ítalo-argentino Hugo Zucarelli, quien para ello utilizó un maniquí o dummy que reproducía fielmente una cabeza y torso humano con las mismas o similares características acústicas

que el cuerpo humano. Así, con dos micrófonos situados en los oídos del maniquí, se obtenía una grabación que, al escucharla con unos auriculares, conseguía el efecto deseado.

El principal inconveniente de esas grabaciones era la falta de interactividad, ya que la posición del dummy en el momento de la grabación respecto a la fuente sonora era la determinante de la sensación que percibiría el oyente. Si éste no movía la cabeza mientras escuchaba la grabación, la fuente parecería provenir siempre de la misma dirección, llegando incluso a anularse el efecto holofónico.

Zuccarelli afirma que *el sistema auditivo humano es un emisor de sonido*, produciendo un sonido de referencia que se combina con el sonido entrante para formar un patrón de interferencia dentro del oído. La naturaleza de este patrón es sensible a la dirección del sonido entrante. Según la hipótesis, la cóclea detecta y analiza este patrón como si fuera un holograma acústico. El cerebro interpreta estos datos para deducir de ello la dirección del sonido.

Un artículo de Zuccarelli presento esta teoría y se publicó en la revista New Scientist en 1983. Este artículo fue seguido poco después por dos cartas de la comunidad científica que pone en duda la teoría de Zuccarelli y su capacidad científica.³⁰³¹ (Figura 20)

Aun cuando las emisiones otoacústicas existen en determinados casos de enfermedades del oído, (sonidos emitidos por el oído interno), no hay evidencia para apoyar su afirmación de que estas juegan un papel en la localización del sonido, ni ningún mecanismo de esta efecto de "interferencia" afirmado por Zuccarelli. Por el contrario, existe abundante literatura que demuestra que si se presentan correctamente las señales

espaciales a través de la síntesis de HRTF (dummy head) o grabando binauralmente con micrófonos adecuados, se pueden obtener grabaciones realistas espaciales comparable a la escucha real.³²

24 New Scientist 7 April 1983

TECHNOLOGY

‘Tomorrow’s sound’ is a blast from the past

Barry Fox

A YOUNG Italian, Hugo Zuccarelli, has used a modern technology to improve the 100-year-old system of stereo sound. The new system has a catchy name, “holophonics”, and without doubt Zuccarelli has made some impressive recordings. Clever publicity, orchestrated confusion over the equipment involved and a gullible pop industry have conspired to create a wave of enthusiasm in some parts of the press and the music industry.

But a question mark hangs over the technology of “holophonics”, which the inventor explains by expounding a new theory of human hearing.

Zuccarelli and his partner Mike King are already collecting royalties from the sale of two LP records which include snatches of holophonic sound. One of these records, *The Final Cut* by the group Pink Floyd, is likely to sell well, so the royalties could be substantial. Two more records, an LP from the avant garde group Psychic TV and a sound-effects disc from CBS, should soon be in the shops. Zuccarelli is talking with manufacturers about licensing his invention for new hi-fi systems.

Holophonics sounds especially impressive to someone who has never heard binaural or “dummy head” recordings. As if by magic, a stereo disc or tape heard through headphones produces a surround of sound. Even engineers who are familiar with binaural stereo believe that Zuccarelli

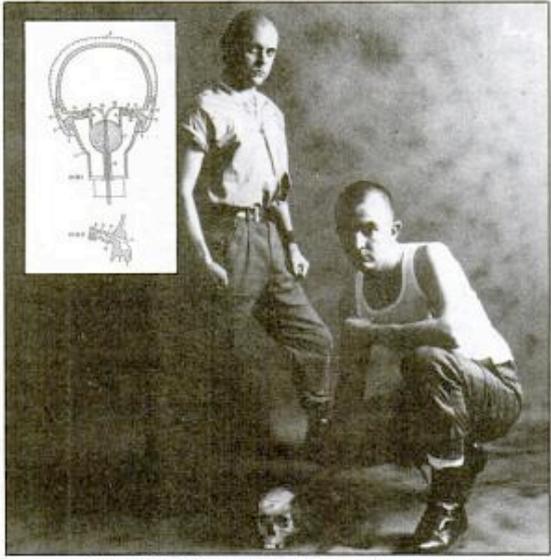
rately recorded on a two-channel disc or tape, and played back through stereo headphones, the listener hears a remarkable replica of the original sound field.

The first person to file a patent on the

made with a simple dummy head, incorporating reflectors or circuits to emphasise this effect. It is also important to note that Zuccarelli used a digital recording system, the portable Sony F1 costing around £2000: binaural recording depends for its success on accurate replication of the phase discrepancies caused by delays of the sound across the head and at the ear lobes. When binaural recording last found favour, 10 years ago, there was no low-cost digital recording equipment available. Zuccarelli, however, maintains that his secret is much more complicated.

In October 1980 Zuccarelli filed a European patent application, covering nine countries including Britain. This application now published, as number 50 100, is freely available. It describes merely a carefully-constructed dummy head, with hair on top and microphones inside the ear canals. Frequency equalisation compensates for the sound passing through the auditory canals. In Japan both Sony and Matsushita have worked on similar equalisation, but never bothered to market a system.

On 21 February the TVS programme *The Real World* devoted 30 minutes to holophony and Zuccarelli. The programme quoted Zuccarelli’s theory that the ear is an active radiator. According to the inventor, the ear generates a reference signal which mixes with incoming sounds to produce a composite signal. This is deco-



Psychic TV: a new look for a nineteenth-century sound system?

idea was W. Bartlett Jones of Chicago in 1927. Jones envisaged a cinema, with each seat equipped with a pair of small speakers

Figura 20. Artículo publicado en “New Scientist” - 07 de Abril de 1983

“El sonido del mañana” es una onda del pasado. - Barry Fox

© Faire Use.

Para la grabación de holofonía se usa el mismo sistema con cabeza de dummy que para el sonido binaural, solo que introduciendo dentro de ésta un emisor de sonido de baja intensidad. Zuccarelli le agregó a su cabeza, llamada "Ringo", una emisión de sonido interna de referencia, así los micrófonos graban las interferencias creadas entre ambos sonidos (exterior y el propio), consiguiendo la tridimensionalidad del sonido.

La holofonía se diferencia de la técnica de Head-Related Transfer Function (HRTF), en que esta última trata de simular mediante el procesamiento de la señal lo que la holofonía registra de manera directa.

Algunas veces, para mejorar y dar un toque mas realista a las grabaciones binaurales, se usa un algoritmo llamado "**Cetera**", el cual abordaremos más adelante.

En 1982, "*The Final Cut*" de **Pink Floyd** fue el primer álbum comercial grabado con esta técnica gracias a la colaboración de Hugo Zuccarelli, que era fanático de esta banda inglesa tanto como de las experimentaciones con el sonido. (Figura 21) El fue quien les acercó la primera prueba de sonido holofónico que terminó convenciendo a los músicos de cambiar el sistema estéreo, que ya no les era suficiente, por el sistema holofónico (Holophonics TM). Así fue como se presentó ante ellos con la grabación de una caja de cerillas agitándose, tomada con este sistema holofónico, o sonido total como le llamaba.³³

En 1983 Zuccarelli grabó en el Reino Unido con la **CBS** un disco llamado "Zuccarelli Holophonics (The Matchbox Shaker)" en el que se incluían una serie de muestras de sonido de la caja de cerillas, el corte de pelo, abejas, globos, bolsas de plástico, pájaros, aviones, fuegos artificiales, truenos, coches de carreras, etc. Estas muestras también se pueden escuchar en su sitio web:

http://www.acousticintegrity.com/acousticintegrity/Sound_Samples/Sound_Samples.html

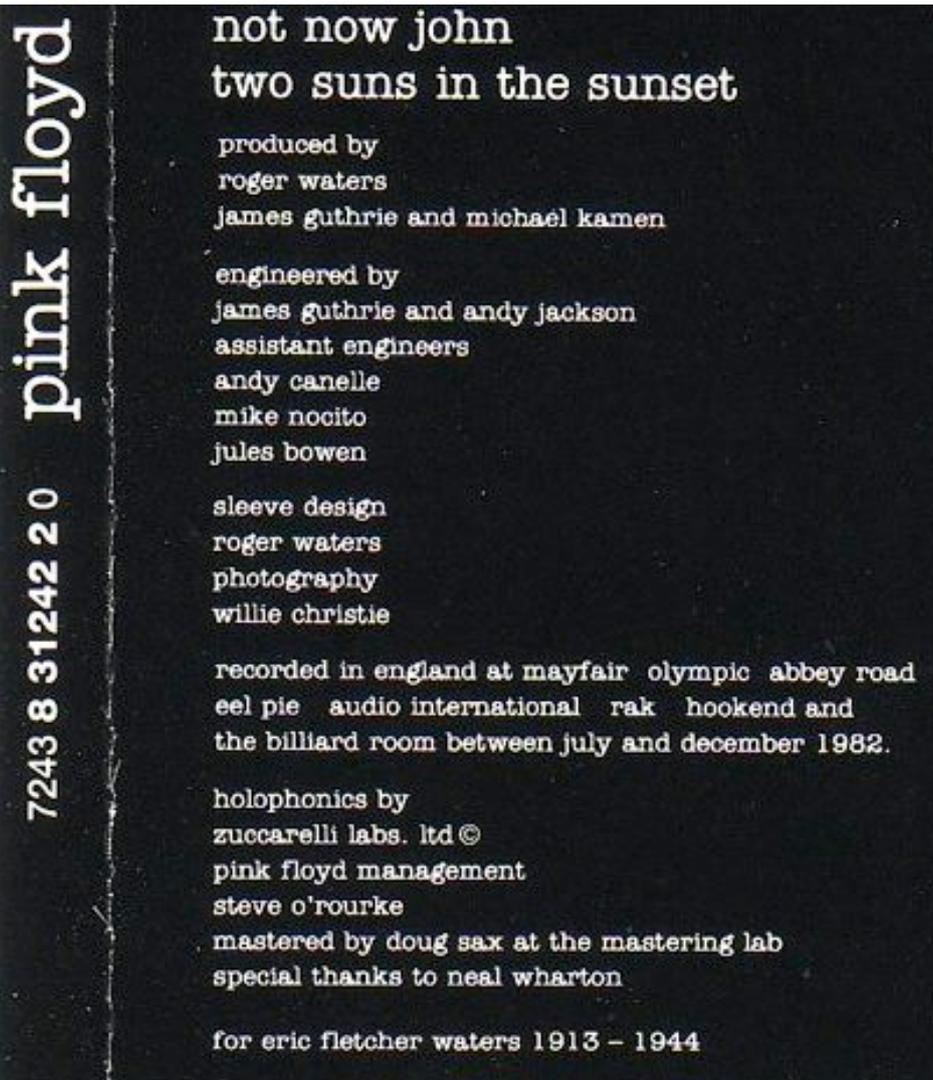


Figura 21. Créditos de el disco "The Final Cut" - Pink Floyd

© Faire Use. - Pink Floyd - 1982

3. TECNICAS DE GRABACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE AUDIO BINAURAL

3.1 GRABACIÓN

Como ya mencionamos anteriormente, existen diversas técnicas para registrar sonido binaural, a continuación mencionamos las más comunes.

- Simple

- El sistema más simple de grabación semi-binaural consiste en usar dos micrófonos enfrentados y separados unos 18 cm. aproximadamente uno de otro; esto es para intentar imitar la separación que existe en los dos oídos. Sin embargo éste sistema no consigue una auténtica grabación binaural pues no recoge todos los factores necesarios.

.- OSS (Optimal Stereo Signal o “Jecklin Disk”)

- **El Disco de Jecklin** es un disco fono-absorbente colocado entre dos micrófonos para crear una “sombra acústica” a partir de un micrófono al otro. La técnica del “disco de Jecklin” utiliza dos micrófonos omnidireccionales espaciados 16.5 cm. (distancia interaural) y separados por un disco con un diámetro de 28 cm. El disco es rígido y está cubierto con un material absorbente para atenuar reflexiones sobre él. Esta es una técnica *cuasi-binaural*. Por debajo de los 200Hz ambos micrófonos reciben la misma información funcionando ambos como micrófonos omnidireccionales ligeramente espaciados. A medida que la frecuencia se incrementa el disco se convierte paulatinamente en una barrera, lo que hace direccionales a los micrófonos. En altas frecuencias el par funciona como dos micrófonos sub-cardioides casi coincidentes.

La técnica fue inventada por Jürg Jecklin, el ex ingeniero de sonido jefe de Radio Suiza que ahora enseña en la Universidad de Música y Artes Escénicas de Viena. Se refirió a la técnica como una "señal óptima Stereo" (OSS). En el principio de sus experimentos, Jecklin utilizaba micrófonos omnidireccionales a ambos lados de un disco de 30,5 cm de diámetro y de unos 2 cm de espesor, que estaba forrado por una capa de amortiguación de espuma plástica blanda o de lana a cada lado. Las cápsulas de los micrófonos estaban por encima de la superficie del disco, justo en el centro, a 16,5 centímetros de distancia una del otro y cada una a 20 grados apuntando al exterior. Jecklin encontró que la distancia de 16.5 cm (espacio entre cada oído) entre los micrófonos era demasiado estrecha. En su publicación, señala que el disco tiene que ser de 35 cm de diámetro y la distancia entre los micrófonos deben ser de 36 cm. El concepto es hacer uso de altavoces para recrear algunas de las frecuencias de respuesta, el tiempo y las variaciones de amplitud en la experiencia de oyentes humanos, pero de tal manera que la grabación también produzca una imagen estéreo útil para ser reproducida través de altavoces. Las grabaciones convencionales binaurales o de "dummy head" no son tan convincentes cuando se reproducen en los altavoces, **para la reproducción óptima de estas grabaciones, son necesarios los auriculares.**³⁴

Extractos de la publicación de Jecklin: ". Zwei Kugelmikrofone sind gegenseitigen MIT einem Abstand von 36 cm angeordnet und durch eine MIT Schaumstoff belegte Scheibe von 35 cm Durchmesser getrennt akustisch" ³⁵ Es decir: dos micrófonos paralelos omnidireccionales con una distancia entre ellos de 36 cm apuntando hacia el frente, separados por un disco de espuma cubierta con un diámetro de 35 cm. (Figura 22)

El disco Jecklin es un refinamiento de la técnica del micrófono para la técnica “estéreo” descrito inicialmente por Alan Blumlein (el hombre que invento el sonido estéreo) en 1931, y que lo patento como *sonido binaural*.



Figura 22. Disco de Jecklin

© Fair Use.

Josephson Engineering, Inc., Santa Cruz, CA.

.- Dummy Head

- Esta técnica es una de las más profesionales y desafortunadamente de las más caras, para su realización se necesita principalmente de una “dummy head” especialmente construida para hacer grabaciones binaurales. La Dummy Head es básicamente un sistema de micrófonos que está especialmente diseñado para resaltar las características acústicas del sonido y registrar los sonidos tal y como si los escuchase el sistema auditivo humano.

Una de las principal características de la Dummy Head es el uso de un torso y/o una replica de la cabeza humana para cubrir los micrófonos. Dicha estructura, hace que las facultades sonoras - en cuanto a HRTF se refiere - sean inmensas. La Dummy Head tiene la capacidad de emular los obstáculos que comúnmente tiene la onda sonora antes de entrar a nuestro sistema auditivo, (torso, cabeza, nariz, orejas, etc.) proporcionando las características acústicas propias para registrar el sonido de la manera más realista posible comparado con el proceso de la audición humana. Sin embargo, la característica más importante de éste sistema es que los dispositivos que asemejarían los tímpanos, corresponden a dos micrófonos de condensador omnidireccionales, los cuales están dispuestos de tal forma, para que reciban la información tal y como lo haría la membrana del tímpano.

Esta técnica tiene sus raíces en Alemania y es llamada “**Kunstkopf**”. La primera construcción de una replica de la cabeza humana con canales auditivos para efectos de grabación binaural fue construida en 1933.³⁶

En 1946, Radio Nederland, transmite al aire la primera grabación de un concierto de música hecha con una “dummy head”.³⁷

En Abril de 1982 en Italia, Hugo Zucarelli de origen argentino, y con la ayuda del profesor Alessandro Mascioli, publica la aplicación, en la patente europea **EP0050100**, de su “*Sistema para la codificación espacial de sonidos*”. (Figura 23) Con ésta técnica, la cual llevaba por estructura la Dummy Head a la que él llamó “Ringo”, buscaba reproducir en grabación, “la forma como escucharía el ser humano un determinado sonido realmente y rescatar las características de audición perdidas en la grabación convencional (estéreo o monofónica)”.³⁸

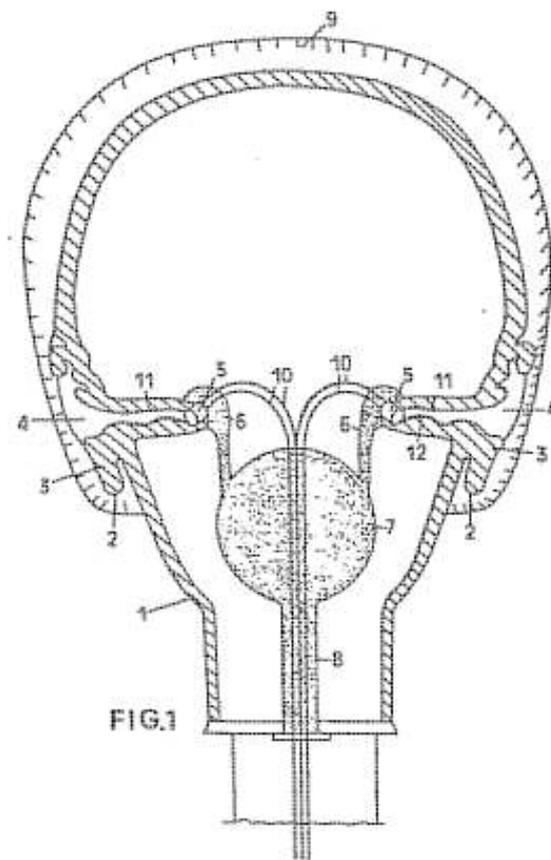


Figura 23. Esquema de la Dummy Head de Hugo Zucarelli

EUROPEAN PATENT OFFICE³⁸

© Public Domain.

La estructura de la “dummy head” tiene la forma de una cabeza humana, como lo indica su nombre; puede contar con parte del torso o solamente puede ser la cabeza. Normalmente es de material plástico, como el poliestireno rígido, y en los lados laterales, tiene dos entradas que copian fielmente las orejas de un oído humano. Cada oreja tiene una cavidad y pina exactamente como la del oído externo e interno, y en la parte interior, se encuentra un micrófono colocado en la misma posición y orientación como el tímpano en el oído humano. La cara posterior de cada de micrófono está en libre comunicación con una cavidad tubular que reproduce fielmente la forma de la trompa de Eustaquio. Estas cavidades se encuentran intercomunicadas con una cavidad central, la cual imita la cavidad oral y al mismo tiempo, se encuentran en contacto con el exterior a través de una cavidad tubular, en donde salen los cables.

