

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

ESPACIOS SÓNICOS
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

TESIS DOCTORAL

BEATRICE GOLLER, ARQUITECTA

2014

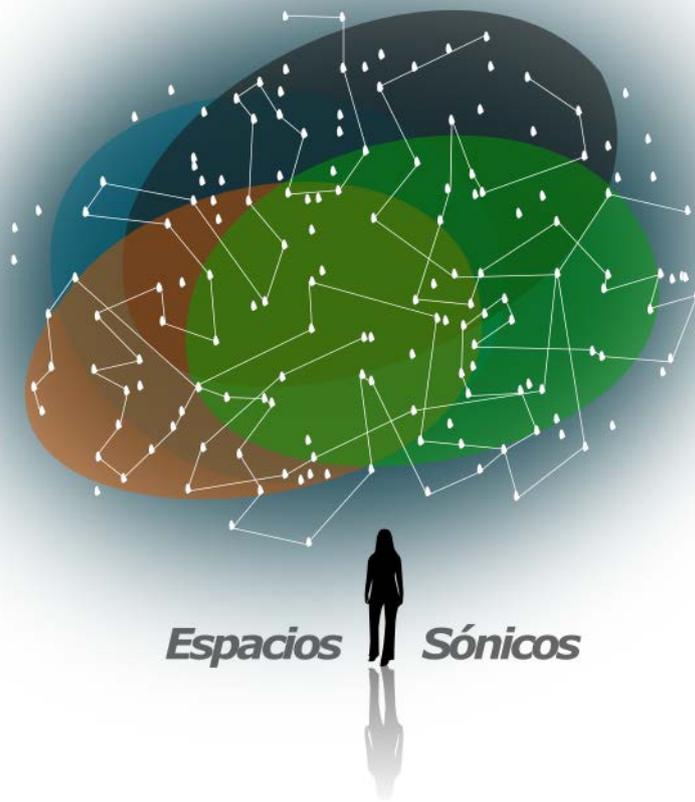
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS AVANZADOS, ETSAM

ESPACIOS SÓNICOS
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

BEATRICE GOLLER, ARQUITECTA

DIRECTOR: DR. JAVIER MAROTO RAMOS

2014



Espacios Sónicos

Espacios Sónicos. Introducción

Sonido y forma

Sonido y espacio

Sonido y cuerpo

Apéndice

Espacios Sónicos. Conclusiones

(Abstracto)

Espacios Sónicos

*En un mundo cada vez más poblado y complejo, el flujo de datos se incrementa a pasos gigantescos y la tecnología avanza en la profundización de temas cada día más concretos y específicos. A la vez, se ha entrado de lleno en la era digital, proporcionando infinitud de posibilidades de conectar campos de la ciencia, de la comunicación y del arte, que antes eran disciplinas independientes. Añadir la **capa sonora** en el ámbito arquitectónico intenta darle un significado más amplio al hecho de proyectar espacios.*

El sonido provee conjuntos de información cognitiva, tanto relacionados con los procesos mentales del conocimiento, la percepción, el razonamiento, la memoria, la opinión, como con los sentimientos y emociones. Al percibir el espacio, no somos conscientes del complejo proceso en el que se implican diversos sentidos, siendo el sentido de la audición un importante protagonista. El sonido, aun siendo parte del entorno en el que está inmerso, también afecta a este contexto y forma parte de los datos que adquirimos al leer entornos espaciales.

Esta tesis investiga las relaciones en el marco de digitalización actual e implica la introducción de parámetros y datos vivos. Al mismo tiempo, y desde un punto de vista perceptivo, pone énfasis en la manera que el sonido puede ser un factor esencial como generador y conformador de espacios y analiza las distintas acciones sonoras que inciden en el cuerpo humano.

*El interés de **'Espacios Sónicos'** se centra en que puede significar un aporte a los conocimientos arquitectónicos formulados hasta ahora únicamente desde fundamentos espaciales estáticos. Si entendemos la materia no sólo como un sólido, sino, como un compuesto de partículas en vibración constante; la arquitectura, que es el arte de componer la materia que nos rodea, también debería ser entendida como la composición de cuerpos vibrantes o cuerpos pulsantes.*

(Abstract)

Sonic Spaces

*In a more populated and complex world, data flow increases by leaps and bounds, and technological progress extends every day into more concrete and specific topics. Today's world is dramatically changing our soundscape. People live in new sound environments, very differently from the ones they used to. From a biological point of view, our ever-changing society is suffering neural mutations due to the irreversible inclusion of the technological layer in our lives. We have fully entered the digital age, providing infinitude of possibilities for connecting fields of science, arts and communication, previously being independent disciplines. Adding the **sound layer** to the architectural field attempts to give further real meaning to the act of designing spaces.*

Sound provides arrays of cognitive information: Whether related to mental processes of knowledge, reasoning, memory, opinion, perception, or to affects and emotions. When perceiving space, we're not aware of the complex process through which we read it involving various senses, being the sense of hearing one important protagonist. Sound, being itself part of the surroundings in which it is immersed, also affects such context, being part of the data we acquire when reading spatial environments. This research investigates the relationship involving the inclusion of real-time data and specific parameters into an experimental sound-scan frame. It also emphasizes how sound can be essential as generator and activator of spaces and analyzes sound actions affecting the body.

*'**Sonic spaces**' focuses in what it means to contribute to architectural knowledge, which is so far formulated only from static space fundamentals. If the matter must be understood not only as solid, but also as a compound of particles in constant vibration, architecture - which is the art of composing the matter that surrounds us - should also be understood as the composition of vibrating and pulsating bodies.*

Agradecimientos:

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado en la elaboración de la presente tesis.

En primer lugar, mi gratitud para mi director de tesis Javier Maroto por su paciencia y convicción de que esta investigación, más bien experimental, acabaría siendo una tesis doctoral como es debido y al mismo, por su visión crítica al respecto. A mi director de estancia en la Udk Berlín, Alex Arteaga, quien me ha enseñado a oír y a apreciar los insignificantes detalles del sonido.

A todo el Departamento de proyectos avanzados de la ETSAM por confiar en mis ideas que en un principio podían parecer poco arquitectónicas.

A Pep Quetglas por redactarme esa carta tan sincera de recomendación para poder cambiarme a la ETSAM. A mi entrañable amiga Eva García a través de quien pude contactar a Javier Maroto, que era su profesor de proyectos en el Master.

A mi amigo Xavier Manzanares, primero por su inestimable colaboración a lo largo de esta tesis y por su inquietud en descubrir siempre conexiones nuevas. Segundo, por su valiosa aportación en el ámbito digital.

A Suzanne Strum por sus valiosos consejos y por las interminables revisiones de las traducciones al inglés para enviar a revistas indexadas.

A Nuria Antentas por invitarme con mucho entusiasmo a dar una conferencia sobre las investigaciones acerca de dispositivos cimáticos en las Nits Digital de Vic.

A José Ballesteros por haberme dado la oportunidad de publicar parte de mi investigación en la revista Pasajes de Arquitectura y crítica.

Quisiera también dar mi agradecimiento a Francesc Dalmau, por su positivismo analítico a la hora de revisar mi tesis.

A Edwin van der Heide y a Lars Spuybroek por aceptar ser entrevistados para esta tesis y darme otra visión a mis planteamientos.

Finalmente, a Yago Conde, quien me aportó la gran mayoría de conocimientos que tengo acerca de la arquitectura y la música contemporánea. Fue él quien indirectamente me inspiró a iniciar esta investigación.

A él y a nuestra hija Alicia, les dedico Espacios Sónicos.

Índice	1
Prefacio	6

Espacios Sónicos. Introducción

Introducción	8
Realimentación científica en la arquitectura	10
Introducción a la fenomenología sonora	12
<i>Física del sonido</i>	
Interrelaciones entre vibraciones mecánicas y vibraciones electromagnéticas	18
<i>Convirtiendo luz a sonido en sistemas cuánticos fríos</i>	
<i>La relación de la naturaleza de la luz y las ondas sonoras</i>	
<i>Propagación Sonora de componentes de energía electromagnética</i>	
Bio-percepción	22
<i>Conexión entre madre y embrión a través de los sonidos</i>	
<i>Experiencia de arquitectura auditiva</i>	
La relación materia y fenómenos sonoros	26
Mecánica cuántica y la teoría unificadora de la física: teoría de cuerdas	26
Identifican los sonidos de Acordes moleculares	30
Los experimentos cimáticos	32
Espacios Sónicos. Experimentos C0. Experimentos cimáticos	38
<hr/>	
Anexo	53
-Extensión a los descubrimientos cimáticos.....	54
-Mirada al diseño de la naturaleza	61
-Arquitectura orgánica generativa.....	64
-Smart Materials.....	66
-Arquitecturas no convencionales.....	72

El sonido como parámetro formal

<i>Conexión entre el espacio virtual y el espacio material</i>	79
<i>Digitalismo: de la cultura fijada a la cultura líquida</i>	81
<i>Arquitectura, sonido y la nueva artesanía</i>	83
<i>La relación existente entre matemáticas, sonido y espacio</i>	85
<i>Construyendo un espacio multidimensional</i>	87
<i>La traslación entre datos y sonido</i>	89
<i>La traslación entre sonido y arquitectura</i>	91
<i>El digitalismo en la representación y generación arquitectónica</i>	93
<i>El sonido como motor de la génesis formal</i>	94
Historiografía de proyectos arquitectónicos con el sonido como parámetro formal	
Coop Himmelblau	96
Opera Munich	
B+ U	98
Sound City Development, 2005 Downtown L.A.	
Soundcloud, 2008 Los Angeles	
Museums Quarter, 2003 Viena	
Espacios Sónicos. Experimentos C1.	
<i>Experimentos de traslación formal a través del sonido</i>	102
<i>Experimentos de traslación sonido -Forma mediante SoundPlot</i>	103
<i>Experimento Sonomorfismos</i>	104
<i>Experimentos de traslación sonido-Forma a tiempo real (Rhino+GH+Pd)</i>	111
<i>Experimento de Data Translations</i>	119
Anexo	125
<i>Experimento cØrdes</i>	129

El sonido como generador de espacios

La arquitectura también es sonora.....	142
Arquitectura como instrumento sonoro natural.....	145
El rol del sonido en el cambio de paradigma arquitectónico.....	148
Precedentes de la arquitectura sonora.....	149
El sonido como generador de espacios:	
Conformación espacial mediante física del sonido.....	153
Espacios Holofónicos.....	153
Espacializaciones Sonora	154
Tipologías espaciales no convencionales en el contexto actual.....	155
Espacios Virtuales.....	155
Espacios Aumentados.....	156
Espacios Locativos.....	157
Espacios inmatrimales.....	157
Espacios de telepresencia	158
Conformador espacial indirecto del sonido mediante algoritmos.....	159
Reflexiones acerca del sonido como generador de espacios.....	160
Precedentes históricos.	
Instalaciones sonoras en relación a la delimitación de un lugar.....	166
Le Corbusier/ Iannis Xenakis > Pabellón Philips 1958, Feria Internacional Bruselas.....	166
Bernhard Leitner > SoundCube 1969 / 1970.....	168
Bernhard Leitner > Soundtube 1971.....	171
Bernhard Leitner > Wallgrid // Soundfield I // Sound columns bouncing 1972.....	171
Bernhard Leitner > Cylinder Space 1974.....	171
Bernhard Leitner > Sound Space TU Berlin 1984.....	172
Bernhard Leitner > Le Cylindre Sonore 1987.....	172
Bernhard Leitner > Sound Gate 1990.....	173
Bernhard Leitner > Sound Space Buchberg 1991/98.....	174
Bernhard Leitner > Blue Vaulting 1994/2007.....	174
Bernhard Leitner > Tuba Architecture 1999.....	175
Bill Fontana > Distant Trains 1984, Berlin.....	176
Douglas Hollis > Sound Garden 1983.....	177
Douglas Hollis > Listening Vessels 1987.....	177
Christian Möller > Audio Grove 1997.....	178
Peter Zumthor > Swiss Pavillion in Hannover 2000.....	179
Edwin van der Heide > Spatial sounds 2000.....	180
Edwin van der Heide > Pneumatic Sound Fields 2006-7-8.....	181
NOX/ Edwin van der Heide > Water Pavillion 1997 2002.....	182
NOX/ Edwin van der Heide > Son O House 2004.....	183
NOX/Hanna Stiller/ Edwin van der Heide > Whispering Garden 2005.....	184

<i>Lab [AU] > Tessel 2010.....</i>	185
<i>Paul Devens > Panels 2011.....</i>	186
<i>Ryoji Ikeda > test pattern 2011.....</i>	187

Espacios Sónicos. Experimentos C2.

<i>Experimentos de configuración espacial a través del sonido.....</i>	188
---	-----

<i>Anexo.....</i>	194
--------------------------	-----

<i>Incorporación de los sentidos, en especial el sonido, en referentes literarios para describir el espacio</i>	195
--	-----

<i>Reflexiones acerca del diseño espacial sonoro en la arquitectura.....</i>	201
---	-----

<i>Entrevista realizada a Edwin van der Heide.....</i>	204
---	-----

<i>Entrevista realizada a Lars Spuybroek.....</i>	210
--	-----

<i>Entrevistas (reflexiones).....</i>	213
--	-----

<i>Ejemplos de intervenciones arquitectónicas con cualidades sonoras en edificios existentes.....</i>	215
--	-----

El sonido como interconector entre cuerpo y espacio

La arquitectura es perceptiva y sensorial	222
Fenomenología y psico-percepción del ruido	226
Introducción del ruido en el lenguaje musical	229
Conceptos de la neurociencia en relación a la arquitectura y el sonido	231
Control social mediante el sonido	235
Introducción a los dispositivos sonoros armonizadores	239
<i>Biología</i>	239
<i>Comunicación y Cultura</i>	240
<i>Sociología</i>	240
<i>Medicina</i>	242
Cuerpo-Movimiento-Espacio	243
<i>Baile</i>	243
<i>Danza y espacio</i>	245
<i>Danza e interactividad</i>	246
<i>Gestualidad</i>	247
<i>Músculo</i>	249
Sonidos armonizadores	253
<i>Naturaleza como fuente de sonidos armónicos</i>	254
<i>Interacción entre la arquitectura y las personas para obtener un medio armónico</i>	257
<i>Materiales inteligentes capaces de asumir el rol del sonido como equilibrador de espacios</i> ...258	
<i>Integración de sonidos armonizadores como parámetros en el proceso de diseño</i>	260
Sostenibilidad sonora en la arquitectura	261
Relación sonido/espacio/tiempo	264
El sonido como dispositivo de transporte espacio-temporal	271
Sonido y Cuerpo [Epílogo]	273
Espacios Sónicos. Apéndice	275
<i>Experimento de Sonificación de la Tesis</i>	276
Espacios Sónicos. Conclusiones	277
Diccionario de términos	283
Bibliografía	298

Prefacio

Para elaborar esta tesis, me he situado ante un universo sónico y me he sumergido en él para intentar comprender su complejidad. Esto ha representado una nueva meta para mí, ya que como arquitecta, he estado demasiado acostumbrada a medir los espacios métricamente desde una óptica estática. Pero el sonido viene y va. Es efímero y evanescente, y al mismo tiempo, algo tan intenso, que te hace preguntar: ¿es posible pensar en el sonido como un material más en el proyecto arquitectónico? ¿Si proyectamos con la luz, se podría también proyectar con el sonido?

Me hice esta pregunta tiempo atrás, cuando realicé el concurso para una fuente en la villa olímpica de Barcelona, conjuntamente con Yago Conde. En este concurso utilizamos una partitura de John Cage, Fontana Mix, como hipertexto y la mezclamos con el contexto urbano. La partitura era una analogía gráfica de las preexistencias arquitectónicas con las que debíamos proyectar. Realizamos toda una serie de nuevas conexiones entre dos mundos aparentemente separados, el mundo arquitectónico y el mundo sonoro, mediante un documento gráfico, que describía como era el evento que allí se podía desarrollar, una fuente arquitectónica sonora. Desde entonces he seguido preguntándome si, aparte de las partituras que en el fondo son documentos previos a la interpretación sonora y, como tal, semejantes a los planos arquitectónicos, existen otras vías de conexión entre el sonido y la arquitectura. Esta investigación es una continuación de estas cuestiones.*

El universo sónico nos sitúa ante un entorno extremadamente animado y energético, que a veces excede los parámetros convencionales y las posibilidades de representación. El sonido no está en una posición fija, es dinámico, creando un intenso y efímero entramado, que lo aproxima a la estructura de nuestra sociedad actual. Mirando este dinámico y entramado universo, he intentado primeramente describir cuáles son sus puntos esenciales (como estrellas en el firmamento) y, posteriormente, cómo esta figura de múltiples puntos diverge, interfiere y confiere nuevos puntos de conjugaciones y de conexiones. Los movimientos difusos y desintegradores del sonido nos abren una multiplicidad de configuraciones sensoriales y redes tecnológicas, en un mundo de cambios espaciales constantes.

El evento sonoro es un evento espacio-temporal, que abre un nuevo campo de interacción. Este hecho lo hace ser un modelo significativo para el pensamiento y la experiencia de la condición contemporánea. El sonido actúa para desintegrar y reconfigurar el espacio, borra los límites entre lo privado y lo público, forma uniones y conjunciones, generando nuevas relaciones. Son precisamente estas relaciones que exploran las múltiples perspectivas del presente, así como su interrelación con la arquitectura, las que dan lugar a esta investigación de espacios sónicos.

**John Cage vino a Barcelona en 1992. Fuimos a verle y le expusimos nuestro proyecto. Nos dijo que habíamos entendido perfectamente su música y que la habíamos sabido trasladar a la arquitectura. Su respuesta fue el mejor regalo que me podían dar y significó uno de los momentos más excepcionales de mi vida.*

O

Espacios Sónicos

Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Introducción

Espacios Sónicos. Introducción

El **objetivo** de esta tesis es profundizar e investigar el cruce de discursos y percepciones entre arquitectura y sonido. Se analizarán varios temas científicos en relación a los fenómenos del sonido y de la forma, así como del espacio y del cuerpo humano, en referencia a la arquitectura.

Para introducir el sonido en arquitectura se investiga primeramente la fenomenología sonora, describiendo primeramente que es el sonido, como lo percibimos, sus parámetros, así como la conexión entre madre y embrión, a través de los sonidos. Seguidamente, se analiza el fenómeno de la experiencia arquitectónica auditiva y la relación entre la materia versus los fenómenos sonoros. Este análisis viene acompañado por dos teorías científicas, que demuestran la relevancia de la implicación del sonido en la forma, el espacio y el cuerpo humano en la arquitectura que lo envuelve. Posteriormente, la tesis se estructura en tres ejes: la relación **sonido-forma**, la relación **sonido-espacio** y la relación **sonido-cuerpo**, para dar una visión alternativa que explique como el fenómeno sonoro incide en el conjunto de procesos de diseño arquitectónico.

El primer eje (**sonido-forma**), investiga las relaciones que en el marco de digitalización actual, implica la introducción de parámetros y datos vivos. En este sentido se busca métodos de introducción y traslación de parámetros sonoros a modelos tridimensionales. El segundo eje (**sonido-espacio**) recorre distintas experiencias concretas, tanto experimentales como históricas, que establecen la relación entre la composición y estructura de espacios a través de dispositivos sonoros. Se enfatizará desde un punto de vista perceptivo, en cómo el sonido puede ser un factor esencial como generador y conformador de espacios. El tercer eje (**sonido-cuerpo**), analiza las distintas acciones sonoras que inciden en el cuerpo. En las generaciones más jóvenes hay una constante simultaneidad de recepción de estímulos, que genera una interrelación con el medio distinta a la que habíamos tenido hasta la entrada de la era digital. El mundo actual está cambiando drásticamente el paisaje sonoro con nuevos sonidos, que difieren en calidad e intensidad, y la polución acústica ha llegado a ser un problema de la sociedad actual. Una sociedad en continuo cambio, que según recientes estudios neurocientíficos, está mostrando de qué manera la capa tecnológica con la que convivimos genera cambios neuronales.

Esta tesis viene acompañada de unos experimentos, dos entrevistas y un diccionario de términos.

Los tres ejes sirven como articuladores de las conclusiones finales de esta tesis. Estas conclusiones no tienen el objetivo de ser definitivas ni absolutas, sino constituir una herramienta donde establecer los temas expuestos en cada eje, así como las intersecciones e interrelaciones que emergen entre estos.

El interés de '**Espacios Sónicos**' se focaliza en la complementación a los conocimientos arquitectónicos desde una óptica no estática. Si, según las teorías de la física cuántica, la materia se compone dualmente de partículas y fenómenos vibrantes, la arquitectura que trabaja esencialmente con materia, debería incluir este fenómeno de una manera intrínseca, e incluir en la composición elementos dinámicos, vibrantes o pulsantes.

El aporte de esta tesis es precisamente agrupar varios conocimientos adquiridos desde la teoría cimática, la teoría de cuerdas, las nuevas investigaciones sobre neurociencia y las relaciones sonido-forma / sonido-espacio / sonido-cuerpo, para demostrar que los seres vivos necesitan una arquitectura que también esté viva y con la cual se pueda dialogar en todos los sentidos. Desde esta óptica de organismo, se propone una arquitectura que se pueda percibir, sentir y proyectar con/desde y para los oídos dentro del marco perceptivo, como eje de interés de esta tesis.

Utilizar el sonido como motor generador de espacios sería metafóricamente 'construir con sonido'. Más aún, si consideramos el sonido como delimitador de espacios, no visual pero sonoro, se puede empezar a hablar de él como un nuevo material de construcción.

En este sentido, el sonido sería el material más efímero de todos. Esto no quiere decir que sea un material inofensivo e inapreciable. Todo lo contrario, es un material que hay que tratar con sumo cuidado, pero que ofrece muchísimas posibilidades de proyectar y mejorar la arquitectura en términos sensoriales. Si el digitalismo nos da la posibilidad de manipular datos, y transferirlos a otros programas, el sonido, traducido a frecuencias, es un dato más, que puede también ser transferido y/o convertido a otros datos, y manifestarse como una cifra espacial de longitud, amplitud o altura.

En la actualidad nos encontramos en una sociedad de la información, en la cual los datos fluyen con tal rapidez, que producen un sentimiento de movilidad y cambio constante, apreciable en todos los ámbitos de la vida. El interés también reside en que otras disciplinas científicas se puedan beneficiar de esta tesis. La física y la neurociencia son dos campos en estrecha relación con este tema. Al estudiar el comportamiento de los sistemas eléctricos y electromagnéticos de los seres vivos y de los materiales, se entablan conexiones con estas disciplinas, extrapolables a la biología, la medicina, la psicología y las ciencias de la comunicación.

La era digital brinda la posibilidad de entablar conexiones entre disciplinas muy diversas. Esto da lugar a una constelación de un universo nuevamente formulado, que nos permite investigar y avanzar en la propia disciplina, así como introducirnos a interesantes y emergentes intersecciones.

Desde la antigüedad, las ciencias no sólo han servido como fuente de imaginario aplicado a la arquitectura, sino que de manera implícita han tenido una influencia directa en la resolución formal en el espacio construido. En el momento actual el conocimiento científico se interconecta con numerosas disciplinas, entre las que la arquitectura no queda exenta. En este sentido, la relación entre arquitectura y ciencia se está estrechando cada vez más, dando pie a nuevas consideraciones del término arquitectura, como bio- arquitectura, neuro- arquitectura, arquitectura cuántica o de partículas, etc.

En los últimos años, los arquitectos se han fijado aún más en la ciencia como una inspiración en la producción de sus diseños y construcciones. Los paradigmas científicos han migrado a la arquitectura mediante la incorporación de modelos orgánicos a los clásicamente mecánicos. Entender los sistemas complejos requiere una comprensión, tanto de redes dinámicas, como de redes topológicas y urbanísticas. La topología de redes complejas, como internet, ha propiciado que se asocie la información y los datos con las dinámicas humanas.

Estas referencias motivan el estudio de redes dinámicas y sugieren que la teoría de complejidad debe incorporar las interacciones entre dinámica y estructura. * En consecuencia la arquitectura no debería ser una excepción.

Desde una perspectiva estructural, la arquitectura está asociada con la biología. No obstante, los arquitectos y aquellos científicos interesados en ella se han focalizado en la imitación morfológica de la naturaleza. Las formas naturales y biológicas, explícitamente o implícitamente, han inspirado las construcciones de los seres humanos. Pero también está en principio el aspecto de cómo nos conectamos con la forma y la percibimos, o sea, considerando aspectos de la cognición, percepción y neurofisiología.

Los sistemas biológicos tienen estructuras de redes interconectadas, por ejemplo, entre los sistemas separados de la circulación sanguínea y de hormonas en el cuerpo, o bien, entre los diferentes patrones de neuronas del cerebro. En muchos casos, los tejidos dañados se regeneran y las células del cerebro pueden muchas veces reaprender la sabiduría y la habilidad perdida para establecer nuevos caminos neuronales alternativos. Los patrones interconectados, superpuestos y adaptables de las relaciones de los ecosistemas y metabolismos parecen ser la clave para su funcionamiento. El pensamiento maquinista utilizaba una noción de eficiencia extremadamente limitada. En el momento en que se piensa en sistemas complejos, se focaliza en la recursividad, la diversidad y plasticidad de los sistemas biológicos, que entra en contradicción con una visión maquinista reducida y unidireccional.

La auto organización y reparación son también atributos centrales en los sistemas vivos. Esta increíble capacidad de reestructuración es uno de los procesos biológicos más importantes. Para ello se necesitan redes, diversidad y distribución de estructuras en todas las escalas. También requiere la habilidad para mantener y construir encima de patrones existentes, para que estos se transformen gradualmente en patrones más complejos. Muchas veces esto se hace utilizando la memoria genética. Las estructuras que codifican los patrones anteriores son re utilizados e incorporados más adelante. El ejemplo más claro lo encontramos en el ADN. La transformación evolutiva de organismos que utilizan el ADN se construyó desde bacterias hasta los organismos complejos de hoy en día. **

**Architecture and the Sciences: Exchanging Metaphors*

Author: Antoine Picon Co-Author: Alessandra Ponte, Princeton Architectural Press, 2003

*** Towards a biological understanding of Architecture and Urbanism: Lessons from Steven Pinker.* Nikos A. Salingaros

La mecánica cuántica se ha considerado largamente como una teoría abstracta sin aplicación alguna. No obstante, la investigación con computación cuántica aún en estado embrionario puede suponer un avance sin precedentes en las ciencias de la computación y por extensión a cualquier otra disciplina. También existen dispositivos y herramientas que aplican directamente los conocimientos de la mecánica cuántica como los scanner Laser. La arquitectura es parte de un sistema dinámico. Consecuentemente, para entender los sistemas arquitectónicos en un marco mayor, es muy interesante introducir la sabiduría fruto de los avances de la física cuántica. Las partículas son a la vez materia y ondas, que pueden estar en dos lugares al mismo tiempo, sin conocerse su velocidad y localización exacta. La arquitectura siempre ha trabajado con materia y tectonicidad. En consecuencia si la unidad mínima de la materia conformada en partículas posee la dualidad onda corpúsculo, no es ninguna banalidad considerar esta cualidad en los procesos de creación arquitectónica.