El pabellón auricular y los primeros 8 mm del conducto auditivo (que tiene una longitud de 24 mm en total) está formado de goma, mientras que los restantes 16 mm tienen una capa interior de yeso, para simular respectivamente las fibras cartilagosas y porciones óseas del oído medio. La parte superior de la cabeza puede estar cubierta con una peluca para generar la asimetría. En el interior los cables de los micrófonos vienen de la parte de afuera de la cavidad tubular descrita anteriormente y que comunica con el exterior; los cables entran por la cavidad central y salen a través de la cavidad tubular.

Sin embargo, siendo estos micrófonos tan sensibles y teniendo en cuenta la pretensión de grabar cualquier tipo de sonido en cualquier dirección y distancia de la Dummy head, se presenta el problema del efecto de proximidad, el cual puede “colorear” de forma no deseada el sonido al grabar. Por tanto, para eliminar dicho efecto, (también conocido como efecto pop) los micrófonos se cubren con un material poroso (preferiblemente espuma de poliuretano), el cual proporciona una dilatación fuerte en el conducto auditivo,

actuando como un silenciador. Por lo tanto, los micrófonos pueden estar expuestos a la zona externa sin mostrar este efecto.

El efecto esencial de la Dummy Head radica en los fenómenos acústicos causados por el choque de la onda sonora en la irregularidad de la cabeza y conducto auditivo, más que por los mismos elementos de captura; además de los algoritmos y programas de edición y especialización sonora usados para acentuar ese efecto de sonido en tres dimensiones.

En el mercado existen actualmente diversos modelos de Dummy Head, entre los que destacan 3 modelos:

- los modelos “H. A. T. S” (Head and Torso Simulator) de la marca danesa Brüel & Kjær van dirigidos principalmente para pruebas de auriculares y dispositivos telefónicos “manos libres” (Figura 24)



Figura 24. H. A. T. S. de Brüel & Kjær

© Fair Use. - Brüel & Kjær

- el modelo “KFM6U” de la marca alemana Schoeps es una esfera con 2 micrófonos y cuenta con un procesador de 4 canales. (Figura 25)

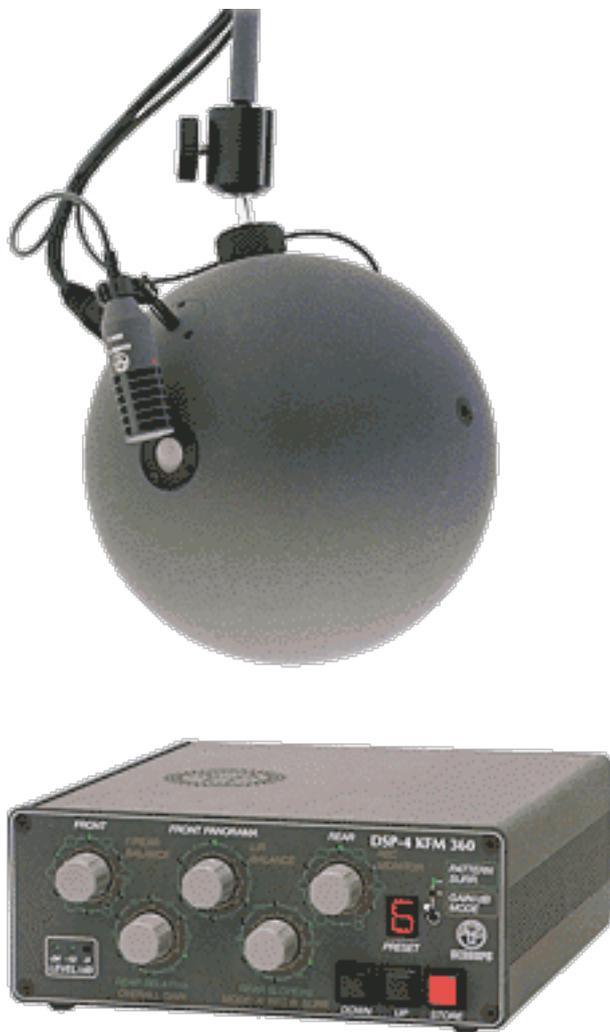


Figura 25. Modelo KFM6U de Schoeps

<http://www.schoeps.de/en/products/categories/KFM-Surround>

© Fair Use. - Schoeps.

- el modelo “KU 100” de la marca alemana Neumann es el más completo y profesional.

(Figura 26 y 27)



Figura 26. Modelo KU 100 de Neumann

© Fair Use. - Neumann

Este ultimo modelo (Neumann) cuenta con todas las características más adecuadas para la grabación binaural. El precio de las Dummy Head's varia entre los 5500 € y los 8500 € dependiendo el modelo, los accesorios y el lugar de compra. Algunos de los sitios consultados fueron:

<http://www.pro-sound.com>

<http://www.performanceaudio.com>

<http://www.bhphotovideo.com/>

<http://www.fullcompass.com>

<http://www.thomann.de>

<http://www.studiocare.com>



Figura 27. Modelo KU 100 de Neumann grabando sonidos ambientales en la playa.

© Fair Use. - (Foto de Chris Seufert)

.- Micrófonos Binaurales “In Ear”

En los últimos años se ha venido desarrollando una técnica más accesible para la grabación binaural; esta técnica utiliza *micrófonos binaurales “in ear”*. Este tipo de micrófonos está diseñado para colocarse **dentro de las orejas**, y a simple vista, se asemejan a unos audífonos intra-auriculares comunes.

Los micrófonos binaurales “in ear” están diseñados para conectarse a un dispositivo de grabación portátil (*ej. un minidisc o un grabador digital*) permitiendo que la persona que está haciendo la grabación, pueda desplazarse a voluntad dentro del mismo ambiente sonoro, registrando al mismo tiempo los sonidos de forma natural y acorde a los movimientos de su cabeza.

No se necesita de la dummy head para simular los obstáculos de la onda ya que nosotros mismos somos *los obstáculos naturales*.

El uso de estos micrófonos para hacer grabaciones binaurales tiene diversas ventajas, entre las que destacan las siguientes:

- son mucho más accesibles que una Dummy Head, (entre 100 y 400 euros, según la calidad y los accesorios)
- se pueden utilizar para realizar grabaciones de conciertos, diálogos, paisajes y trayectos sonoros, etc.
- son discretos, ligeros y cómodos
- es posible de realizar grabaciones casi en cualquier ambiente
- ya que se llevan los micrófonos dentro de las orejas, las manos quedan libres para realizar otras actividades

Existen diferentes tipos de micrófonos binaurales “in ear”, los cuales varían según sus características de forma y sensibilidad básicamente.

Para que estos micrófonos realicen grabaciones binaurales, es necesario que se coloquen dentro del oído, para que de esta forma, nuestro pabellón auricular, en conjunto con nuestra cabeza y demás cuerpo, actúen haciendo las discriminaciones de los patrones de interferencia en la onda sonora (HRTF).

Es importante recordar que, el HRTF es único en cada persona, por lo cual, las grabaciones hechas por un usuario con un HRTF particular, no serán percibidas de la misma forma por otro usuario. Las grabaciones corresponden a las impresiones acústicas subjetivas del usuario que graba. Aunque en general, el efecto de especialización y localización tridimensional, es mucho mas elevado que en cualquier tipo de grabación estéreo

Existen en el mercado, algunos micrófonos semi-binaurales, los cuales no se colocan dentro de la orejas, si no que cuentan con un clip para colocarlos en el armazón de anteojos o incluso en la ropa. Este tipo de técnica tiene el inconveniente que hay que ser muy cuidadoso con los micrófonos, ya que con cualquier roce con la ropa o una ráfaga de viento muy fuerte, la interferencia es muy notable en el sonido resultante.

Algunos de los modelos que se encuentran en el mercado actualmente (2010) son:

- **Core Sound Binaural microphone set.- USA**

<http://www.core-sound.com>

(Figura 28)



Figura 28. Micrófonos Binaurales. CORE SOUND

© Fair Use. - Core Sound.

- **The Sound Professionals. - Low Noise In Ear Binaural Microphones. SP- TFB-2 - USA**

(Figura 29) <http://www.soundprofessionals.com>



Figura 29. Micrófonos Binaurales. SP-TFB 2. The Sound Professionals

© Fair Use. - The Sound Professionals.

- **SOUNDMAN OKM II.** (varios modelos) Alemania. (Figura 30)

<http://www.soundman.de>



Figura 30. Micrófonos Binaurales OKM II Klassik “SOUNDMAN”

© Fair Use. - Soundman.

El precio de estos micrófonos varia entre los 100€ y 400€, dependiendo de la marca, la sensibilidad, y los accesorios de cada uno.

Puedo afirmar, basándome en numerosa información que recabe de decenas de usuarios en diversos foros especializados en audio en internet, así como también en mi experiencia personal, que esta tecnología, además de las ventajas ya mencionadas atrás, ofrece una calidad de grabación “buena-alta” en condiciones de grabación optimas y funciona para obtener los resultados deseados de los aficionados de audio amateurs y semi-profesionales.

Tratándose de los micrófonos **SOUNDMAN**, los resultados son **casi iguales, iguales o, en algunos casos, superiores en comparación con la Dummy Head de Neumann modelo KU81i**. Esta afirmación la hago apoyándome específicamente en la tesis publicada en el sitio de la empresa SOUNDMAN, localizada en Berlín, Alemania, llamada “**Comparison between Soundman OKM II Studio Classic and Neumann Art Head KU81i in technical and timbral aspects**” hecho por el SAE Institute en colaboración con la Universidad de Middlesex de Londres, (la cual puede ser consultada en la siguiente dirección electrónica: <http://www.soundman.de/pdf/RA303-Thesis.pdf>)

Dado lo anterior, el autor de este documento, opto por elegir los micrófonos binaurales de la marca **SOUNDMAN** modelo **OKM II AV/POP SOLO** para la realización del proyecto que más adelante se detallara.

3.2 EDICIÓN

Una vez capturado el audio es necesaria su posterior edición. Para esta tarea, existe una gran oferta en el mercado de software de edición “multitrack” que permite grabar, mezclar, cortar, pegar, hacer fade-in y fade-out, crossfading, aplicar efectos simples o avanzados y exportar el audio en diferentes formatos, entre otras funciones.

Uno muy popular y *freeware* es el famoso Audacity.

Audacity es una aplicación informática multi-plataforma libre, que se puede usar para grabación y edición de audio, fácil de usar, distribuido bajo la licencia GPL. Audacity es el editor de audio más difundido en los sistemas GNU/Linux.

Ademas de Audacity existen numerosos editores comerciales, a continuación menciono algunos:

Ableton Live

ACID Pro

Adobe Audition

Adobe Soundbooth

Cakewalk Sonar

FL Studio

GarageBand

Logic Pro

Mixcraft

MU.LAB

n-Track Studio

Orion Platinum

PreSonus Studio One

Pro Tools

Propellerhead Reason

REAPER

Soundtrack Pro

Steinberg Cubase

Steinberg Nuendo

Tracktion

Zynewave Podium

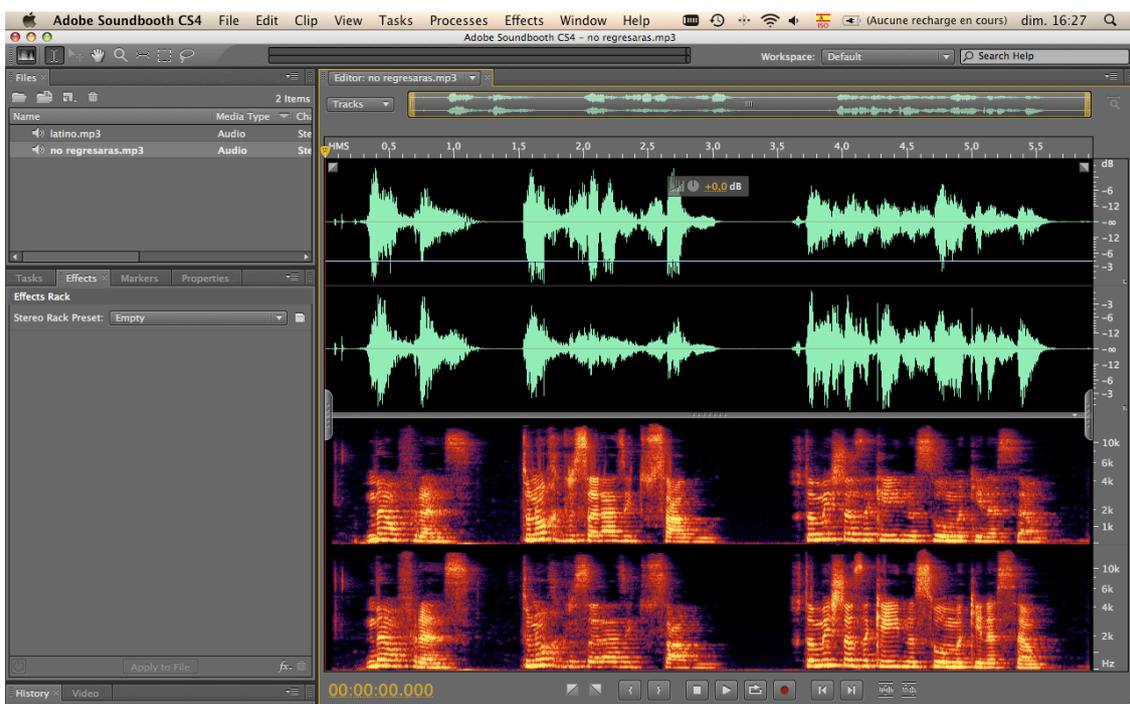


Figura 31. Interface de Adobe Soundbooth.  creative commons

Estos editores cuentan con las funciones básicas ya descritas y cada uno tiene algunas funciones más especializadas (diferentes efectos) y características particulares.

Lo que nos interesa a nosotros, es la posibilidad de **aplicar o reafirmar los efectos de la espacialización sonora.**

Existen numerosos softwares especializados en sonido 3d o espacial, podemos mencionar **Maven 3d** (Figura 32), **Flux**, **GenAudio**, **Sound Locus**, **Holistiks**, **QSound Labs**, **Sensaura** y **Vibe Studio Designer** por citar algunos.

También podemos encontrar una mayor cantidad de *plug-ins* - como los celebres VST (Virtual Sound Studio)- para softwares como Audacity, Cubase, Logic, Soundtrack Pro, Pro Tools, Soundbooth, Ableton, y Flux entre otros.

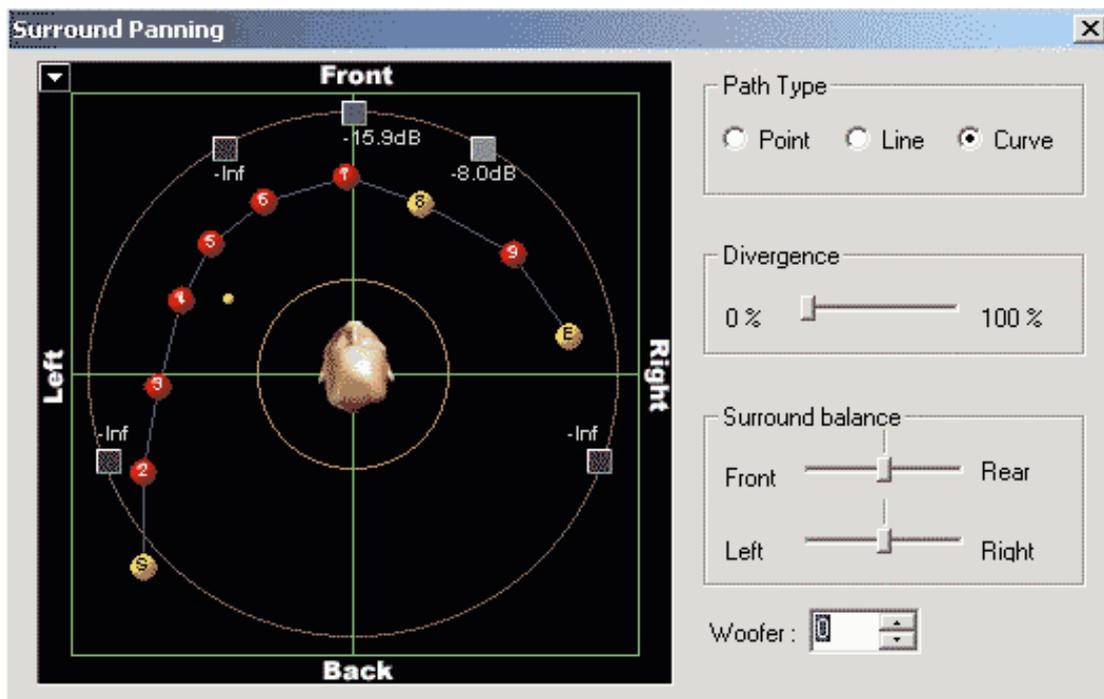


Figura 32."Surround Panning" de Maven 3d



Estos softwares y plug-ins, nos permiten localizar las fuentes sonoras virtualmente en un espacio de 360° con respecto al usuario, algunos nos permiten usar funciones HRTF, así como reverberaciones y efectos de refracción sonoros de acuerdo a materiales virtuales (madera, metal, cristal, etc.)³⁹

Las aplicaciones más comunes de estos softwares se destinan para animaciones, juegos de video y últimamente para películas, trailers cinematográficos y música.

Algunos de estos softwares y plug-ins utilizan codecs y complejos algoritmos matemáticos, uno de los más importantes en la industria es **el algoritmo Cetera**.

.- El Algoritmo Cetera

Esta tecnología fue desarrollada en 1999 por "Starkey Labs". basados en Minnesota, USA. en colaboración con QSound Labs.

El algoritmo Cetera es un tipo de tecnología que originalmente esta enfocada para la ayuda en la perdida de la audición. mediante audífonos para corregir la perdida auditiva.

La tecnología Cetera esta basada en un complejo algoritmo matemático; este algoritmo tiene la capacidad de igualar las características de la oreja del portador del audífono; removiendo así la interferencia y obstrucción física que causa la mayoría de este tipo de audífonos, entre las ondas sonoras y el sistema de procesamiento de sonido del cerebro.

"Los audífonos de ayuda actuales son sistemas en miniatura que básicamente amplifican el sonido." comenta Jerry Ruzicka, presidente de Laboratorios Starkey. "Sin embargo, al hacer el sonido más fuerte, debido a su presencia física en el canal auditivo, oscurecen

las pistas que necesita el cerebro para procesar el sonido. El resultado es que la mayoría de los audífonos no son capaces de dar al cerebro los datos que necesita para filtrar el ruido de fondo, para ubicar el lugar donde el sonido proviene o de enfocarse en una sola voz sobre otra en una habitación llena de gente." (*efecto de enmascaramiento*)

"La tecnología CETERA aplica las lecciones de audio virtual para avanzar en el estado de arte de los audífonos de ayuda sonora. La diferencia de sonido puede ser tan importante como la comparación de una imagen visual de una dimensión de 3-D "⁴⁰

Las personas que no tienen problemas auditivos, son capaces de localizar perfectamente el origen de las fuentes sonoras y percibir una sensación de tridimensionalidad en los sonidos tratados con este algoritmo.

La aplicación de este algoritmo puede ser escuchada en el famoso audio del "Virtual Barber" creado por Strakey Labs y Qsound Labs:

http://www.qsound.com/demos/virtualbarbershop_long.htm

**ES IMPORTANTE EL USO DE AURICULARES PARA PERCIBIR EN SU TOTALIDAD
EL EFECTO DE ESPACIALIZACIÓN SONORA.**

3.3 REPRODUCCIÓN

Como mencionamos líneas arriba, para **poder percibir adecuadamente el efecto de espacialización sonora, es necesario usar auriculares**, preferentemente de buena calidad.

¿Porque?

Como ya abordamos anteriormente, las señales de audio grabadas binauralmente, llevan ciertos patrones HRTF característicos que fueron registrados al momento de la grabación. Si reproducimos esas señales por altavoces comunes, las ondas sonoras al ser emitidas por las columnas de sonido, viajando por el espacio de la habitación o local donde nos encontremos y atravesando nuevos obstáculos, adquirirán nuevos patrones HRTF en su trayecto hasta nuestros oídos, por lo consiguiente, el sonido que escucharíamos no sería el adecuado ya que estarían distorsionadas las pistas de localización y se cancelaría el efecto tridimensional.

Es por eso que, para la reproducción binaural, lo más recomendable es que la señal sonora no tenga ninguna interferencia en su camino hasta nuestros oídos para ser codificada por el cerebro con los registros HRTF adecuados y de esa forma, seamos capaces de localizar los sonidos y sentir la sensación de espacialización sonora

Lo ideal es el uso de audífonos, ya que estos nos pueden transmitir los sonidos registrados por el micrófono izquierdo en el auricular izquierdo y los sonidos grabados por el micrófono derecho, los escucharíamos en el auricular derecho, estas grabaciones combinadas con los patrones HRTF registradas, llegarían a nosotros directamente sin

ningún tipo de interferencia física, sumergiendonos realmente, en una experiencia sonora tridimensional.

En los últimos años, ha ido avanzando la investigación para desarrollar un sistema de altavoces que permita reproducir fielmente el sonido binaural o en su caso emular la localización de los sonidos tridimensionales mediante codecs y otras técnicas.

Tal es el caso de **Ambisonics**, el cual es un sistema que fue desarrollado por Michael Gerzon del Mathematical Institute of Oxford, a principios de los setenta.

B-format es el nombre que recibe el método especial de grabación y formato de transmisión usado para transportar la información espacial sonora que se usa en los sistemas Ambisonicos.

En su versión más básica, la información sonora es codificada en 4 canales denominados: W, X, Y y Z. Éstos están basados en una descomposición por armónicos esféricos del campo sonoro que corresponden al nivel de presión sonora instantáneo (W) y a las 3 componentes de su gradiente (X, Y y Z) que están relacionadas con la velocidad de las partículas en un punto del espacio. Las señales que llegan a un altavoz se derivan usando una combinación lineal de estos cuatro canales, donde cada señal es dependiente de la actual posición del altavoz en relación al centro de una esfera imaginaria cuya superficie pasa por los demás altavoces disponibles.⁴¹

Algunas desventajas es que para reproducir esta tecnología se necesita un decodificador especial de la señal y es preciso de un mínimo de 4 altavoces para reproducirla, además de que no esta soportada por ningún sello discográfico importante y desgraciadamente esta tecnología no ha sido tenido una estrategia de marketing eficaz. Su gran ventaja con respecto al virtual surround (su más directo competidor) es que no depende de la simetría de la sala ni de los elementos que pueda haber en ésta.

4. APLICACIONES DEL SONIDO BINAURAL

4.1 MUSICA

Uno de los principales intereses en grabar sonidos binaurales, ha sido, el grabar música en vivo.

Uno de los grandes motivos por el cual, no existen muchas grabaciones binaurales comerciales, es porque este tipo de sonido es incompatible con los sistemas de reproducción caseros (equipos estéreo con altavoces, ya sea de 2, 2.1, 5.1, 7.1 canales, etc.) Como ya mencionamos, para reproducir fielmente el sonido binaural, es necesario de auriculares.

La primera grabación registrada binauralmente de un concierto, fue hecha el 15 de junio de 1946. Radio Nederland, transmite al aire la primera grabación de un concierto de música clásica (la "Radio Philharmonisch Orkest" bajo la dirección del maestro Leitung von Albert van Raalte. Hilversum 1 y 2) hecha con una "dummy head".⁴²

Algunos de los artistas que han utilizado este tipo de tecnología en sus álbumes son:

Aqua de Edgar Froese (Tangerine Dream) - 1975

Tales of Mystery and Imagination de Alan Parsons Project 1976

Flow Motion de Can - 1976

The Bells - Lou Reed 1979

The final cut de Pink Floyd - 1982

The pros and cons of hitchhiking de Roger Waters - 1984

Stakkato - Spezial - 1989

Hanns-Dieter Hüsck - Nachtvorstellung, 1995, Track 8

Finn de Finn Brothers - 1995

Fire Garden de **Steve Vai** - 1996

Centropolis - Walter Adler : „ - 1997

Binaural de **Pearl Jam** - 2000

Kopfsongs: „Folklore, Delta-Acoustic LP 25-127-1 J

Golem: „Golem, Delta-Acoustic LP 25-127-1

Muestra de Música Antigua: "catadores" Delta-LP acústico 25-129-1

Existen en la internet, numerosas grabaciones binaurales “no oficiales” de conciertos en vivo hechas por los propios asistentes (regularmente hechas con micrófonos binaurales “in-ear”), así como también podemos encontrar en diversos foros, grabaciones de sonidos binaurales específicos, ambientes y *paisajes sonoros*, el cual es un tema que abordaremos ampliamente más adelante.

4.2 MULTIMEDIA

En los últimos años ha crecido el interés de explotar el sonido binaural y/o tridimensional en los contenidos multimedia, ya sea en animaciones, eventos en vivo, juegos de video, promocionales y audios por internet, etc.

A continuación algunos ejemplos:

- En el DVD de *Monsters, Inc.*(Pixar, 2001) el contenido adicional incluye una presentación práctica de la grabación binaural, con un ingeniero de sonido de Pixar y los actores John Goodman y Billy Crystal

- Algunos parques de atracciones han creado espectáculos en torno a los principios de audio 3-D. Un ejemplo es *Sounds Dangerous!* en los estudios Hollywood de Disney en Walt Disney World Resort de Florida. Los huéspedes llevan auriculares especiales, y ven un cortometraje protagonizado por el comediante Drew Carey. En un momento en la película, la pantalla se oscurece mientras que un sonido de audio 3D sumerge a los huéspedes en la historia en curso. Para garantizar que el efecto se escuche correctamente, los auriculares se cubren con códigos de color para indicar cómo deben ser colocados. Esto no es un efecto generado por computadora, es una grabación binaural pura.⁴³
- MorrowSoundTrue3D (<http://www.cmorrow.com>) es una empresa americana que se encarga de hacer instalaciones sonoras en 3d (algunas de ellas interactivas) para diversos eventos entre los cuales podemos mencionar:

Torino Winter Olympics, ProFootball Hall of Fame, Great Lakes Children's Museum, NokiaWorld 2008 Barcelona, Denver Museum Nature and Science Gates Planetarium, New York Historical Society, Copenhagen International Theatre, Gallery Rachel Haferkamp Köln, Muu Gallery Helsinki, New Sounds New York, ZHDK Zurich, OKKO Design Stockholm, BAFTA Awards London.
- En 2009, el programa de *drama-ciencia ficción* "Planeta B" de la Radio BBC 7 en Londres, utiliza un anuncio binaural en línea con el fin de promover la segunda serie del programa.⁴⁴

- La novela de Nick Cave “La muerte de Bunny Munro” (Septiembre 2009) fue grabada en formato de audio-libro con sonido 3D.⁴⁵

- Colin McRae: DiRT 2, (2009) es un juego de video (PSP3, Xbox, Nintendo, PC) que usa la tecnología Ambisonics.⁴⁶

Hay una gran cantidad de juegos de video que utiliza sonido surround 5.1, virtual surround o incluso *THX Sound*, estos son algunos títulos más destacados:

NFS: Most Wanted, Bioshock, STALKER, Doom 3, Call of Duty 3, Guitar Hero y Prototype (THX a 7.1 canales)

- Hay varios juegos para el iPhone que utilizan el sonido binaural. Estos incluyen a **Zen Bound** del desarrollador “Secret Exit”, y **Aves** del desarrollador “Acción = Reaction Games”.

- En su edición de abril **2010**, la edición británica de la revista *Wired* publico un artículo de **Papa Sangre** del desarrollador *Somethin' Else*, este es un "juego de vídeo sin vídeo" creado en su totalidad en audio binaural y que proclama ser el primer juego de iPhone en tener un motor que puede crear audio binaural en tiempo real procesando las fuentes de sonido usando HRTF.⁴⁷

4.3 SALUD (*Binaural Beats*)

Existe una técnica que, con la ayuda de sonidos binaurales (tonos, y frecuencias de onda específicas), ayudan para que nos pongamos en diferentes estados mentales. Esta técnica es llamada “Binaural Beats” - Pulsos Binaurales o “Binaural Tones”

Los Binaural Beats, son sonidos que producen un estímulo o sincronización del cerebro humano a base de frecuencias sonoras de diferentes rangos. Estos sonidos fueron descubiertos en 1839 por Heinrich Wilhelm Dove, pero fue hasta 1973, que Gerald Oster publico su estudio llamado “Auditory Beats in the Brain” en la revista *Scientific American*⁴⁸ donde demostraba que los pulsos binaurales tenían influencia en el cerebro, estimulando la sincronización con ondas cerebrales específicas. Este método puede ser usado para reducir la ansiedad, minimizar el dolor⁴⁹ y proveer otros beneficios a la salud.⁵⁰

Los efectos de binaural beats en la conciencia fueron examinados por primera vez por el físico Thomas Warren Campbell y el ingeniero eléctrico Dennis Mennerich, bajo la dirección de Robert Monroe. Estos investigadores trataron de reproducir una impresión subjetiva de 4Hz de oscilación, frecuencia que se asocia con las “*experiencias fuera de cuerpo*” o *viajes astrales*.⁵¹

Basado en la fuerza de sus conclusiones, Monroe creó la tecnología de “binaural beats” auto-desarrollando la industria formando el **Instituto Monroe**, organización educativa especializada en la investigación binaural.⁵²

Los pulsos binaurales resultan de escuchar dos frecuencias diferentes en cada oído. Si escuchas un sonido de 180Hz en un oído y un sonido de 150Hz en el otro, estarás escuchando un pulso binaural de 30Hz (180 - 150 = 30). Si escuchas dos frecuencias diferentes en cada oído, escucharás la diferencia entre ambas como un pulso binaural.⁵³

Para escuchar pulsos binaurales se deben usar auriculares estéreo, ya que cada oído escuchará sonidos ligeramente diferentes.

Escuchar pulsos binaurales puede aumentar frecuencias específicas de las ondas cerebrales. Nuestro cerebro imita las frecuencias que escuchamos en los pulsos binaurales. Si quieres aumentar las ondas alfa de tu cerebro, escucha un pulso binaural en el rango alfa. A esto se le llama respuesta de sincronización o de seguimiento de frecuencia.⁵⁴

Las ondas cerebrales **beta** (13-40 Hz) están asociadas con el pensamiento activo y la concentración. Las ondas cerebrales **alfa** (7-13 Hz) están asociadas con la relajación y/o la somnolencia. Las ondas cerebrales **theta** (4-7 Hz) están asociadas con los sueños, la meditación y la fase REM. (Rapid Eye Movement). Las ondas Delta se relacionan con estados de sueño profundo y pérdida de conciencia corporal.

| Frecuencia | Ondas | Asociadas a |
|------------|-------|--|
| > 40 Hz | Gama | Alta actividad mental, percepción, resolución de problemas, miedo y conciencia |
| 13-39 Hz | Beta | Actividad, pensamientos ocupado o ansioso, concentración activa, cognición. |
| 7-13 Hz | Alfa | Relajación (mientras despiertas), pre-sueño, pre-despierto |
| 4-7 Hz | Theta | Sueños, meditación profunda, sueño REM |
| < 4 | Delta | Sueño profundo sin sueños, pérdida de conciencia corporal |

Figura 33. Clasificación de frecuencias de los Binaural Beats. 

En años recientes, ha habido un *boom* de esta tecnología y han surgido numerosas empresas que producen “binaural beats” con la promesa de que sus grabaciones ayudan para dejar de fumar, bajar de peso, y producir efectos similares a ciertos tipos de drogas, tales como el alcohol, marihuana, cocaína, lsd, peyote, dmt, etc. (www.i-doser.com)

Existe una gran controversia respecto a este tema, por una parte no hay estudios concluyentes sobre la producción de tales efectos, por otra parte cientos de testimonios afirmando que si funcionan estas grabaciones; muchos de los críticos afirman que son placebos y los efectos aparecen por el poder de la sugestión.

Sin embargo, existen numerosos estudios científicos que afirman que los “binaural beats” ayudan a reducir la ansiedad y estimular ciertas glándulas para producir ciertas hormonas tales como la endorfina⁵⁵ y dopamina⁵⁶. Así como también para inducir *sueños lucidos, viajes astrales, experiencias extra-corporales y estados alterados de conciencia*, aunque muchos de estos estudios continúan en fase de investigación.^{57 58} También hay numerosos análisis que muestran resultados alentadores en favor al tratamiento de adicciones al alcohol.^{59 60}

5. PAISAJES SONOROS

A finales de 1960s, (1969 - 1973) se inicio en la Universidad Simon Fraser, en Canadá, un movimiento que se proponía realizar un análisis del ambiente acústico desde un punto de vista ecológico (Ecología Acústica). Así nació el “**World Soundscape Project**” (WSP) integrado por Bruce Davis, Peter Huse, Barry Truax y Howard Broomfield y creado por el compositor, educador musical e investigador **R. Murray Schafer**.⁶¹ (Figura 34)

En un principio, el WSP tenia como principal objetivo, analizar el ambiente acústico de su entorno y realizar un mapa sonoro de las regiones estudiadas (principalmente Canadá), creando un catalogo de sonidos característicos de cada región. A raíz de ese estudio, surgió una fuerte preocupación por los cambios que estaban sucediendo en los ambientes acústicos naturales, generados más que nada, por la industrialización de las ciudades y la subsecuente contaminación acústica de los mismos.



Fig. 34 De izq. a derecha: R. M. Schafer, Bruce Davis, Peter Huse, Barry Truax, Howard Broomfield
WSP en la Universidad Simon Fraser, 1973

© Fair Use.. “The World Soundscape Project”

Dadas las circunstancias, el propósito principal del trabajo del WSP evolucionó y se convirtió en documentar ambientes acústicos, tanto funcionales como disfuncionales, y generar una conciencia pública sobre la importancia del paisaje sonoro, apelando directamente a la sensibilidad auditiva del individuo. En una terminología actual, el objetivo era situar la "Ecología acústica"⁶² en el programa ambiental. (Figura 35)

El primer estudio de ecología sonora de Schafer describió el "horizonte audible" y la historia acústica de Vancouver, el medio ambiente cotidiano y musical, los sonidos de la naturaleza, los recuerdos sonoros. Los silbatos de los ferrocarriles canadienses con sus ritmos y acordes constituyen rasgos sonoros, componentes inconfundibles de la identidad acústica del lugar y, al mismo tiempo, un documento ecológico del pasado de la ciudad.



Fig. 35 Howard Broomfield - Universidad Simon Fraser, Canadá, 1972. © Fair Use.

El termino de **paisaje sonoro** fue creado por R. Murray Schafer y lo define como “un sonido o la combinación de sonidos que se forman o se derivan de la inmersión en el medio ambiente”⁶³Técnicamente, cualquier porción de ambiente sonoro vista como un campo de estudios”.⁶⁴ Truax lo define como “una composición creada usando sonidos de un ambiente acústico, ya sea exclusivamente o en conjunto con instrumentos musicales”.⁶⁵ Pauline Oliveros, compositora de música electrónica del periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial, define el término como "todas las formas de onda que son transmitidas fielmente a nuestra corteza de audio por el oído y sus mecanismos".⁶⁶

De acuerdo con Murray Schafer⁶⁷, existen tres elementos principales en los paisajes sonoros:

- **Sonidos Clave (*Keynotes*):** es un término musical que identifica la clave de una pieza, no siempre es audible ... Los sonidos clave no siempre se puede escuchar conscientemente, pero ellos "resumen el carácter de las personas que viven allí" (Schafer). Son creados por la naturaleza (la geografía y el clima): viento, agua, bosques, llanuras, pájaros, insectos, animales. En muchas áreas urbanas, el tráfico se ha convertido en el sonido clave
- **Señales de Sonido (*Sound Signals*):** Estos son los sonidos en primer plano, que se escuchan conscientemente; ejemplos podrían ser señales de advertencia, campanas, silbatos, bocinas de autos, sirenas, etc
- **Marcas de Sonido (*Soundmarks*):** Este termino se deriva de las “Marcas del Paisaje” (*Landmarks*) Una Marca de Sonido es un registro sonoro que es único y

característico de un área. Schafer menciona en su libro *The Tuning of the World* "Una vez que una marca de sonido ha sido identificada, merece ser protegida, una marca de sonido hace la vida acústica de la comunidad única."

Una de las primeras publicaciones más importantes del WSP fue *The Vancouver Soundscape*, un libro y dos grabaciones que aparecieron en 1973. (el cual se volvió a editar en 1997 incluyendo grabaciones de campo y composiciones de paisajes sonoros derivadas de los registros digitales que se hicieron en Vancouver en la década de 1990). El proyecto de Vancouver no sólo fue, probablemente, el primer estudio sistemático sobre el paisaje sonoro de una ciudad, sino que su continuidad a lo largo de 20 años ha dado como resultado un retrato auditivo único de la rápida evolución de la ciudad y de su paisaje sonoro.

El proyecto de Vancouver estableció además el marco de la ciudad para trabajos posteriores. En la última década han aparecido "retratos sonoros" en CD's de ciudades como Madrid, Amsterdam, Lisboa, Brasilia, México, entre otras, que incluyen documentación y composiciones en una proporción variable. Del mismo modo se han desarrollado muchas otras recopilaciones inéditas e investigaciones individuales. En otras palabras, se podría afirmar que la influencia del WSP se ha extendido a todo el mundo como un concepto que es puesto en práctica por los individuos de esas localidades, más que por los "expertos" extranjeros. De hecho, tras la conferencia Tuning of the World de 1993 en Banff, Alberta, se creó la organización internacional conocida como el **World Forum for Acoustic Ecology (WFAE)**, que mantiene actualizada una importante web y un boletín sobre paisaje sonoro, además de un grupo de debate *on line*.

World Forum for Acoustic Ecology (WFAE) - <http://wfae.proscenia.net/>

Desde la Universidad Simon Fraser en Canadá, - en donde existen hasta hoy (2010) el Archivo de Paisajes Sonoros y los cursos en Comunicación Acústica - el proyecto pionero del WSP se extendió especialmente hacia Europa y Japón. En 1975, Schafer y su equipo hacen un tour por las principales ciudades de Europa participando en lecturas, workshops y aprovechando para hacer investigaciones y grabaciones de *soundscape*s en cinco ciudades europeas, una ciudad de cada país (Suecia, Alemania, Italia, Francia y Escocia).