Las ondas y, por extensión cualquier manifestación vibratoria, son objetos de estudio aplicado en la arquitectura, debido a que pese su intangibilidad e inmaterialidad forman parte de nuestro entorno inmediato. Una de las manifestaciones vibratorias que más inciden en nuestra cotidianidad es el sonido, debido a ser un vector de comunicación, de transmisión de conocimientos y especialmente un elemento perceptivo clave. Debido a que la arquitectura debe incluir de manera intrínseca, exploraciones en la percepción y en la comunicación, el sonido se configura como un elemento central a tener en cuenta.

Añadir la capa sonora a la arquitectura no es ni tarea sencilla ni inmediata. Sin embargo, no olvidemos, que la multicapa en arquitectura ya existe y que la implementación tecnológica, asistida a la arquitectura puede ser cada vez más compleja y rica, por ejemplo mediante su introducción paramétrica a la hora de pensar, proyectar y construir.

Llegará el día en que las tecnologías CAD/3D podrán tener incorporadas en qué medida afecta el sonido a la arquitectura, y como una interacción sonora puede mejorar un espacio. De la misma manera que cuando dibujemos una viga, el software nos indicará un abanico de variaciones optimizadas en material y forma.

Probablemente como arquitectos, no es imprescindible saber sobre física de partículas. No obstante, en la era de la información actual, la incursión en otras ramas de la ciencia y del conocimiento no es una cuestión optativa. Las disciplinas se entrelazan y se hibridan, creando intersecciones y nuevas emergencias, que pueden ser cruciales para posteriores trabajos.

Si realmente se quiere resolver problemas como la falta de suministro de agua, la consideración de la autonomía energética, la investigación con nuevos materiales etc., es necesario considerar la constante regeneración de avances en la investigación y formar parte de ella.

Para la mayoría de nosotros, el sonido es elemental en nuestras vidas. Él nos da toda clase de información cognitiva, información relacionada al proceso mental del conocimiento, razonamiento, memoria, juicio, percepción e información afectiva, información relacionada con la emoción, sentimientos y modo de ser.

La **percepción sonora** es un modo inmediato de contacto con el usuario, una forma de percepción *continua* y *latente*. La audición es el único sentido que nunca se "desconecta", nunca descansa. Es importante entender primeramente que es el sonido, como y porque lo percibimos y cuando es la primera vez que el ser humano adquiere el sentido de la escucha. Todas estas cuestiones son importantes, para entender que el sonido no es un ente abstracto e independiente, sino más bien algo estrechamente ligado a los demás procesos de percepción. Esta interacción entre sonido, espacio y tiempo, estará presente en todos los capítulos de esta tesis, abriendo la reflexión de cómo el sonido se puede también ver como un parámetro arquitectónico.

La **definición del sonido** es el fenómeno de la propagación en forma de *ondas elásticas* a través de un determinado *medio* (sea gas, fluido, plasma o sólido)* que está generando el movimiento vibratorio de un cuerpo. Consiste en ondas omnidireccionales** en el dominio espacial y en ondas longitudinales en el dominio temporal. Sus magnitudes son la *longitud de onda*, la *frecuencia*, el *período* y la *amplitud*, que indica la *cantidad de energía* que contiene la señal sonora. La *fase* representa el *retardo* relativo en la posición de una onda con respecto a otra, cuando hay una superposición de diferentes ondas. El sonido a través del aire tiene una velocidad de transmisión de 331,5 m/s, cuando la temperatura es de 0 grados, la presión atmosférica es de 1 atm (nivel del mar) y la humedad relativa del aire es del 0 %.

El sonido audible es la sensación percibida por el oído, que recibe las variaciones de presión generadas por el movimiento vibratorio de los cuerpos sonoros. Éstos se transmiten por el medio que los separa, que generalmente es el aire. Los diferentes organismos en la naturaleza que disponen de percepción sonora, tienen un rango audible variable. Para el ser humano el rango audible oscila de media entre los 25hz y los 16000hz, llegando hasta los 20.000hz en algunos casos. La variabilidad humana, así como la edad, influyen en este rango.

La ausencia perceptible de sonido es el *silencio*, que es relativo, ya que el silencio absoluto no se da en la naturaleza al haber atmósfera. Tan sólo podría existir el silencio absoluto en un hipotético vacío.

El sonido tiene cuatro parámetros fundamentales: La **altura** o **tono** (*pitch*), es el resultado de la frecuencia que produce un cuerpo sonoro, es decir, de la cantidad de ciclos de las vibraciones por segundo o de hercios (Hz) que se emiten. De acuerdo con esto, se pueden definir los sonidos como "graves" y "agudos". Cuanto mayor sea la **frecuencia**, más agudo (o alto) será el sonido. La *longitud de onda* es la distancia medida en la dirección de propagación de la onda, entre dos puntos cuyo estado de movimiento es idéntico; alcanzando sus máximos y mínimos en el mismo instante.

* El sonido se transmite a través de gases, plasma y líquidos como ondas longitudinales principalmente en la dirección de emisión, siendo a su vez un fenómeno tridimensional y por lo tanto, omnidireccional. A través de los sólidos, sin embargo, puede ser transmitido como dos ondas longitudinales y ondas transversales. Las ondas longitudinales sonoras son ondas de presión alternada y desviadas de la presión de equilibrio, provocando regiones locales de compresión y rarefacción, mientras que las ondas transversales (en sólidos), son ondas alternadas de esfuerzo cortante, perpendiculares a la dirección de propagación.

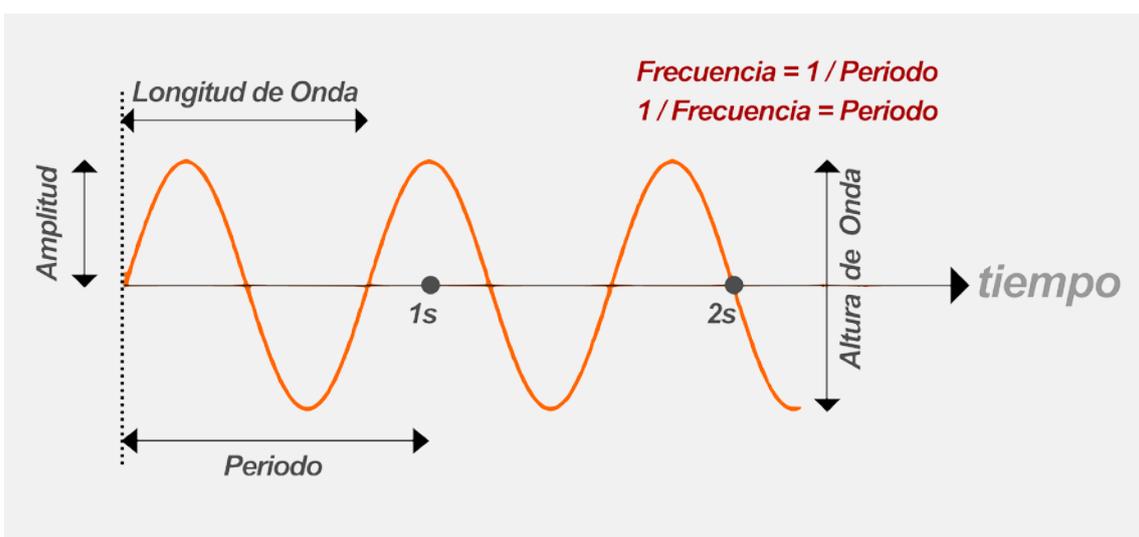
** El fenómeno sonoro es omnidireccional y siempre está presente; mientras que el fenómeno visual es unidireccional, acotándolo a un marco de visión aproximadamente de 180 grados.

La **duración** corresponde al tiempo que duran las vibraciones que producen un sonido. La duración del sonido está relacionada con el ritmo. Ella viene representada en la onda por los segundos que la misma contenga.

La *intensidad* es la fuerza con la que se produce un sonido; depende de la *energía*. La intensidad viene representada en una onda por la **amplitud**.

El **timbre** es la cualidad que permite distinguir los diferentes instrumentos o voces, a pesar de que estén produciendo sonidos con la misma altura, frecuencia, duración y amplitud. Los sonidos que escuchamos son complejos, es decir, son el resultado de un conjunto de sonidos simultáneos (tonos, sobretonos y armónicos)*, pero que nosotros percibimos como uno (sonido fundamental).

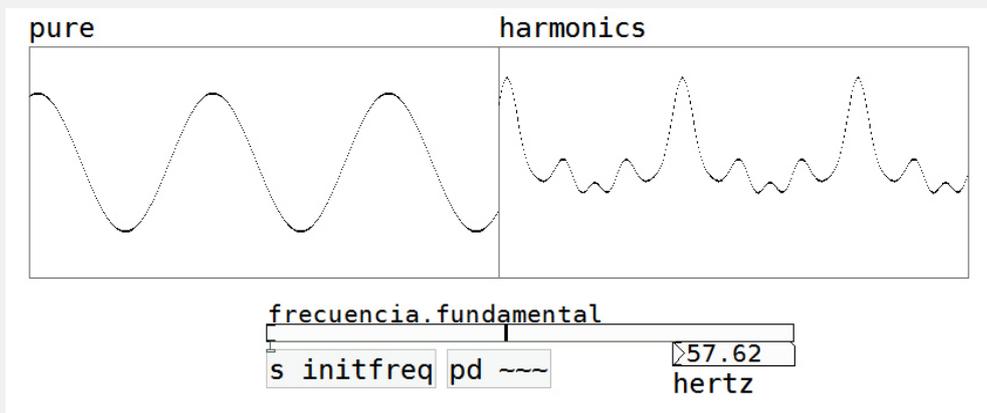
El timbre** depende de la cantidad de armónicos que tenga un sonido y de la intensidad de cada uno de ellos, a lo cual se lo denomina espectro. El timbre se representa por el dibujo de una onda. Un sonido puro, tal como la frecuencia fundamental, o como cada sobretono, se representa con una onda sinusoidal, mientras que un sonido complejo es la suma de numerosas ondas sinusoidales puras. El espectro es una sucesión de barras verticales repartidas a lo largo de un eje de frecuencia y que representan a cada una de las sinusoides correspondientes a cada sobre tono, y su altura indica la cantidad que aporta cada una al sonido resultante.



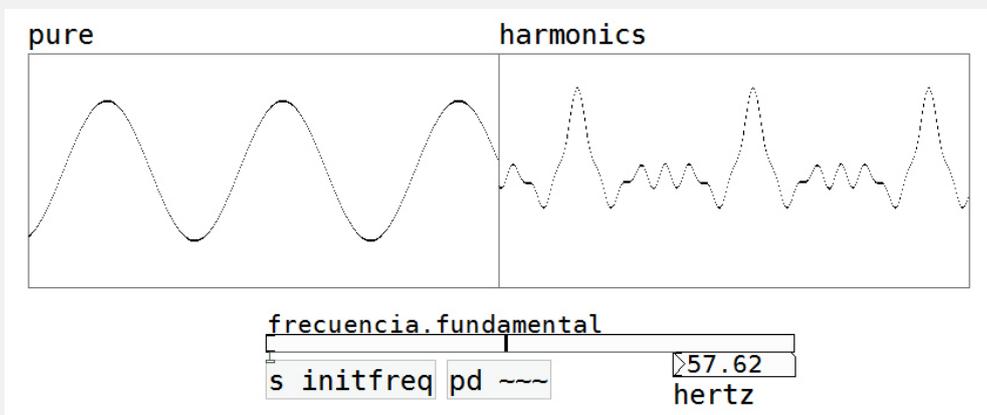
La *parametrización* del sonido se puede descomponer en las siguientes variables mostradas en la imagen: Amplitud, Periodo, frecuencia, longitud de Onda y Altura de onda.

* En una cuerda de guitarra, sonará la nota de esa cuerda, y a su vez una sucesión de armónicos que corresponderían a las partes proporcionales de vibración de esa cuerda (la oscilación de la mitad de la cuerda, la de un tercio, la de un cuarto y así sucesivamente hasta llegar a un dominio infinitesimal). Existirán materiales que permitirán que estas sucesiones sean más presentes, y otras en que casi exclusivamente notaremos la primera vibración. Para que sólo percibamos una única vibración, la deberemos producir mediante programas informáticos u otra serie de dispositivos electrónicos que permitirían la creación de un tono fundamental puro, por ejemplo un oscilador a 440hz en que exclusivamente nos dará esa vibración.

v.001



v.002



** En las imágenes v.001 y v.002 se muestran dos ejemplos de dos sonidos *renderizados* en una memoria de datos. En ambos casos v.001 y v.002, se *renderiza una misma frecuencia fundamental*, que en el ejemplo corresponde a **57.62 hz**. Esta frecuencia se aplica mediante un **oscilador sinusoidal o puro** (representado en la matriz *pure*), y un **oscilador compuesto con 6 armónicos**, es decir la misma frecuencia fundamental más los armónicos 2x 3x 4x 6x 8x en este ejemplo (representado en la matriz *harmonics*). Los dos ejemplos ilustran que los sonidos a pesar de tener una misma frecuencia y amplitud, **devienen en formas de onda distintas**. Esta mutabilidad en la forma de onda, es lo que definiría el concepto de **timbre**, para una misma frecuencia y altura del sonido. Otro ejemplo ilustrativo es tocar una misma frecuencia o nota -por ejemplo un La-, que 'suenan' distintos en una guitarra o en un piano. Eso se debe a que los sobretonos y armónicos son distintos para cada instrumento y es este el factor que nos hace reconocer el **timbre** o, en una analogía arquitectónica, la textura de los instrumentos.

Física del sonido

El sonido se propaga en el aire a través de movimientos periódicos entre átomos o moléculas colindantes. La energía del mismo se expande desde el lugar de las colisiones como una emanación esférica o burbuja, cuya superficie entra a oscilar radialmente.* La burbuja de sonido se expande y contrae al mismo ritmo que la fuente del sonido. El modelo aceptado de la onda sonora es incompleto, porque utiliza la representación gráfica de la ley universal matemática de la energía sinusoidal, dada como amplitud en el eje vertical y como tiempo en el horizontal. Aunque esto es correcto en términos de representación gráfica, no es como la energía se mueve realmente a través del espacio.

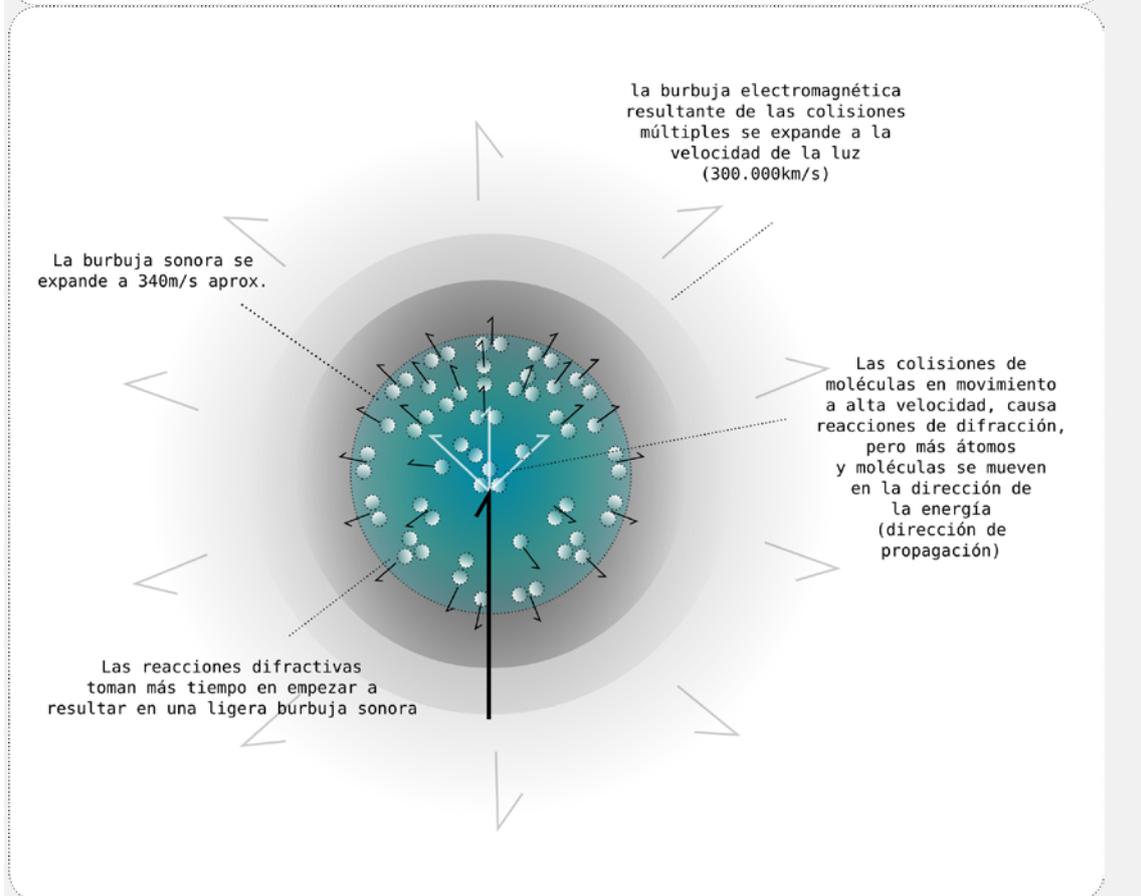
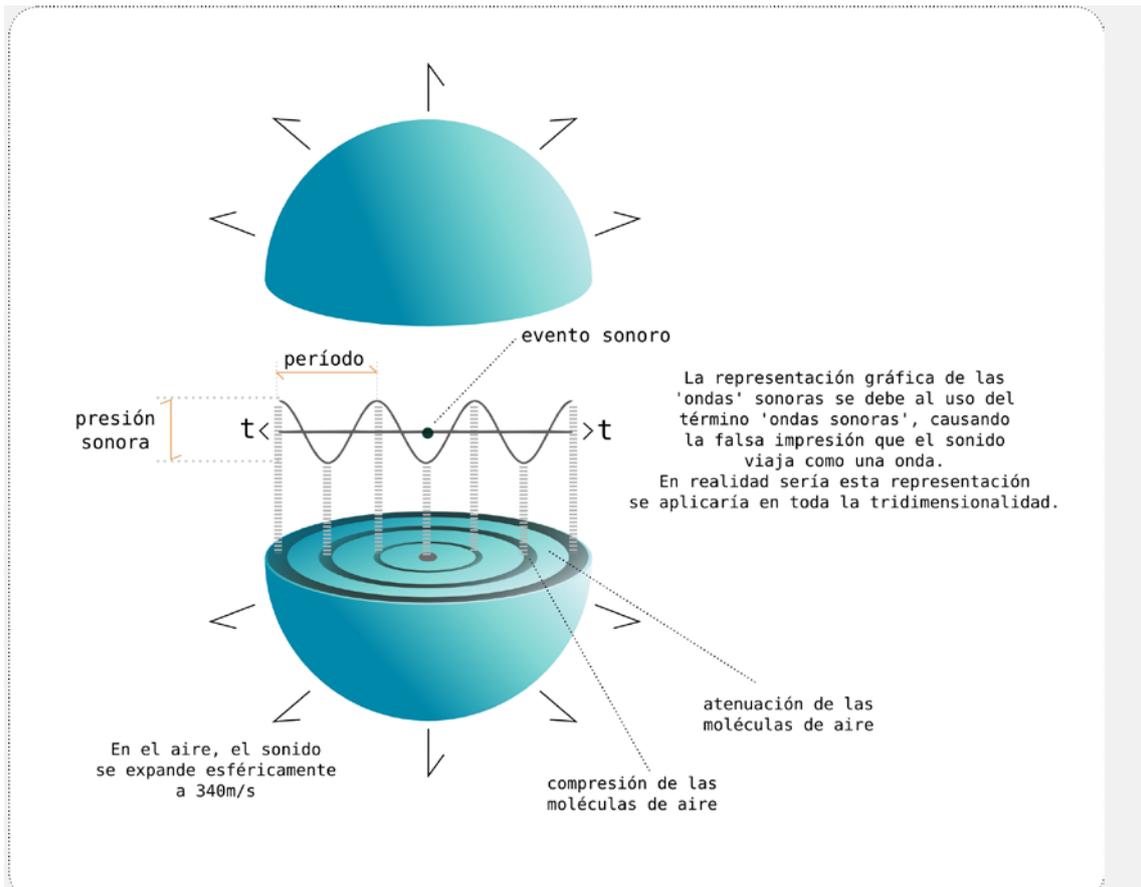


*Collage que ilustra la propagación omnidireccional del sonido
Img > http://www.cymascope.com/cyma_research/physics.html

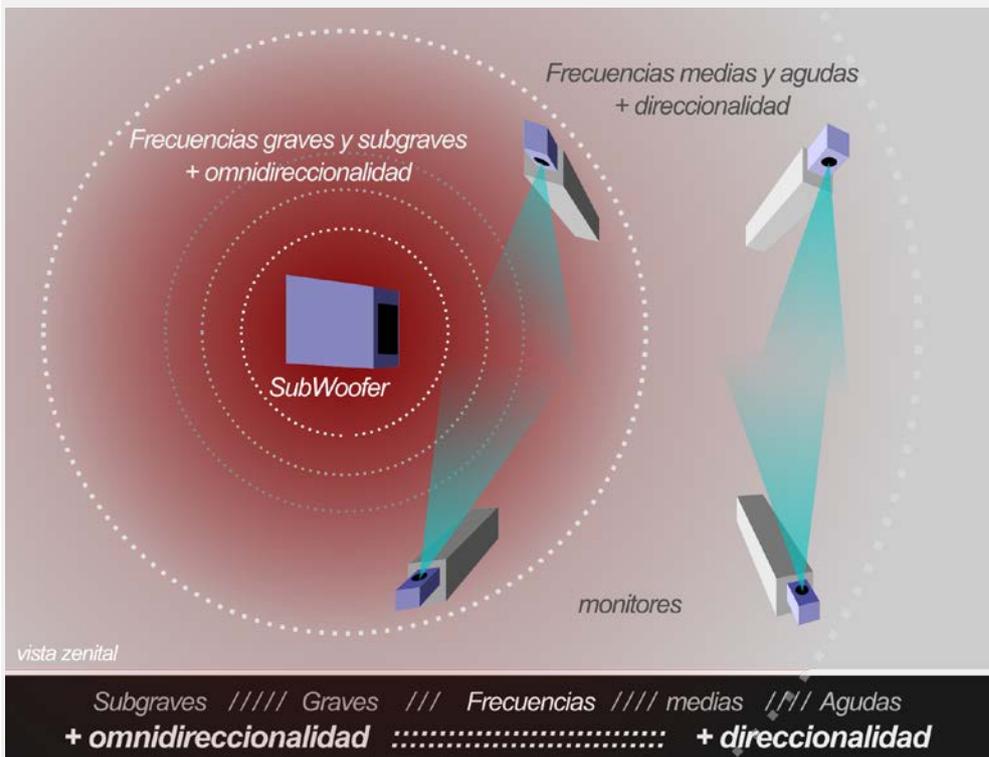
El sonido no se propaga a través del espacio como ondas longitudinales descrito usualmente en los libros de física, sino que lo hace tridimensionalmente a través del aire debido a la difracción, es decir, el resultado reactivo de las colisiones atómicas. Esta forma tridimensional tiende idealmente a la esfera, si bien, dependiendo de la forma y características del foco emisor y sus reflexiones, se trate más bien de un elipsoide, deformado en los puntos de máxima energía.

En el aire ocurren efectos recíprocos por el empuje de moléculas iniciadas por el evento del sonido, causando que los componentes de energía de sonido se muevan en todas las direcciones casi simultáneamente. La distribución de energía dentro de la burbuja de sonido, se concentra siempre según el eje de la dirección de la primera propagación de la fuente sonora.

*En la siguiente página, se ilustra el funcionamiento con más detalle del comportamiento elipsoide (abstraído en forma de esfera).



Cabe precisar que la esfericidad de propagación, es variable en función de las frecuencias. De esta manera las altas frecuencias tendrán mayor direccionalidad y menor omnidireccionalidad, y las bajas frecuencias tendrán mayor omnidireccionalidad y por lo tanto no tendrán marcada una dirección concreta. Para una mayor comprensión, a continuación se adjunta un gráfico con un sistema de sonido 4.1 (4 monitores y un subwoofer)*.



*Relatividad de la propagación omnidireccional del sonido
 Img > GDT (2013)

-Interrelaciones entre vibraciones mecánicas y vibraciones electromagnéticas

La fenomenología sonora se manifiesta a través del desarrollo de vibraciones mecánicas a través del medio. Pero ¿qué relación tienen las ondas mecánicas con las ondas electromagnéticas? En ambos casos, la transmisión o propagación se produce mediante el mismo fenómeno oscilatorio, que se describe como una vibración basada en el movimiento armónico simple, por lo tanto una transmisión de dichas señales en oscilaciones sinusoidales. Sin embargo la velocidad de propagación, es de orden muy distinto en las ondas mecánicas respecto a las ondas electromagnéticas. Esto se debe a la propia constitución esencial de cada una de ellas.

Las ondas mecánicas, se propagan mediante un determinado movimiento periódico a través de un medio, aunque en esencia se puede asimilar que es el mismo medio el que ejerce y transmite dichas vibraciones. Por ejemplo, el hecho de que escuchemos un sonido a través de un altavoz, se debe a que las moléculas de aire penetran la membrana del altavoz y nuestro oído, generando choques moleculares entre las partículas existentes en ese espacio intermedio. Cuando este espacio intermedio corresponde al vacío o espacio carente de partículas, el fenómeno vibratorio mecánico no existe, pues no hay ningún frente de onda que pueda colisionar y accionarse con el siguiente y así sucesivamente.

No sucede lo mismo con las radiaciones electromagnéticas, pues estas pueden viajar a través de un medio, independientemente si este es vacío o no. Por ejemplo, los fotones de la luz visible pueden transmitirse a través de espacios vacíos. Esto es un factor determinante para distinguir ambas vibraciones. Debido a que poseen estas cualidades distintas, los desarrollos en sus propagaciones devienen también muy distintas. En las ondas mecánicas la velocidad de transmisión dependerá y estará estrechamente relacionada con la densidad *matérica* del medio de propagación. No sucede lo mismo con las ondas electromagnéticas, que se transmiten a la velocidad de la luz.

Sorprende que dos fenómenos análogos y semejantes a nivel de comportamiento vibratorio tengan una capacidad de transmisión tan distinta. Sin embargo es evidente que, a pesar de ser distintos, pueden poseer muchos más puntos en común de lo que a priori puede parecer. Existen algunas teorías que detallan y relacionan estos fenómenos vibratorios. La más reciente, es un artículo en la revista *Nature* en que unos investigadores han construido un dispositivo que convierte fotones en ondas sonoras, y viceversa. A continuación se detalla este artículo para disponer de una mayor precisión de este fenómeno.