De este trabajo se deriva la narrativa *European Sound Diary* y la grabación de *Five Villages Soundscapes*. (Figura 36) El texto definitivo de los paisajes sonoros *The Tuning of the World* publicado en 1977 de Schafer y el trabajo de referencia de Barry Truax sobre la acústica ecológica y la terminología de los paisajes sonoros *Handbook for Acoustic Ecology* publicado en 1978, completan la fase de publicación del proyecto original.⁶⁸

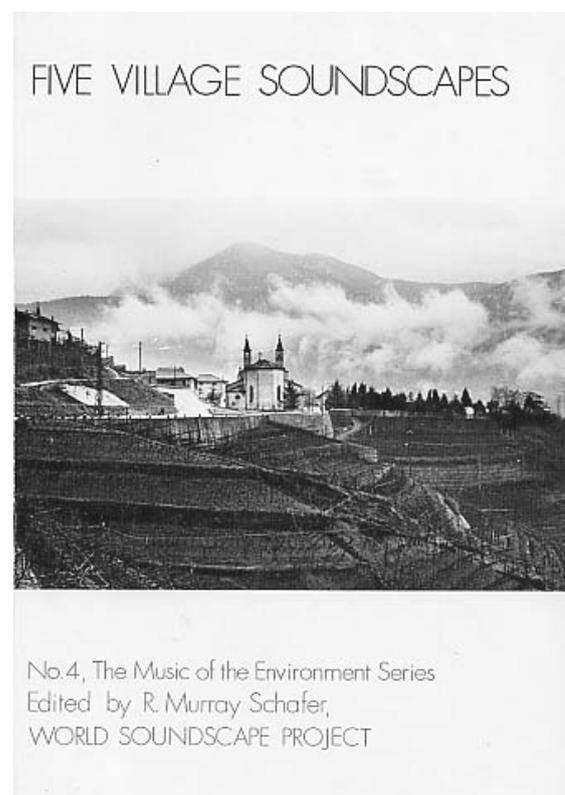
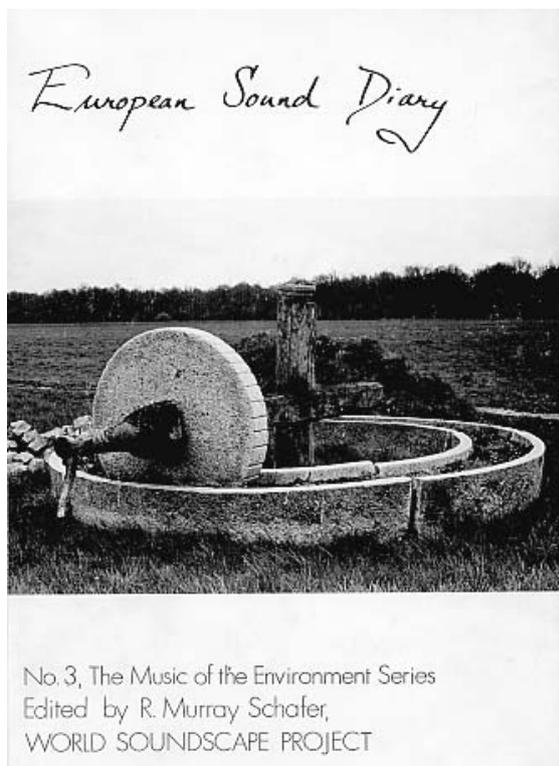


Fig. 36 European Sound Diary & Five Village Soundscapes.

WSP. © Fair Use.

Con el tiempo, algunos compositores que participaron en el WSP, entre ellos Hildegard Westerkamp y Barry Truax, se enfocaron en el estudio del uso del sonido ambiental en la composición musical.

The Tuning of the World ("La Afinación del Mundo") de 1977, fue el libro más importante de R. Murray Schafer que estudió el mundo como una "composición sonora y un paisaje sonoro".

Desde un principio, y hasta ahora, el término "soundscape" pretendió ser interdisciplinario y, se puede ver desde diferentes perspectivas:

- como proceso intensivo y pedagógico en el sentido de la audición
- como discurso social e interpretación de mundos sonoros vivientes

La audición de nuestro medio ambiente está dividida, como menciona R. Murray Schafer cuando inventó el término "esquizofonía", - la disociación sonora. - Este término se refiere a espacios electroacústicos, como con el teléfono y la radio u hoy los "hipermedios" (teléfonos celulares, internet, dispositivos móviles de comunicación) en los cuales los seres humanos por causa de la tecnología han dejado literalmente de verse.

Schafer establece también una relación con la disociación de la conciencia:

- en la audición musical en un espacio particular de la cultura audiovisual
- y en la no audición en la niebla de ruidos de nuestras ciudades.

R. Murray Schafer escribió: *"Yo creo que el medio ambiente acústico general de una sociedad puede entenderse como un indicador de las relaciones sociales, de las cuales es consecuencia, y que a través suyo podemos conocer algunas cosas acerca de la dirección de desarrollo de dicha sociedad."* (*The Tuning of the World*, -1977)

El paisaje sonoro o *Soundscape*, representa a todo el continuo de música, habla, ruido, incluyendo los sonidos sintéticos y el silencio. La disciplina de “Ecología Acústica” aborda al ser humano y su relación con lo audible como campo central de estudio. El ser humano no es el objetivo de los estímulos, sino el intérprete de su mundo perceptivo.⁶⁹

Desde R. Murray Schafer los ecologistas sonoros se diferencian de la acústica tecnológica y la medicina, así como de la música experimental de ruidos (concreta, electrónica, noise, glitch), a través del *cuidado de oídos* ("ear-care") para los espacios acústicos vivientes. Su percepción no es la del objeto sonoro libre, sino la del acontecimiento sonoro vivido. Los sonidos traen mensajes, conexiones con la vida cotidiana y sentimientos. El oyente participa en la composición de su medio ambiente acústico, que entiende como habla: lenguaje sonoro [: *Klanguage*, en el original. Juego de palabras entre *Klang* = *sonido*, en alemán, y *language* = *lenguaje*, en inglés].⁷⁰

La compositora alemana-canadiense Hildegard Westerkamp, antigua asistente de investigación de Schafer, se ha hecho conocer entre tanto como educadora de la audición en Europa, Brasil, India y Japón, a través del desarrollo de trabajos para una audición abierta. En el movimiento del paisaje sonoro -quizás sin proponérselo- influyó decisivamente sobre la especie de la composición con sonidos ambientales ("environmental composition"). "*Soy compositora, reciclo sonidos.*"⁷¹ Sus obras son refinadas imágenes sonoras y a la vez mensajes ecológicos acerca de la fragilidad de la naturaleza, el oído y la comunicación humana.

El profesor Barry Truax, renombrado compositor, informático e investigador, desarrolló el concepto del paisaje sonoro, en el sentido de Schafer, como comunicación acústica: un

amplio análisis interdisciplinario de sonido y significado, cultura y sociedad, tecnología y composición digital. Los paisajes sonoros digitales son, en opinión del compositor, “escenarios de ensayo para la vida en futuros mundos sensibles. Un devenir de los sonidos antes de ingresar a la realidad”.⁷²

El investigador musical Helmut Rösing dice escépticamente en el Manual de Psicología Musical: *"La realidad acústica muestra que aún estamos muy lejos de ese pensamiento de ecología sonora. (...) Todas las medidas de diseño sonoro hasta la 'estetización del medio ambiente', intentan solamente curar la superficie de nuestro paisaje sonoro, sin eliminar los síntomas. Sólo una profunda transformación de la sociedad, y no el diseño sonoro o la ecología sonora, será en última instancia capaz de mejorar nuestro paisaje sonoro cotidiano."*⁷³



Fig. 37 Bruce Davis & Peter Huse grabando - Universidad Simon Fraser, Canadá, 1972.

WSP. © Fair Use.

6. PERSPECTIVAS BINAURALES EN LOS PAISAJES SONOROS

Uno de los objetivos principales de esta tesis es: *Fusionar e integrar los conceptos de “Paisaje Sonoro” y “Sonido Binaural”; profundizando en las ventajas y posibilidades que se obtienen al utilizar la tecnología binaural en la construcción de un paisaje sonoro.*

Mi proyecto es producir un paisaje sonoro con tecnología binaural, consiguiendo de esta manera, incrementar la sensación de inmersión del usuario, y por lo tanto, hacer que la recreación del ambiente; así como las percepciones del mismo, se vuelvan mucho más realistas, a tal punto que resultara más sencillo -con la ayuda de los estímulos auditivos, la espacialización del sonido y un poco de imaginación- transportarnos a los lugares donde fue hecha la grabación y/o recrear con gran detalle, el ambiente pretendido por el autor de la atmósfera sonora.

Esta aplicación del sonido se puede explotar de diversas formas; ya sea en el campo cultural, educacional, de entretenimiento o salud.

Por mencionar algunos ejemplos, propongo la creación de registros sonoros binaurales de ciudades o lugares destacados mundialmente (como los que aparecen en la Lista de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO), de esta forma se obtendría no solo una registro gráfico como el que existe hasta ahora, sino un registro audiovisual integral... un documento mas completo y valioso, que podría servir como archivo y objeto de estudio para futuras generaciones. Así como también el registro sonoro binaural de los usos y costumbres de diversas culturas y pueblos, tales como danzas, cantos o ceremonias religiosas.

Otra hipótesis que planteo es: hacer los paisajes sonoros binaurales de recorridos preestablecidos en ciudades, de esta forma, las personas débiles visuales que no conocen el trayecto, tendrían una referencia sonora real tridimensional (de cierto momento en el día) antes de aventurarse hacia el nuevo recorrido.

Sobre este tema en particular, actualmente existe un proyecto de realidad aumentada llamado **The vOICe**⁷⁴, Seeing with Sound. <http://www.seeingwithsound.com>, en el cual las personas débiles visuales, utilizan unos lentes equipados con una cámara de video, la cual escanea el campo visual y el software interpreta el video y lo convierte en información auditiva, para de esta forma, crear una “imagen” dentro de la cabeza del usuario.

A continuación presento un extracto de el artículo “ *Seeing with your ears*” publicado en el **The New York Times** el 11 de Diciembre del 2005.

*“Peter Meijer, a research scientist in the Netherlands, has developed a technology called **the vOICe**, which allows you to represent visual information - to "see" - with sounds.*

*The device is a tiny camera, a laptop and headphones. The camera is mounted on your head and the laptop takes the video input and converts it into auditory information, or **soundscapes**. The scene in front of you is scanned in stereo: you hear objects on your left through your left ear and objects on your right through your right ear. **Brightness is translated as volume: bright things are louder. Pitch tells you what's up and what's down. The image refreshes once a second.**”⁷⁵ (Figura 38)*

Con el desarrollo de la tecnología, ya no hace falta salir con una laptop ni una webcam a la espalda, ahora solo es necesario la cámara de un teléfono móvil y el software se puede descargar en un ipod, ipad, iphone, o en *smartphones* con sistemas operativos como windows, iOS y android.

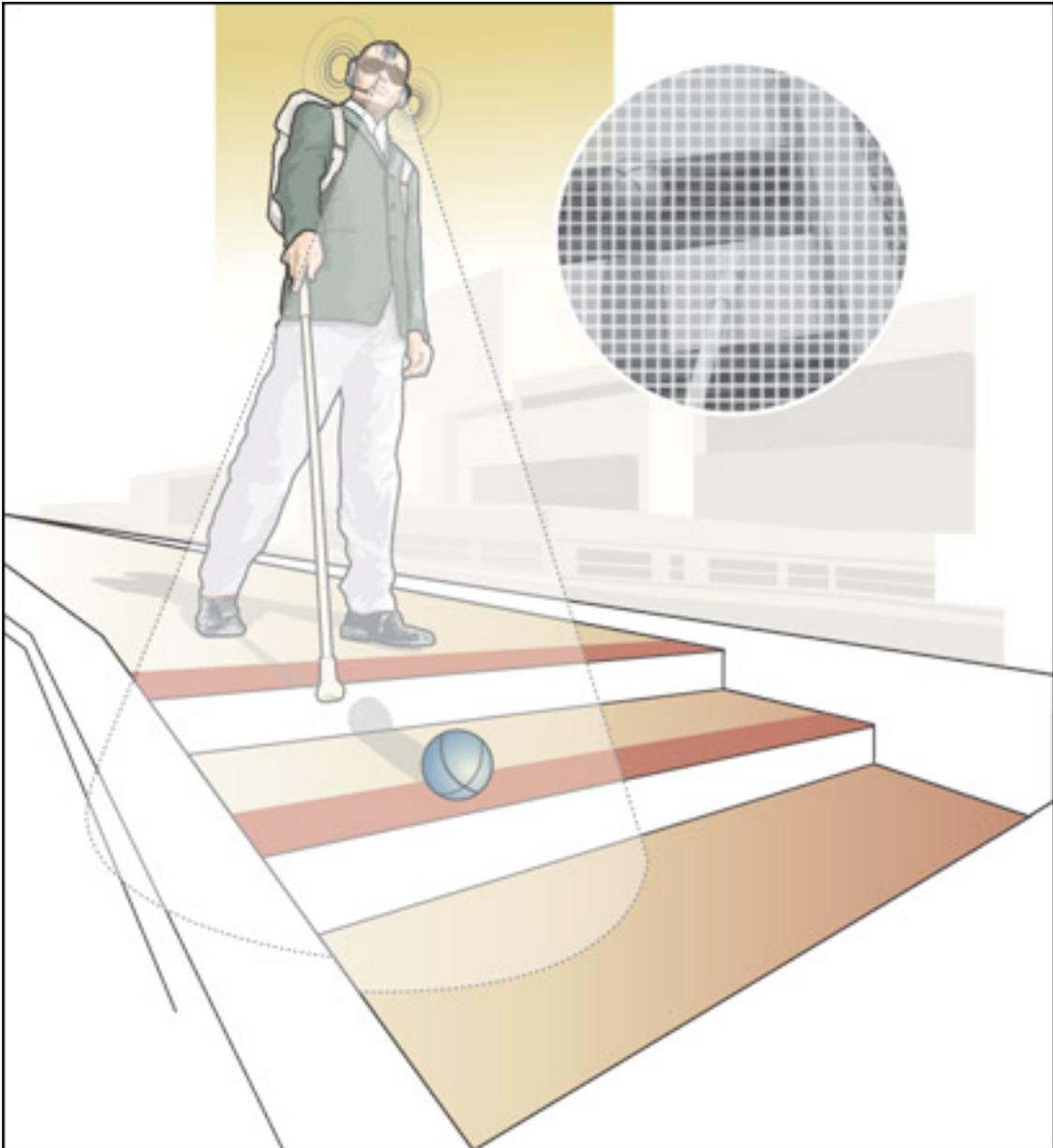


Fig. 38 Ilustración del funcionamiento del sistema The vOICe
“Los sonidos más altos corresponden a las cosas más brillantes,
el pitch indica que esta arriba y que esta abajo”
Copyright The New York Times. 2005. © Fair Use.

La afamada publicación “**New Scientist**” en su edición de Agosto del **2010**, publico el articulo “*Sensory hijack: rewiring brains to see with sound*” el cual contiene información detallada importante y actualizada. En este articulo, entre otras informaciones, podemos leer el testimonio de Pat Fletcher, (Figura 39) una usuaria experimentada del sistema que perdió la vista a los 21 años; ella empezó a usar el sistema en el 2000, al principio describía su experiencia de visión como “dibujos lineares” e “imágenes holográficas en su cabeza”, después de una década de utilización, ahora es capaz de distinguir texturas y profundidad, “**Es como mirar una película en negro y blanco de los años 40. Puedo ver el árbol de arriba a abajo, y la acera agrietada**” explica.⁷⁶ (Figura 41)



Fig. 39 Video de Pat Fletcher usando “The vOICe”⁷⁷ ([video aqui](#))

CBS Web Television. 2008. © Fair Use.



Fig. 40 Evolución de los dispositivos externos “The vOICe”. © Fair Use.

Mi teoría al respecto es la siguiente; si aplicamos sonido binaural en los paisajes sonoros que produce este sistema, los usuarios serán capaces de formar “imágenes” detalladas (tamaño, textura, profundidad) más sencilla y rápidamente; así como también serán capaces de identificar la posición de los objetos con más facilidad, obteniendo una sensación de “visión” mucho más integral y fiable.



Fig. 41 Reconstrucción de una persona hecha por computadora a partir de un segundo de sonido, según la interpretación del sistema The vOICe

© Fair Use. BBC News. - Blind “see with sound”

Por otro lado, las posibilidades de los paisajes binaurales en la educación son prometedoras, (principalmente en niños y jóvenes), especialmente si se combinan con aplicaciones multimedia (animaciones 2d y 3d, realidad virtual, realidad aumentada, etc.) así como en aplicaciones para dispositivos móviles como el iPhone, iPad, etc. (ej. recorridos guiados interactivos para exposiciones en museos, recorridos guiados en sitios de interés cultural, así como recreaciones multimedia de eventos históricos que tuvieron lugar en el sitio de visita, etc.)

Esto sin mencionar el sector del entretenimiento, por ejemplo, la posibilidad de implementar atmósferas sonoras binaurales en los videojuegos y aplicaciones interactivas. En el campo de la publicidad, se puede aplicar esta tecnología haciendo recorridos virtuales de espacios naturales o arquitectónicos, -por medio de internet o aplicaciones descargables para *smartphones* y dispositivos móviles-, de esta manera, se crearía un medio de difusión para persuadir al oyente a visitar el espacio posteriormente y/ o hacer cierta actividad en los mismos.

Para finalizar, quisiera abordar el campo de los audiolibros. Este tipo de libros sonoros no ha tenido el éxito que se esperaba, esto se debe tal vez a que la experiencia de escuchar una novela hablada, con algunos efectos sonoros, resulta al final aburrida y poco atractiva. Una idea que propongo, es producir solamente la atmósfera sonora binaural de la obra, este audio vendría incluido en los *e-books*, y estaría seccionado de tal forma que, al ritmo que el lector vaya cambiando de pagina, el paisaje sonoro se reproduzca en sincronía con el párrafo y la pagina que estuviera leyendo en ese momento. Esta acción se desencadenaría por medio de un botón activado por el usuario o de manera automática.

Sin embargo, para comprobar y poner en práctica cada una de estas hipótesis, es necesario tiempo y dedicación necesaria; por ejemplo:

- * en el caso de los paisajes sonoros binaurales de los lugares que son patrimonio de la humanidad, es necesario hacer la propuesta a la UNESCO.
- * para implementar el sonido binaural en el sistema "The VOICe", es preciso contactar y transmitir la idea a los creadores de este sistema, basados en Holanda.
- * para desarrollar algún proyecto binaural, ligado a la publicidad, a la educación y/o a la cultura, es preciso encontrar una empresa/institución interesada en los mismos y que estén dispuestas a invertir en dichos procesos. De esta forma se podría investigar, profundizar y proponer soluciones a las diferentes problemáticas relacionadas a cada uno de estos campos.

Con estas ideas, hipótesis y teorías propuestas, podemos dejar el camino abierto para los *descubrimientos de nuevas perspectivas de los Paisajes Sonoros Binaurales y dejar referencias para sus usos actuales y sus posibles aplicaciones en un futuro próximo.*

Para poner en práctica los objetivos centrales de esta tesis, y por razones prácticas también, he decidido no desarrollar ninguna de las alternativas mencionadas arriba y enfocar mi proyecto en la creación de un paisaje sonoro binaural basado en una obra literaria; con estas premisas, el objetivo es conseguir que el oyente quede más inmerso en la obra, recreando, con la ayuda de los estímulos sonoros tridimensionales, el ambiente y la acción de la misma en su imaginación; de esta forma el usuario estará más interesado en el desarrollo de la historia en comparación con un audiolibro convencional.

7. PAISAJE SONORO BINAURAL

“LAS MURALLAS DE SAMARIS”

Para la realización de mi proyecto practico, elegí hacer un paisaje sonoro binaural basado en una obra literaria, mas específicamente, a partir de una novela gráfica o *banda diseñada* (cómic) llamada “**Las Murallas de Samaris**” (Casterman, 1983). Esta obra es el primer tomo de la serie franco-belga llamada “**Les Cités Obscures**” (Casterman, 1982-2010) de los autores Peeters & Schuiten.

7.1 LAS CIUDADES OSCURAS

Las Ciudades oscuras (*Les Cités obscures* en el francés original) es una serie de historietas de temática fantástica, creada por el guionista francés **Benoît Peeters** y el dibujante belga **François Schuiten**, publicada originalmente en el numero 53 de la revista *À Suivre* de Casterman en mayo de 1982, y que actualmente cuenta con 33 publicaciones (contando reediciones o historias editadas en varios volúmenes), todos ellos publicados en francés por la editorial Casterman.⁷⁸ La serie principal se enriquece con todo tipo de complementos en muy diversos formatos, desde libros de ilustraciones, guías de viajes y mapas de países imaginarios, (Figura 42) cuentos ilustrados o libros con artículos de periódicos supuestamente reales, pasando por páginas web, CD de audio, DVD's, y otras expresiones artísticas: exposiciones, esculturas o la escenografía de lugares públicos, como las estaciones de metro *Arts et Métiers* de París y *Portes des Halles* en Bruselas.⁷⁹

Varios de los álbumes de esta serie han tenido distintas versiones: reediciones con distinta portada pero idéntico contenido, cambios de formato que habitualmente incluyen también ciertas variaciones en el contenido (como en *l'Archiviste* o *Les Echos des Cités*), o bien nuevos contenidos donde además de reeditarse el álbum principal con nuevas páginas se recopilan otras historias cortas aparecidas en distintas revistas o especiales (como es el caso de *La route d'Armilia* o *Les murailles de Samaris*, que incorporan nuevos contenidos inéditos en álbum). También han aparecido nuevas ediciones donde la historia principal ha sido sustancialmente modificada, como el caso de *L'ombre d'un homme*, donde se llegó a cambiar el final, dándose una interpretación muy distinta a la original.⁸⁰



Fig. 42 Mapa del mundo de "Les Cités Obscures". © Fair Use.

En la serie se destaca poderosamente la influencia de la arquitectura en el diseño de las ciudades fantásticas donde se desarrollan las distintas historias (no en vano François Schuiten se crió en una familia de arquitectos, y su hermano Luc también ejerce esta profesión), siendo algunas de ellas re-interpretaciones o versiones "oscuras" de ciudades reales, como *Brüsel* de *Bruselas*, *Pâhry* de *París* o *Genova* de *Génova*, mientras que otras son completamente imaginarias, como *Calvani* o *Urbicanda*. Existen también multitud de referencias a todo tipo de artistas, fundamentalmente a escritores como Julio Verne (fundamentalmente a la serie *Los Viajes extraordinarios* y *París en el siglo XX*), Franz Kafka (*El Castillo*), José Luis Borges (*El Aleph*) o Umberto Eco (*El péndulo de Foucault*), pero también a arquitectos como Víctor Horta o Piranesi, y a personajes multidisciplinares como el periodista, fotógrafo e ilustrador Félix Tournachon en "Nadar".⁸¹

Segun Nuno Amado, estas obras son recomendadas, como punto de partida para trabajos de arquitectura, en las Facultades de Lisboa, Porto y Coimbra.⁸²

Martini por su parte menciona: "*Esta obra está recheada de influências e referências à arquitectura art nouveau de Victor Horta, à literatura de Julio Verne, Borges e Bioy Casares, à fotografia de elementos da natureza de Karl Blossfeldt e às gravuras de Gustave Doré. Existe uma rigorosa atenção às formas, com as personagens a moverem-se em locais bem arquitectados e definidos.*

As cidades são todas diferentes umas das outras, mas o universo fantástico é claramente o mesmo. É notória uma carga propositada de arcaísmos ou futurismos contemporâneos uns dos outros e igualmente paradoxais".⁸³

7.2 LAS MURALLAS DE SAMARIS

Como ya se menciona, “Las Murallas de Samaris” fue el primer volumen de la serie “Las Ciudades Oscuras”; este título fue primeramente publicado en series dentro de la revista “*À Suivre*”, posteriormente fue editado el primer volumen completo por la editora francesa *Casterman* en el año de 1983. (Figura 43)

A continuación, un pequeño resumen acerca de la obra, traducido del inglés al español:

Nos introducimos a Xhystos, una ciudad impresionante, donde todos los edificios se hacen en estilo Art Nouveau, en una escala grandiosa. Un joven oficial del ejército llamado Franz Bauer es enviado en una misión de investigación a **Samaris**, una ciudad distante de la que muchos viajeros no han podido regresar. Después de un largo viaje, durante el cual nos enteramos de una serie de datos interesantes acerca de este mundo, Franz llega a su destino. Samaris es un hermoso lugar, pero extraño y misterioso a la vez. Las calles estrechas y tortuosas están bordeadas por altos edificios sin ventanas, y el visitante no puede evitar la sensación de que está recorriendo en círculos la ciudad. También hay un extraño ruido, como un silbido siempre presente por toda la ciudad; los habitantes son muy extraños y tienen hábitos sorprendentemente regulares. Uno de los personajes claves es Carla, una joven que se parece sorprendentemente a Clara, la hermana de la amante de Franz, la cual se fue hace años para Samaris. Una noche, cansado del constante silbido cada vez más fuerte, Franz golpea una puerta que se encuentra bloqueada dentro de su cuarto de hotel, y finalmente ve la ciudad como realmente es ...⁸⁴

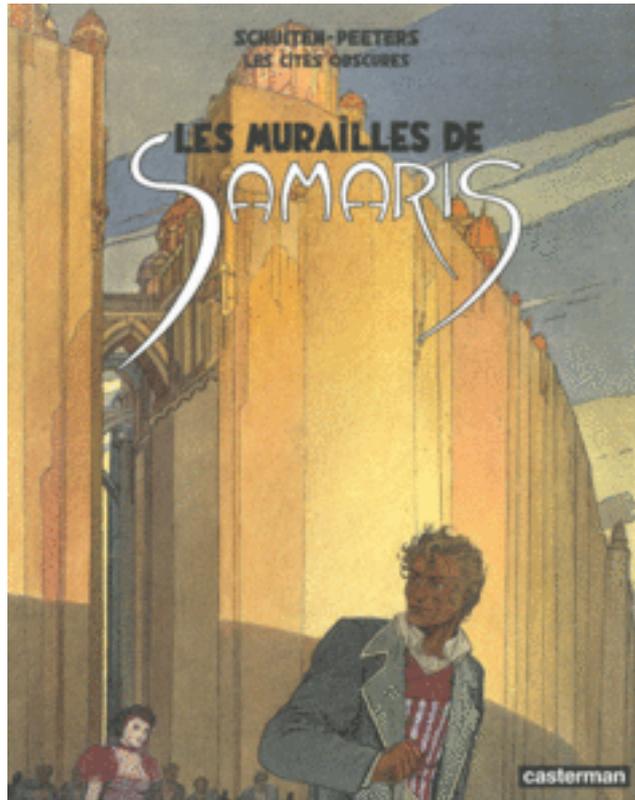


Fig. 43 Portada de “Les Murailles de Samaris” Casterman.

© Fair Use.

“Les Murailles de Samaris” fue el primer resultado de la colaboración entre Schuiten y Peeters, y ellos siempre han admitido nunca haber estado bastante satisfechos con ella. En 1988, aprovecharon una re-edición del volumen para cambiar unas cuantas páginas y hacer que la historia encaje mejor con el resto de su universo. Agregaron una escena en la que nos encontramos con el joven Robick, que por esos años se había convertido en un personaje principal en la serie.⁸⁵

La realización del paisaje sonoro binaural de “Las Murallas de Samaris” estuvo enmarcada y fue parte del proyecto denominado “Clube de Leitura” de la Biblioteca de la Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal.

El Clube de Leitura de la FEUP, es una iniciativa de la Biblioteca de la FEUP con la especial colaboración de Susana Medina, Isabel Coutinho y la Dra. Ana Azevedo, Directora del Servicio de Documentación e Información de la Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Este proyecto tiene como objetivos los siguientes puntos⁸⁶:

- **Promover a leitura**, assumindo-a como factor de desenvolvimento individual e social;
- Desenvolver estratégias que permitam o **desenvolvimento de competências e gosto pela leitura**;
- **Estimular a troca de pontos de vista** sobre um livro (ou parte), um autor ou um tema;
- Ser um **espaço informal** em que o **Livro** é a ferramenta eleita;
- Despertar o **espírito crítico e promover a reflexão e discussão**;
- Desafiar o uso das **novas tecnologias**, criando um **Clube de Leitura Virtual** em que a interacção seja uma grande aposta;
- Incrementar o **sentido de comunidade** e de **partilha** através de uma actividade comum;
- **Aproximar a ciência dos segmentos de público não especializados** nesta área, que participam da Comunidade FEUP.

En el marco de la conmemoración del día del Libro, la sesión de arranque de este proyecto denominada "As Cidades Obscuras", fue dividida en dos partes:

- La primera parte tuvo lugar en el **Archivo de la FEUP** el día **22 de Abril del 2010** presentando la obra "O Arquivista" con las colaboraciones de:

// **Mário Moura (FBAUP)** Porque devem os engenheiros conhecer "As Cidades Obscuras"?

// **Silvestre Lacerda (DGARQ)** Os tesouros que os arquivos nacionais guardam

// **João Soalheiro (DRCLVT)** (Re)descobrir a História nos arquivos

// **Luís Melo (FEUP)** Moderador

- La segunda parte de esta sesión se presentó en el **Laboratorio de Estructuras (DEC)** de la **FEUP** el día **29 de Abril del 2010** presentando la obra "As Muralhas de Samaris", con las siguientes colaboraciones:

// **Álvaro Domingues (FAUP)** A cidade como hipertexto

// **Raimundo Delgado (FEUP)** Engenharia e Utopia n' "As Cidades Obscuras"

// **Moderador: Pedro Guedes de Oliveira (FEUP)**

// **Yves Moncisbays Romero (MM-FEUP)** Paisagem sonora binaural

(Figura 44)

Los objetivos específicos⁸⁷ de esta sesión fueron:

- Colocar a **Comunidade FEUP** a ler as diferentes obras da coleção "**Cidades Obscuras**", nomeadamente: **O Arquivista** e as **Muralhas de Samaris**;
- Relacionar o Design e a Arquitectura com a Engenharia;
- Conhecer um pouco os **Tesouros da Torre do Tombo** e as suas descobertas;
- Promover e desenvolver competências e gosto pela **leitura**;
- **Estimular a troca de pontos de vista** sobre a obra proposta
- **Divulgar uma obra**, nomeadamente uma novela gráfica com sucesso reconhecido internacionalmente.
- Despertar o **espírito crítico e promover a reflexão e discussão**;
- **Aproximar a ciência dos segmentos de público não especializados.**



Clube de
Leitura

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Biblioteca

TEMA 0

“AS CIDADES OBSCURAS”

DE FRANÇOIS SCHUITEN E BENOIT PEETERS

22 DE ABRIL 2010 DAS 12H45 ÀS 13H45

SESSÃO A - “O ARQUIVISTA”

Local: Arquivo FEUP - Entrada livre

// **Mário Moura (FBAUP)** Porque devem os engenheiros conhecer “As Cidades Obscuras”?

// **Silvestre Lacerda (DGARQ)** Os tesouros que os arquivos nacionais guardam

// **João Soalheiro (DRCLVT)** (Re)descobrir a História nos arquivos

// **Moderador: Luís Melo (FEUP)**

29 DE ABRIL 2010 DAS 12H45 ÀS 13H45

SESSÃO B - “AS MURALHAS DE SAMARIS”

Local: Laboratório DEC - Entrada livre

// **Álvaro Domingues (FAUP)** A cidade como hipertexto

// **Raimundo Delgado (FEUP)** Engenharia e Utopia n.º “As Cidades Obscuras”

// **Moderador: Pedro Guedes de Oliveira (FEUP)**

// **Yves Romero (MM-FEUP)** Paisagem sonora

Para mais informações:

Isabel Coutinho: coutinho@fe.up.pt

Apoio:



Fig. 44 Cartel de la Inauguración del “Clube de Leitura” - Biblioteca da FEUP. Abril, 2010. - © Fair Use.

Para la promoción y difusión de este evento, la Biblioteca de la FEUP contó con el apoyo de los “Serviços de Imagem, Comunicação e Cooperação” de la facultad para la realización en conjunto de una campaña la cual incluía flyers, carteles, mails y difusión por la red social Facebook, además de eso, el autor de este documento, produjo un spot de radio promoviendo este evento, con el slogan: “**Clube de Leitura FEUP: Põe-te a ler!**”

Este spot de duración de 1 minuto y 2 segundos fue emitido por Engenharia Radio periódicamente una semana antes del evento y puede ser escuchado en línea en este enlace:

<http://soundcloud.com/yves-mr/radio-spot-2-club-de-leitura-feup>

El paisaje sonoro binaural “As Muralhas de Samaris” puede ser escuchado en línea y descargado por medio de este enlace:

<http://soundcloud.com/yves-mr/as-muralhas-de-samaris>

Recuerden usar audífonos para apreciar el efecto binaural.

7.3 PRODUCCIÓN DEL PAISAJE SONORO BINAURAL

Para la realización de el paisaje sonoro de “Las Murallas de Samaris” fue necesario antes que todo, leer y estudiar la obra a detalle para posteriormente hacer un guión con todos los elementos necesarios.

Un punto importante a destacar, es que la novela esta narrada por el personaje principal, Franz. Para empezar, me encontré con una obra rica en sonidos diversos, por un lado esta el ambiente urbano de la ciudad natal de Franz, *Xhystos*, una ciudad moderna, industrial y animada, con tranvías en las calles, edificios con estructuras metálicas, cafés, etc. Esta ciudad cuenta con una estación de tren y el mar se encuentra relativamente cerca, ya que en diversos cuadros de la novela aparece en el horizonte y es posible percibir gaviotas sobrevolando la ciudad.

Al desarrollarse la historia, Franz tiene que ir a *Samaris* a investigar que es lo que sucede en esa ciudad, ya que toda la gente que parte de *Xhystos* hacia esa dirección, jamas regresa. Para ir a *Samaris* se tiene que hacer un largo viaje que dura semanas; primero es necesario tomar el tren para salir de la ciudad y en algún momento, nuestro personaje busca los servicios de un piloto para que lo lleve en una avioneta hasta un punto cercano de Samaris, una vez en tierra, tiene que emprender un viaje de varios días en una pequeña balsa para entrar a la enigmática ciudad.

Por otra parte, Samaris es un lugar misterioso y relativamente tranquilo, las fachadas de las casas y edificios son estilo *art nouveau* y son extrañamente parecidas en toda la ciudad. Sonoramente, el elemento más importante de Samaris es el incesante ruido mecánico que se escucha por doquier, algunas veces mas fuerte que otras.

El clímax de la historia es cuando Franz rompe una pared ficticia en su cuarto de hotel y descubre el origen del ruido, una sistema mecánico de estructuras y engranes que mueve las falsas fachadas de los edificios a través de toda la ciudad, así como también algunas siluetas de personas... Samaris era una ilusión.

Mi intención era grabar *in situ* y binauralmente la mayor cantidad de sonidos posibles, obviamente había sonidos que iba a ser muy difícil de conseguir, tales como el ruido del motor de un avión y el momento en que se rompe la pared entre otros; para estos sonidos, me apoye en un banco sonoro digital *on line* (<http://www.freesound.org>) para posteriormente integrarlos en el paisaje sonoro y aplicar los efectos de espacialización con la ayuda de un software.

Para la grabación de los sonidos binaurales, elegí los micrófonos de la marca **SOUNDMAN** modelo **OKM II AV/POP SOLO** (Figura 45); esta elección fue hecha en base a la relación calidad / precio y a la información presentada anteriormente en el capítulo 4 “TECNICAS DE GRABACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE AUDIO BINAURAL”. Como dispositivo de almacenamiento del audio, opte por el *minidisc*, ya que es un medio que permite grabar y almacenar audio de alta fidelidad con una frecuencia de muestreo de 44.1 khz con una tasa de bits de 256 *kbps* con el codec ATRAC3 o en PCM lineal (1411 *kpps*), además el grabador *walkman* tiene la ventaja de ser pequeño y es posible llevarlo a todas partes.



Fig. 45 Micrófonos binaurales “*in-ear*” marca **SOUNDMAN** modelo OKM II AV/POP SOLO. © Fair Use.

Uno de los problemas importantes que surgió antes de desarrollar el proyecto, era la siguiente cuestión, ***¿Desarrollaría el paisaje sonoro solo con puros sonidos ambientales o también con la voz del narrador?***

Ya que la novela esta casi en su totalidad narrada, era difícil (en términos de comprensión) realizar el paisaje sonoro solo con sonidos ambientales; por lo tanto se decidió incluir la voz de la narración para que el oyente pudiera comprender mejor la historia y darle un seguimiento a la misma. Además, utilice extractos de música para hacer una composición ambiental que representara la atmósfera de la historia en determinadas situaciones.

Para grabar la voz tuve el apoyo de el equipo de la radio de la FEUP, “Engenharia Radio”, específicamente de los estudiantes Ricardo Machado y Tiago Cavaleiro. Ellos me ayudaron facilitandome su estudio de grabación para descargar el contenido del minidisc en formato digital y para la grabación de la voz narrativa de Franz, el cual fue personificado soberbiamente por Tiago Cavaleiro. Se escogió a Tiago para este proyecto porque su voz es ampliamente conocida por la comunidad de la FEUP, ya que participa regularmente en la locución y producción de la programación de Engenharia Radio, ademas de que tiene el tono y el timbre deseados que se ajustan muy bien al personaje.

Dadas las características logísticas de la sesión del “Clube de Leitura”, el paisaje sonoro no comprende toda la historia de “Las Murallas de Samaris” ya que la duración final hubiera sido de 15 minutos, este periodo fue considerado excesivo para efectos prácticos de los oyentes y de la sesión. Por lo tanto, la historia se desarrollo hasta el punto en que el personaje descubre la farsa de Samaris, alentando así al oyente a leer la obra para descubrir los eventos que suceden después, acompañados de nuevas percepciones y sensaciones derivadas del audio binaural.

Con esta modificación hecha, la duración del paisaje sonoro quedo en 10 minutos.