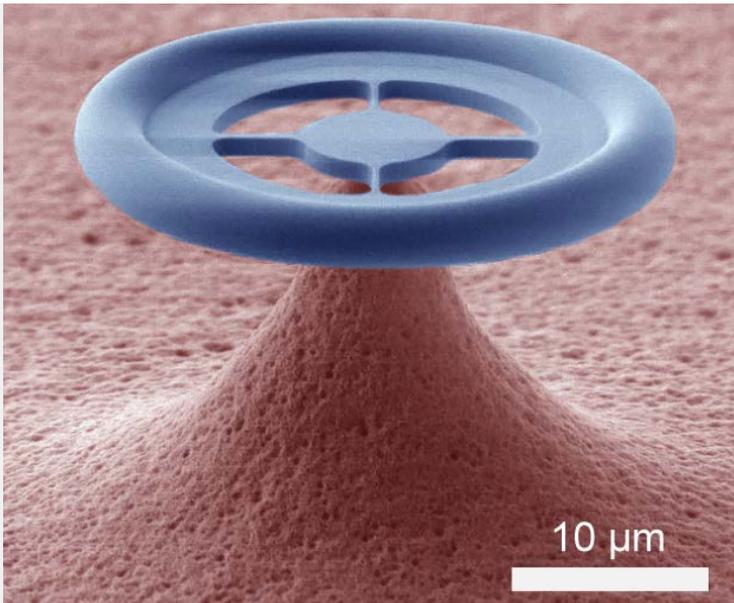
“Convirtiendo luz a sonido en sistemas cuánticos fríos

Investigadores han fabricado un dispositivo que convierte fotones en ondas sonoras”

(Fragmento extraído de un artículo referente a un número de la revista *Nature*)*

Investigadores crean un dispositivo cuántico capaz de convertir vibraciones electromagnéticas provenientes de fotones de láser, a ondas mecánicas de baja intensidad acústicas. El experimento, a parte de relacionar distintos rangos de frecuencia muy distantes en longitud de onda, establece nuevas bases con potencial aplicación a la computación cuántica.

“Los llamados osciladores, son el núcleo de muchos experimentos de precisión cuántica. Generan las oscilaciones utilizadas en los relojes atómicos, que se usan para la sincronización exacta, entre láseres y máseres, o entre otros dispositivos de medición cuántica. El ciclo regular de osciladores cuánticos desempeña un papel esencial en la ciencia e ingeniería contemporáneas. La mayoría de sus usos, se ha limitado al régimen electromagnético, donde las vibraciones se presentan en forma de fotones. Sin embargo en los estados cuánticos de las oscilaciones mecánicas, ondas sonoras, han demostrado ser más difíciles de controlar.”



Galería toroidal de susurros ópticos, conteniendo una minúscula cavidad óptica

Texto original + Img > <http://arstechnica.com/science/2012/02/converting-light-to-sound-in-cold-quantum-systems/>
(traducción Bea Goller)

“A pesar de estas limitaciones, investigadores suizos y alemanes han construido una cavidad especial, donde estados electromagnéticos cuánticos resuenan con las vibraciones naturales de los átomos. Al hacerlo, E. Verhagen, Deléglise S., Weis S., Schliesser A., y TJ Klippenberg lograron relacionar un oscilador basado en fotones con un oscilador mecánico, controlando estados cuánticos mecánicos con luz visible. El resultado es un prototipo de un transductor cuántico, es decir, un dispositivo que convierte energía luminosa en energía mecánica.

Así como la energía electromagnética viaja en paquetes discretos conocidos como fotones, la energía mecánica en medios sólidos y otros sistemas densos, se transporta en paquetes conocidos como fonones. Los osciladores mecánicos tienen la ventaja de la disipación baja de energía: los fonones en un sistema físico dado, no dispersan su energía fácilmente en su entorno. Debido a las frecuencias típicas naturales de vibración mecánica, el control cuántico de estos osciladores sólo se ha logrado utilizando microondas de frecuencia de luz, a temperaturas muy bajas, mucho más frío del que se puede lograr en la mayoría de los laboratorios.

Para temperaturas más altas (aunque todavía menos de 1 Kelvin), la obtención de oscilaciones mecánicas coherentes ha demostrado ser difícil. Estos factores, limitan la utilidad de sistemas mecánicos controlados. Para generar el mecanismo de control, los investigadores construyeron una cavidad toroidal conocida como optical whispering gallery (galería de susurros ópticos).

El nombre viene por analogía a algunos grandes edificios (como el salón de las estatuas en el capitolio de los Estados Unidos) donde las propiedades acústicas de la sala, aseguran que incluso un sonido de baja amplitud como un susurro, se pueda escuchar en diversos puntos distantes. En una galería de susurros ópticos, es posible producir ondas estacionarias (coherentes) de luz de baja intensidad. En este particular experimento, los investigadores utilizaron longitudes de onda ópticas provenientes de los fotones de un láser.

El modo de onda estacionaria es diferente de la longitud de onda del láser, y fue ajustado para producir vibraciones mecánicas resonantes en la cavidad. Los fonones en estas vibraciones son inducidos por la presión de radiación: el empuje mecánico que resulta de los fotones en la onda estacionaria. Este proceso, también funciona a la inversa, de modo que las ondas sonoras puedan transferir energía a la luz.

Los investigadores construyeron cuidadosamente el sistema, de forma de minimizar la disipación de la energía de ambas fuentes en el medio ambiente (en parte) por el mantenimiento del sistema a 0,65 grados Kelvin (0,65 ° C por encima del cero absoluto) para reducir excitaciones térmicas. Al ser los sistemas ópticos altamente ajustables y fácilmente controlables, al tener un transductor cuántico que convierte energía electromagnética en oscilaciones mecánicas, podemos empezar a pensar en el control óptico de dispositivos de estado sólido o el sistema de centrifugado. Esto a su vez, abre una nueva clase de dispositivos cuánticos, híbridos y óptico/ mecánicos, con aplicaciones en la computación cuántica.”

Se añade además al argumento anterior, la explicación del ingeniero acústico John Stuart Reid, quien defiende que las ondas sonoras también se pueden entender como ondas electromagnéticas (2011), tal como se indica en:
http://www.cymascope.com/cyma_research/physics.html
(traducción Bea Goller)

“La relación de la naturaleza de la luz y las ondas sonoras”

*“La luz visible son ondas electromagnéticas en un rango particular de frecuencias, y aunque la naturaleza y estructura precisa del electromagnetismo no es conocida aún profundamente, el ingeniero acústico John Stuart Reid, propone que sea el resultado de la excitación del magnetismo estático, una forma de energía inherente en los campos de fuerzas de todos los átomos. Cuando campos de fuerzas de átomos o moléculas colisionan, hay una transferencia de sus periodicidades, definidas como **fonon**, o un cuanto, partícula elemental, de sonido.*

Otro resultado es la creación de electromagnetismo. Cuando las colisiones inelásticas ocurren entre átomos o moléculas (en oposición a las colisiones elásticas) deberá de haber una liberación de energía electromagnética, generalmente clasificada como fotones (luz). Teniendo en cuenta que el electromagnetismo está basado en la ley de movimiento armónico simple o sinusoidal, se propone que cada pareja de fuerzas chocantes están ellas mismas vibrando sinusoidalmente, debido a la energía vibratoria de los átomos o moléculas. La energía magnética radiada, es modulada por las vibraciones periódicas de los átomos o moléculas. La frecuencia electromagnética resultante de chocar campos de fuerza, va en función de la energía vibratoria de los átomos o moléculas, y de la velocidad de choque.

La radiación electromagnética creada por choques atómicos en los cuales el estado de la energía de los átomos o moléculas (junto a sus velocidades) son demasiado bajos para crear luz visible, creará luz infrarroja y en energías aun menores, es decir, frecuencias de radio. La luz creada por choques atómicos en los que los estados de energía son extremadamente altos, creará rayos Gamma y rayos X. Los choques múltiples entre átomos y moléculas proporcionan una propagación esférica del electromagnetismo. La razón de la calidad esférica, es similar a la del sonido, donde cada choque tiene un efecto difractante (difracción) en los átomos o moléculas cercanas.

En el caso del electromagnetismo, algunos choques son las reacciones a la dirección del mayor empuje, causando que se desplace el electromagnetismo en dirección opuesta. En resumen, el electromagnetismo esférico es el resultado de efectos difractantes y reactivos de los choques atómicos.

Propagación Sonora de componentes de energía electromagnética

Las esferas, o burbujas sonoras, se expanden aproximadamente a 344 m/s. Teóricamente esta expansión genera una esfera electromagnética acompañante, que viaja a 300.000 kilómetros por segundo. Como se ha comentado anteriormente, se propone que las frecuencias de electromagnetismo creadas por el sonido estén típicamente dentro del espectro de frecuencia del infrarojo y de radio, dependiendo de la presión inicial del sonido. Los sonidos de alta intensidad generarán energía de infrarojos, y los sonidos de baja intensidad, generarán radiación de radio de baja frecuencia.

John Stuart Reid predice que la frecuencia de las emisiones será una función de los estados de energía inactiva de los átomos o moléculas, como también de la velocidad de su choque. Mientras que la energía en las burbujas sonoras decrece rápidamente con la distancia (el sonido al aire libre tiene un alcance habitual de unos 1600m.), la velocidad la esfera electromagnética no está significativamente atenuada por el aire puro. La esfera electromagnética viaja relativamente sin impedimento a través de la atmósfera hacia el espacio, donde una multitud de ejemplos de estrellas nos muestran que viajará virtualmente "in eternum" hasta encontrar materia densa.

La presión del sonido disminuye rápidamente como resultado de la distribución de la energía inicial de la burbuja sonora, sobre una superficie más y más grande a medida que se expande. La burbuja sonora sólo puede expandirse por el empuje de moléculas de aire, que causan fricción a nivel atómico. Teóricamente esta fricción crea energía electromagnética. La presión del sonido también disminuye, porque una cantidad pequeña de calor (el espectro de electromagnetismo en los rayos infra rojos/ radio) es resultado de cada choque. Por ello, la energía del sonido se disipa, en parte, debido a su conversión al electromagnetismo. Teóricamente existen dos componentes de frecuencias de oscilación en la esfera electromagnética generada por sonido. La primera es la frecuencia de luz creada por los choques, esta oscilación está modulada por los períodos de sonido inherentes de los átomos o moléculas que chocan entre sí. El efecto es similar a las transmisiones de radio moduladas por la amplitud, aunque esta teoría predice una transmisión mucho más alta de frecuencia.

En conclusión, la teoría de la propagación sonora de componentes de energía electromagnética predice que el sonido siempre tiene un componente electromagnético. En consecuencia, las frecuencias de estos componentes están, o bien en el espectro de las ondas de radio, o bien en la banda de infrarojos, excepto cuando los niveles de presión del sonido son demasiado altos. En tales casos, el sonido crearía luz visible."

-Bio-percepción

Los seres humanos tenemos cinco sentidos que nos sirven para conocer y relacionarnos con nuestro entorno: vista, oído, tacto, olfato y gusto. Los órganos de los sentidos captan impresiones, las transmiten al cerebro y éste las convierte en información que produce sensaciones. El sonido es un fenómeno vibratorio. El órgano de la audición es el oído*, que se encuentra ubicado a cada lado de la cabeza y actúa como dispositivo de control del equilibrio corporal.

El sistema auditivo humano se compone por el oído externo, oído medio y oído interno. El oído externo sirve para retener el polvo y las partículas que flotan en el aire. Posteriormente se encuentra el oído medio, en donde se ubica el tímpano, membrana que vibra cuando las ondas sonoras chocan contra él. La función del oído medio es nivelar la presión atmosférica entre el oído y el exterior. Desde el oído medio hasta el oído interno, existe un complejo entramado de pequeños huesos articulados entre sí, formando una cadena de conexión entre el tímpano y el oído interno. El oído interno constituye la parte más importante de la audición. Está formado por un conducto en forma de espiral, llamado cóclea. Unos filamentos dejan pasar las vibraciones resonantes en estas cavidades y estimulan las fibras del nervio auditivo, que lo conecta con el cerebro. Al llegar al cerebro, los impulsos son interpretados y decodificados.

El sonido nos ayuda a definir nuestra percepción del tiempo y a la vez asume un papel importante a la hora de entender la localización del espacio. Igual que los ojos, tenemos dos oídos, porque el sonido llega a uno antes que a otro, permitiéndonos distinguir de qué dirección proviene**. El oído, es un sentido que tenemos para advertirnos sobre lo que nos puede dañar.



* Imagen del sistema auditivo humano

** El fenómeno sonoro es omnidireccional y siempre está presente, mientras que el fenómeno visual es unidireccional, acotándolo a un marco de visión de aproximadamente 180grados

Los fenómenos resonantes también inciden en otro tipo de casos, que no tienen que ver con el colapso o la conformación de la materia. Es ya conocido que la respuesta auditiva humana va desde los 20/30hz hasta los 16000/20000 hz, según los casos. Esta respuesta se enfatiza en la zona del espectro relativa al habla humana. La voz humana se sitúa entre los 80hz y los 1100hz, en función de los individuos, edad y técnicas usadas en la entonación, tanto al hablar como al cantar. Está comprobado que la entonación de voz que quiere transmitir tranquilidad y calma, tiene frecuencias resonantes graves. Por el contrario, las entonaciones relativas a estados nerviosos y alterados, que normalmente utilizan el grito o la voz agitada, disponen de frecuencias resonantes medias y/o altas.

En definitiva se evidencia la conexión entre determinados sonidos, y cómo estos van asociados a la transmisión de **emociones**. También, y por una cuestión fisiológica, existen algunas frecuencias más molestas o perturbadoras, como las del siguiente gráfico que muestra la fracción de la 'curva de dolor'.

En el siguiente gráfico se expone a escala proporcional, el fragmento audible relativo a la voz humana (indicado en la parte superior izquierda). Del mismo modo, queda representado el rango de frecuencias utilizadas por los **instrumentos musicales** (sin entrar en detalle particular de cada uno de ellos). En definitiva, es significativo cómo la mayoría de estos rangos corresponden a las partes inferiores del espectro audible, situándose la mayoría en el primer tercio del espectro de nuestra audición.



La pregunta que aparece al visualizar dicha información, (y tras una comprobación empírica sencilla a realizar con sintetizadores o con programación), es que el comportamiento de la **audición**, es distinto en bandas bajas que en bandas altas. Por ejemplo, una diferencia de frecuencia de 1000hz en la sección 0/1000hz, o en la sección 10000/11000hz, es muy diferente a nivel perceptivo, pues encontraremos más diferencias y contrastes en la primera sección que en la segunda.

La frecuencia dobla su magnitud al subir una octava. La sensación de escalado ascendente, se produce efectivamente por cada octava que se sube. En consecuencia, podemos subir unas cuantas octavas en la primera sección (por ejemplo, de 50hz a 100hz, de 100hz a 200hz, de 200hz a 400hz, y de 400hz a 800hz), mientras que en la segunda sección de 10000hz a 11000hz, no es posible subir octava alguna. Por lo tanto, se puede comprobar cómo en la primera sección 'cabén' 5 octavas y en la segunda sección no 'cabe' ninguna. Teniendo en cuenta que se trata de la misma acotación dimensional que equivale a 1000hz, queda reflejada la diferencia substancial que supone la posición relativa de este intervalo.

Esto sucede por el comportamiento **logarítmico** de la audición.

Conexión entre madre y embrión a través de los sonidos

El latido del corazón de la madre, los sonidos de su aparato digestivo, el sonido de sus articulaciones, etc., son sonidos placenteros y de protección al feto. Recientes investigaciones, de doctores en educación musical, demostraron que durante el tercer trimestre, el bebé por nacer es capaz de recordar un sonido, relacionar el presente sonido con aquel que ha escuchado previamente, e interpretar su significado. Así, con todos estos hallazgos y descubrimientos obtenidos hasta la fecha, se demuestra la vida intrauterina; literal comienzo de una vida individual y única. La mayoría de gente no es muy consciente del sonido. No obstante, la influencia del sonido es directa sobre el estado de humor y las emociones. La importancia del sonido no está aún demasiado reconocida en el ámbito arquitectónico, ya que por una parte es una praxis con primacía a lo formal visualmente, y porque en un contexto occidental, habitamos en una cultura mayoritariamente, visual.

Esta consideración depende de factores culturales que se verán en secciones posteriores, pero también de factores biológicos. Entre estos últimos existe un factor muy importante: la percepción auditiva en humanos se desarrolla antes que la visual. A las 18 semanas de embarazo, los huesos del oído interno del embrión y las terminaciones de los nervios del cerebro del bebé, se han desarrollado suficientemente para escuchar los sonidos del latido de corazón y de la sangre moviéndose alrededor del cordón umbilical de la madre. El feto ya se ve sorprendido por ruidos fuertes. Durante el resto de embarazo, el sonido sirve como el mayor canal de información para el bebé. En la 25ª semana de gestación, comienza a escuchar la voz de su madre y quizás reconoce otras voces en la 27ª semana. La visión es el último sentido en desarrollarse. En la 37ª semana, un feto muestra respuestas a diferencias de luz *.



El desarrollo tardío del sentido de la visión al de la audición, se debe principalmente al contexto o al medio en que ambos se desarrollan. Teniendo en cuenta que, al estar en la placenta, el feto tiene apenas estímulos luminosos del medio exterior, pero en cambio sí es capaz de percibir sonidos y vibraciones que le llegan a través del cuerpo de la madre, sean estos internos de los propios órganos y de su voz, como también voces externas u otros sonidos, mediatizados por los tejidos envolventes del embrión.

Debido al previo desarrollo auditivo, y mucho antes que aparezcan el pensamiento y la razón, el sonido se conecta con la emoción, el estado de humor y la percepción inconsciente de lo que es confortable y desagradable.

Como resultado de esta subconsciencia, una de las mayores ventajas (y como podemos ver, al mismo tiempo la más prominente dificultad) del sentido aural es el hecho de que se puede procesar el sonido, sin concentrarse de dónde procede. Esta habilidad hace que el sonido sea omnipresente. Viene de todas direcciones y lo percibimos binauralmente. La visión en cambio, a pesar de disponer de dos órganos, se ve reducida al confinamiento de un marco determinado que no sobrepasa los 180°, estableciendo la duplicidad para poder discernir las formas, en distintos planos de profundidad.

Aunado a que la tendencia de nuestros sentidos es a ser más perceptiva al cambio que a la continuidad, el sonido funciona mejor que otros sentidos ante la alarma de posibles peligros. Por esta razón, el sonido se usa en hospitales como *interface* para monitorizar pacientes del corazón. Otros ejemplos serían los despertadores, la señal de audio de un horno microondas, el cambio de marchas durante la conducción y los tonos cuando suena un teléfono. Cuando ocurre un sonido, genera un cambio en nuestra consciencia. Para la gran mayoría, el sonido es elemental en nuestras vidas. Él nos da toda clase de información cognitiva, información relacionada al proceso mental del conocimiento, razonamiento, memoria, juicio, percepción e información afectiva, información relacionada con la emoción, sentimientos y modo de ser. La percepción sonora, es un modo inmediato de contacto con el usuario, una forma de percepción casi inconsciente. Por otro lado, la audición es el único sentido que nunca se "desconecta", nunca descansa.

Experiencia de arquitectura auditiva

“Oír es detectar el sonido, y escuchar es reaccionar activamente al significado, las emociones y el simbolismo contenido en el sonido. Pero el lenguaje de la arquitectura auditiva es todavía hoy en día bastante escaso, fragmentado y embrionario, porque está orientado a la comunicación visual”. *

Podemos experimentar los espacios no solo viéndolos, sino también escuchándolos. Todo ambiente tiene una arquitectura auditiva. Imaginémosnos que estamos en un cuarto a oscuras, o bien que cerramos los ojos. Empezaremos a sentir cosas diferentes, dependiendo si es un espacio vacío o lleno. Si estamos sentados en una sala de conciertos, la experiencia de escuchar la música también será diferente estando en primera fila que en un palco. La música será la misma, pero no la manera en que esta llega a nosotros. El espacio pues, cambia sustancialmente la percepción sonora. Si desarrollásemos más nuestra habilidad sensorial, usando las señales acústicas existentes, podríamos visualizar con los ojos cerrados los objetos, que se encuentran en nuestra proximidad. Podríamos ver con nuestros oídos. Esto podría influenciar nuestros estados de humor y asociaciones. Aunque no seamos conscientes de ello, la arquitectura auditiva es ella misma un sensor estimulante, que nos hace reaccionar. El hecho de que la gente pueda oír objetos pasivos y sentir la geometría espacial, se explica de la siguiente forma: consideremos una pared a una distancia, cuando la onda sonora de unas manos aplaudiendo se refleja desde esa pared distante, oímos dicha reflexión como un perceptible eco.

La distancia hacia la pared determina, el *delay* (demora), de la llegada del eco, el área de la pared determina la intensidad y el material de la superficie de la pared determina las distintas absorciones y reflexiones de las frecuencias del sonido original.

* Extracto de “*Spaces Speak, Are You Listening? Experiencing Aural Architecture*” Barry Blesser/ Linda-Ruth Salter

Estos hechos solamente están relacionados indirectamente con la percepción. Nuestro cortex auditivo convierte estos atributos físicos en señales perceptivas, que luego utilizaremos para decodificar la experiencia del mundo externo. Podríamos simplemente interpretar el eco como una pared (objeto acústico pasivo). El eco es el medio auditivo que nos hace ser conscientes de la existencia de una pared y de sus propiedades, tales como la dimensión, la localización y la superficie. La pared se hace audible, o más bien, la pared tiene una manifestación, aunque no sea ella la que produzca el sonido.

La acústica de una gran catedral, por ejemplo, adquiere una significación simbólica, que nos eleva del plano terrenal y nos hace sentir en unión con el universo. La acústica de un espacio abierto nos da un sentimiento de libertad o de inseguridad. En las cuevas prehistóricas aparecen las primeras pinturas, como símbolo de lo que los primeros hombres creyeron divino. Ya que eran cavernas subterráneas, seguramente el espacio era idóneo para una divulgación del misterioso y mágico eco.

En nuestra cultura, el sentido de la visión es un medio para moverse en el espacio, mientras que el sentido de la experiencia, abarca más lo intuitivo, lo emocional, lo que está más en referencia con lo que olemos, tocamos, gustamos y oímos. La arquitectura auditiva se mueve más por estos terrenos, por funciones no tan directas y apreciables a la vista.

La relación materia y fenómenos sonoros

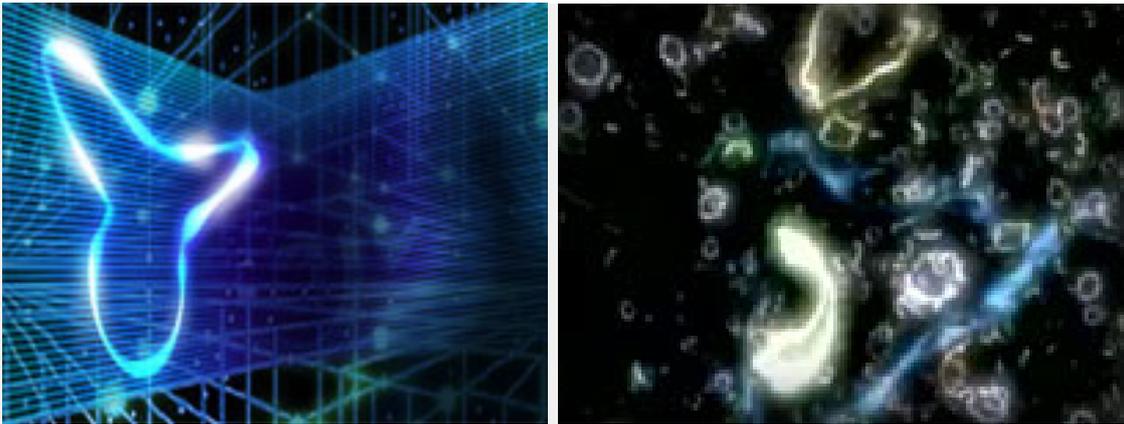
La ciencia siempre ha buscado modelos de forma para demostrar sus avances teóricos y hacerlos inteligibles al mundo, ya sea al mundo científico como al resto de la humanidad. La **teoría de cuerdas**, que unifica esos dos grandes pilares de la física actual, el cuántico y el gravitacional, explica que todas las partículas subatómicas son entes vibratorios. La teoría científica más sugerente al respecto de cómo el sonido se contextualiza, en unas formas visibles es la **cimática**, porque describe como los sonidos crean patrones de formas. Estos dos modelos científicos de interacción entre sonido y forma se explican a continuación.

La teoría de cuerdas introduce el concepto de vibración en todas las partículas más ínfimas de todo ser animado e inanimado, y clarifica que toda la materia está a nivel cuántico en movimiento continuo. Si se toma cualquier material, por ejemplo, una pieza de madera, se corta por la mitad y así sucesivamente, se llega al nivel molecular y si se sigue cortando, se encuentran los átomos. Si se continúa este proceso, se verán los electrones circulando alrededor del núcleo con neutrones y protones, llamados quarks. La teoría de cuerdas propone que existe una capa más de estructura que compondría todas estas partículas y subpartículas, como un filamento infinitesimal vibrante según distintos patrones. A través de la cimática, se puede verificar cómo las diferentes vibraciones de sonido producen unos patrones, que dependiendo de la frecuencia entrante, se presentan cómo patrones geométricos de sorprendente regularidad y definición.

Mecánica cuántica y la teoría unificadora de la física: teoría de cuerdas

Las grandes teorías físicas aparecidas en el s.XX, la relatividad general y la mecánica cuántica, explicaron con mucha precisión el comportamiento de la naturaleza y el universo. Sin embargo su rango de acción era bien distinto: mientras la teoría de la relatividad se focalizó en una escala *Macro* de los fenómenos observables para articularlos con leyes físicas; la física cuántica se focalizó en una escala *Micro* de los fenómenos y particularidades de los constituyentes de la materia.

Ambas teorías son válidas independientemente, sin embargo al superponerlas aparecen contradicciones recíprocas de una a la otra. Por esta razón en las últimas décadas, la comunidad científica está trabajando con lo que denominan teorías unificadoras. La *teoría de cuerdas* constituye una de ellas. Esta es sin duda, una de las más sugerentes teorías, al proponer que todo lo que sucede en el universo surge de las vibraciones de una única entidad: lazos infinitesimales de materia/energía,* que constituyen el elemento esencial de la materia** y que habitan en espacios de dimensiones superiores a las cuatro dimensiones del espacio-tiempo Einsteiniano. En esta teoría, se habla de una sinfonía del universo, que retoma de alguna forma la ancestral tradición de los griegos acerca de la música de las esferas, según la cual los cuerpos celestes emiten sonidos armónicos***.

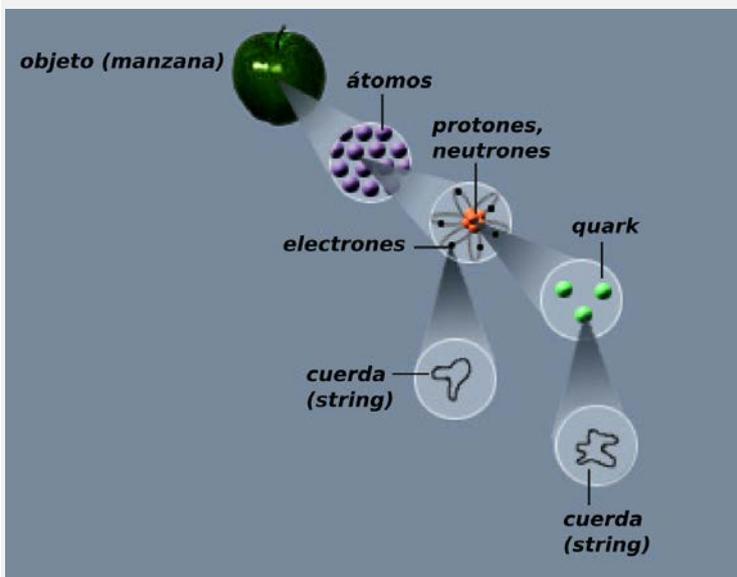


* Representación de las 'strings' o supercuerdas como lazos infinitesimales vibrantes de materia/energía. Constituyentes esenciales de la materia según la teoría de cuerdas.