Para la producción de este proyecto, se utilizaron **101** sonidos diferentes, de los cuales:

- **35** fueron grabados en estudio (narración de Franz),
- **13** fueron tomados del banco de sonidos en línea *The Freesound Project*,⁸⁸
- **4** son extractos musicales comerciales^{89 90 91 92} y
- **49** fueron grabados *in situ* con los micrófonos binaurales. (Grabación Binaural de Campo)

Para la edición del audio utilice 2 softwares diferentes; para las tareas básicas (cortar, ecualizar, hacer fade in-out, etc.) opte por el programa **Soundbooth** de **Adobe**, y para el armado del paisaje sonoro, así como para los efectos de espacialización virtual, elegí el software especializado **Soundtrack Pro** de **Apple**. (Figura 46)

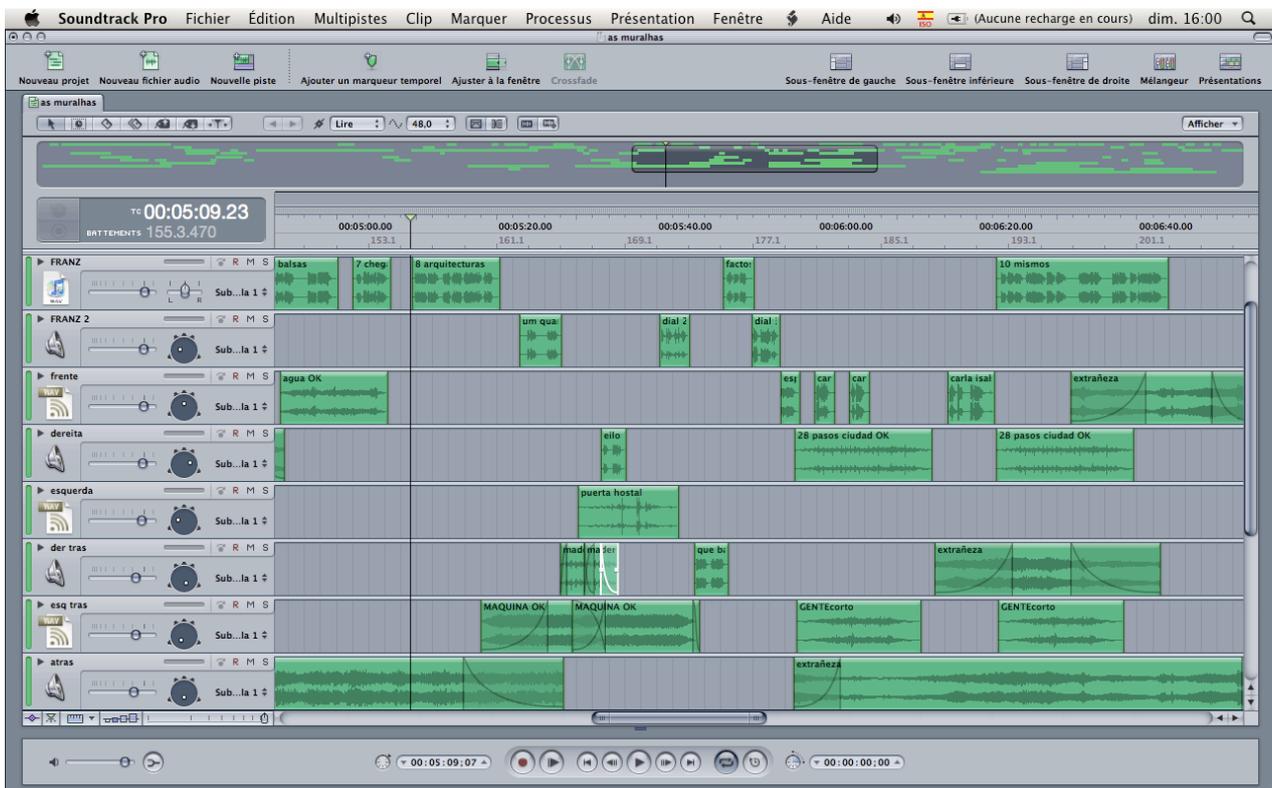


Figura 46 Screenshot, armando el paisaje sonoro “Las murallas de Samaris” en Soundtrack Pro.  creative commons

El proyecto en Soundtrack Pro de *Las Murallas de Samaris* contiene 10 pistas, cada una tiene diferente número de sonidos y cada pista incluye un efecto de espacialización sonora diferente hecho a través de un plug-in de «Soundtrack Pro». (Figura 47)

Existen plug-ins especializados en crear efectos sonoros basados en funciones HRTF, como el **Panorama 5** (<http://wavearts.com/products/plugins/panorama/>) o el **3D Spacer**, (<http://www.supremepiano.com/product/3D.htm>), entre otros.

Desgraciadamente yo no pude utilizarlos ya que la mayoría de estos plug-ins son de paga y/o están diseñados para el sistema operativo Windows.

A continuación presento una tabla mostrando la composición de las diferentes pistas.

| No. de Pista | Nombre | No. de Sonidos |
|--------------|----------------------------|----------------|
| Pista 1 | Narración | 26 |
| Pista 2 | Diálogos | 10 |
| Pista 3 | Frente | 19 |
| Pista 4 | Derecha | 12 |
| Pista 5 | Izquierda | 6 |
| Pista 6 | Derecha Atrás | 13 |
| Pista 7 | Izquierda Atrás | 7 |
| Pista 8 | Atrás | 4 |
| Pista 9 | Maquinaria | 3 |
| Pista 10 | Ambiente de drama (clímax) | 1 |

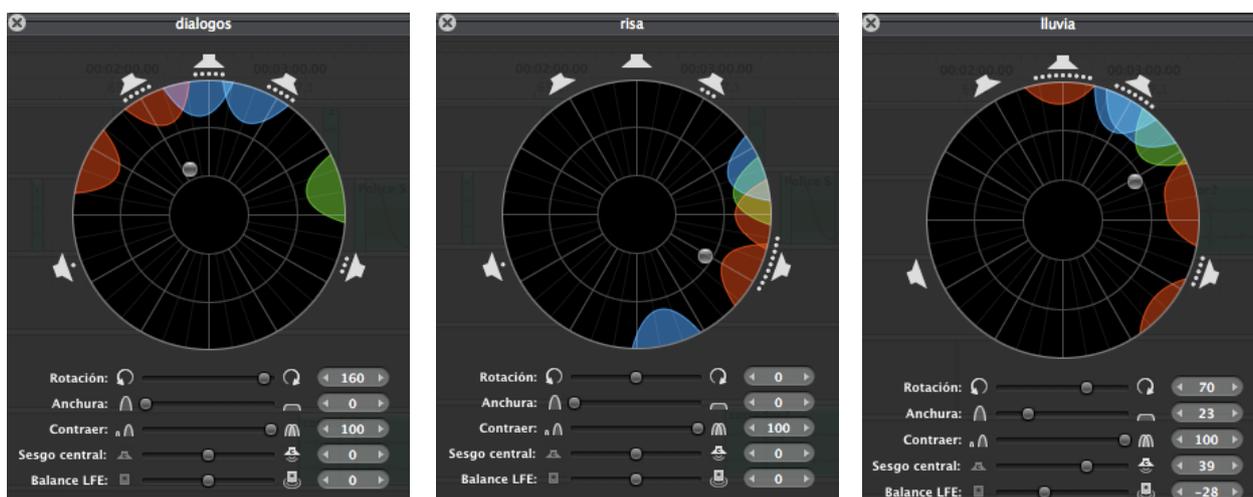


Figura 47 Plug-in de Espacialización Sonora de Soundtrack Pro. creative commons

La parte más interesante para mi, en la realización de este proyecto, fue la grabación de los sonidos binaurales, ya que para esto fue necesario recrear las situaciones deseadas para obtener un sonido en particular. Fue una experiencia altamente enriquecedora y estimulante. A continuación, menciono algunos ejemplos:

- para obtener sonidos de agua en movimiento, así como también sonidos de gaviotas y gente, me dirigí a la zona de la **ribera do río Douro**,
- el ambiente de una calle con sus transeúntes fue grabado en la **rua de Cedofeita**,
- la grabación de pasos sobre pisos de madera fue hecha en la **Alfandega** de la ciudad,
- aborde el **tranvía eléctrico** de la línea 1 de la ciudad para registrar los sonidos de este recorrido, así como también grabe los sonidos de la maquinaria del carro que posteriormente utilice para representar la maquinaria de la ciudad de Samaris,
- camine por los jardines del **Palacio de Cristal** para registrar el sonido de pasos en tierra, registre los sonidos de la atmósfera del **métro do Porto**,
- me dirigí a la estación de trenes de **São Bento** para grabar los sonidos de la llegada y salida de los trenes,
- registre el sonido subiendo las escaleras de la **Casa de Música**,
- recorrí el "**Ponte Dom Luís I**" que comunica la ciudad de Porto con la ciudad de Vila de Nova Gaia para obtener los sonidos de pasos en metal, esta grabación fue hecha a media noche ya que a esta hora casi no hay sonidos de autos en este punto.
- También grabe sonidos dentro de la **FEUP**, el sonido del bar de la biblioteca sirvió para representar la discusión de Franz con un amigo en un café, además tuve la valiosa colaboración del personal de la biblioteca para grabar las voces de los personajes de Ana y Carla.

¡Todos los sonidos fueron grabados en la bella ciudad de Porto en Portugal!

Anexo se encuentra el “Guión Técnico Sonoro”, en el cual se puede obtener información acerca de los diferentes tipos de sonidos, (ya sean grabados o tomados del banco sonoro en internet) y de la música necesaria para armar el paisaje sonoro de “Las Murallas de Samaris”; así como la estructura del armado (localización del sonido y tiempos).

Todos los grabaciones binaurales que realice, así como los sonido que elegí y la música de acompañamiento para determinada acción; fueron elecciones debidamente reflexionadas para adaptar y recrear la historia lo mas fielmente posible a la novela gráfica.

A parte de las voces, y los efectos de sonido de cada escena (viento, tranvía, aves, ruido de maquinas, puertas, pasos etc.); uno de los elementos mas importantes para crear una atmósfera en donde existe una determinada sensación, es la música.

En el paisaje sonoro incluí 6 diferentes tipos de música para acompañar estas atmósferas y expresar 6 sensaciones distintas:

** Despedida - Amor - Reflexión*

** Viaje - Incertidumbre*

** Extrañeza - Sospecha*

** Confusión - Cansancio*

** Tensión - Peligro*

** Sorpresa - Clímax*

1.- Para la primera atmósfera sonora, el contexto es que: Franz, ha decidido partir para la lejana ciudad de Samaris para hacer una investigación, (todas las personas que van para allá no regresan jamas) dejando a su novia Ana en Xhystos. Ana le dice a Franz que ella no esta dispuesta a esperarlo eternamente y que esa noche ser la ultima noche que

pasaran juntos. Hacen el amor a la luz de la luna y al final Franz ve hacia la ventana, reflexionando sobre el viaje que esta a punto de hacer.

Decidí ambientar este momento con una música suave y un poco onírica; este track llamado "World of Sleepers"⁸⁹ fue creado por un grupo sueco llamado Carbon Based Lifeforms, su música es una mezcla de *ambient* con sonidos psicodélicos (*psybient*) creando atmósferas "de sueño". En este extracto en particular, se pueden apreciar coros femeninos acompañando la música ambiental, creando una sensación de confort y relajación, asociada un poco con la melancolía de la despedida y la reflexión de Franz.

2.- Para la escena en que Franz esta haciendo su viaje para Samaris; ya sea en tren, avioneta o en una pequeña embarcación, quise transmitir la sensación de incertidumbre que el siente por su nuevo destino. En este punto escogí un extracto musical que aparece en una compilación llamada "*Solitude*" de el artista alemán Schiller⁹⁰. En este extracto musical se puede apreciar una atmósfera calma, pero con ciertos elementos de misterio.

3.- Una de mis favoritas,... la sensación de extrañeza... El contexto aquí es el siguiente: Franz ya lleva 3 semanas en Samaris, siempre viendo la misma arquitectura, la misma gente, las mismas costumbres, los mismos encuentros furtivos con Carla, tenía una sensación de recorrer los mismo puntos siempre, no importando la dirección que tomara... algo muy extraño estaba sucediendo y sospechaba de todo pero no tenía ninguna prueba concreta. Para esta atmósfera elegí la composición de un artista francés llamado "Jaïa"⁹¹, este productor mezcla elementos de música clásica con sintetizadores analógicos y digitales para crear atmósferas sorprendentemente ricas y diversas. En este extracto se pueden apreciar violines, voces femeninas y varios elementos electrónicos distorsionados que en su conjunto transmiten una fuerte sensación de extrañeza.

4.- Después de casi un mes en Samaris, Franz se siente cansado y confundido; esta casi seguro que algo misterioso pasa en la ciudad pero no puede saber de que se trata. Es una sensación de frustración y abatimiento que lo atribuye al clima de Samaris. Para recrear esta atmósfera, hice una pequeña composición utilizando 2 sonidos diferentes colocándolos en 4 canales con diferente localización. Uno de estos sonidos se trata de campanas que forman una melodía bizarra aplicándoles un efecto de reverberación muy tenue. El otro sonido es producido por un sintetizador recreando una especie “voces” de ultratumba. Al mezclar estos dos sonidos se puede obtener una atmósfera de “Confusión-Cansancio” con tono desolador... un poco siniestra.

5.- El contexto de la escena donde se puede percibir una atmósfera de tensión-peligro es el siguiente: Franz esta harto de su situación y resuelve dejar la ciudad, pero antes va hablar con Carla para intentar llevarla con él. Al encontrarse con ella, Carla le dice a Franz que él necesita irse de la ciudad antes de que sea demasiado tarde, él le dice que lo hará pero en compañía de ella, ella le contesta que es imposible pero sin darle ninguna razón; en este momento él la toma del talle, pero con tal fuerza que su vestido se desgarró... Carla grita: “No me toques!”.... en este momento hay una gran tensión entre los demás personajes que asisten a la escena y obviamente entre Franz y Carla. Para acompañar este diálogo use un “Crescendo” que encontré en el banco sonoro digital FreeSound.org.

El “Crescendo” tiene la propiedad de ir aumentando el tono y el volumen de sonido creando así la atmósfera de tensión un poco peligrosa que en cada momento va en aumento... al ser sincronizado con los diálogos de Carla se consigue el punto de máxima tensión cuando se rompe el vestido y ella grita “No me toques!”

6.-Llegamos a la acción más importante... ¡el clímax!.

Esta acción se desarrolla cuando Franz regresa a su cuarto después de discutir con Carla y el sonido mecánico que siempre escucha por toda la ciudad se percibe cada vez más fuerte. Franz se da cuenta que el ruido proviene de la habitación contigua de su cuarto y decide ir a investigar. Al llamar a la puerta sin obtener respuesta, golpea tan fuerte la puerta que la rompe... y en ese momento, ¡se da cuenta que todo es una ilusión!

Franz se encuentra con que su cuarto, así como todos los edificios son solamente una fachada. Delante de él se encuentra un gran sistema mecánico que hace mover todas las fachadas de los edificios. Las calles y las casas se establecían solo en función de sus trayectos. Se dio cuenta que no había gente.. solo figuras sin vida. Era una ciudad que devoraba a las personas para seguir “viviendo”.

Para recrear toda esta atmósfera, y para acompañar los diálogos, sonidos mecánicos y demás efectos sonoros elegí una música que transmite la sensación de un drama que se está desarrollando hasta llegar a el punto de clímax en el que un suceso se desencadena y la melodía “explota” volviendo mas poderosa y dinámica, sincronizado con el momento en que Franz ve el gran sistema de maquinas en acción.

Esta secuencia tiene una duración de 1 minuto y 50 segundos y fue compuesta por un gran productor / artista de música electrónica llamado Brian Transeau, alias “BT” ⁹². Este compositor americano tiene la habilidad de crear música muy diversa, pasando desde lo más experimental y con una riqueza musical increíble (como esta pieza) hasta llegar a hacer música demasiado comercial y sin ningún aporte extraordinario.

En el extracto de esta pieza en particular (The Anhtkythera Mechanism), se puede apreciar una secuencia de elementos electrónicos combinados con elementos de música clásica, como acordes de violines, metales y percusiones. La atmósfera de drama llegando al clímax, es alcanzada con éxito gracias al acompañamiento de esta música.

8. CONCLUSIONES

Al investigar a fondo el “Sonido Binaural” y los “Paisajes Sonoros”, fui capaz de entender el fenómeno de localización auditiva, así como también comprendí las propiedades del Sonido Binaural y vislumbre posibles aplicaciones del mismo dentro de los Paisajes Sonoros.

El Sonido Binaural es un potente recurso que nos permite experimentar una inmersión sonora ambiental tridimensional muy cercana a la realidad, recreando de esta manera un ambiente virtual, basado en las percepciones y memorias sonoras de cada usuario. Con la ayuda de estímulos auditivos correctos, el fenómeno de la espacialización sonora y un poco de imaginación, es relativamente sencillo recrear con gran detalle, el ambiente pretendido por el autor del audio y/o transportarnos a los lugares donde fue hecha la grabación.

Por otra parte, los Paisajes Sonoros son un medio que nos concede la capacidad de registrar, conocer, estudiar, comprender y disfrutar las variadas atmósferas sonoras que existen a nuestro alrededor. A través de este recurso, que nació a raíz de estudios sobre ecología acústica, podemos medir el nivel de impacto industrial de determinada región, o conocer los usos, costumbres y evolución en determinados periodos de tiempo de nuestras comunidades y sociedades por mencionar algunos ejemplos, esto sin olvidar claro, la basta posibilidad de utilizar los paisajes sonoros para hacer composiciones artísticas ambientales y/o musicales.

Gracias a esta investigación, pude fusionar e integrar estos 2 conceptos diferentes para formar un concepto original, los **Paisajes Sonoros Binaurales**, además de que aprendí y aplique métodos de grabación y edición para la construcción de el Paisaje Sonoro Binaural de “**Las Murallas de Samaris**”.

Al realizar este proyecto, enmarcado en el “Clube de Leitura da FEUP”, profundicé en las ventajas y posibilidades que se obtienen al integrar la tecnología binaural en la construcción de un “soundscape”.

Desarrollando esta investigación descubrí nuevas perspectivas de los Paisajes Sonoros Binaurales y deje referencias para sus usos actuales y sus posibles aplicaciones en un futuro próximo.

La sensación de percibir un sonido tridimensional en el espacio y la capacidad de identificar la ubicación del mismo son características que se pueden explotar y desarrollar ampliamente.

Como se puede observar a lo largo de esta investigación, y en particular en la exposición del capítulo 6: “**Perspectivas Binaurales en los Paisajes Sonoros**”, existen muchas posibilidades para el desarrollo de este concepto, solo se requiere un espíritu emprendedor, “*voluntad sónica*” y los medios necesarios para seguir con la investigación en cualquiera de las ideas, hipótesis y teorías tratadas en este documento (y no solo estas por supuesto).

Es trabajo del lector, si así es su deseo, seguir con esta investigación, desarrollar algunas de las propuestas aquí planteadas, y/o encontrar nuevas aplicaciones para el fantástico mundo de los Paisajes Sonoros Binaurales.

GLOSARIO

Audición Binaural: Percepción sonora en 3 dimensiones que realiza el cerebro humano, la cual es lograda por la escucha con los dos oídos y por el procesamiento de la información del cerebro para localizar la fuente sonora en un espacio tridimensional.

Azimut: Angulo determinado dentro 360° para localizar una fuente sonora en el espacio.