Photo credit: © WGBH Educational Foundation

Img ><http://www.pbs.org/wgbh/nova/physics/conversation-with-brian-greene.html>

Img ><http://www.pbs.org/wgbh/nova/physics/elegant-universe.html>



** El modelo de cuerdas se expresa en la imagen anterior. Donde la materia está compuesta por átomos, que a su vez están hechos de quarks (las unidades que componen los protones y neutrones) y electrones. Todas estas últimas partículas son en realidad, diminutos bucles de cuerdas vibrantes.

***Más información detallada sobre este tema en las siguientes publicaciones:

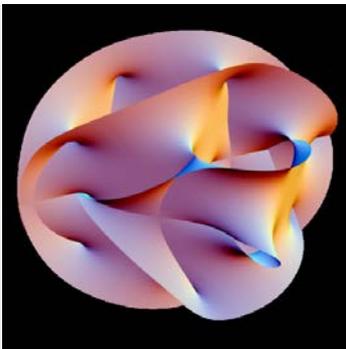
Kaku, Michio "Hiperespacio", Ed. Crítica. Drakontos Bolsillo, 2009

Greene, Brian "El universo elegante", Ed. Crítica. Drakontos Bolsillo, 2007

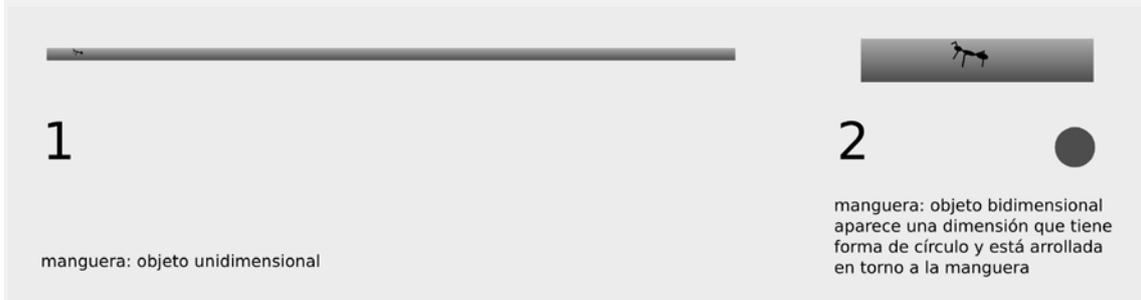
Todo este entorno cuántico, tiene a su vez sus propias dimensiones (los físicos han determinado hasta 6 dimensiones más, a parte de las 4 dimensiones Einsteinianas). Recordemos que si comparamos 3 dimensiones respecto a otra de magnitud muy diferente (sea por tamaño mayor o menor), se pueden recrear recursivamente de nuevo otras dimensiones.

“Las teorías más profundas se integran de tal manera unas con otras, que sólo pueden ser comprendidas conjuntamente, como una única teoría de la estructura unificada de la realidad.”
David Deutsch, “La estructura de la realidad”, 2002

La teoría de cuerdas aún no puede ser comprobada empíricamente, pero si matemáticamente. Así pues, si reducimos cualquier punto de la materia a escala infinitesimal nos encontraremos con una malla en la cual, según la teoría de supercuerdas, se recrearán unas formas análogas a la manguera, aunque expandiéndida a los 3 ejes es decir 2 dimensiones de una sección $\times 3 = 6$ dimensiones. La representación de esta complejidad cuántica dimensional se ejemplifica con la forma del **Calabi-Yau*** en el espacio.



* El universo tiene dimensiones adicionales desarrolladas en una forma de Calabi-Yau.
Img > http://es.wikipedia.org/wiki/Variiedad_de_Calabi-Yau



En la figura se muestra una situación análoga: una manguera de riego vista desde una gran distancia parece un objeto unidimensional -1-. Si hacemos un zoom, se hace visible una dimensión extra, una dimensión que tiene forma de círculo arrollada en torno a la manguera -2-.

“Absolutamente todo en el universo – todas las partículas de materia y fuerza- consiste de infinitesimales cuerdas vibrantes. Cada una de estas cuerdas es idéntica. La única diferencia entre una cuerda y otra, es su patrón resonante, o como vibra. Todos los objetos, no solo las mencionadas cuerdas, se asocian con patrones resonantes. Si tocas la cuerda de un violín, oírás sobre todo un tono. Esto es básicamente el patrón resonante de la cuerda o frecuencia. La resonancia del instrumento no se queda aquí. El cuerpo de un violín tiene frecuencias resonantes, que amplifican el sonido creado por la cuerda vibrante. Existe también resonancia en los objetos que no son musicales. La mesa tiene frecuencias resonantes, así como el mástil de una bandera, así como la tierra”.

Greene, Brian “El universo elegante”, Ed. Crítica. Drakontos Bolsillo, 2007

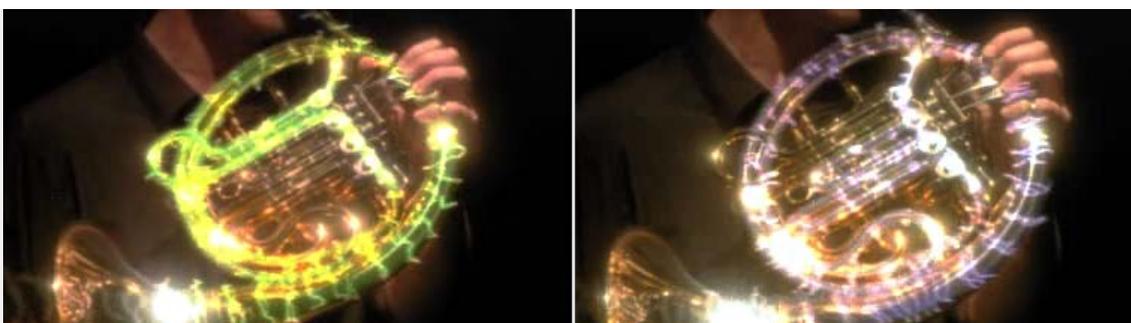
De acuerdo con la teoría de cuerdas, la forma y la composición esencial de la materia determinan el comportamiento resonante de un objeto concreto. A causa de su forma, un instrumento musical, por ejemplo, un trombón* puede vibrar con una docena de notas a una determinada frecuencia. Cuando se aprieta una de las teclas, se cambia el tono, porque se cambia la forma interior y su espacio, donde el aire resuena. Se piensa que el espacio curvado de la teoría de cuerdas funciona de manera análoga. Si pudiéramos penetrar en el universo cuántico, veríamos como las dimensiones extra se curvan y repliegan entre ellas, influenciadas por como vibran, resuenan y se mueven las cuerdas (ingredientes esenciales de nuestro universo). En cualquier caso, la teoría de cuerdas, avalada por una gran parte de la comunidad científica (existen divergencias dentro de la misma), todavía está en sus postulados teóricos, sin que se haya podido demostrar empíricamente.

Existen algunos experimentos, como el acelerador de partículas. Por ejemplo, el Gran Colisionador de Hadrones, GCH (o *Large Hadron Collider*, LHC) en Ginebra. En el mismo, se experimenta con la aceleración de partículas hasta el 99.9% de la velocidad de la luz, con la finalidad de encontrar respuestas a numerosos enigmas de la creación del universo. No obstante, el hecho de que con esta teoría, se describa el universo como una sinfonía, otorga una relación asombrosa entre la materia a su nivel más esencial (nivel cuántico), con el fenómeno vibratorio. Consecuentemente, conectando el mundo de la materia con el de las vibraciones. Obviamente al tratarse de una escala cuántica, la vibración sonora no es audible, aunque si se pudiera cambiar de escala sí que se percibiría dicha vibración.

El producto resonante, tendrá una relación directa con la topología espacial del instrumento u objeto, es decir, sus cambios de geometría interior variarán cuando se aprieten ciertas teclas del mismo. Por otro lado, el material del mismo será determinante en cuanto al producto resonante. En otras palabras, si disponemos de un trombón como el de la figura anterior construido en latón (trombón convencional), y otro idéntico en forma y tamaño con otro material, por ejemplo de madera, el sonido cambiaría tímbricamente (a pesar de sacar las mismas notas o acordes, sonarían ligeramente distintas). Esto es debido a la influencia de las reflexiones del material en el conjunto resonante morfológicamente definido.

Sin entrar a profundizar en exceso en la *Teoría de Cuerdas*, ni en la mecánica cuántica **, se ha introducido este tema por la interesante analogía que se desprende entre la relación forma y vibración. Toda la materia es resultado de frecuencias. Si se amplifican las frecuencias, las estructuras de la materia cambian.

La mecánica cuántica, ha influido en la concepción contemporánea en el ámbito de la fonología, especialmente respecto a algunas técnicas digitales, de las que la más paradigmática sería la *síntesis granular*. La síntesis granular, sintéticamente hablando, descompone en 'cuantos' sonoros (*grains* o granos) a partir de una grabación concreta.



* En un trombón, son la forma y la composición esencial de la materia que determinan el comportamiento resonante de este objeto concreto.

Img > <http://www.pbs.org/wgbh/nova/physics/elegant-universe.html>

** Un estudio exhaustivo de estos asuntos llevaría el objeto de una tesis en sí misma.

Las modulaciones entre intensidad, cantidad, movimiento de estos cuantos, son los que confieren a esta técnica un sonido inconfundible. Si la mecánica cuántica ha influenciado al mundo sonoro:

¿Sería posible entender la mutación del significado en la práctica arquitectónica?

¿Se podría hablar de una futura Arquitectura de partículas o incluso una Arquitectura cuántica?

Para poder contestar a estas preguntas complejas habría que estudiar exhaustivamente el mundo cuántico. No obstante, se va a hacer la siguiente breve referencia a este tema:

La arquitectura, como se verá en el capítulo de *sonido y forma*, ha entrado a formar parte del mundo digital, que actualmente todavía se rige por un sistema binario de ceros o unos. En el MIT de Boston están experimentando con ordenadores cuánticos que pueden simultáneamente hacer la combinatoria de estos dos números, estableciendo los estados cuánticos posibles y superpuestos. Es decir, en la computación cuántica existe la posibilidad de que los valores sean 0, 1, y la superposición de ambos estados a la vez. El mundo cuántico, o de partículas ínfimas, tiene un comportamiento diverso al mundo que estamos acostumbrados a ver. Este mundo podría ser dos mundos simultáneamente.

“Toda la materia se origina y existe en virtud de la fuerza que producen las vibraciones de las partículas y que mantiene unido al sistema solar. Debemos asumir que detrás de esta fuerza existe una mente inteligente, que es el origen de la materia.”

Max Planck

Frase pronunciada en la entrega de Premios Nobel de Física del 1918.

De manera análoga que en la música se está realizando traslaciones conceptuales entre la cuántica y su materialización –síntesis granular-, en Arquitectura, está empezando a constituirse una línea de investigación basada en la agrupación y combinación de elementos ínfimos o partículas. Sin embargo, esto no significa implícitamente una arquitectura cuántica, ya que esta significaría la introducción de conceptos en la actualidad aún poco comprensibles, como metaversos, espacios multidimensionales y simultáneos, etc. En este sentido, se debería de producir un cambio global de la misma realidad más allá de la arquitectura para que todos estos conceptos se pudiesen desarrollar.

-Identifican los sonidos de acordes moleculares

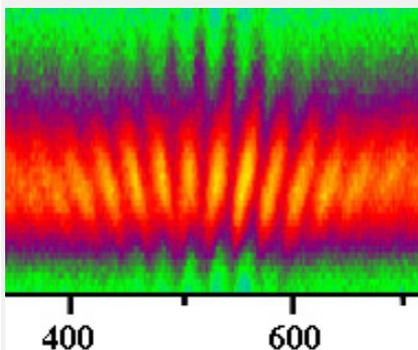
Por primera vez, investigadores del *Instituto Max Planck* de Física Nuclear, en Heidelberg, han analizado la frecuencia de la resonancia molecular de igual manera que los músicos analizan las notas de un acorde. Lo han conseguido, utilizando un láser de pulsos ultracortos, cuya duración es de una minúscula fracción de segundo. También han hecho audible la resonancia molecular para ilustrar los resultados. Estos resultados prueban que los científicos están un paso más cerca de poder manipular la materia. En términos de física, no hay casi diferencia entre la resonancia de una molécula y la de un acorde musical. En ambos casos, se crea la resonancia cuando las vibraciones se superponen con diferentes frecuencias. En la música son las notas que crean el acorde. En el caso de las moléculas, estas frecuencias también se denominan estados cuánticos. Los investigadores del instituto Max Planck, conjuntamente con un grupo de la Universidad de Kansas, han determinado por primera vez los estados cuánticos de una molécula pequeña de hidrógeno. Como no se puede escuchar con los oídos, necesitaron pulsaciones ultracortas de laser, durante una millonésima de billón de segundo. (Phys. Rev. Lett., 2007) Desde hace mucho tiempo se sabe que, a diferencia de las ondas en el agua, las frecuencias de resonancia molecular, no pueden tomar valores arbitrarios. Las frecuencias de resonancia molecular, o sus energías, están "cuantizadas". Por eso, los físicos también se refieren a estados cuánticos en estos casos. El ejemplo acústico ilustra esto: Un acorde musical se crea cuando las notas, es decir, las ondas de sonido con frecuencias diferentes, se superponen.

Como las notas son parte de una escala musical, sólo tienen ciertas frecuencias. Exactamente de la misma forma, los átomos en una molécula sólo pueden vibrar con ciertas frecuencias, que entonces se pueden superponer y finalmente crear una resonancia molecular. Alguien con un oído musicalmente instruido, encontraría fácil identificar las notas individuales en un acorde. Sin embargo, en general los humanos no estamos equipados con un órgano sensorial que perciba el movimiento en el mundo cuántico, el mundo de las moléculas, átomos y electrones de dimensiones nanométricas.

Ni siquiera un microscopio, puede atrapar los movimientos cuánticos. Los científicos del Instituto Max Planck para la Física Nuclear en Heidelberg hicieron uso de una ayuda especial. La base para esto, fue que hace algún tiempo, investigadores mostraron la resonancia de la molécula de D₂⁺ (deuterio, o hidrógeno pesado) con un movimiento sumamente lento. Para lograrlo, aplicaron dos pulsos de láser ultracortos con el fin de desencadenar primero el movimiento sumamente rápido de los núcleos atómicos, y después fotografiarlo. *Las imágenes muestran cómo las distancias entre los núcleos y los modos de resonancia cambian con el tiempo**.

Como cada frecuencia contribuye de una *forma única al patrón de la onda*, los científicos pueden determinarlas de la misma forma que un músico reconoce las notas en un acorde. Para lograrlo, los científicos utilizan un método matemático que, como un "oído virtual", descompone una vibración compleja en las frecuencias que la forman. Procesaron los datos valiéndose de una *transformada de Fourier***.

Esto les permitió determinar exactamente y por primera vez, los estados cuánticos de la resonancia molecular. Para ilustrar el fenómeno, los investigadores convirtieron la resonancia en una señal acústica (ondas de sonido) y la hicieron audible, convirtiendo la resonancia en un acorde musical. Este hallazgo es un avance científico por primera vez demostrativo que algunas moléculas de materia vibran a nivel cuántico. La materia investigada fue el hidrógeno, que es el elemento más abundante, constituyendo aproximadamente el 73,9% de la materia visible del universo.



*Parte de una representación gráfica de las vibraciones moleculares.
(Cortesía Max Planck Inst. De Física Nuclear)
Max Planck Gesellschaft: <http://www.mpg.de/550859/pressRelease20071116>
world-science.net: http://www.world-science.net/othernews/080206_molecule-sounds.htm

© Max Planck Institute for Nuclear Physics

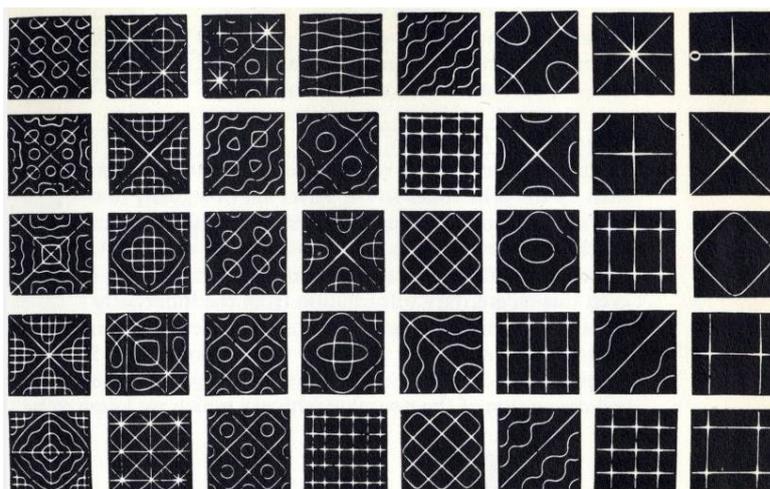
** La transformada de Fourier, es básicamente el espectro de frecuencias de una función. Un buen ejemplo de eso es lo que hace el oído humano, ya que recibe una onda auditiva y la transforma en una descomposición en distintas frecuencias (que es lo que finalmente se escucha). El oído humano va percibiendo distintas frecuencias a medida que pasa el tiempo, sin embargo, la transformada de Fourier contiene todas las frecuencias contenidas en todos los tiempos en que existió la señal, es decir, en la transformada de Fourier se obtiene un sólo espectro de frecuencias para toda la función.

Aunque no se puedan percibir estas vibraciones con los oídos, si que se pueden amplificar con las técnicas antes descritas hasta nuestra percepción audible. Esto hace sospechar que toda la materia se comporta de la misma forma, un hecho que ya vienen diciendo algunos teóricos de la física, como por ejemplo, los físicos sustentadores de la Teoría de Cuerdas. De esta forma, se confirmaría lo que el Profesor Mishio Kaku sostiene, que el universo suena como una sinfonía cósmica. Uwe Thumm, uno de los investigadores del Instituto Max Planck, dijo que prefería no describir el efecto de la vibración de una molécula como sonido. De todas formas, añadió que era una cuestión de cómo se definiera el sonido, ya que no existe un límite claro entre lo audible y lo no audible. Diferentes animales son sensibles a características vibratorias muy distintas. Son capaces de captar sonidos vibratorios que los humanos no perciben.

-Los experimentos cimáticos

Se ha visto que las últimas teorías de la física, la Teoría de Cuerdas apuntan hacia una visión global de consolidación de las teorías cuánticas con las leyes de la relatividad general, siendo las partículas más ínfimas de la materia elementos vibrátiles. La relación vibración-materia es pues un hilo conductor de toda esta tesis. En este sentido, la relación Arquitectura versus Sonido se articula entrecruzando y relacionando estos dos mundos. Las ondas son un tejido conectivo de espacio-tiempo de unión con nuestro entorno; una energía de comunicación y sensación, como también el marcaje continuo del momento siempre renovado del presente. La ciencia de la cimática demuestra de forma visual el modo en que el sonido configura la materia a través de dispositivos resonantes. Estos generan de manera analógica y matérica patrones geométricos a partir de ciertas frecuencias. La cimática consiste en el estudio del fenómeno de las ondas sonoras, y fue descubierto primero por el físico alemán Ernst F. Chladni, quien hacia el final del siglo XVIII creó patrones con arena mediante la vibración de un arco de violín en una plancha metálica.*

Posteriormente, en la década de los años sesenta del siglo pasado, el científico suizo Dr. Hans Jenny (1904-72) (**), estudió este fenómeno con más detenimiento y se interesó por la relación materia y energía (***). Sus experimentos demostraron que, si se colocan polvos finos, arena, virutas de acero, líquido o geles, sobre una lámina de metal y se aplica una vibración de ondas acústicas, dichas partículas se organizan formando patrones concretos. Jenny conectó la lámina de metal a un oscilador, que estaba controlado por un generador de frecuencias capaz de producir una amplia gama de vibraciones.

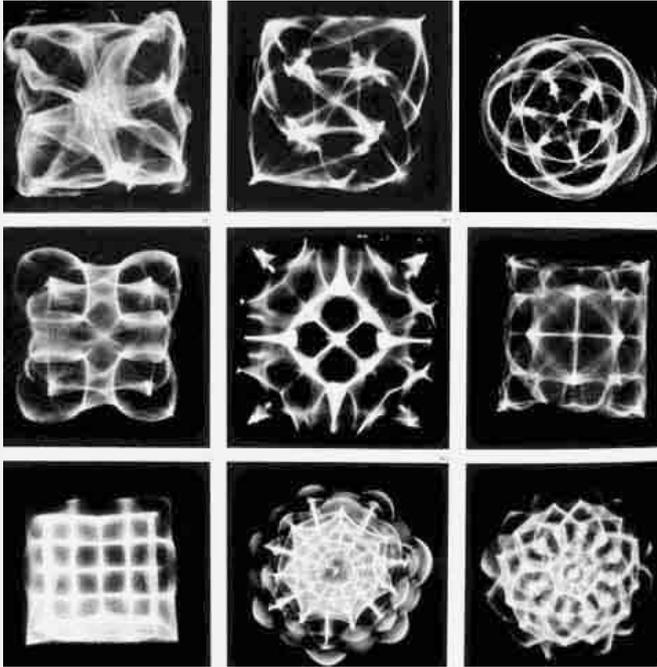


* Figuras Chladni

Img > <http://unstsfid.com/frecuencias-e-figuras-sonoras-chladni/>

**Ver fotografía en la próxima página de dispositivo cimático descrito.

*** Jenny, Hans "Kymatik, Wellenphänomene und Schwingungen", Ed. AT Verlag, 2009



Experimentos cimáticos realizados por Hans Jenny
 img ><http://www.spacefrequencies.org/wiki/index.php/Nodes>



La lámina amplifica las vibraciones del oscilador. Las diferentes sustancias se concentran en las líneas nodales de las ondas sonoras, es decir, aquellos puntos donde no existe la oscilación, destacando de este modo el patrón negativo, o inverso, de las vibraciones resonantes de la placa.

img ><http://ccool.us/SACRED-SHAPES>



Dispositivo cimático conectado a un dispositivo electrónico generador de oscilaciones sinusoidales.

Img ><http://irevolution.net/2009/09/>

La cimática se ha utilizado de forma experimental en la afinación y estudio de la construcción de instrumentos musicales (como se explicará posteriormente en el anexo). Según el estudio **'Física de los timbales'** de *Thomas D. Rossing*, se desprende que el modelo de vibración de las membranas se comporta de manera distinta al modelo de vibración de cuerdas. Es decir, en el primer caso se trata de una superficie (bidimensional), y en el segundo se trata de una línea (unidimensional). Bajo este marco, se puede comprobar que en el caso de los modelos de vibración unidimensionales, las relaciones armónicas obedecen directamente a proporciones regulares de la frecuencia fundamental f (es decir: f , $2f$, $3f$, $4f$, $5f$, etc.).

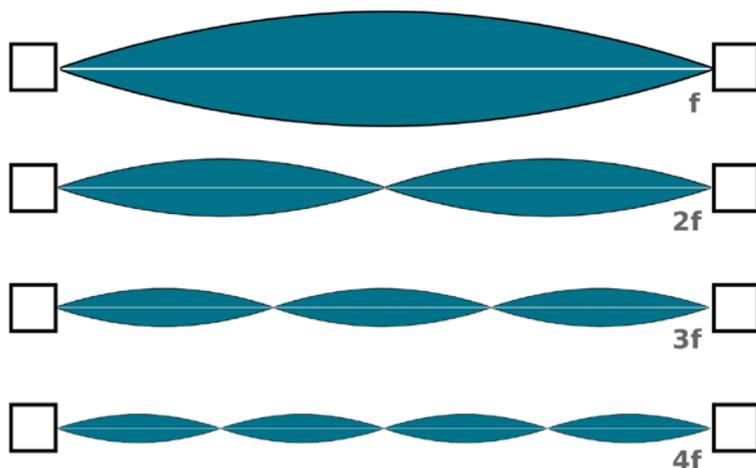


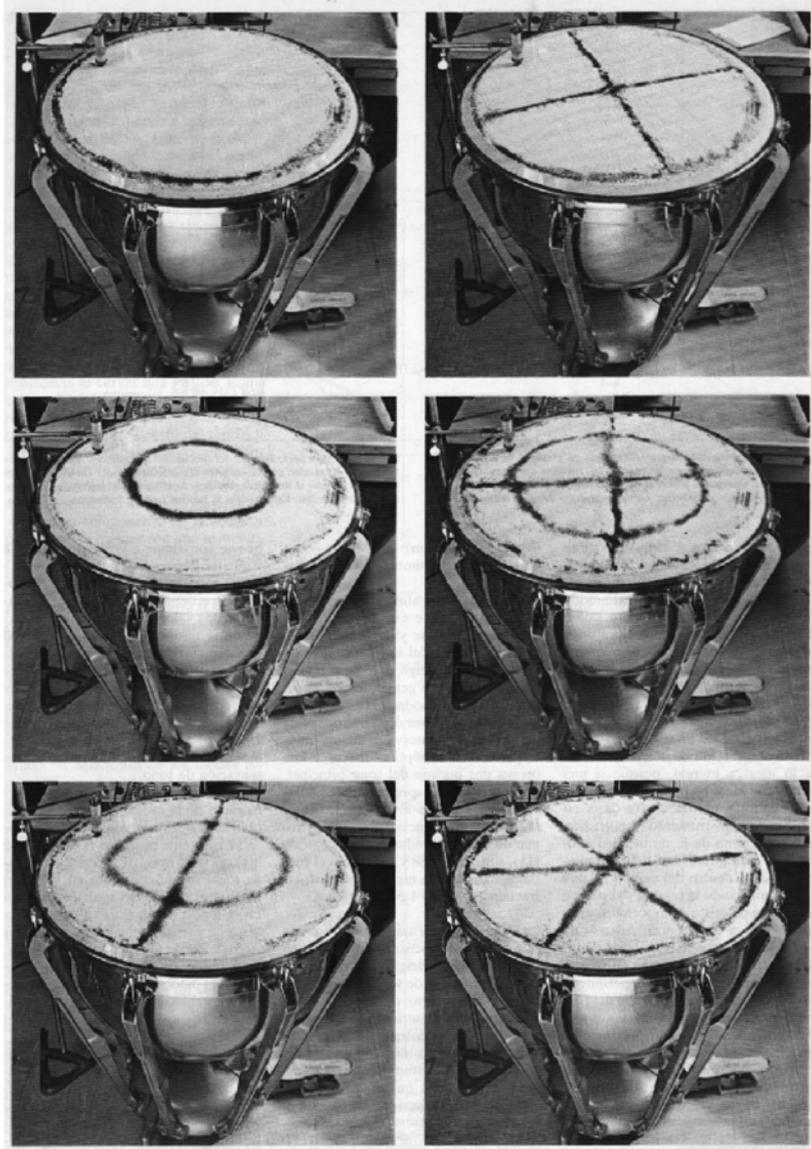
Grafico de la frecuencia fundamental más tres armónicos, en una cuerda

Sin embargo, en el estudio comentado, los modelos de vibración de las membranas no presentan una relación armónica evidente (f , $1.59f$, $2.14f$, $2.30f$, $2.65f$, $2.92f$...). Esto se debe a que la vibración, se corresponde en dos sentidos, el perpendicular a la membrana y el efecto de torsión de la misma. La rigidez de una membrana se caracteriza como su resistencia al cizallamiento. La rigidez de la membrana (o la resistencia al cizallamiento), tiene el mismo efecto que la resistencia al curvar una cuerda: se incrementan las frecuencias de los armónicos altos.

En el estudio, se analiza la singularidad de los timbales en los modelos de vibración de membranas. Normalmente, los modelos de membranas se pueden asimilar a la mayoría de instrumentos de percusión de la familia del timbal. Sin embargo, el timbal presenta una definición tonal muy distinta a otros instrumentos de la misma clase, en los que el contenido armónico se presenta reducido. En el timbal, se pueden modular mediante reglajes en la membrana, así como mediante la acción del pedal del instrumento (que regula la tensión), afinándose dentro del campo de una octava.

En este estudio, se han elaborado distintos análisis mediante modelos cimáticos. (Ver imagen sig. pág.). Se han realizado unos experimentos con arena encima de la superficie del timbal, transmitiendo desde el mismo punto una frecuencia dada. Llegando a la anterior relación de frecuencias (f , $1.59f$, $2.14f$, $2.30f$, $2.65f$, $2.92f$...).

En el estudio se introducen los modos de vibración que en el caso del timbal (y otros instrumentos de membrana), se codifican mediante las relaciones de vibraciones longitudinales a la membrana, y las relaciones de vibraciones concéntricas a la silueta que conforma la membrana (circunferenciales). Estas tendrán un comportamiento a la vibración y respuesta de frecuencias muy distinta, y como pasa en la cimática, a mayor frecuencia mayor complejidad de líneas nodales longitudinales y circunferenciales.



PARCHE DE UN TIMBAL

Rociado con polvo para mostrar; en forma de configuraciones Chladni, seis de sus modos de vibración. El polvo se amontona en los nodos; zonas del parche donde las vibraciones son más débiles.

Por convención, las frecuencias de los modos se designan con pares de dígitos; el primer dígito indica el número de nodos diametrales, y el segundo el de nodos circulares.

Aquí, de arriba a abajo a la izquierda, los modos son

[0 1]: es decir un nodo circunferencial y ningún nodo diametral;

[0 2]: dos nodos circulares sin nodo diametral, y [1 2]: los mismos dos nodos circulares y un nodo diametral. De arriba a abajo, a la derecha:

[2 1]: dos nodos diametrales y un solo nodo circular; [2 2]: dos nodos circulares y dos diametrales, y [3 1]: un nodo circular y tres nodos diametrales.

El brazo que se aprecia en la parte superior izquierda de cada fotografía, y que casi roza la membrana, obliga a que un pequeño imán fijado al parche vibre a frecuencias preseleccionadas.

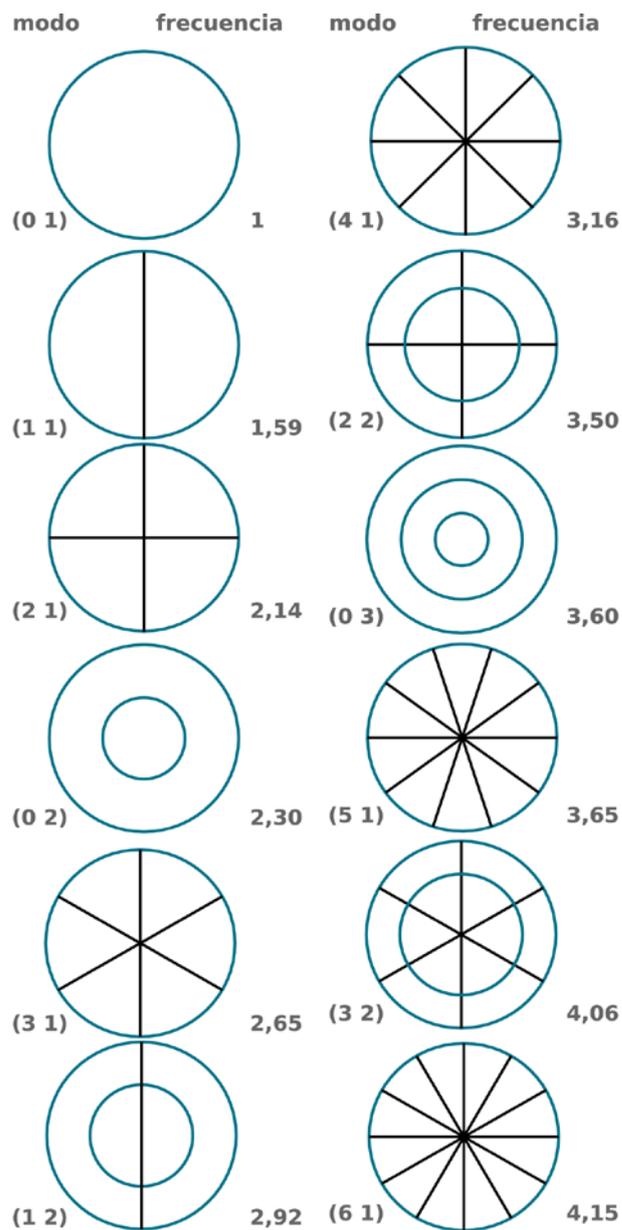
Las configuraciones reciben el nombre del físico alemán Ernst Chladni (1756-1827), quien estudió por este método la vibración de planchas y membranas.

Extraído del texto

Física de los timbales Thomas D. Rossing

<http://es.scribd.com/doc/39019034/>

Libros-de-Investigacion-y-Ciencia-Acustica-Musical



Lineas Nodales de los doce primeros modos de una membrana ideal en orden creciente de frecuencias. Los nodos circulares y sus números de modo aparecen en color; los modos diametrales y sus números de modo se indican en negro. La frecuencia de vibración se expresa como múltiplo del modo "base" (0 1) y aparece a la derecha de cada diagrama. La secuencia no forma una serie armónica.

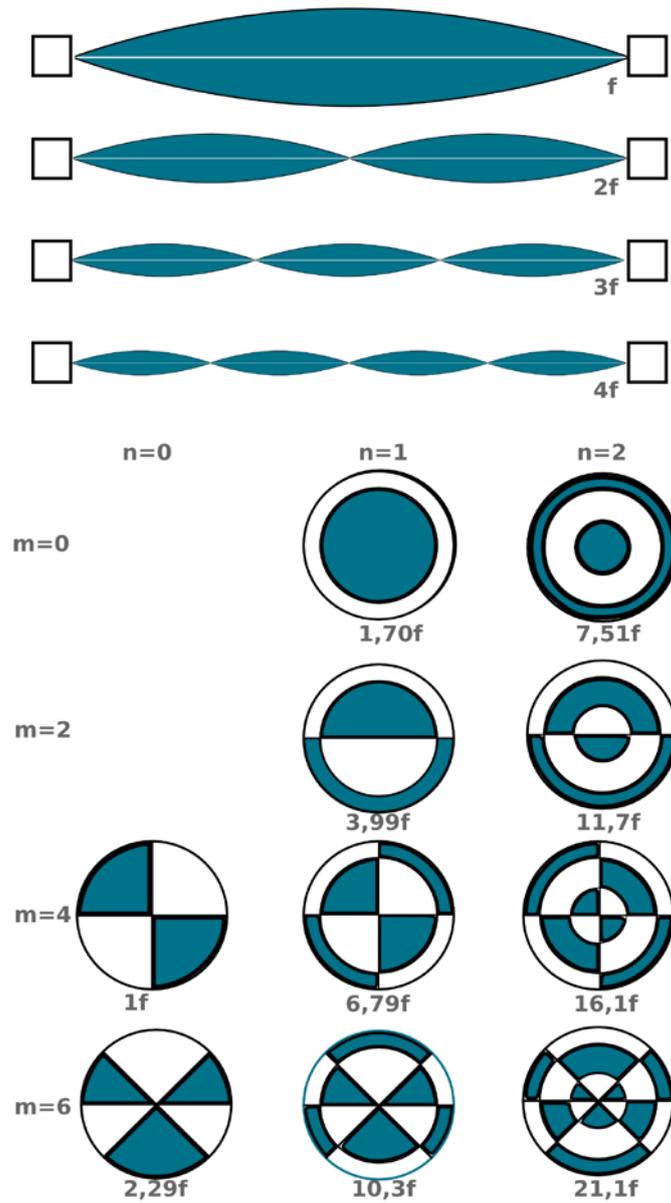
Extraido del texto

Física de los timbales Thomas D.Rossing

<http://es.scribd.com/doc/39019034/>

Libros-de-Investigacion-y-Ciencia-Acustica-Musical

Según el estudio 'Acústica de las antiguas campanas chinas' de Sinyan Shen, los modos de vibración que ofrecen estos milenarios instrumentos, se basan en la relación: $f, 1.7f, 2.29f, 3.99f, 6.79f, 7.51f, 11.7f, 16.1f, 21.1f$



frecuencias de los parciales:

Conciérne al sonido su calidad tonal, el denominado timbre, y son resultado de los diversos modos de vibración que adopta un cuerpo. La frecuencia más grave se denomina fundamental; las restantes constituyen los sobretonos. Cuando se pinza una cuerda tensa (arriba), genera parciales que son múltiplos enteros de la fundamental f . En cambio, una placa vibrante (abajo) genera parciales que no se relacionan entre sí según razones aritméticas sencillas. Las frecuencias resultantes dependen de la combinación de radios nodales (m) y círculos nodales (n): las regiones de la placa que permanecen sin movimiento durante la vibración se simbolizan aquí en azul y en blanco los movimientos de las secciones en sentidos opuestos. Las campanas, redondas u ovaladas, constituyen un tipo particular de placa vibrante.

Extraído del texto

'acústica de las antiguas campanas chinas' sinyan shen

<http://es.scribd.com/doc/39019034/>

libros-de-investigacion-y-ciencia-acustica-musical

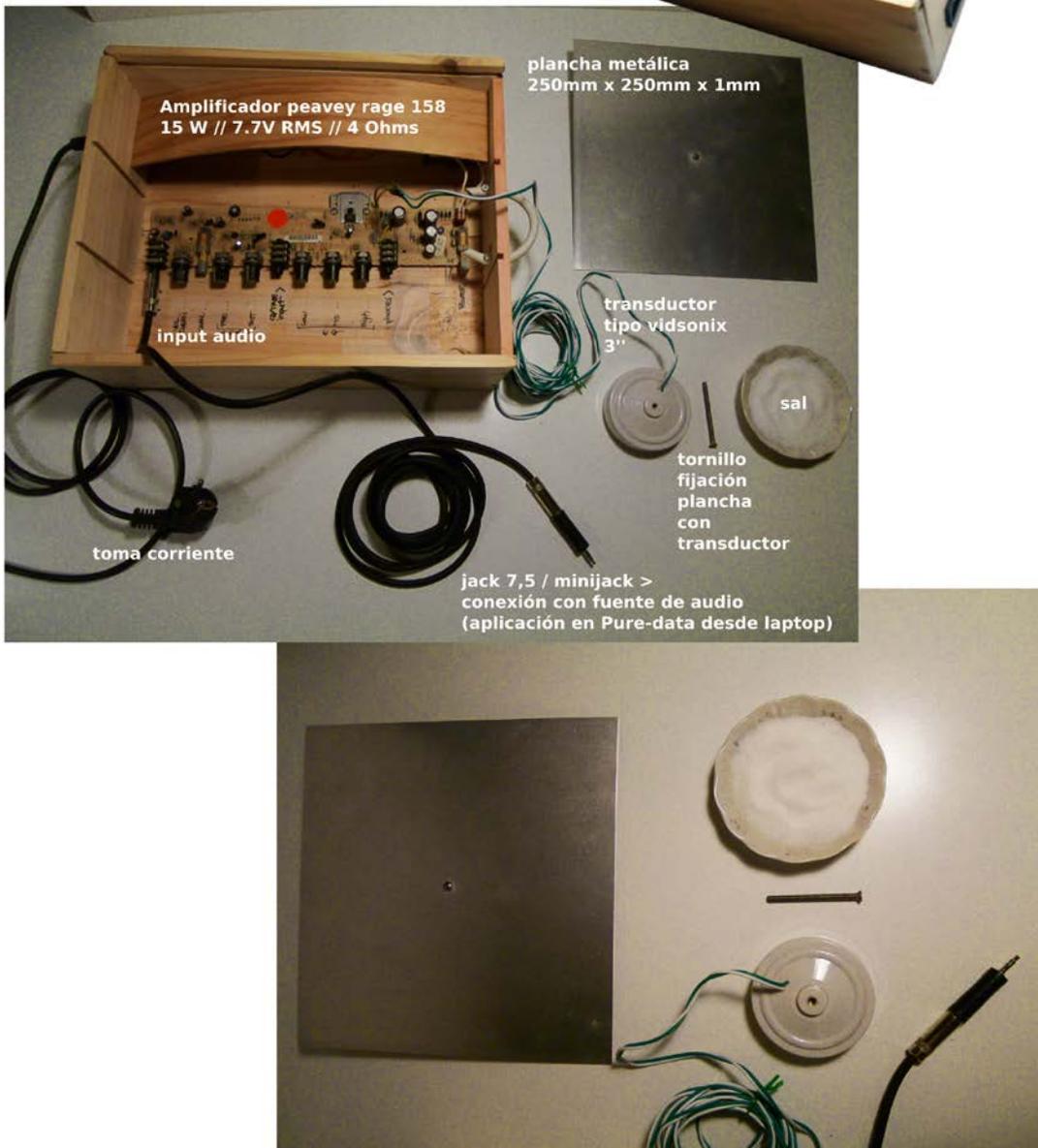
Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Espacios Sónicos. Introducción
Experimentos
Experimentos cimáticos

Experimento no.1 > estados de vibración

A continuación se describe como se ha realizado un primer experimento con el siguiente dispositivo cimático.

dispositivo cimático



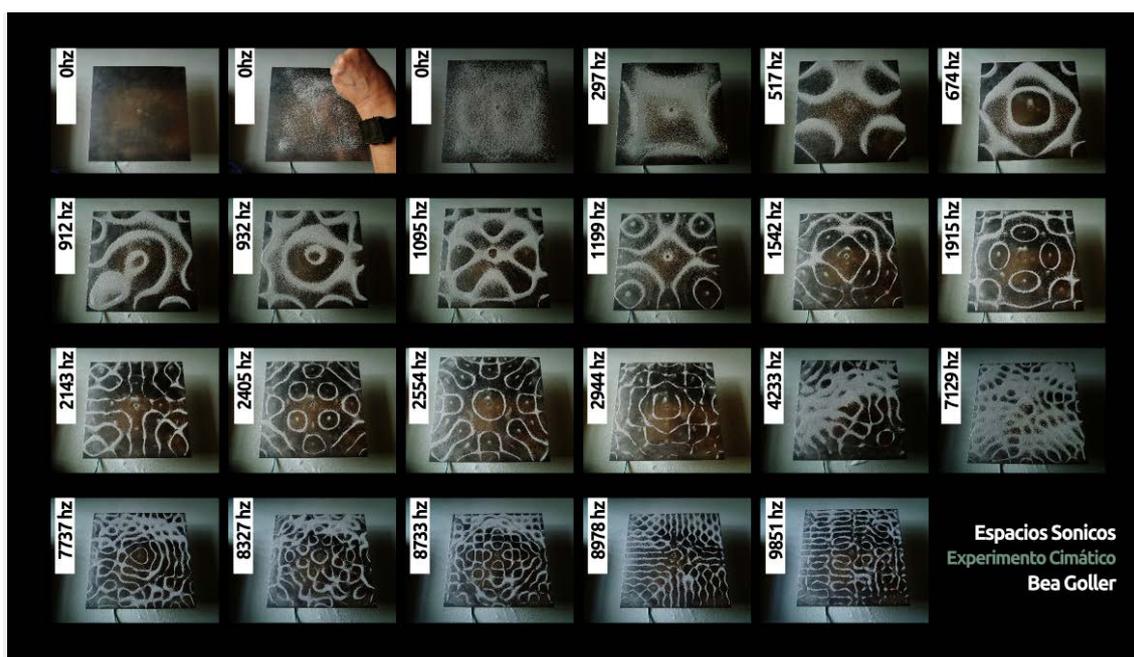
El dispositivo cimático, consta de un amplificador de guitarra adaptado de 15W. Se le ha conectado un transductor Vidsonix Ghost 3" (pulgadas), a la salida de audio (señal acústica) del amplificador.

El transductor, es un dispositivo vibrante contenido en una carcasa rígida plástica de 3". Este tiene la propiedad de comportarse como un altavoz sin membrana, es decir, que la vibración se produce en el interior de la carcasa. En este experimento, el transductor va conectado por tornillería a una **plancha metálica de 200 x 200mm y 2mm de grosor**. En consecuencia, las vibraciones emitidas por el transductor harán vibrar la plancha homogéneamente.

El conjunto necesita una señal externa para que se produzca la respuesta deseada. Normalmente se trabaja con un oscilador analógico, sintetizador u otra fuente de sonido, mediante la cual se pueden reproducir frecuencias puras. En este caso, esta fuente proviene del conjunto de una aplicación programada, con una aplicación en el lenguaje de programación visual Pure-data, en el que podremos asignar mediante un barrido, distintas frecuencias en el rango audible.

Experimentando con este conjunto, se han encontrado unos cuantos puntos singulares de frecuencias, en los cuales se conforman distintas figuras y patrones geométricos*. Estas frecuencias singulares son las siguientes:

297hz, 517hz, 674hz, 912hz, 932hz, 1095hz, 1199hz, 1542hz, 1915hz, 2143hz, 2405hz, 2554hz, 2944hz, 4233hz, 7129hz, 7737hz, 8327hz, 8733hz, 8978hz, 9851hz (las frecuencias inferiores y superiores ya no son perceptibles, debido al rango acústico del transductor).



*Tabla de frecuencias resonantes para el dispositivo cimático.

En las próximas páginas se pueden apreciar las mismas fotos con más detalle.

Nota: Los siguientes experimentos y sus conclusiones son relativas al dispositivo cimático experimentado. Esto significa que puede haber variaciones respecto a otros dispositivos del mismo tipo, debido a que tendrán otras características técnicas y materiales (potencia del transductor, espesor de la placa, material, forma y dimensión de la placa, etc.).

297 hz



517 hz



674 hz



912 hz



932 hz



1095 hz



1199 hz



1542 hz



1915 hz



2143 hz



2405 hz



2944 hz



2554 hz



4233 hz



7129 hz



7737 hz



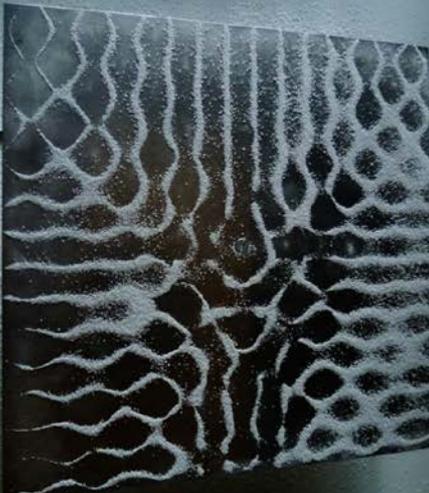
8327 hz



8733 hz

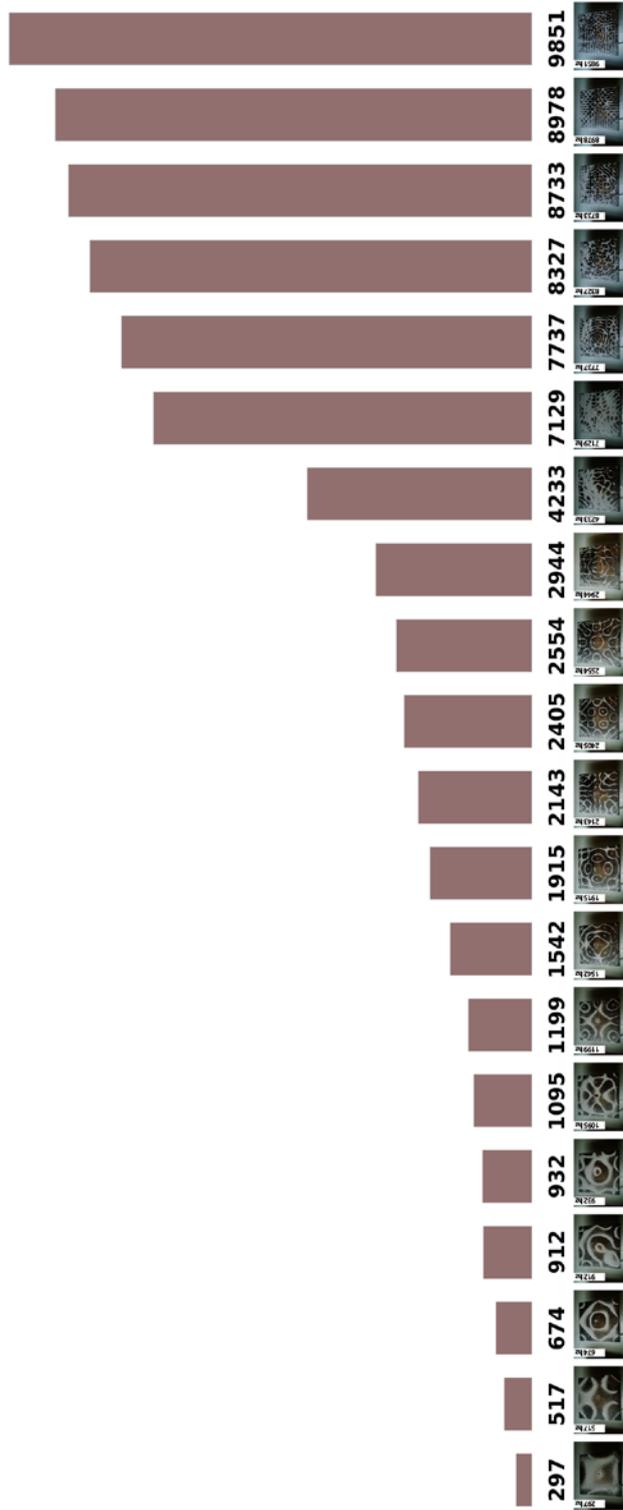


8978 hz



9851 hz





evolución de frecuencias singulares

climatica_demo_testipd - /home/besagoller/Escritorio/climatica_xa

File Edit Put Find Windows Media Help

startstop temp 51,748

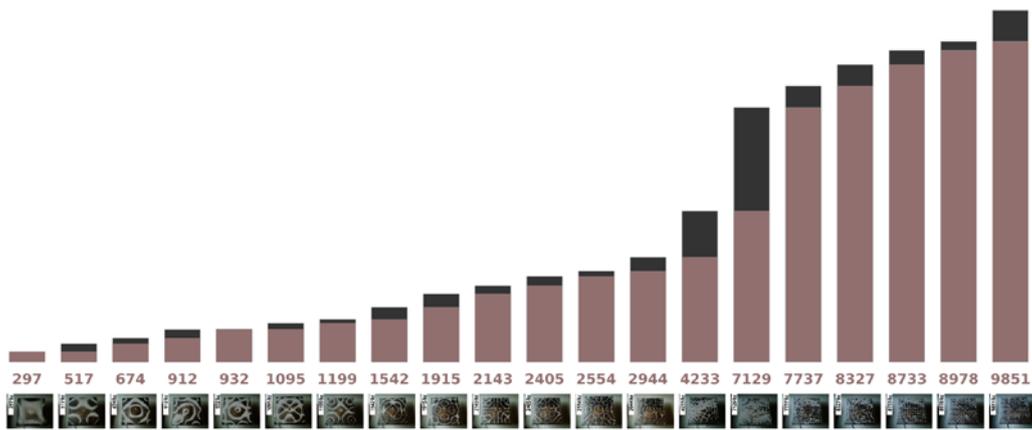
frecuencias node

volun dsp

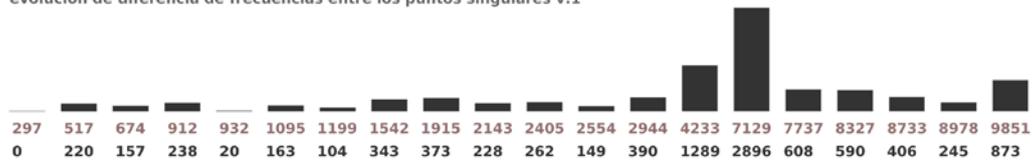
aplicación programada en Pure-data

pd kvega2
 297 517 674 912 932 1095 1199 1542 1915 2143 2405 2554 2944 4233 7129 7737 8327 8733 8978 9851
 pd climatica_ones
 puja_1_hz_tecia_uparrow
 baixa_1_hz_tecia_downarrow
 kvega2
 0 a 3333
 3333 a 6666
 6666 a 12221
 12221 a 16664

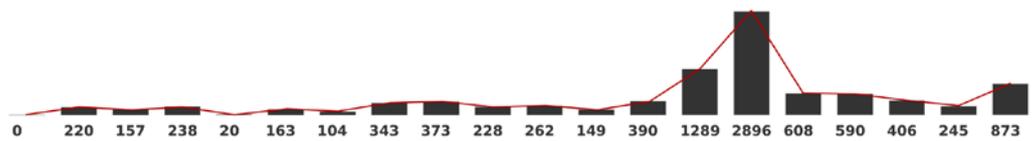
Gráfica 1: se muestra un diagrama de barras relativas a las proporciones cuantitativas, que el barrido de frecuencias ha definido como frecuencias nodales, donde ha hecho resonar y visualizar con más énfasis la placa. En la parte inferior del diagrama de frecuencias, se muestra la aplicación programada con Pure-data, para controlar con precisión el barrido de frecuencias.



evolución de diferencia de frecuencias entre los puntos singulares v.1



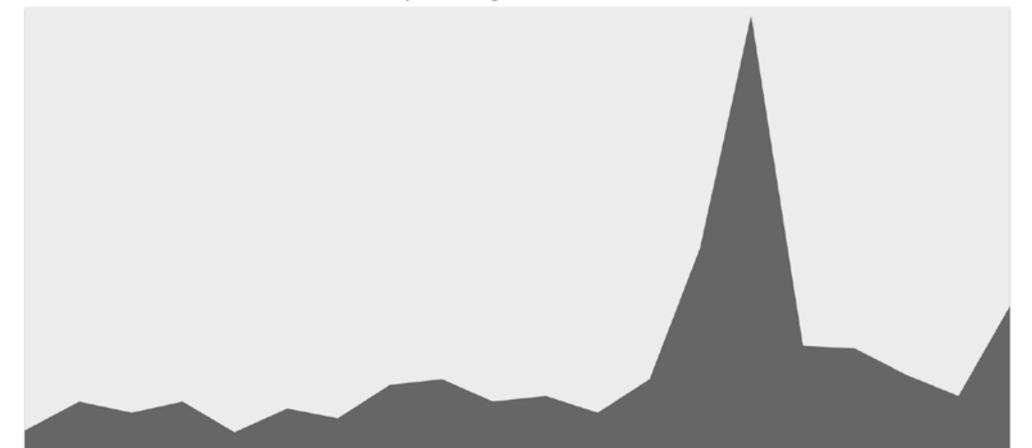
evolución de diferencia de frecuencias entre los puntos singulares v.2



evolución de diferencia de frecuencias entre los puntos singulares v.3



evolución de diferencia de frecuencias entre los puntos singulares v.4.1



evolución de diferencia de frecuencias entre los puntos singulares v.4.2 (factor 4Y)

Gráfica 2: evolución de diferencia de frecuencias entre los puntos singulares

En la gráfica 1 (evolución de frecuencias singulares), se ha representado el crecimiento frecuencial relativo a los puntos singulares frecuenciales, en los cuales se han definido patrones de manera concreta y definida:

297hz, 517hz, 674hz, 912hz, 932hz, 1095hz, 1199hz, 1542hz, 1915hz, 2143hz, 2405hz, 2554hz, 2944hz, 4233hz, 7129hz, 7737hz, 8327hz, 8733hz, 8978hz, 9851hz

En la gráfica 2 (evolución de diferencia de frecuencias entre los puntos singulares v.1), se ha representado la diferencia de frecuencias entre los puntos singulares frecuenciales. Como se puede comprobar, el crecimiento hasta los 2944hz, sigue una línea con cierta homogeneidad. En estos episodios, los patrones generados por el dispositivo cimático presentan una morfología bien definida, y con estructuras simétricas. Entre los 2944hz y los 7129hz existe un desfase entre los nodos singulares frecuenciales en los cuales, sólo se ha encontrado un punto singular correspondiente a 4233hz. En otras palabras, en este rango frecuencial sólo se han generado 2 patrones distintos (en los primeros 3000hz, se habían generado 13 distintos patrones).