Banco Sonoro: Archivo físico o digital de registros sonoros

Binaural Beats: Son sonidos que producen un estímulo o sincronización del cerebro humano a base de frecuencias sonoras de diferentes rangos

Cetera: Algoritmo creado por Starkey Labs, para ayudar a corregir la perdida auditiva y mejorar la percepción de la localización de los sonidos,

Enmascaramiento Sonoro: Es un efecto ocurrido durante la percepción sonora cuando se escuchan dos sonidos de diferente intensidad al mismo tiempo; el sonido más débil queda *enmascarado* por el sonido más fuerte.

Dummy Head: Sistema de micrófonos que registra el sonido lo mas parecido a un ser humano

Efecto Doppler: Es el aparente cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento relativo entre la fuente, el emisor y/o el medio.

Efecto Hass: Efecto de percepción sonora que interpreta los sonidos recibidos con un intervalo inferior a 50 milisegundos como uno solo, es decir, los fusiona y saca una media entre las diferentes fuentes sonoras para localizarlo en el espacio.

Espacialización Sonora: Característica del sonido que mantiene una ubicación espacial (360°) puntual o se mueve respecto al oyente.

Fade in/out: Para la ingeniería de sonido es un término utilizado cuando el nivel del sonido se desvanece gradualmente hasta desaparecer. (Fade out) o al contrario, (Fade in)

Difracción: La difracción de la onda consiste en la dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentran un obstáculo

ITD: (*Interaural Time Difference*): es la diferencia de tiempo que existe entre una señal acústica que llega a un oído y al otro.

ILD:(*Interaural Level Difference*): es la diferencia de intensidad o amplitud que hay entre la señal que llega a un oído y al otro. Esta diferencia obedece al inverso del cuadrado de la distancia y también se ve afectada por la cabeza y los pabellones auriculares (orejas), que actúan como filtro reforzando algunas frecuencias y atenuando otras.

HRTF: (*Head-Related Transfer Function*) Función que estudia y describe la diferencia entre el sonido que se encuentra en el aire libre y el sonido que percibimos cada uno cuando llega a nuestro oído.

Holofonía: Técnica de grabación binaural desarrollada por Hugo Zucarelli

Ondas Cerebrales: Actividad eléctrica producida por el cerebro; son clasificadas en ondas Alpha, Beta, Theta y Delta. Cada una posee diferentes características y esta asociada a diferentes estados mentales.

Paisaje Sonoro: un sonido o la combinación de sonidos que se forman o se derivan de la inmersión en un medio ambiente.

Plug-ins: Aplicaciones de software adicionales que se usan en una aplicación principal para aportar una o varias funciones nuevas.

Psicoacústica: Ciencia de la física que estudia la relación entre las ondas acústicas en el pabellón auditivo y la percepción de la imaginación espacial que experimentan los receptores

Sonido Binaural: Sonido espacial tridimensional. Este sonido tiene la propiedad de que pueden ser localizadas las fuentes sonoras en 360°, dando de esta manera la posibilidad de recrear ambientes sonoros casi reales.

Soundmarks: Una Marca de Sonido (*soundmark*) es un registro sonoro que es único y característico de un área geográfica.

Reverberación: Es un fenómeno derivado de la reflexión del sonido consistente en una ligera permanencia del sonido una vez que se ha extinguido el original, debido a las ondas reflejadas.

Théatrophone: Sistema de transmisión telefónica que permitía a sus utilizadores escuchar con dos bocinas y en tiempo real, los conciertos y las obras de teatro que se presentaban en L'Opera de París.

WSP: *World Soundscape Project* - Proyecto originalmente creado a finales de los años 60's para realizar un análisis del ambiente acústico desde un punto de vista ecológico, (Ecología Acústica).

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|------------|
| Figura 0. "Sonic Boom" F/A-18F atravesando la barrera del sonido. . | Pagina: 13 |
| Public Domain. U.S. Navy http://www.navy.mil/view_single.asp?id=40674 | |
| Figura 1. Onda Sonora Longitudinal. | Pagina: 14 |
| Fair Use. http://www.tutorvista.com/content/physics/physics-i/wave-motion-sound/longitudinal-and-transverse-waves.php | |
| Figura 2. Ejemplos de ondas longitudinales y transversales. | Pagina: 15 |
| Fair Use. http://sonido-fisica2.blogspot.com/2009/11/ondas-sonoras.html | |
| Figura 3. Onda Esférica. | Pagina: 15 |
| Free Content. http://lasondasfiscaskpo.blogspot.com/2009/08/en-funcion-de-su-propagacion-o-frente.html | |
| Figura 4. Amplitud y Longitud de Onda. | Pagina: 16 |
| Fair Use. http://iespalmeral.metroblog.com/ | |
| Figura 5. Anatomía del Oído Humano. | Pagina: 17 |
| creative commons http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomia_oido_humano.png?uselang=es | |
| Figura 6. Proceso Auditivo. | Pagina: 18 |
| Public Domain. US Gov. http://www.nsf.gov/news/special_reports/linguistics/speech.jsp | |
| Figura 7. Azimuth | Pagina: 22 |
| creative commons http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Azimuth.png | |
| Figura 8. Ilustración de ITD & ILD | Pagina: 23 |
| Public Domain. http://en.wikipedia.org/wiki/File:ILD,ITD%26IC.jpg | |
| Figura 9. Ilustración del Théatrophone de monedas | Pagina: 26 |
| Public Domain. http://histv2.free.fr/theatrophone/theatrophone2.htm | |
| Figura 10. Litografía de Jules Chéret | Pagina: 26 |
| Public Domain. http://histv2.free.fr/theatrophone/proust1.htm | |

- Figura 11. Esquemas del prototipo del Théatrophone. Clement Adler, 1881 Pagina: 27
 ©Public Domain. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Theatrophone_-_Clement_Ader_1881.JPG
- Figura 12. Caricatura de Rafael Bordalo Pinheiro. Pagina: 28
 Rey D. Luis I escuchando la obra “Laureana” por Théatrophone.
 Publicada en “Antonio Maria” el 6 de Marzo de 1884.
 ©Public Domain <http://histv2.free.fr/theatrophone/theatrophone2.htm>
- Figura 13. Público en el *Münzapparaten, Alemania*. Théatrophone de 1892” Pagina: 29
 DIETER, Daniels. La ilustración de la naturaleza: el arte como una misión, Ed Beck Verlag, 2002, p.87.
 ©Public Domain
- Figura 14. Portada del artículo “Listening with Both Ears” Pagina: 30
 ©Public Domain - Popular Science. Octubre 1955
- Figura 15. Ilustración para colocar los speakers correctamente. Pagina: 31
 ©Public Domain - Popular Science. Octubre 1955
- Figura 16. Ilustración para construir una grabadora binaural y fotografía de discos binaurales en reproducción con un tocadiscos de doble cabeza. Pagina: 31
 ©Public Domain - Popular Science. Octubre 1955
- Figura 17. y 18 Mediciones de “HRTF” Pagina: 35
 University of Southampton, institute of sound and vibration research. Virtual acoustics project .[en línea].
 ©Fair Use. <http://www.isvr.soton.ac.uk/fdag/VAP/html/nmh.html>
- Figura 19. Efecto Doppler. Pagina:37
 ©Public Domain http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Doppler_effect_diagrammatic.png
- Figura 20. “Tomorrow’s sound is a blast from the past”. - Barry Fox. Pagina: 41
 ©Fair Use. Artículo publicado en “New Scientist” - 07 de Abril de 1983
- Figura 21. Créditos de el disco “The Final Cut” de Pink Floyd Pagina: 43
 ©Fair Use. - Pink Floyd, 1982.
- Figura 22. Disco de Jecklin Pagina: 46
 ©Fair Use. <http://www.josephson.com/tn5.html>
 con la autorizacion del autor del articulo: *Josephson Engineering, Inc., Santa Cruz, CA.*
- Figura 23. Esquema de la Dummy Head de Hugo Zucarelli Pagina: 48
 ©Public Domain - EUROPEAN PATENT OFFICE
<http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=0050100&KC=&FT=E>

- Figura 24. H. A. T. S. de "Brüel & Kjær" Pagina: 50
 © Fair Use. - Brüel & Kjær. <http://www.bksv.com/Products/TelecomAudioSolutions/HeadTorso.aspx>
- Figura 25. Modelo KFM6U - "Shoeps" Pagina: 51
 © Fair Use. Shoeps. <http://www.schoeps.de/en/products/categories/KFM-Surround>
- Figura 26. Modelo KU 100 - "Neumann" Pagina: 52
 © Fair Use.- Neumann
http://www.neumann.com/index.php?lang=en&id=current_microphones&cid=ku100_description
- Figura 27. Modelo KU 100 de Neumann grabando sonidos ambientales en la playa. Pagina: 53
 © Fair Use. - (Foto de Chris Seufert) <http://www.flickr.com/photos/mychatham/2449569818/>
- Figura 28. Micrófonos Binaurales - "CoreSound" Pagina: 56
 © Fair Use. - Core Sound. <http://www.core-sound.com>
- Figura 29. Micrófonos Binaurales SP-TFB 2 - "The Sound Professionals" Pagina: 56
 © Fair Use. - The Sound Professionals. <http://www.soundprofessionals.com>
- Figura 30. Micrófonos Binaurales OKM II Klassik - "SOUNDMAN" Pagina: 57
 © Fair Use. - Soundman. <http://www.soundman.de>
- Figura 31. Interface de Adobe Soundbooth Pagina: 59
 ©  **creativecommons** - Screenshot de mi pantalla
- Figura 32. "Surround Panning" de Maven 3d Pagina: 60
 ©  **creativecommons** - Screenshot de mi pantalla
- Figura 33. Clasificación de frecuencias de los Binaural Beats Pagina: 70
 ©  **creativecommons** -Tabla realizada con base de información de WHITING, Jerry.
 Jet City Orange <http://www.jetcityorange.com/binaural-beats/>
- Fig. 34. "The World Soundscape Project" Pagina: 72
 © Fair Use. - Universidad Simon Fraser, 1973. <http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>
- Fig. 35. Howard Broomfield. Pagina: 73
 © Fair Use. - Universidad Simon Fraser, Canadá, 1972. <http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>
- Fig. 36. European Sound Diary & Five Village Soundscapes. - The World Sound Project. Pagina: 76
 © Fair Use. - Universidad Simon Fraser, Canadá, 1975. <http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>

- Fig. 37. Bruce Davis & Peter Huse grabando - The World Sound Project. Pagina: 80
 © Fair Use. - Universidad Simon Fraser, Canadá, 1972. <http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>
- Fig. 38. Ilustración del funcionamiento del sistema The vOICe Pagina: 83
 “Seeing with your ears” Copyright The New York Times. 2005. © Fair Use.
http://www.nytimes.com/2005/12/11/magazine/11ideas_section3-14.html?ex=1291957200&en=3c72cf9fa46bbb06&ei=5090&partner=rssuserland&emc=rss
- Fig. 39. Frame de Video de Pat Fletcher usando “The vOICe” Pagina: 84
 © Fair Use. CBS Web Television. 2008 <http://www.seeingwithsound.com/cbc2008.html>
- Fig. 40. Evolución de los dispositivos externos “The vOICe” Pagina: 84
 © Fair Use. <http://www.seeingwithsound.com/cbc2008.html> . Copyright © 1996 - 2011 Peter B.L. Meijer
- Fig. 41. Reconstrucción de una persona hecha por computadora a partir de un segundo de sonido, según la interpretación del sistema The vOICe Pagina: 85
 © Fair Use. BBC News. - Blind “see with sound” 07/10/2003
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3171226.stm>
- Fig. 42. Mapa del mundo de “Les Cités Obscures” Pagina: 89
 © Fair Use. URBICANDE. Sitio web. <http://www.urbicande.be/>
- Fig. 43. Portada de “Les Murailles de Samaris” Casterman. © Fair Use. Pagina: 92
- Fig. 44. Cartel de la Inauguración del “Clube de Leitura” Pagina: 95
 Biblioteca da FEUP. Portugal. Abril, 2010. © Fair Use.
- Fig. 45. Micrófonos binaurales “in-ear” marca **SOUNDMAN** Pagina: 98
 modelo OKM II AV/POP SOLO. © Fair Use
- Figura 46. Screenshot de mi pantalla. Pagina: 100
 Armando el paisaje sonoro “Las murallas de Samaris” en Soundtrack Pro. 
- Figura 47. Screenshot de mi pantalla. Pagina: 101
 Plug-in de Especialización Sonora de Soundtrack Pro. 

* Todos los hipervinculos fueron verificados el 10 de Abril del 2011.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ SCHAFER, Murray. "The tuning of the world", 1977, pp. 274-275
- ² OLSON, F. Harry. Music, Physics and engineering. Ed. Dover. Usa. 1967. p.3
- ³ CHION, Michel. *Le Son*, Armand Colin, Paris, 2006
- ⁴ ZATOR Systems S.L. Generalidades Física del Sonido [en línea]. http://www.zator.com/Hardware/H10_1.htm
- ⁵ FOLEY, Dan. Podcomplexx [en línea]. <<http://www.podcomplexx.com/guide/physic.html>>
- ⁶ KINSLER E. *Fundamentos de Acústica*, Ed. Limusa, México, 1990
- ⁷ LINARES J. Acústica arquitectónica. Editorial LIMUSA. México, 2007. 350 p.
- ⁸ HOUGHTON Mifflin Company, *The American Heritage Dictionary of the English Language, Fourth Edition*, 2000,[en línea] <http://web.archive.org/web/20080625012016/http://www.bartleby.com/61/65/S0576500.html>,
- ⁹ ALBILLOS, Icar. El Ruido [En línea] <<http://www.elruido.com/divulgacion/curso/sonoridad.htm>>
- ¹⁰ VERA, Patricia. iespalmeral. Blog de Física y Química [En línea] <<http://iespalmeral.metroblog.com/>>
- ¹¹ SETO, William. "Teoría y problemas de acústica". W. MacGraw-Hill (Serie Schaum), México, 1973.
- ¹² SANCHEZ, Ignacio. Psicoacustica, audición Binaural [en línea] <http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/1o1/public_html/intro2.htm>
- ¹³. Interaural Time Difference. Wikipedia- http://en.wikipedia.org/wiki/Interaural_time_difference
- ¹⁴ DI CASTRO, Joe. Sonido Binaural y Holofonía [en línea] http://deaparatos.com/sonido_binaural_y_holofonia.
- ¹⁵ LANGE, A. -Histoire de la Television.2002. [En línea] <http://histv2.free.fr/theatrophone/theatrophone.htm>
Le premier medium électrique de diffusion culturelle :Le Theatrophone de Clement Ader (1881)
- ¹⁶ LASTER, Danièle, . Splendeurs et misères du théâtrophone. en: *Romantisme*, 1983, n°41.
La machine fin-de-siècle. pp.74-78.

- 17 HUGO Victor, Choses vues. Souvenirs, journaux, cahiers. 1849-1885
Edition présentée por Hubert Juin, Gallimard, 1974.
- 18 CARLIER, Claude, L'Affaire Clément Ader: la vérité rétablie, Perrin, Paris, 1990.
- 19 SCIENTIFIC American : Opera by telephone, 14 Junio 1884, p. 373; [en línea]
<http://earlyradiohistory.us/1884opra.htm>
- 20 LES ECRIVAINS ET LE THEATROPHONE. [en línea] <http://histv2.free.fr/theatrophone/theatrophone2.htm>
- 21 PAPTREU, Elizabeth. Double your pleasure. [en línea] http://emusician.com/mag/emusic_double_pleasure/
- 22 ARCHIVO de la "Internationale Rundfunk- und Fernseh" <http://www.rfcb.ch/hinnen/international006.html>
- 23 WALTON & LUCKETT. "Listening with Both Ears". Popular Science. Octubre de 1955. USA. pp.227-231.
- 24 A history of binaural recording. <http://blog.bowers-wilkins.com/lab/recording/a-history-of-binaural-recording/>
- 25 QUINTERO-RINCON, Antonio. D'AMBROSSIO, Pablo Ignacio. Generación de espacios auditivos 3-D .
Localización de fuente.[en línea]. <http://www.sea-acustica.es/Buenos_Aires_2008/a-107.pdf> .
- 26 RUSSELL A. Daniel, Kettering University. The Doppler Effect and Sonic Booms. [En línea]
<http://paws.kettering.edu/~drussell/Demos/doppler/doppler.html>
- 27 RUIZ Felipe, Jesus. Vibraciones y ondas [En línea]
<http://www.sociedadelainformacion.com/departfqtobarra/ondas/doppler/doppler.html>>
- 28 HAAS, H. "The Influence of a Single Echo on the Audibility of Speech", JAES Volume 20 Issue 2.
pp. 146-159; Marzo 1972
- 29 ACOUSTIC INTEGRITY. [En línea] <http://www.acousticintegrity.com/acousticintegrity/Holophonics.html>
- 30 ZUCARELLI, Hugo; "Ears Hear by Making Sounds," New Scientist, pp. 438-440 - 1983
- 31 BAXTER, A.J., and Kemp, David T.; "Zuccarelli's Theory," New Scientist, p. 606 - 1983
- 32 GILKEY & ANDERSON, "Binaural and Spatial Hearing in Real and Virtual Environments"
Psychology Press; 1 edition (January 1, 1997)
- 33 Holofonía - Wikipedia [En línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Holofon%C3%ADa>

- ³⁴ JOSEPHSON Engineering, Inc., Santa Cruz, CA. [En línea] <http://www.josephson.com/tn5.html>
- ³⁵ JECKLIN, Jürg. Universität für Musik und darstellende Kunst Wien, Institut für Elektroakustik Studienrichtung Tonmeister, Theorie der Tontechnik
- ³⁶ GÖRNE, Thomas: *Tontechnik*. 1. Ed, Carl Hanser Verlag, Leipzig, 2006.
- ³⁷ ARCHIVO de la "Internationale Rundfunk- und Fernseh" <http://www.rfcb.ch/hinnen/international006.html>
- ³⁸ EUROPEAN PATENT OFFICE. Device for the spatial codification of sound.[en línea] <http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=0050100&KC=&FT=E>
- ³⁹ 3D Audio Effect. Wikipedia. http://en.wikipedia.org/wiki/3D_audio_effect
- ⁴⁰ NEWS. Audiology Online. 7/15/1999 http://www.audiologyonline.com/News/news_detail.asp?news_id=6
- ⁴¹ ELEN, Richard, *Ambisonics for the New Millennium*, September 1998. <http://www.ambisonic.net/gformat.html>
- ⁴² ARCHIVO de la "Internationale Rundfunk- und Fernseh" <http://www.rfcb.ch/hinnen/international006.html>
- ⁴³ WALT DISNEY WORLD. "Sounds Dangerous with Drew Carey" <http://disneyworld.disney.go.com/parks/hollywood-studios/attractions/sounds-dangerous-starring-drew-carey/>
- ⁴⁴ KNIGHTLY, Caleb (2009-10-29). "Immersive audio for Planet B". BBC Radio Labs. http://www.bbc.co.uk/blogs/radiolabs/2009/10/binaural_audio_for_planet_b.shtml.
- ⁴⁵ CAVE, Nick. "The death of Bunny Munro" Audiolibro. <http://www.thedeathofbunnymunro.com/audiobook.html>
- ⁴⁶ DIRT 2. Colin McRae. Codemasters 2009. <http://www.dirt2game.com/>
- ⁴⁷ Papa Sangre (2010-03-04). "First Papa Sangre blog post". <http://www.papasangre.com/blog/#post-25>.
- ⁴⁸ OSTER G (1973). "Auditory beats in the brain". *Scientific American*. # 229
- ⁴⁹ KLIEMPT, RUTA, OGSTON, LANDECK & MARTAY. (Enero, 2000) Hemispheric-synchronisation during anaesthesia: a double-blind randomised trial using audiotapes for intra-operative nociception control. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10460529>