En la franja de frecuencias anteriormente descritas de la fase 2 (relativa al intervalo entre los 2944hz y los 7129hz), se produce un efecto de composición de patrón más distorsionado y heterogéneo: la axialidad y la acumulación por capas se vuelve difusa. En la última fase, a partir de los 7737hz, se produce de una manera similar a la primera fase un crecimiento más homogéneo, si bien un poco más acusado. En la gráfica 2 v.2 y v.3 se pueden apreciar estos crecimientos diferenciales. En la gráfica 2 v.4.1 y v.4.2, se representan estos crecimientos diferenciales en forma de gráfica lineal (en el último caso ampliado el eje de las Y, con un coeficiente para mejorar la lectura y comprensión del análisis).

De los experimentos cimáticos se desprende que diferentes frecuencias producen patrones geométricos con partículas sólidas* esparcidas sobre una placa metálica. Las frecuencias hacen que la placa metálica vibre y las partículas de sal se vayan acumulando en distintas partes haciendo visible un patrón de alta definición geométrica. Estas partes corresponden precisamente con los nodos de punto cero en las gráficas de las ondas sonoras sinusoidales y son los puntos donde la placa no vibra. Este hecho se repite cuando se incrementa el valor de la frecuencia en patrones cada vez más complejos geoméricamente. No obstante, no todas las frecuencias dan un patrón de manera clara y definida. Solo determinadas frecuencias producen esos patrones, las que anteriormente hemos denominado como puntos singulares de frecuencias.

Por consiguiente, dichas frecuencias dependen de diferentes variables del sistema que formalizan dichos patrones. Estas variables son las relativas a **la potencia** del dispositivo en primer lugar, así como a su **rango frecuencial**. El transductor utilizado, no extrae frecuencias más bajas de los 250hz, ni frecuencias más altas de los 10000hz. Por otra parte, el **tamaño** de la plancha, así como su **geometría**, y su **espesor**, determinan que en este experimento hayan aparecido las citadas frecuencias nodales o singulares de resonancia.

La complejidad de los patrones, viene definida por el rango frecuencial. En términos generales, a frecuencias bajas los patrones dispondrán de manera más simple menos densidad de líneas. A mayor rango frecuencial, se incrementará la complejidad de los patrones.

*Las partículas sólidas son en este caso sal común, pero también se podría efectuar el experimento con otro tipo de partículas como arena, azúcar, etc. O en definitiva, partículas ínfimas con suficiente peso propio.

Se pueden distinguir dos formas básicas de líneas nodales: las que siguen la forma de la placa cuadrada, y las que se disponen de manera concéntrica o radial. La mayoría de estas figuras, consisten de una unión de los dos tipos de formas.

Analizando las diversas figuras encontradas en puntos singulares frecuenciales, podemos crear diferentes grupos morfológicos:



En los *puntos singulares frecuenciales* 517 / 1199 / 2405 / 8733 se encuentran unos patrones que describen la **formación de círculos axiales situados en los vértices de la placa** del dispositivo cimático, **así como unas siluetas romboidales de geometría regular** (por lo tanto cuadrados a 45°). Obsérvese que las frecuencias en la muestra central 1199/2405 son casi proporcionales (generando un grupo armónico) ($1199 \times 2 > 2398 \text{hz} > \pm 2405 \text{hz}$).

Relaciones frecuenciales >
siendo n el orden de la iteración ($n/(n=1)$)
 $2.31 / 2.005 / 3.6$



En los *puntos singulares frecuenciales* 1095 / 2554 se describen **figuras con una marcada axialidad diagonal** (a 45°). En ambas se describe un **círculo central**.

Relaciones frecuenciales >
siendo n el orden de la iteración ($n/(n=1)$)
 2.33

analogías morfológicas > figuras de cruz



En los *puntos singulares frecuenciales* 2143 / 8978 se describe una morfología en cruz, axial con unos patrones en franjas longitudinales y verticales.

Relaciones frecuenciales >

siendo n el orden de la iteración ($n/(n=1)$)

4.189

analogías morfológicas > figuras de geometría heterogénea



En los *puntos singulares frecuenciales* 912 / 4233 / 7129 / 7737 / 8327 se describen las geometrías más difusas a nivel geométrico. En estas se combinan distintas morfologías sin una axialidad ni concentricidad dominantes

Relaciones frecuenciales >

siendo n el orden de la iteración ($n/(n=1)$)

4.64 / 1.68 / 1.08 / 1.07

analogías morfológicas > romboide perimetral



En los *puntos singulares frecuenciales* 674 / 1542 / 8733 se describen unas geometrías donde de manera recurrente aparece un romboide perimetral, y un cuadrado con los ángulos redondeados en el núcleo central.

Relaciones frecuenciales >

siendo n el orden de la iteración ($n/(n=1)$)

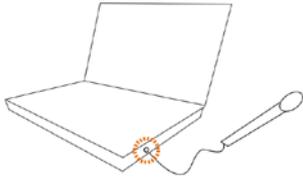
2.28 / 5.66

Experimento no.2 > frecuencias de resonancia / feedback

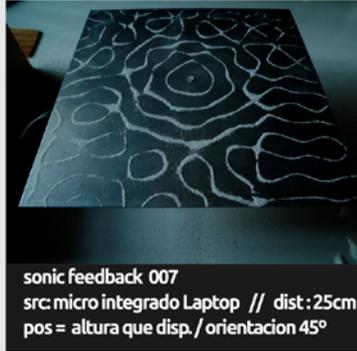
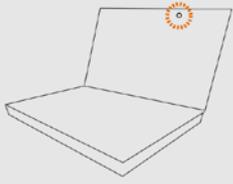
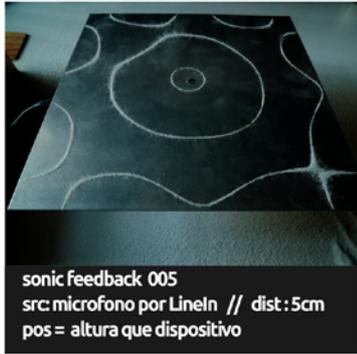
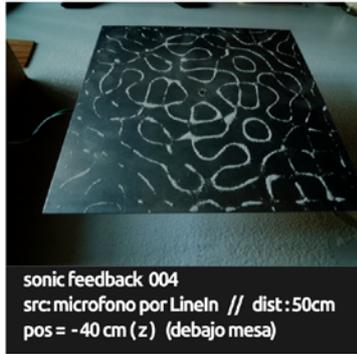
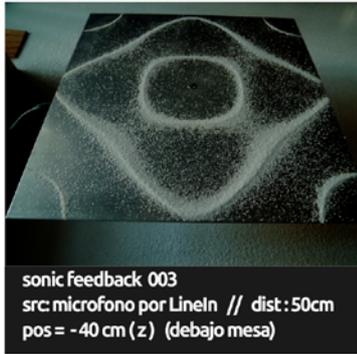
El experimento núm. 2 surge de la experimentación con el dispositivo cimático en sí mismo, en el que se producen efectos de resonancia de la misma placa metálica cuando se introduce un micrófono en el sistema. De la misma manera que se produce en algunas conferencias y/o conciertos, acoples de instrumentos analógicos, por ejemplo, un micrófono o una guitarra, el acople* o feedback no es más que la circulación continua de sonido desde la entrada a la salida sonora, produciéndose un bucle sinfín. Se procede a efectuar unas cuantas muestras con una misma herramienta, por ejemplo con un micrófono de mesa sencillo, como se ve en la parte superior de la imagen en la siguiente página.

En función de la colocación relativa (distancia y altura) de la fuente emisora del sonido (en este caso la placa conectada al transductor), se producen patrones muy distintos. Estos están vinculados directamente con las frecuencias resonantes del dispositivo, (es decir el conjunto del transductor más plancha metálica de 200mm x 200mm x 2mm y las propiedades del micrófono), la proximidad del circuito de realimentación (proximidad del micrófono al dispositivo emisor), así como el ángulo de incidencia de dicho circuito. Otro factor muy importante es el espacio concreto del experimento, ya que la acústica y forma de la sala influyen en qué frecuencias entran en realimentación o feedback.

*El acople se produce por un ciclo continuo (o loop) entre fuente sonora receptora (entrada acústica como un micrófono) y fuente sonora emisora (salida acústica como un altavoz). Este fenómeno se producirá en función de varios parámetros como son la frecuencia entrante, la resonancia de la sala, y la proximidad entre las fuentes (emisora-receptora)



feedback



Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Espacios Sónicos. Introducción

Anexo

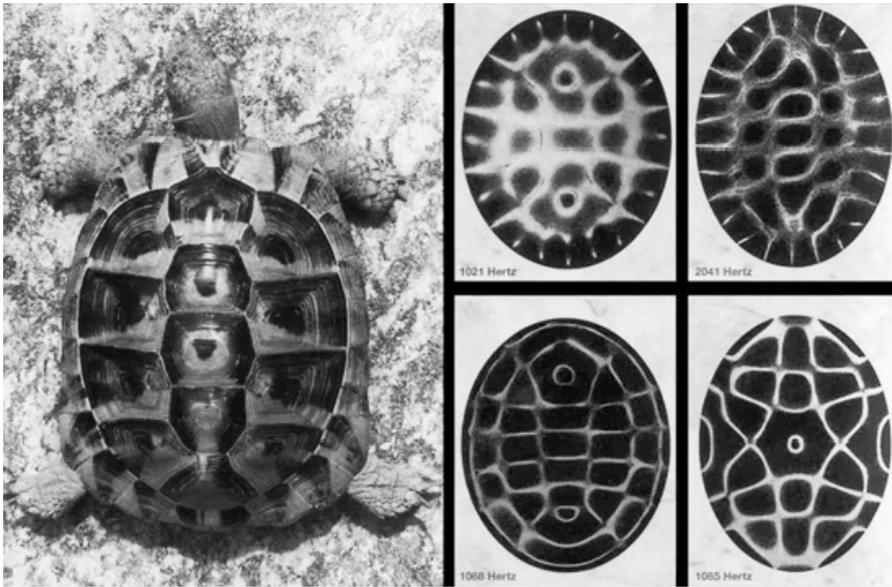


Imagen de Tortuga al lado de imágenes cimáticas 1021 Hz, 2041 Hz, 1088 Hz and 1085 Hz.
Imag >http://www.world-mysteries.com/newgw/sci_blueprint2.htm

Al observar detenidamente esta imagen, la increíble proximidad formal entre el exosqueleto del galápago y la plancha elíptica cimática, se genera un interrogante enigmático. El asombroso parecido entre el estado vibracional correspondiente a 1088 Hertz (plancha inferior izquierda) en dicho experimento cimático y la estructura del galápago remiten a que no puede ser una mera coincidencia. Desde una óptica experimental y empírica, las casualidades no existen, pues cualquier fenómeno observable posee intrínsecamente componentes de causalidad. *¿Pero cuál es la causa en esta analogía? ¿La estructura de la materia y por extensión de los seres vivos está vinculada a unas determinadas frecuencias generativas? ¿Qué relación existe entre unas determinadas frecuencias y la disposición que presentan algunos patrones estructurantes en la naturaleza?*



El científico suizo Hans Jenny llegó a las siguientes dos conclusiones, tras anotar sus experimentos en los que los sistemas armoniosos se producen por vibraciones en el sentido de intervalos y frecuencias armónicas, ejecutados rítmicamente y en periodicidad. Esta es la razón de que podamos hablar de Periodicidad biológica de vibración en sentido estricto: si los procesos biológicos actúan en el sustrato biológico como un intervalo, debe crearse en este campo un orden correspondiente; si aparecen formas armónicas en la naturaleza orgánica (morfológica y fisiológicamente) tendremos el resultado de ritmos, y de intervalos de frecuencias de factores de generación. En otras palabras: lo armónico se crea cuando los factores de generación actúan en un orden armónico.

Crecimiento Humano (Human Growth)

Ser humano tiene (100B) de células **100.000.000.000.000**
 Cada día se mueren (100Mil M) células **100.000.000.000**
 Cada día se renueva 1 de cada 1000 → **100.000.000.000**

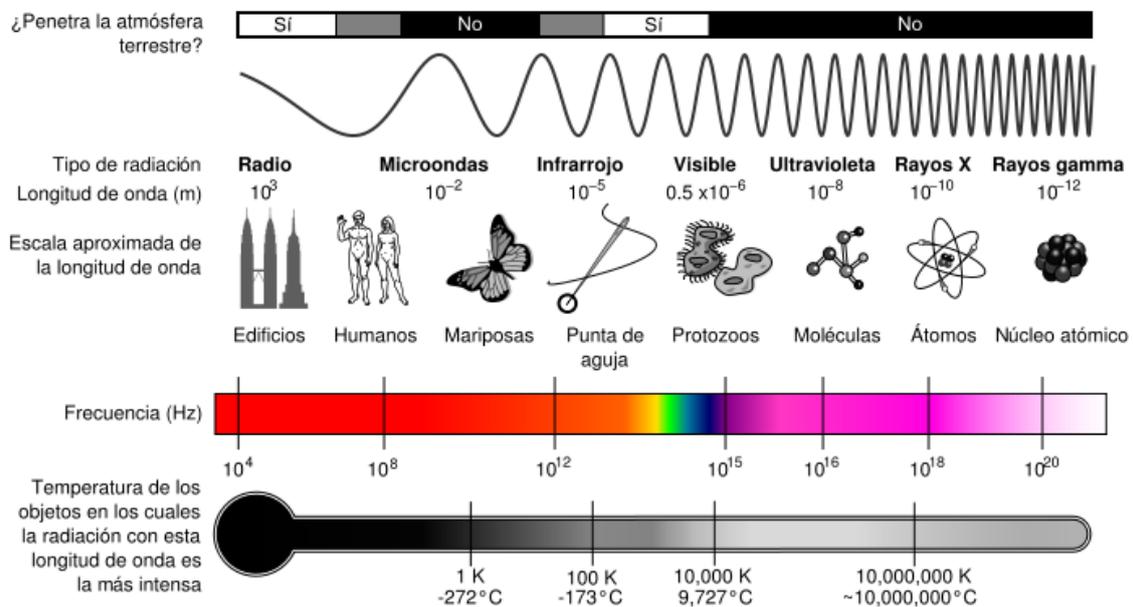
En 1000 días se renueva el organismo

Frecuencia = ciclo/unidad de tiempo

Unidad de tiempo = 1 día = **86400s**

Ciclo = oscilaciones de Growth = Q de células nuevas = 100.000.000.000

1.157.407,4074074074074074074074074074hz (células nuevas / segundo)
Frecuencia de crecimiento humana > 1.157Khz = 1.1x10.6hz



Img > <http://areatecnologia.com>

Después de haber realizado unos cuantos experimentos cimáticos, se pueden generar unos cuantos puntos a reflexionar interesantes. Por ejemplo, en el primer experimento se realizó un barrido de frecuencias de menor a mayor. En ese caso, ¿por qué unas frecuencias se visualizan con patrones geométricos bien definidos y otras no?

La mejor manera de responder esta pregunta, es entender el fenómeno como una manifestación pulsante y resonante, en el cual existen estados desestructurados, indeterminados o inestables y otros que son estables, definiendo de manera clara y concreta ciertos patrones geométricos. Se trata pues de un sistema en *continuo movimiento*, pasando secuencialmente del estado inestable al estable y viceversa. ¿Porqué algunas frecuencias están en estado de 'desorden' y otras frecuencias se concretan en patrones definidos, y en su mayoría de casos equilibrados formalmente? Esta es una cuestión que tiene que ver directamente con la topología y morfología del objeto, la topología y morfología del espacio, así como las propiedades resonantes establecidas entre las anteriores.

En definitiva, mediante el dispositivo se intersecciona su base formal (en el caso de los experimentos cimáticos el tamaño y morfología del mismo dispositivo), con el contenedor espacial que lo envuelve. Estas relaciones tienen que ver esencialmente con cuantificaciones espaciales, y de como estas mediciones afectan al fenómeno vibratorio para su desarrollo en el medio.

Si los *proyectos arquitectónicos* se entendieran como la construcción de unos *instrumentos musicales*, se podrían trasladar los experimentos cimáticos a maquetas, con el fin de averiguar y obtener las frecuencias que *optimizasen la forma*.

Del mismo modo en que los violines *Stradivarius** ya fueron testeados en su época mediante *técnicas cimáticas*, para obtener la mejor relación forma-respuesta sonora; ¿por qué no se podría aplicar ésta técnica en modelos arquitectónicos con el objetivo de estabilizar la forma naturalmente mediante el sonido?

Sería posible establecer modelos de ciertos rangos dinámicos y frecuenciales que se quisieran rebajar (voces de multitud, ruidos de máquinas, ordenadores, etc.) e introducirlos en los modelos cimáticos para saber las formas resonantes y, por lo tanto, las formas que se deberían usar o evitar, según los criterios programáticos. Pero del mismo modo que se podrían incorporar parámetros que se desearan reducir, otra posibilidad sería una experimentación más radical y entender la arquitectura como un instrumento en sí mismo. Quizás no es imaginable el hecho de plantear una casa o una oficina en estos términos, ya que se trata de espacios que requieren un control acústico determinado por el tipo de actividad.

Sin embargo, sí que es posible plantear un tipo de arquitectura-instrumento en un proyecto más indeterminado funcionalmente (como por ejemplo un Pabellón Expositivo, u otros proyectos de investigación arquitectónica).

Retomando el punto anterior, adaptar un modelo cimático a una maqueta no es del todo viable por la razón básica de la relación tamaño/timbre. Es decir, el modelo o la maqueta siempre sonará distinto (más agudo) que la realidad, teniendo en cuenta que el modelo habitualmente está a una escala más pequeña. Otro factor es la *complejidad de los materiales* empleados en el modelo real, que en una maqueta se simplifica o prescinde y se tiende a hacer más abstracta la composición. No obstante, estos procedimientos experimentales pueden ser de gran valor al introducir el mismo comportamiento de la realidad (en este caso la fenomenología sonora) en el objeto construido.



* ¿Por qué son útiles los patrones Chladni?

La configuración de las placas de la parte trasera y delantera del violín es muy importante para las propiedades del instrumento final. Los modelos de Chladni proporcionan información al fabricante durante el proceso de conformación de la placa a su forma final.

Las placas simétricas dan patrones simétricos; las asimétricas en general no lo hacen. Además, las frecuencias de los modos pares en las placas libres pueden ser empíricamente relacionadas con la calidad del violín acabado. Numerosos fabricantes de violines se han interesado por estos métodos técnicos para el desarrollo de un buen diseño.

Img > <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/graphics/M2BP1-1m-170Hz.GIF>

Img > http://gapyx.com/cmt/2007/05/violin_plate_thicknessing.jpg

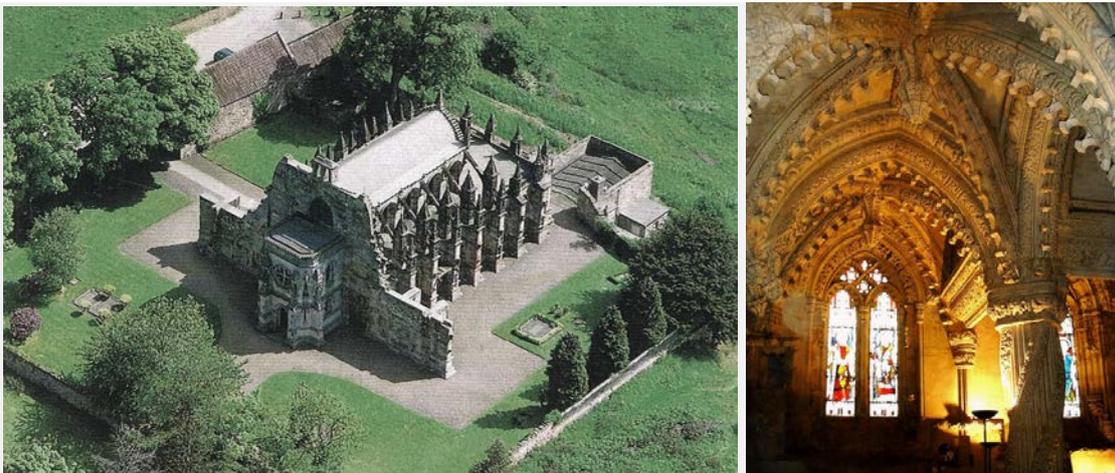
Img > <http://chambermusictoday.blogspot.com.es/2007/05/violin-physics-chladni-patterns.html>

Un ejemplo histórico de particular interés en el marco de los experimentos cimáticos es el caso de la **Rosslyn Chapel**. La capilla que está situada a unos kilómetros de la ciudad escocesa de Edinburgo, posee unas características sorprendentes en esta materia, por tratarse de uno de los precedentes a los experimentos cimáticos que históricamente iniciaría Chladni.

En la Rosslyn Chapel se pueden observar unos patrones esculpidos en unas piezas cúbicas de piedra, acompañando los nervios de las bóvedas. Estos patrones se asemejan con mucha exactitud a patrones resonantes derivados de la experimentación cimática.

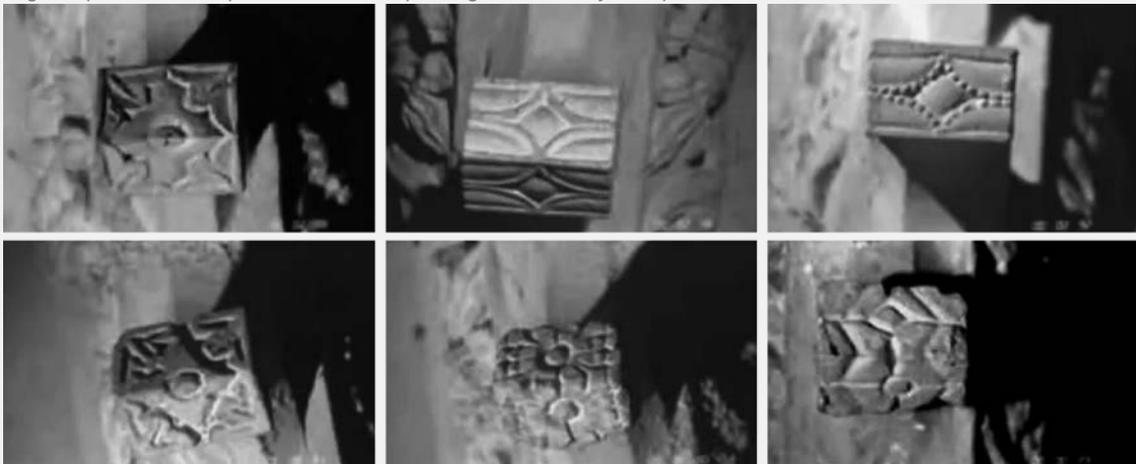
Cladni es considerado el descubridor de la cimática a finales del siglo XVIII, pero la capilla data del siglo XV. Las preguntas que se nos aparecen son varias:

¿Cómo es posible que en aquella época se tuviera constancia de este fenómeno físico? ¿De qué manera podían determinar aquellos patrones sin grandes dispositivos técnicos? ¿Qué sentido tenía para los constructores de la Rosslyn Chapel incorporar estos patrones?



Rosslyn Chapel.

Img > <http://www.earthspiritessences.com/photo-galleries/rosslyn-chapel-2/>



Img > <http://www.therosslynmotet.com/>

Una posible respuesta es entender que los experimentos cimáticos podrían haber tenido origen mucho antes de lo que las comprobaciones científicas históricas nos determinan. Esto es posible debido a que en definitiva se está analizando y experimentando con fenómenos físicos (recordemos que un posible experimento cimático se puede realizar con una plancha metálica y un arco de violín que haga resonar dicha plancha, por consiguiente sin poseer de un dispositivo mediatizador electrónico). Según esta consideración, es posible que los experimentos cimáticos se hayan realizado históricamente antes de los hallazgos de Chladni.

Esto significaría que dichas técnicas fueron utilizadas en la antigüedad con conocimientos profundos en materia espacio / resonancias sonoras, que plantearía otra cuestión fundamental:

¿por qué razón estos conocimientos se han perdido? O con más precisión: ¿por qué se han desvinculado estos conocimientos en el arte de la construcción?

Existiría una hipótesis en el caso de la Capilla Rosslyn. Contextualizando, esta fue construida en un marco de tradición cristiana, pero con un alto contenido pagano implícito en la disposición espacial y ornamental. Este hecho la constituye como un ejemplo de interconexión con metáforas más allá de lo que el dogma religioso establecía. Richard Merrick es un investigador que establece relaciones geométricas en la planta y morfología del edificio. Según sus estudios, se establecen relaciones muy estrechas tanto en proporciones como en coincidencias formales en la Rosslyn con la 'VenusBlueprint'. Esta constata el estudio de la trayectoria del planeta Venus visto desde la Tierra, describiendo una silueta en forma de pétalos de flor, -5 en concreto-, que a su vez se puede formalizar con un pentágono recursivo (fractales de Mandelbrot)



Rosslyn Chapel. Detalles inscripciones cimáticas esculpidas en la piedra.
Img > http://www.cymascope.com/cyma_research/history.html

Richard Merrick, encuentra evidencias de que el patrón orbital de Venus fue utilizado como una "plantilla templo" para el diseño de proporciones espaciales, así como de cámaras psico-acústicas, capaces de focalizar y enfatizar estados de consciencia más transcendentales.

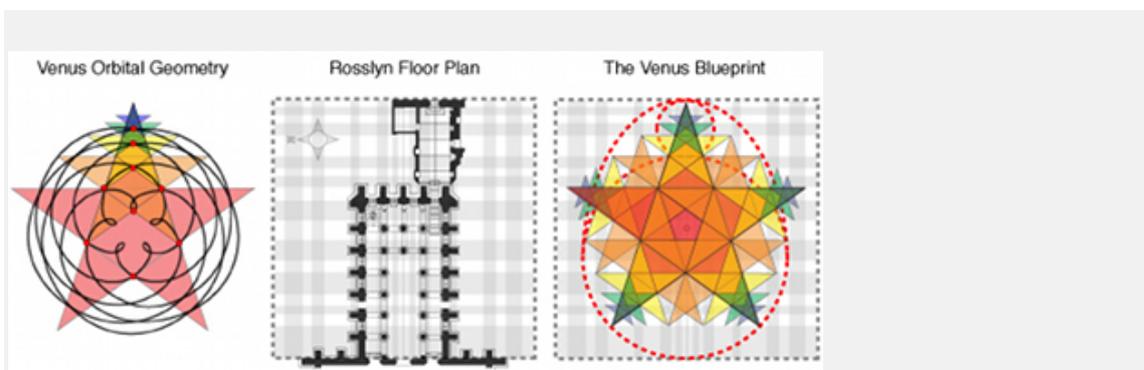
En la antigüedad, los astrónomos rastrearon la órbita de Venus muy de cerca, descubriendo que esta órbita trazaba un patrón pentagonal en el cielo durante ocho años. Causada por una resonancia planetaria donde Venus órbita alrededor del sol trece veces cada ocho órbitas de la Tierra, esta silueta o "pentáculo Rosslyn"*(ver imagen en página siguiente) fue venerada en la tradición pagana y fue utilizada como modelo para el diseño de espacios sacros en numerosas capillas, catedrales y templos.

Estas alusiones entorno a los números determinados por las relaciones orbitales entre la tierra y Venus, aparecen concretados en forma de trece querubines y de ocho dragones esculpidos. Cabe destacar, que estos números, así como el número cinco aludido en el pentáculo de la Vennus blueprint, forman parte de la sucesión de Fibonacci, patrón que recurrentemente aparece en la morfología de la naturaleza. Al tratarse de un templo pagano, las alusiones a la feminidad y a la vida eran recurrentes. Estas alusiones se deben contextualizar en un momento histórico previo a la imposición patriarcal adoptada por la iglesia hasta la actualidad. En este sentido las alusiones a la figura de Venus (Diosa del amor, y representante de la feminidad) no son casuales. No en vano su mismo nombre RossLyn (del Escocés Rosa y Línea), hacen alusión a la órbita de Venus, y por extensión a la feminidad.

Los cubículos esculpidos de la capilla Rosslyn, también muestran elementos sorprendentes en relaciones y proporciones. Más allá de las relaciones formales con la órbita de Venus, los aparentemente patrones cimáticos esculpidos (mostrados anteriormente) se presentan en cubos cuyas proporciones son Áureas*.

La sección dorada, o proporción Áurea, se ha referenciado en numerosas ocasiones desde la antigüedad. Se ha descrito la esencia de la armonía como la representación de un hombre inscrito dentro de un círculo, con el ombligo como centro, y cuyas manos y piernas extendidas rozan el perímetro. Desde las villas palladianas hasta las composiciones de Le Corbusier las composiciones se han basado en las medidas humanas y en las proporciones de los elementos, considerando la sección dorada la proporción más armoniosa.

En definitiva, la Rosslyn Chapel muestra evidentes conexiones entre la cimática, la forma y la configuración espacial en una época en que los procedimientos y metodologías se mostraban desde una óptica más empírica.

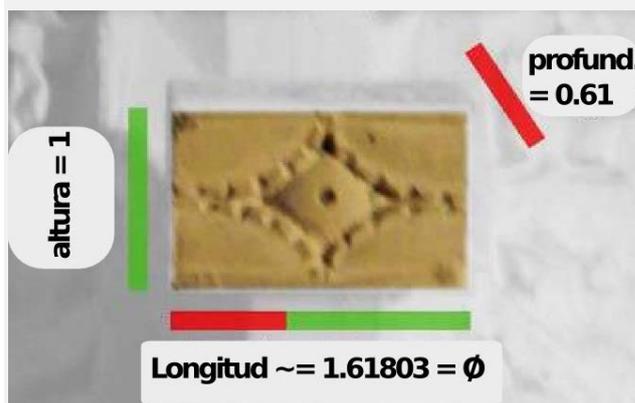


(Referencia en pág. anterior)

* En el libro Venus Blueprint Richard Merrick explica que:

“Como llegué a descubrir, un espacio sagrado es mucho más que una cuestión de creencia religiosa. Se trata de un tipo especial de cámara resonante diseñado para mejorar la comunión enteogénica y enfocar las visiones psicodélicas. Suprimida hace mucho tiempo por la Iglesia Romana, esta vez fue el verdadero propósito de los antiguos templos y muchas catedrales medievales.”

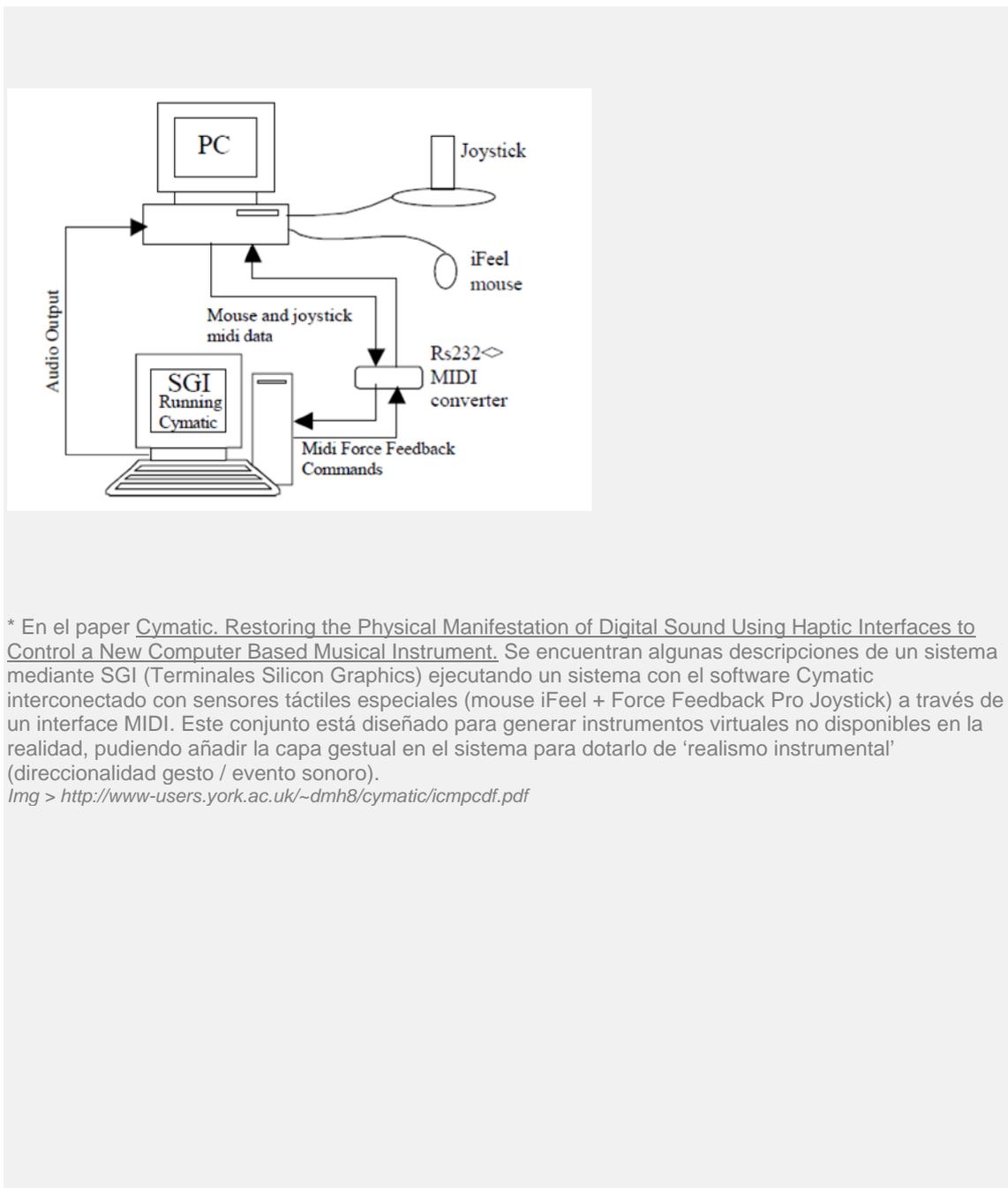
[Img >http://www.interferencetheory.com/HarmonicTheory/VenusBlueprint/page10.html](http://www.interferencetheory.com/HarmonicTheory/VenusBlueprint/page10.html)



*Los cubos esculpidos de la Rosslyn Chapel presentan una proporción Áurea.

Ahora con la digitalización, estamos entrando en un nuevo periodo de la arquitectura en el cual casi todos los cálculos son realizados por computadoras. Estas máquinas sí que podrían hacer viables estas traslaciones de los modelos cimáticos a maquetas/modelos arquitectónicos. Para hacer esto se precisa de la simulación virtual, del mismo modo que los técnicos utilizan programas de simulación para multitud de tareas (cálculos de esfuerzos, de resistencia, de comportamiento fluido, etc.). Con nuevos programas de ordenador se podría conseguir precisión en estos estudios que integrasen el máximo de parámetros definitorios del modelo y que coincidieran con la realidad. Existen distintos softwares en que integran simulaciones de comportamientos cimáticos como:

Cymatic (<http://www-users.york.ac.uk/~dmh8/cymatic/software.htm>) o *tonoscope* (<http://softwaretonoscope.com>). (En la actualidad no se encuentran versiones disponibles de la última).



* En el paper *Cymatic. Restoring the Physical Manifestation of Digital Sound Using Haptic Interfaces to Control a New Computer Based Musical Instrument*. Se encuentran algunas descripciones de un sistema mediante SGI (Terminales Silicon Graphics) ejecutando un sistema con el software Cymatic interconectado con sensores táctiles especiales (mouse iFeel + Force Feedback Pro Joystick) a través de un interface MIDI. Este conjunto está diseñado para generar instrumentos virtuales no disponibles en la realidad, pudiendo añadir la capa gestual en el sistema para dotarlo de 'realismo instrumental' (direccionalidad gesto / evento sonoro).

Img > <http://www-users.york.ac.uk/~dmh8/cymatic/icmpcdf.pdf>

Le Corbusier* retomó esta proporción y publicó el libro *Modulor*, a modo de tratado, indicando las medidas idóneas para proyectar arquitectura. En la actualidad, esta vía de crear proporciones armónicas se ha ido olvidando debido a la complejidad a que está sometida la arquitectura por la tecnología, por las innovaciones, por los progresos científicos, por asuntos sociales, políticos, financieros, etc. Todos estos aspectos han puesto sus avances y restricciones a la hora de proyectar un edificio. La ecología y la sostenibilidad son dos campos a tener en cuenta y, de nuevo, la mirada al diseño de la naturaleza parece estar en auge. Un diseño, que la naturaleza lleva millones de años estabilizándose hacia la optimización tiende a la perfección en base a la acumulación de experiencias y evolución en un tiempo macro. Hoy en día la arquitectura quiere seguir dando solución a toda esta complejidad y sus edificios tienden a formas más orgánicas, que están procesadas con herramientas digitales basadas en la naturaleza.

En general, estas nuevas arquitecturas inspiradas en el *flujo orgánico* (naturaleza, geología, etc.) se exponen como elementos continuos (ver imágenes en las dos próximas páginas) con una imagen holística. Se utiliza un único material o acabado para obtener una mejor lectura de la complejidad proveniente de las formas de la naturaleza, que morfológicamente mutan y se articulan. En la mayoría de los casos se muestran como proyectos con una imagen blanca, higienista y aséptica, propia de las sociedades occidentales. La continuidad y la estructura rizomática no jerárquica, es un factor decisivo a la hora de determinar las estructuras y las capacidades de los materiales. Por lo tanto, los criterios geométricos son poco convencionales, determinando curvas desde algoritmos matemáticos, para definir su capacidad resistente.

Por otra parte, el concepto de modelo digital es la base para una nueva condición de producción, que ya no se basa en la industrialización hasta ahora conocida y que va a crear un crecimiento casi embrionario, introduciendo y determinando procesos complejos, así como un cambio sustancial a la hora de proyectar e incluir factores que hasta ahora pertenecían a otras disciplinas. Este tema se va a analizar con más detenimiento en el siguiente capítulo.

Hasta hace poco, resolver la *funcionalidad* ha sido un requerimiento básico en la arquitectura. Ahora además, se pueden crear primeramente las funciones y luego se pasa al diseño. La movilidad y la mutación de estructuras o materiales ya no tienen porqué tener únicamente referencias a geometrías racionales. Los materiales son cada vez más *fluidos* y hacen que la forma o la estructura se dispongan con *continuidad*. Incluso algunas soluciones de proyectos, que parten de los algoritmos matemáticos de crecimiento, no dependen de la escala. Conceptos todos ellos, que parten de la estructura atómica de los materiales, pueden cambiar los criterios de la próxima arquitectura. Otro aspecto a tener en cuenta, que también va en la línea de estudiar los materiales a nivel atómico, es la de considerar las estructuras arquitectónicas como estructuras de tejido. El hecho de poder mostrar particularidades sobre una matriz formal y, por lo tanto, definir condiciones a partir de sistemas fibrilares, con características específicas estructurales, térmicas, ignífugas, etc., es también un aspecto a tener en cuenta en cómo las estructuras se consideran más en relación entre lo micro y lo macro, así como dicha complejidad formal va asociada a la estructura.

*Sistema de medidas detallado por Le Corbusier (1887-1965) quien publica en 1948 el libro llamado "Le Modulor" seguido por "Le Modulor 2" en 1953 en los que da a conocer su trabajo, y de cierta manera, se une a una larga "tradición" vista en personajes como Vitruvio, Da Vinci y Leon Battista Alberti en la búsqueda de una relación matemática entre las medidas del hombre y la naturaleza. De cierta manera es una búsqueda antropométrica de un sistema de medidas del cuerpo humano en que cada magnitud se relaciona con la anterior por el número áureo, todo con la finalidad de que sirviese como medida base en las partes de la arquitectura. Las medidas parten desde la medida del hombre con la mano levantada (226 cm) y de su mitad, la altura del ombligo (113 cm). Desde la primera medida multiplicando sucesivamente y dividiendo de igual manera por el número de oro se obtiene la llamada serie azul, y de la segunda del mismo modo la roja. Cada una es una sucesión de Fibonacci y permitiendo miles de combinaciones armónicas.

El Rolex Center en Lausanne de Sanaa y el interior para unas oficinas/taller de manufactura de maderas en Boston, de Decoy son dos ejemplos en donde la arquitectura está influenciada por las formas orgánicas de la naturaleza. Son dos proyectos en que existe una continuidad curvilínea. El de Sanaa tiende hacia una continuidad espacial y el de Decoy hacia una continuidad del material, que como si fuera un árbol comienza por el tronco, se eleva y se esparce por el techo a modo de unas anchas ramificaciones.



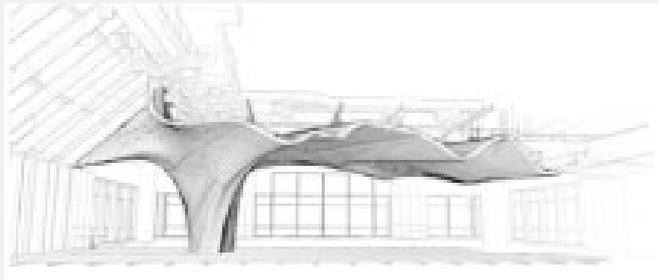
Rolex Center de la **Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne SANAA**

El despacho japonés **Sanaa**, en su proyecto para el Rolex Center de la **Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne**, plantea una naturaleza compleja a partir de dos láminas continuas y perforadas en las que se empleó un sistema de estructura nuevo y complejo. Es un espacio arquitectónico pensado para crear una interacción dinámica entre la topografía ondulante de estas dos láminas y el movimiento humano, sin recurrir a ningún tipo de paredes o barreras visuales. En un espacio de 20.000 m² se extiende todo un espacio fluido, creando una red de servicios, biblioteca, centro de información, espacios de estudio, restaurantes y cafeterías. El resultado es una sinuosa arquitectura orgánica, con suaves curvas y desniveles, que separan espacios y delimitan zonas dentro del edificio, a modo de topologías celulares.

Img > <http://www.cgarchitect.com/2012/03/sanaas-rolex-learning-center-maquette-style>

Img > <http://www.dailycharrette.com/epfl-rolex-learning-center-sanaa/>

Img > <http://www.dezeen.com/2010/02/17/rolex-learning-center-by-sanaa/>



Proyecto interior de Decoy: OneMainStreet.

El proyecto interior para unas oficinas/taller OneMainStreet (manufactura de maderas) Boston, 2008-9, sustituye los componentes prefabricados típico del proceso industrial, por un protocolo "sin costuras" y no estandarizado de fabricación personalizada*. Una estética formal emerge de este proceso, dando una continuidad curvilínea al diseño a nivel espacial y de detalle.

En sentido material, el proyecto explica las propiedades de manufacturación de esta empresa con materiales sostenibles y carbono-absorbentes mediante herramientas digitales que los traducen a elementos refinados y espectaculares.

Img > <http://www.decoi-architects.org/2011/10/onemain/>

En esta introducción se pretende dar una visión a través de la situación de la arquitectura en el contexto actual mutante y líquido, donde la capa de la información y de la fluctuación de datos ha reverberado en prácticamente todas las profesiones y disciplinas. Tal como en su tiempo sucedió con la imprenta, que transformó la humanidad desde la cultura oral a la cultura escrita y fijada, el digitalismo ha representado un salto en la civilización, en el que la cultura fijada se vuelve más plástica, mutable, transformable y clonable. Es esa plasticidad a la que hace alusión esta tesis, para formar la potencial capacidad de transformación y generación de sistemas emergentes, desde estructuras de conocimiento anteriormente sectorializadas. Las tecnologías asistidas, aplicadas al diseño industrial y a la arquitectura, fomentan todas estas nuevas direcciones.

Nos encontramos con una organicidad recurrente, que en cierta manera continua la exuberancia naturalista a la que se refería a finales del siglo XIX el Art Nouveau. No es sólo una cuestión de mimesis formal, sino también de flujos e interacción de sistemas orgánicos. Esa inspiración en las formas de organización de la naturaleza no sólo se transmuta mediante la organicidad. En todo ser viviente, existe una equilibrada combinación entre la continuidad global de las formas y sus constituyentes: células, partículas y sub-partículas que se organizan por estratificación, simbiosis y adyacencia. Estas reflexiones y referencias a los sistemas vivos, disponen de un factor que habitualmente no se introduce en la arquitectura: los procesos de crecimiento (*Growth*). Poder interrelacionar procesos de crecimiento e integrarlos en la arquitectura implica, tal como sucede con el sonido, crear la posibilidad de trabajar con elementos dinámicos y mutantes en la praxis arquitectónica, y por extensión, lograr un replanteamiento de sus bases y de sus marcos referenciales. La inclusión del concepto crecimiento (*growth*) hace referencia a la generatividad en la producción de los procesos humanos.

En el mundo de la música contemporánea, especialmente aquella más experimental, es ciertamente habitual plantear las composiciones en oposición a decisiones tomadas a priori por el compositor, dentro de un score o partitura cuyo marco de referencia intrínseco es el tiempo. Cada vez más, se programan algoritmos de probabilidad y comportamiento, a partir de los cuales la composición deriva no sólo desde una única singularidad, sino de ciertas variaciones. En arquitectura, se podría hacer la misma traslación conceptual. Se podría plantear como una práctica de metadiseño, en que las variables tratan sobre la organización e implementación de sistemas complejos y de sus relaciones para poder extraer de manera emergente concreciones y soluciones detalladas. En este sentido, la sostenibilidad es clave para entender estos últimos casos, tanto los modelos generativos que hacen referencia al crecimiento, como los que reciben influencia del comportamiento simbiótico de los organismos vivos. Sin duda, uno de los conceptos clave es la optimización, ya que la arquitectura generativa no se basa sólo en una inspiración de la naturaleza en sus aspectos formales. Ella aplica continuamente la optimización para su continua perpetuación y evolución. El ser humano, ha demostrado especialmente en las últimas décadas que no opera bajo estas premisas, en detrimento causado por la hiperproducción y acumulación de recursos que sólo fomentan el desequilibrio en el reparto de los mismos, oponiéndose a la dosificación de la naturaleza. Quizás es poco realista pretender que una estructura crezca y produzca una optimización en su crecimiento. Sin embargo, la gran velocidad en la que nuevas técnicas y materiales evolucionan, hace que la anterior idea no sea tan descabellada.

La Arquitecta, licenciada en medicina, e investigadora del MIT, Neri Oxman, realiza una interesante investigación sobre la morfogénesis o generación de estructuras formales. En sus presentaciones muestra la relación e inspiración que la naturaleza nos ofrece en la construcción de estructuras y formas. A diferencia de segmentar en fracciones funcionales, como en la cotidianidad arquitectos, diseñadores, y otros profesionales que trabajan con estructuras formales, Oxman afirma que la generación de la forma tiene una relación intrínseca con la función bidireccionalmente. Es decir la función crea la forma y viceversa, en un proceso continuo que referencia como *Growing* o crecimiento. Para la arquitecta el concepto de *Growth* podría ser muy significativo y trascendente, mediante las técnicas actuales en continua evolución aplicadas al diseño y a la arquitectura, como la emergencia de las tecnologías de impresión 3D. Sin duda sus aportaciones son muy sugerentes, sin embargo se produce una cuestión significativa no solucionada totalmente hoy en día, que es la separación de los procesos constructivos. Con las tecnologías 3D aplicadas al diseño, así como la robótica aplicada al diseño industrial, se intenta suprimir esta separación entre el proceso constructivo (o dispositivos necesarios del mismo) y el objeto construido.

Si nos referimos a las reflexiones de Oxman sobre el crecimiento, veremos que este es una variable propia de los seres vivos, no reproducible al construir un determinado diseño (objeto o arquitectónico). Y es aquí donde existe la brecha en la emulación formal con la naturaleza esencialmente distinta: la naturaleza continuamente cambia para obtener nuevas formas y funciones, debido a diversas variables que dependen intensamente del contexto o medio en el que se encuentran. Lo que comentó tiempo atrás Neri Oxman que “*en un futuro, no muy lejano, seremos capaces de imprimir los edificios*” ya se empieza a realizar hoy en día.

concepto (paradigma 3D printers) escala

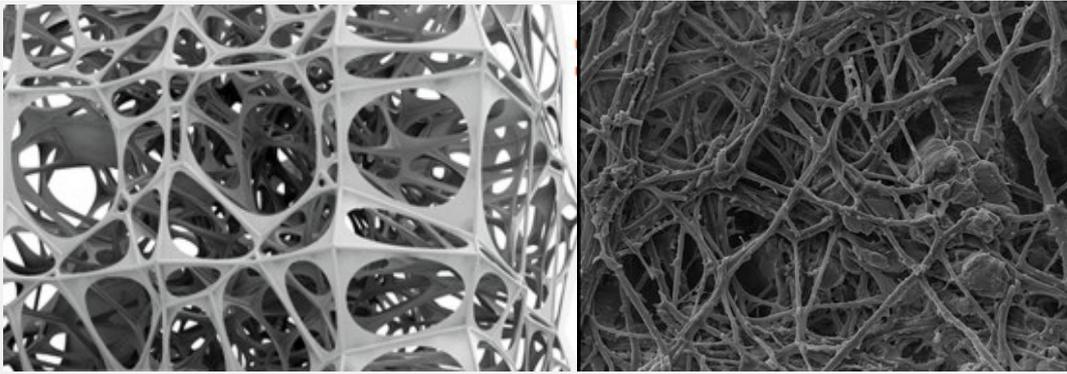
=

Arquitectura 3D Print

Neri Oxman 'I believe in the near future we will 3D print our buildings and houses'
 Video de Neri Oxman
<http://www.twylah.com/medialab/tweets/291268586318749696>

Img > makerbot.com
 Img> <http://nocloudinthesky.wordpress.com>
 Img > GraficantsDeTrisseny

Por lo tanto, nos surge una pregunta difícil de resolver: ¿Se puede pensar en una arquitectura que mute y crezca en función de estímulos, reacciones, necesidades variables que dispondrá en el tiempo? Este concepto ahora mismo quizás suene a ciencia-ficción, pero quizás en un futuro no tan lejano, la construcción auto regulada de material sería posible para tejer una arquitectura basada en fibras y conjuntos estructurales complejos, como el que regula el crecimiento de la cáscara de un huevo*, donde forma global (ovoide) con sus micro fibras estructurales (forma nanoscópica) conforman un todo que resuelve forma y función. ¿Pero cómo introducir el concepto de *Growth* o crecimiento en la arquitectura, cuando esta habitualmente se plantea en términos estáticos y no dinámicos?



Estructuras fibrilares continuas

Imágen nanoscópica de una cascara de huevo común.

Img > <http://nocloudinthesky.wordpress.com>

Una de las direcciones que en los últimos años la ingeniería de materiales está aportando son los *Smart materials* o, *materiales inteligentes*. Estos constituyen una nueva generación de materiales provistos de propiedades particulares. Muy diversos en formas y composición, se definen esencialmente como aquellos que tengan un sistema reactivo e interactivos a una serie de cambios en el contexto o en el ambiente circundante. Existen de diversos tipos y por definición están en continuo cambio. A continuación se citan unos ejemplos:

SmartMaterials > Piezoeléctricos

Los materiales que disponen en su composición de una parte de material piezoeléctrico. Los materiales piezoeléctricos tienen la propiedad de generar un pequeño voltaje cuando están sometidos a un stress mecánico, es decir, cuando son doblados o golpeados. Un ejemplo de esta aplicación podría ser un mecanismo de reducción de ruido, por ejemplo en un coche, en un aeroplano o también en paredes u otros elementos de mobiliario. La estructura inteligente que realiza esta tarea incluiría un material que detecta los cambios en la presión de aire, debido a las ondas sonoras, y convierte estos estímulos a señales eléctricas que pueden ser usadas para conducir y emitir por altavoces una señal 'anti ruido', pudiendo cancelar el ruido. Ambas partes del sistema pueden usar materiales piezoeléctricos que convierten la energía mecánica a eléctrica.

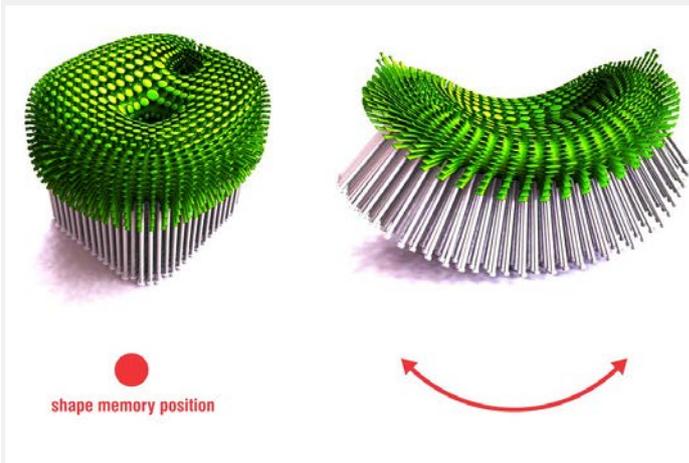


Piezoeléctricos de pequeño tamaño para aplicaciones de audio y Bending.