- 50 HUTCHISON, Michael M. (1986). *Megabrain: new tools and techniques for brain growth and mind expansion*. New York: W. Morrow.
- 51 CAMPBELL, Thomas, "My Big TOE" book 1 p79. Lightning Strike Books. 2003.
- 52 The Monroe Institute. <http://www.monroeinstitute.org/>
- 53 The Binaural tones - Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/Binaural_tones
- 54 WHITING, Jerry. Jet City Orange <http://www.jetcityorange.com/binaural-beats/>
- 55 PENISTON EG, KULKOSKY PJ (1989). "Alpha-theta brainwave training and beta-endorphin levels in alcoholics". <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-0277.1989.tb00325.x/abstract;jsessionid=01EF06C5971F7025DA3EB2766D45F271.d02t01>
- 56 WAHBEH H, CALABRESE C, ZWICKEY H (2007). "Binaural beat technology in humans: a pilot study to assess psychologic and physiologic effects". *Journal of alternative and complementary medicine (New York, N. Y.)* <http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/acm.2006.6196>
- 57 OGLIVIE RD, HUNT HT, TYSON PD, LUCESCU ML, JEAKINS DB (1982). "Lucid dreaming and alpha activity: a preliminary report". *Perceptual and motor skills*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7162915>
- 58 VAN DEN BOUT J (2006). Spoomaker VI, "Lucid dreaming treatment for nightmares: a pilot study". *Psychotherapy and psychosomatics*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17053341>
- 59 SAXBY E, Peniston EG (1995). "Alpha-theta brainwave neurofeedback training: an effective treatment for male and female alcoholics with depressive symptoms". *Journal of clinical psychology*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8801245>
- 60 WATSON CG, HERDER J, PASSINI FT (1978). "Alpha biofeedback therapy in alcoholics: an 18-month follow-up". *Journal of clinical psychology*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/690224>
- 61 SIMON FRASER UNIVERSITY -. *The World Sound Project*. <http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>
- 62 TRUAX, Barry. (1978 - 1999) *Handbook for Acoustic Ecology*. Simon Fraser University, Arc Publications.
- 64 SCHAFER, R. Murray (1977), *The Tuning of the World*, USA.
- 65 TRUAX, Barry. *Electroacoustic Music and the Soundscape: The inner and the Outer World*. 1992 USA.
- 66 OLIVEIROS, Pauline (2005). *Deep Listening: A Composer's Sound Practice*. iUniverse

- ⁶⁷ SCHAFER, R. Murray (1977), *The Tuning of the World*, USA.
- ⁶⁸ THE WORLD SOUNDSCAPE PROJECT. <http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>
- ⁶⁹ TRUAX, Barry, (1978,1999), *Handbook for Acoustic Ecology*. Simon Fraser University, Arc Publications.
- ⁷⁰ WERNER Hans U. (1992/1995), *Soundscapes - Eine klangökologische Spurensuche*, Basilea.
- ⁷¹ STEENHUISEN, Paul. "Interview with Hildgard Westerkamp" en *Sonic Mosaics: Conversations with Composers*. Edmonton: University of Alberta Press, 2009.
- ⁷² TRUAX, Barry. (1984), *Acoustic Communication*, USA
- ⁷³ RÖSING, Helmut entre otros (1996), *Handbuch der Musikpsychologie*, Reinbek
- ⁷⁴ The vOICe. Seeing with Sound. <http://www.seeingwithsound.com>
- ⁷⁵ THE NEW YORK TIMES. (2005) "Seeing with your ears". http://www.nytimes.com/2005/12/11/magazine/11ideas_section3-14.html?ex=1291957200&en=3c72cf9fa46bbb06&ei=5090&partner=rssuserland&emc=rss
- ⁷⁶ NEW SCIENTIST. "Sensory hijack: rewiring brains to see with sound". 17 de Agosto del 2010. <http://www.newscientist.com/article/mg20727731.500-sensory-hijack-rewiring-brains-to-see-with-sound.html?full=true>
- ⁷⁷ CBS Television. The Science of the Senses: Sight.- 2008. <http://www.seeingwithsound.com/cbc2008.html>
- ⁷⁸ FÉLIX López (2010). «Ficha de Las Ciudades oscuras en Tebeosfera». http://www.tebeosfera.com/obras/series/ciudades_oscuras_las.html
- ⁷⁹ PERDRIEL. Obskur. Sitio no oficial de "Les Cités obscures" <http://www.ebbs.net/>
- ⁸⁰ FÉLIX López (2010). «Ficha de Las Ciudades oscuras en Tebeosfera» [.http://www.tebeosfera.com/obras/series/ciudades_oscuras_las.html](http://www.tebeosfera.com/obras/series/ciudades_oscuras_las.html)
- ⁸¹ NAVARRO, Pedro (2009). «En Ausencia de Historias - Las Ciudades Oscuras» Blog . <http://pedrofnavarro.blogspot.com/search/label/Las%20Ciudades%20Oscuras>
- ⁸² AMADO, Nuno. (2010) "Leituras de BD" Blog. <http://bongop-leituras-bd.blogspot.com/2009/06/lancamento-asa-teoria-do-grao-de-areia.html>

- ⁸³ MARTINI, Cláudio. (2007) "Criadores de Mundos" Blog. <http://terramagazine.terra.com.br/interna/0,,OI1943339-EI8422,00-Criadores+de+Mundos+Francois+Schuitem.html>
- ⁸⁴ St. PIERRE, Sylvain. (1998) IKON press *A comprehensive review of the Obscure Cities series for English-speaking fans*. <http://web.archive.org/web/20060109234930/members.aol.com/IKONPress/html/introduction.html>
- ⁸⁵ St. PIERRE, Sylvain. (1998) IKON press *A comprehensive review of the Obscure Cities series for English-speaking fans*. <http://web.archive.org/web/20060109234930/members.aol.com/IKONPress/html/introduction.html>
- ⁸⁶ COUTINHO, Isabel. (2010) Clube de Leitura da FEUP - Apresentação do Projeto.
- ⁸⁷ COUTINHO, Isabel. (2010) Clube de Leitura da FEUP - Apresentação da 2ª Sessão.
- ⁸⁸ The Freesound Project. <http://www.freesound.org>
- ⁸⁹ - **World of Sleepers** por **Carbon Based Lifeforms**, tomado del álbum *World of Sleepers* ,
Ultimae Records. 2006. Francia. (Extracto)
- ⁹⁰ - **Sunrise** (Original Version) por **Sleepingland** , - tomado del álbum *BEAUTIFUL VOICES 016*
(*SCHILLER Special edition*) "*Solitude*" - MDB Productions. 2004. Alemania. (Extracto)
- ⁹¹ - **Gate 1** por **Jaia**, tomado del álbum *FICTION* - Digital Structures. 2005. Francia. (Extracto)
- ⁹² - **The Anhtkythera Mechanism** por **BT**, tomado del álbum *This Binary Universe* - DTS. 2007. US (Extracto)

* Todos los hipervinculos fueron verificados el 10 de Abril del 2011.

ANEXOS

“GUION TECNICO SONORO”

GUIÓN TÉCNICO SONORO

| Tiempo | Descripción | Tipo | Localización | Observaciones |
|---------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|
| 00:00 - 01:03 | Sonido de Viento | Sonido | Centro - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 00:03 - 00:08 | Titulo "As Muralhas de Samaris" | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 00:09 - 01:03 | Introducción | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 00:14 - 00:34 | Perro - Aves | Sonido | Derecha | Grabación Binaural de Campo |
| 00:29 - 00:43 | Tranvía tocando campana | Sonido | Izquierda | Grabación Binaural de Campo |
| 00:39 - 00:52 | Tranvía | Sonido | Derecha - Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 00:55 - 01:00 | Aves | Sonido | Derecha - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 00:58 - 01:24 | Ambiente en la rua de Cedofeita | Ambiente | Izquierda - Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 01:04 - 01:13 | "...Esta d'acordo?..." | Voz Consejero | Centro - Izquierda | Grabación en estudio |
| 01:10 - 01:27 | Pasos en la ciudad | Sonido | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 01:11 - 01:25 | Tranvía | Sonido | Derecha | Grabación Binaural de Campo |
| 01:22 - 01:25 | "É aqui, siga-me" | Voz Consejero | Derecha - Atrás | Grabación en estudio |
| 01:25 - 01:38 | Puerta y pasos en la oficina | Sonido | Izquierda | Grabación Binaural de Campo |
| 01:28 - 01:40 | Pasos en piso de madera | Sonido | Derecha | Grabación Binaural de Campo |
| 01:32 - 01:36 | "..Formalidades.." | Voz Consejero | Enfrente | Grabación en estudio |
| 01:40 - 01:43 | Firma el papel | Sonido | Derecha - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 01:45 - 02:24 | Ambiente de cafetería - Voz de amigo | Ambiente | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 02:25 - 02:33 | "..mas conhecia bem a Clara.." | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |

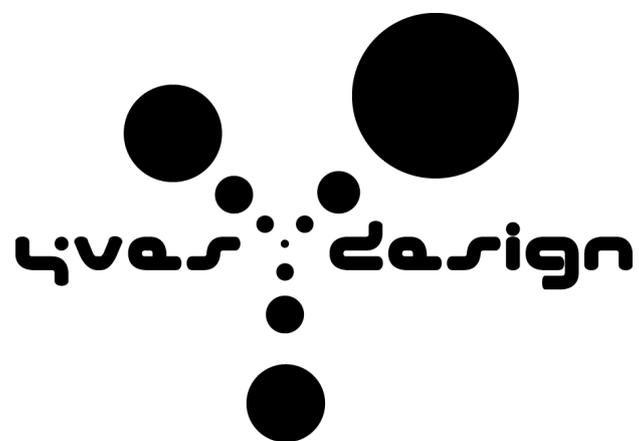
| Tiempo | Descripción | Tipo | Localización | Observaciones |
|---------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------|---|
| 02:26 - 02:52 | Ambiente..”Não me respondes nada...” | Voz Amigo | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 02:47 - 02:55 | Pasos en la Ribera | Sonido | Izquierda | Grabación Binaural de Campo |
| 02:53 - 03:01 | Puerta de garage abriéndose | Sonido | Derecha - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 03:01 - 04:03 | Música (Despedida - Amor - Reflexión) | Música | Enfrente | “World of Sleepers” - CBL ⁸⁹ |
| 03:07 - 03:13 | “Não Franz...tu não regressarás...” | Voz Ana | Centro - Izquierda | Grabación Binaural de Campo |
| 03:15 - 03:18 | “Não contes comigo ...” | Voz Ana | Derecha | Grabación Binaural de Campo |
| 03:19 - 03:23 | “A última noite...” | Voz Ana | Centro | Grabación Binaural de Campo |
| 03:30 - 04:09 | Sonido de Viento | Sonido | Centro - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 03:41 - 03:44 | “Acordei e foi até ao terraço...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 03:48 - 03:58 | “A noite tinha caído...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 03:50 - 03:54 | Aves | Sonido | Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 04:00 - 04:28 | Ambiente - Estación de Tren | Ambiente | Centro - Izquierda | Grabación Binaural de Campo |
| 04:11 - 04:21 | “Rapidamente...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 04:22 - 05:28 | Música (Viaje - Incertidumbre) | Música | Centro - Atrás | “Sunrise” - Sleepingland-Schiller ⁹⁰ |
| 04:23 - 04:26 | “...adeus amigo” | Voz Franz | Enfrente | Grabación en estudio |
| 04:26 - 04:29 | “Adeus Franz e boa sorte! | Voz Amigo | Derecha | Grabación Binaural de Campo |
| 04:29 - 04:33 | Pasos en la tierra | Sonido | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 04:30 - 04:43 | Sonido de tren en marcha | Sonido | Derecha - Atrás | Grabación Binaural de Campo |

| Tiempo | Descripción | Tipo | Localización | Observaciones |
|---------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|
| 04:40 - 04:51 | Motor de Avioneta | Sonido | Izquierda - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 04:44 - 04:53 | Motor de Avioneta | Sonido | Derecha | Banco Sonoro Freesound.org |
| 04:51 - 05:00 | "...várias balsas..." | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 04:54 - 05:06 | Sonido de Agua | Sonido | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 05:02 - 05:06 | "Por fim... cheguei a Samaris" | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 05:10 - 05:20 | "Diferentes arquitecturas..." | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 05:18 - 05:45 | Ruido de Maquinaria | Sonido | Izquierda - Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 05:23 - 05:28 | "Um quarto?" | Voz Gerente | Centro - Izquierda | Grabación en estudio |
| 05:28 - 05:35 | Pasos en piso de madera | Sonido | Derecha - Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 05:30 - 05:42 | Puerta de madera | Sonido | Izquierda | Grabación Binaural de Campo |
| 05:33 - 05:36 | "Ei-lo, é este aqui" | Voz Gerente | Derecha | Grabación en estudio |
| 05:40 - 05:44 | "Diga-me,.. este barulho?" | Voz Franz | Centro - Izquierda | Grabación en estudio |
| 05:45 - 05:48 | "Que barulho sr..?" | Voz Gerente | Derecha - Atrás | Grabación en estudio |
| 05:49 - 05:52 | "De facto..." | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 05:52 - 05:55 | "Ahh.. bem.." | Voz Franz | Centro - Izquierda | Grabación en estudio |
| 05:55 - 05:58 | "Espero que Samaris lhe agrade" | Voz Gerente | Enfrente | Grabación en estudio |
| 05:58 - 06:14 | Pasos en la ciudad | Sonido | Derecha | Grabación Binaural de Campo |
| 05:59 - 06:12 | Ambiente de gente en la calle | Sonido | Izquierda - Atrás | Grabación Binaural de Campo |

| Tiempo | Descripción | Tipo | Localización | Observaciones |
|---------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|
| 06:00 - 06:02 | “O senhor é estrangeiro?” | Voz Carla | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 06:01 - 07:04 | Música (Extrañeza ..) | Música | Centro - Atrás | “Gate I” - Jaïa ⁹¹ |
| 06:04 - 06:06 | “Desculpe, mas tenho que ir embora” | Voz Carla | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 06:16 - 06:22 | “Boa tarde...” | Voz Carla | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 06:22 - 06:43 | “...os mesmos pontos...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 06:23 - 06:39 | Pasos en la ciudad | Sonido | Derecha | Grabación Binaural de Campo |
| 06:24 - 06:36 | Ambiente de gente en la calle | Ambiente | Izquierda - Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 06:25 - 06:42 | Música (Extrañeza ..) | Música | Derecha - Atrás | “Gate I” - Jaïa ⁹¹ |
| 06:33 - 06:54 | Música (Extrañeza ..) | Música | Enfrente | “Gate I” - Jaïa ⁹¹ |
| 06:54 - 07:04 | “...Suspeita absurda...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 07:00 - 07:24 | Campanas extrañas | Sonido | Enfrente | Banco Sonoro Freesound.org |
| 07:03 - 07:17 | Atmósfera lúgubre | Ambiente | Izquierda | Banco Sonoro Freesound.org |
| 07:07 - 07:11 | “Arquitectura perversa...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 07:13 - 07:27 | Atmósfera lúgubre | Ambiente | Derecha | Banco Sonoro Freesound.org |
| 07:14 - 07:22 | “...invadido por ..torpor...clima” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 07:22 - 07:43 | Crescendo | Sonido | Izquierda | Banco Sonoro Freesound.org |
| 07:24 - 07:29 | “...Resolvi falar con Carla...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 07:26 - 07:33 | Pasos en la ciudad | Sonido | Derecha - Atrás | Grabación Binaural de Campo |

| Tiempo | Descripción | Tipo | Localización | Observaciones |
|---------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------|--|
| 07:29 - 07:40 | “Franz, eu não posso, é impossivel..” | Voz Carla | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 07:42 - 07:49 | “Decidi não dormir nessa noite...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 07:47 - 09:37 | ¡Drama...Climax! | Música | Atrás | The Anhtkythera Mechanism - BT ⁹² |
| 07:49 - 07:53 | Pasos en piso de madera | Sonido | Derecha - Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 07:50 - 08:04 | Ruido de Maquinaria | Sonido | Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 07:52 - 07:53 | “Está aí alguém?” | Voz Franz | Centro - Izquierda | Grabación en estudio |
| 07:53 - 08:00 | Sonido de Puerta tocando-forzando | Sonido | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 08:00 - 08:02 | “Abra ou eu arrombo a porta!!” | Voz Franz | Centro | Grabación en estudio |
| 08:01 - 08:30 | Ruido de Maquinaria | Sonido | Centro - Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 08:02 - 08:06 | Craaack! | Sonido | Derecha | Banco Sonoro Freesound.org |
| 08:03 - 08:23 | ¡Drama...Climax! | Música | Enfrente | The Anhtkythera Mechanism - BT ⁹² |
| 08:04 - 08:31 | Silbido de Máquina | Sonido | Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 08:06 - 08:09 | “Não acredito..!!” | Voz Franz | Centro | Grabación en estudio |
| 08:09 - 08:38 | Silbido de Máquina | Sonido | Izquierda - Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 08:10 - 08:15 | “...melhor perceber a situação” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 08:18 - 08:29 | “...eu via verdadeiramente a Samaris” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 08:30 - 08:42 | “...cidade insensata..” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 08:32 - 08:47 | Ruido de Maquinaria | Sonido | Atrás | Grabación Binaural de Campo |

| Tiempo | Descripción | Tipo | Localización | Observaciones |
|---------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|
| 08:41 - 08:45 | Pasos sobre metal | Sonido | Izquierda | Grabación Binaural de Campo |
| 08:45 - 08:51 | “Que?...Não, nãoooo...!” | Sonido | Centro - Izquierda | Grabación en estudio |
| 08:50 - 08:54 | BROOOM | Sonido | Derecha - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 08:54 - 09:02 | “Fugir!...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 08:56 - 09:25 | Silbido de Máquina | Sonido | Atrás | Grabación Binaural de Campo |
| 09:01 - 09:08 | “Ahhhh...” | Voz Franz | Derecha | Grabación en estudio |
| 09:01 - 09:10 | Sonido de maquinas hidráulicas | Sonido | Derecha - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 09:03 - 09:11 | Piedras cayendo... | Sonido | Izquierda - Atrás | Banco Sonoro Freesound.org |
| 09:11 - 09:18 | “...simulacros” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 09:18 - 09:22 | “... uma ilusão!?” | Voz Franz | Centro - Izquierda | Grabación en estudio |
| 09:21 - 09:35 | Ruido de Maquinaria | Sonido | Enfrente | Grabación Binaural de Campo |
| 09:22 - 09:26 | “...o centro de Samaris” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 09:31 - 09:34 | “Ainda não tinha chegado ao fim...” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 09:36 - 09:40 | Título “As Muralhas de Samaris” | Voz Franz (off) | Centro | Grabación en estudio |
| 09:40 - 09:52 | “Samaris foi de todos os tempos...” | Voz Franz (off) | Enfrente | Grabación en estudio |



© 2011