Img > http://img1.mlstatic.com/piezo-electrico-trigger-de-bateria-27mm-alesis-roland_MLA-O-3321192367_102012.jpg

SmartMaterials > Shape memory

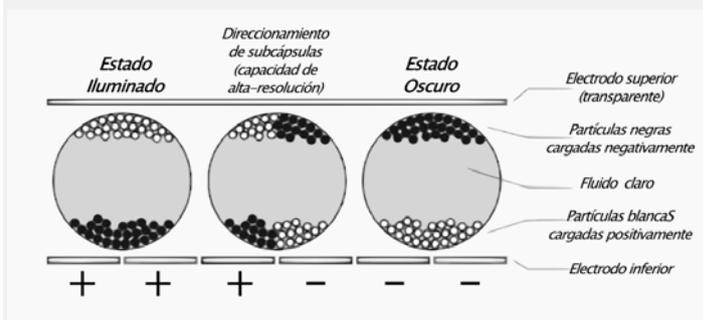
Otro ejemplo, es el de los materiales que tienen shape memory o 'memoria de forma'. Algunas aleaciones metálicas, como aleaciones de Níquel y Titanio, muestran la capacidad de retornar a la forma original después de ser deformados. Aunque esta peculiar capacidad se descubrió en los años 30, no se estudió en profundidad hasta 3 décadas después. En la actualidad se conoce que la memoria de forma es una especie de fase de transición. El término es asociado con los cambios de estado (de gas a líquido, o de líquido a sólido) que el material se somete como resultado de reordenamientos moleculares espontáneos, a ciertos puntos críticos de intensidad, pero sin perder su solidez. El cambio de fase es entre dos estados de estructura cristalina, un estado relativamente blando y deformable (Martensite), y otro estado de mayor rigidez (Austenite). La diferencia entre los dos estados es que sucesivos planos de átomos en el estado Martensite son realineados hasta que una porción del cristal deviene una imagen espejo de la otra.



Multi-Pede Chair es una silla ajustable sin partes mecánicas. La silla está diseñada alrededor de un núcleo de polímero de memoria de forma. (Electroactive Shape Memory Polymer). Al conectar la silla en una toma de corriente se puede cambiar la configuración deformándola, enroscándola o estirándola. Al desconectar de la corriente la nueva forma habrá 'solidificado'. (<http://www.fadarch.com/multipede.html>)
Img > <http://farfromequilibrium.blogspot.com.es/2010/04/shape-memory-polymer-chair.html>

SmartMaterials > Electrophoretic displays (EPD)

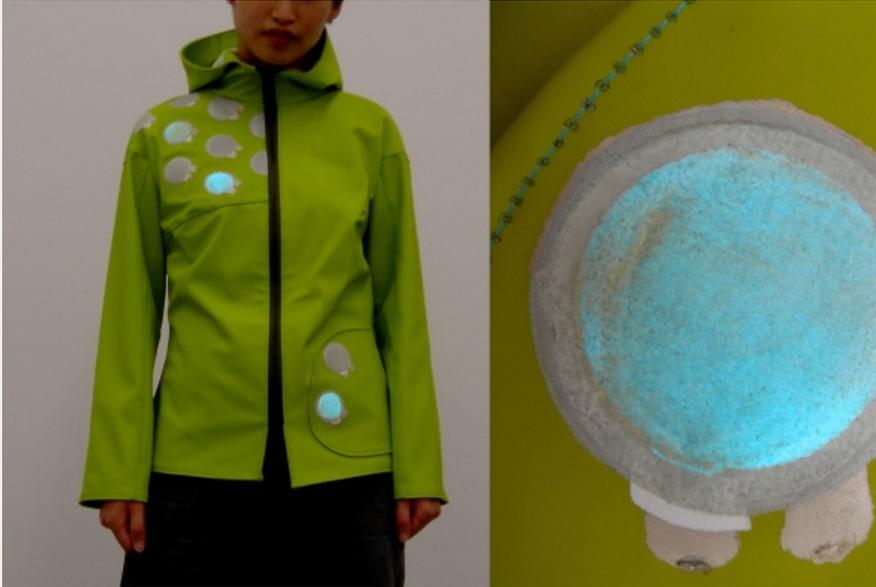
Las pantallas electroforéticas forman imágenes visibles por reordenación de partículas pigmentadas y cargadas, usando la aplicación de un campo eléctrico. El papel electrónico, e-paper y tinta electrónica son tecnologías de visualización diseñadas como mimesis de la tinta y papel ordinarios. A diferencia de los paneles retroiluminados que emiten luz, las pantallas de papel electrónico reflejan la luz como el papel ordinario, haciendo que sean más confortables a la lectura.



Electrophoretic displays (EPD) Principio de operación de pantallas electroforéticas de papel
Img > http://www.organicui.org/?page_id=67

SmartMaterials > Electroluminiscent (EL)

La iluminación electroluminiscente es una tecnología usada en la actualidad para producir delgadas y flexibles luminarias mediante procesos de impresión. Una membrana de fósforo entre dos capas conductivas, que se ilumina cuando una señal eléctrica es aplicada a través de las capas. Los materiales electroluminiscentes son ampliamente utilizados como aplicaciones retro iluminadas para electrónica portátil y puede ser aplicada en grandes superficies. El proyecto Puddlejumper de investigadoras del MIT, combina este tipo de materiales adheridos en prendas de ropa.



El impermeable Puddlejumper presenta paneles electroluminiscentes en tela flexible. Los paneles se iluminan cuando las gotas de lluvia o líquido caen sobre ellos.
Img > http://www.organicui.org/?page_id=67

Los materiales inteligentes tienen la capacidad de cambiar su color, forma, o propiedades electrónicas en respuesta a cambios o alteraciones del medio o pruebas (luz, sonido, temperatura, voltaje). Estos materiales podrían tener atributos muy potentes, como la autoreparación, por lo que el concepto *Growth*, anteriormente comentado, distaría de ser tan utópico.

La capacidad de crear componentes con precisión atómica puede llevar a estructuras moleculares con interesantes características tales como una alta conductividad eléctrica o potencia. En cualquier caso, estos nuevos materiales deberían ir más allá de sus propiedades interactivas y tener en cuenta la capa de sostenibilidad optimizada anteriormente comentada.



Fluido "smart" desarrollado en los laboratorios del Michigan Institute of Technology
Img > http://webdocs.cs.ualberta.ca/~database/MEMS/sma_mems/smrt.html

Marcos Novak*, arquitecto cibernético, hizo el siguiente comentario:

"La nanotecnología va a cambiar por completo la arquitectura. Los edificios se van a ajustar y modificar ellos mismos, en tiempo real, y durante los terremotos van a permanecer de pie. Esto es solo un ejemplo de lo que podemos esperar en un futuro no muy lejano".

*La arquitectura líquida en palabras de Marcos Novak:

"Es una arquitectura que respira, pulsa, salta en una forma y cae de otra. La arquitectura líquida es una arquitectura cuya forma es contingente al interés del usuario; una arquitectura que se abre para acogerme y se cierra para defenderme; una arquitectura sin puertas ni pasillos, donde la próxima habitación está siempre donde la necesito y es como la necesito".

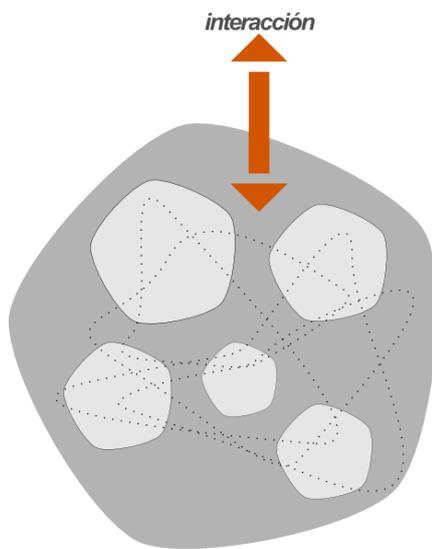


Marcos Novak es profesor en la Universidad de California, en Santa Barbara, y miembro de CNSI (the California NanoSystems Institute), MAT (Media Art and Technology), y Art. Ha dado nombre al UCSB AlloSphere (la esfera de tres plantas para la creación de entornos virtuales sumergidos, la más grande de entre estas estructuras propuestas en origen por la Dra. Kuchera-Morin) y ha realizado su primer proyecto, el AlloBrain, utilizando barridos fMRI de su propio cerebro. Es director del transLAB del UCSB. En 2004, tuvo el honor de convertirse en miembro del World Technology Network. Actualmente investiga las nanobiotecnologías y explora la hipótesis de que nos encontramos en una fase cultural caracterizada por la "producción de lo ajeno", basada en paralelo al concepto renacentista de "producción del hombre".

Img > https://www.mat.ucsb.edu/res_proj5.p

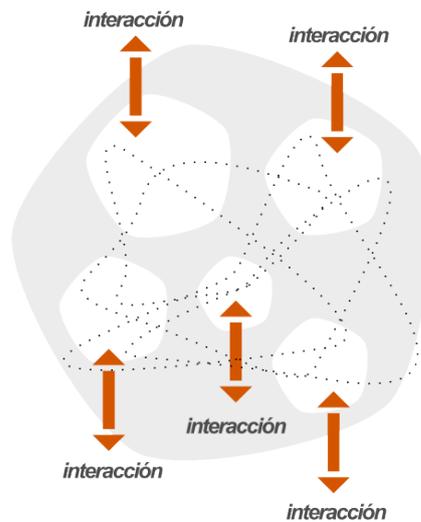
Img > <http://carloamaturo.altervista.org/?cat=12>

Es evidente que el concepto de crecimiento y los smart materials llevarán un tiempo de desarrollo, pero apuntan a una nueva reformulación desde las estructuras de la arquitectura, apostando por una arquitectura mutante y dinámica versus a la visión estática ortodoxa. Sin llegar a tal límite de abstracción con lo posible, la introducción de elementos arquitectónicos o espaciales, dotados de una capa reactiva o interactiva, no son tan lejanos en el tiempo, pues desde hace unos años se están realizando experimentos en este sentido, como por ejemplo las superficies interactivas del proyecto *Aegis Hyposurface** (ver imágenes en la siguiente página). Esta tipología de proyectos es interesante en cuanto al cruce de técnicas y disciplinas. En este sentido las capas sonoras y multimediales se superponen al conjunto creando una combinación de elementos que a nivel perceptivo puede resultar muy interesante. La sofisticación técnica sin embargo, dota a este tipo de ensayos de cierto grado de fragilidad, debido a la alta complejidad de tecnología asociada, especialmente cuando esta se articula en sistemas abiertos y rizomáticos.



sistema monolítico de interacción

El sistema depende de un conjunto de elementos interconectados de manera jerárquica. Cualquier fallo en alguno de los elementos de la cadena, afecta a la totalidad de la interacción.

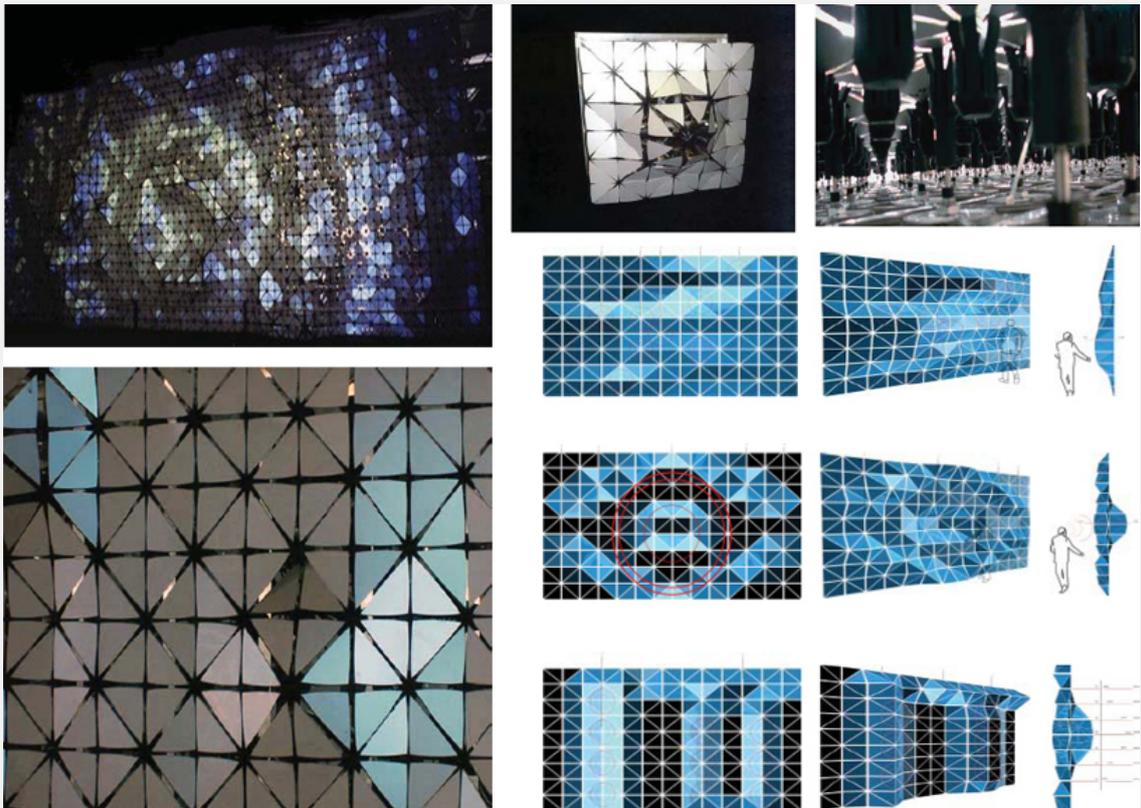


sistema distribuido de interacción

El sistema depende de un conjunto de elementos interconectados de manera distribuida. Cualquier fallo en alguno de los elementos de la cadena, anula una funcionalidad concreta pero no afecta a la totalidad de la interacción.



* Aegis Hyposurface del estudio franco-inglés Decoi.



Aegis Hyposurface

Spatial Information Architecture Laboratory (SIAL) en Melbourne, Australia, 2001

El proyecto Aegis Hyposurface del estudio franco-inglés Decoi, crea una de las primeras media surface interactivas. Este dispositivo utiliza placas de metal reflectante, que movidas neumáticamente, reaccionan a tiempo real a inputs electrónicos. Distintos sensores transfieren los impulsos del entorno del dispositivo y estos son transmitidos a una matriz de motores fijadas a las placas. Los movimientos de los espectadores se transfieren a tiempo real al dispositivo exactamente, creando un fluido de apariencia natural. La superficie actúa como un dispositivo digital y toma el input de sonido, del movimiento, y/o de los datos de internet para crea patrones geométricos, logos y textos. No obstante, esta fachada todavía no es capaz de servir como piel externa de una edificación y está por ver cómo podría ser aplicada para tal uso, proveyendo beneficios al entorno y, al mismo tiempo, sirviendo como una fachada dinámica e interactiva.

Img > <http://hyposurface.org/>

Img > http://lab-au.com/mediaruimte/digital_territories/projects/cybernetic/Aegis-Hyposurface_deCOi.html

Arquitecturas no convencionales

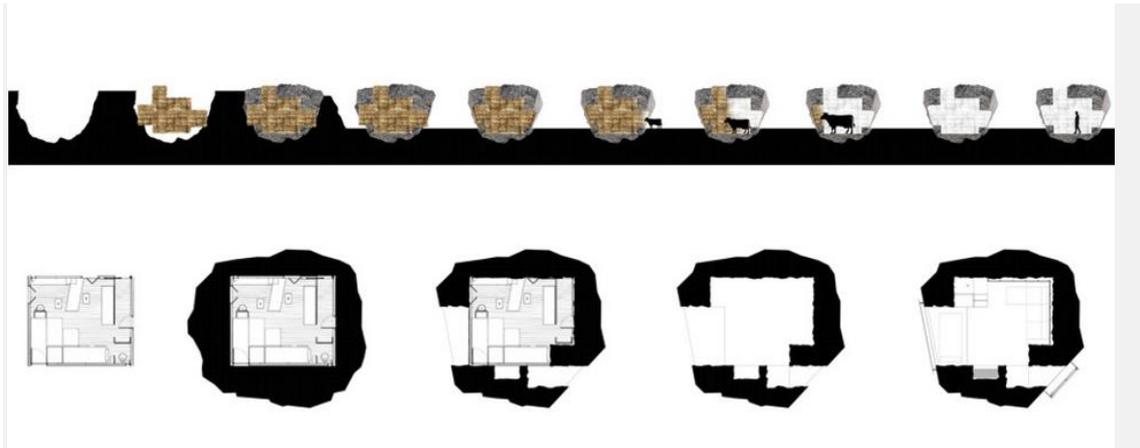
Son muchas las arquitecturas actuales que van incorporando referencias tecnológicas, provenientes de otros sectores. Muchas se basan en un efectismo formal exuberante, influenciado por la nueva organicidad. Paradójicamente muchos de estos proyectos inspirados en la naturaleza, devienen poco sensibles respecto a criterios bioclimáticos y de sostenibilidad. El planeta se encuentra en una *situación crítica* respecto a los recursos que el ser humano necesita para ejecutar sus acciones cotidianas. Los proyectos arquitectónicos deberían tender, no sólo a que los requerimientos energéticos sean contenidos y optimizados, sino que se fuera un poco más allá y se plantearan como *micro-centrales energéticas autónomas*, donde la energía necesaria para obtener todos los recursos de la vida cotidiana fuera producidos” in situ.”

La arquitectura orgánica, que no tiene en cuenta estos conceptos, deviene revolucionaria formalmente, pero caduca en otras capas necesarias para dotar a la arquitectura de una evolución real en el marco del contexto socioeconómico actual. Una arquitectura armónica deberá tener en cuenta no sólo aspectos espaciales y formales, sino también la introducción de mecanismos ‘feedback’ en que los materiales, los procesos constructivos y energéticos, aporten canales simbióticos en el medioambiente, y en la actividad humana.

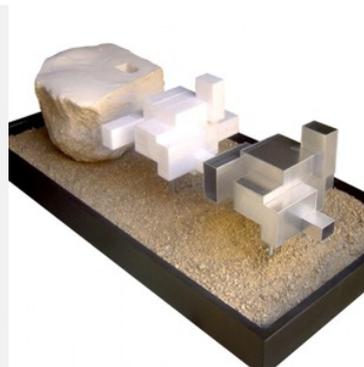
Esta simbiosis con el medioambiente aporta el componente de la organicidad.

Se han visto anteriormente algunos ejemplos de arquitecturas orgánicas en su vertiente formal. No obstante, la organicidad es un concepto expansivo en otras vertientes. La organicidad se puede desarrollar en cuanto a proceso orgánico, en el que el resultado devendrá orgánico por la metodología del mismo.

Un ejemplo de esta situación la constituye la *Casa Trufa de Ensamble Studio** (ver imágenes en la página siguiente), que opta por un proceso constructivo poco convencional inspirado en procesos industriales a través de moldes. En la casa Trufa, se parte desde el espacio o vacío como motor de generación formal, siendo el continente un molde perdido realizado mediante taludes del mismo terreno. El vacío espacial se realiza con balas de paja que formatearán el mismo espacio. El hormigón envolvente constituirá el contenedor alrededor de las balas de paja a modo de capas geológicas. Una vez realizados todos los estratos, el interior se digiere por animales rumiantes, que progresivamente irán vaciando las balas de paja durante el fraguado de la estructura de hormigón. El hormigón, a su vez, adquiere las propiedades y texturas del entorno, al haber realizado los taludes de contención con el mismo material. La construcción se remata con dos cortes técnicos que desarrollan la ventana principal y el acceso. El resultado adquiere una singular integración simbiótica con el entorno, por tratarse de un ensayo que adopta un *procedimiento geológico* en su misma conformación. La sostenibilidad en este proyecto adquiere algunos aspectos muy interesantes como la integración, la economía de los materiales, la relación economía resultado, el procedimiento constructivo respetuoso y no invasivo. Esta sostenibilidad es más relativa en criterios de producción y optimización energética, al no disponer de placas solares u otros dispositivos de producción energética. Aunque sí es relevante la inercia térmica que los pétreos muros dotan al conjunto.



Proceso constructivo de la casa Trufa



* Casa trufa de Ensamble Studio

Un ejemplo alternativo sería el proyecto para la Casa trufa de Ensamble Studio en la costa da Morte en 2006-10.* Esta casa, de 25 m², es una mimesis de la naturaleza y la geología con bajos recursos, más integración, ecología y proceso performativo de construcción. Además significa una interrelación de consumo agropecuario en la eliminación de 'residuos' de obra. Durante un determinado tiempo la eliminación de elementos constructivos de molde (balas de paja) se va consumiendo con la alimentación de otro organismo (vaca).

El proceso adoptado de disciplinas como la escultura o el diseño industrial interviene en la conformación espacial. Se diseña el negativo (que devendrá espacio) para obtener la forma resultante por acumulación de material estratificado. La incorporación de texturas orgánicas se obtiene mediante el mismo proceso constructivo (construcción simbiótica).

Img > <http://www.ensemble.info/actualizacion/projects/truffle>

Sin duda los criterios relativos a la sostenibilidad son esenciales en la práctica arquitectónica en el contexto socio/económico actual. Un contexto crítico, tanto medioambientalmente, como de la misma organización de la sociedad. Nos encontramos en una encrucijada histórica en la que probablemente no se podrá volver al *Status Quo* previo.

Se deberían articular más estructuras donde la *sociedad red* pueda participar, desarrollarse y expandirse en las decisiones y acciones de la vida cotidiana.

La disciplina arquitectónica no está exenta a estas consideraciones, sin embargo su visión clásica, dogmática y gremial aún contenida en sus instituciones, hace que sean pocas las iniciativas que desafían los roles jerárquicos bajo los que funciona tradicionalmente la Arquitectura.

En otras palabras: una *Arquitectura underground* que cuestiona la *Arquitectura Stablishment*. Este género se puede englobar bajo una serie de conceptos aunque no siempre tienen que ser coexistentes:

#tmp

Arquitectura Temporal o Efímera

Tradicionalmente, la arquitectura ha sido concebida como una práctica que perdura en el tiempo, para rentabilizar su inversión. Es a partir de la 2ª mitad del siglo XX, que aparece el concepto de la arquitectura efímera, con el precedente de los pabellones efímeros en congresos, exposiciones universales, y eventos análogos. En esta tipología, la arquitectura es vista como dispositivo generador de un determinado espacio de actuación y de actividades, acotadas en el tiempo. Los eventos post-situacionistas proponen la arquitectura (efímera) como un marco de actuación y de desarrollo de actividades transdisciplinares, en numerosos casos con un componente subversivo o de desafío al *stablishment*. La materialización de ese desafío se resuelve normalmente mediante construcciones temporales, que debido a ese condicionamiento son más económicas y flexibles. Esta consideración no se ajusta, cuando la práctica de la arquitectura efímera deviene únicamente un objeto de muestra y alarde, como sucede en los pabellones efímeros que se muestran en numerosas exposiciones. Es en estos contextos, donde los conceptos temporal y economía no van conectados, produciéndose un error fundamental en este tipo de intervenciones.

#coop

Arquitectura cooperativa.

Existe una emergente línea de actuación que replantea la metodología y sectorialización de la práctica arquitectónica. En esta se fomenta el diseño y ejecución colectiva, en contrapartida al diseño y ejecución jerárquica y sectorializada. En definitiva, aquellos procesos de construcción, donde diseño y ejecución se realizan por un grupo de personas, incluyendo a técnicos, deconstruyendo la figura/gremio del Arquitecto/a como máximo responsable de la obra y fomentando la incorporación de otras visiones críticas en el mismo proceso.

#exp

Arquitectura Experimental

Se trata de una tipología poco concretada a nivel formal por tratarse de ensayos arquitectónicos, donde la experimentación, el riesgo y las soluciones no convencionales establecen el substrato de la actuación. Son ejemplos que establecen la investigación arquitectónica no sólo en cuestión formal, sino también material, energético, de metodología y de organización.

#media

Media Arquitectura

Crossover entre dispositivos arquitectónicos y dispositivos sonoros, mediáticos, cibernéticos y multimediales. Se trata de una tipología, donde la construcción de estos dispositivos van asociados a la generación de happenings u otros eventos acotados en el tiempo, donde se desarrollan performances, talleres, debates, etc.

La arquitectura en este tipo de actuaciones deviene como un contenedor espacio-temporal pasando a ser una pieza más del engranaje, tal como si fuera un componente en todo el conjunto.

Wikiplaza [#tmp #media #coop] Paris 2009



Exterior e Interior de la **Wikiplaza** en la plaza de la Bastille en París 2009
Straddle3 + Hackitectura + Colaboradorxs.

La **Wikiplaza** se constituyó como un dispositivo arquitectónico efímero en el que crear un marco de actuación cultural de 3 semanas mediante un domo geodésico transportable, en el que realizar un gran número de contenidos y actividades (presentaciones, debates, live performances, cibercafé, etc), articuladas por los ejes: creación, pensamiento contemporáneo y biopolítica. El proyecto residía en la fusión de los conceptos Wiki + Plaza. **Wiki** como motor de generación de contenidos colectivamente y descentralizad_ (en alusión a uno de los primeros CMS –Content Management System- o gestores de contenidos web). **Plaza** por utilizar el espacio público como espacio de compartir conocimiento, emociones y experiencias. En el interior de la Wikiplaza, diferentes elementos de mobiliario, entre los que destacaban un sofá en_espiral producido con tecnologías CNC en el FabLab de la ETSA Sevilla, articulaban un continuum de actividades generadas y dinamizadas en el mismo evento.

Img > <http://straddle3.net> + <http://wwb.cc>

NIU Recetas Urbanas [#tmp #coop #exp] Girona 2008



Imágenes correspondientes al Proyecto NIU de **Recetas Urbanas** realizado en Girona en el año 2008. Se trataba de un pabellón construido con un contáiner industrial rehabilitado y acompañado de una piel vegetal. El conjunto se disponía encima de un palacete neoclásico delante del río Onyar. Diversas actividades formativas y culturales, se desarrollaron en el mismo, que fue diseñado y ejecutado por el mismo grupo de arquitectos.

Img > <http://www.recetasurbanas.net>

Img > <http://www.recetasurbanas.net/v3/index.php/es/component/joomd/proyectos/items/view/el-niu>

MAKROLAB [#tmp #coop #exp]



Los eslovenos Makrolab en paralelo a sus propuestas activistas, de creación, y de pensamiento táctico contemporáneo, articulaban dispositivos arquitectónicos basados en la autosuficiencia energética, cruzando las líneas de experimento efímero y ensayo de investigación. Estos dispositivos formaban parte de otros proyectos extra-arquitectónicos**, donde poder materializar y complementar sus actividades.

**Entre sus más conocidos proyectos está el 'Eyes in the Sky Democracy in the Streets', un sistema de contra-vigilancia hacia los sistemas que el estado dispone para monitorizar y controlar la actividad humana. En este proyecto se utilizaron drones o dispositivos aéreos no tripulados provistos de cámaras, con los que poder determinar una capa de monitorización de los agentes de control. Esta monitorización se producía sobre la superficie urbana, desde el ángulo de una sociedad civil empoderada.

Img > <http://isea2011.sabanciuniv.edu/sites/isea2011.sabanciuniv.edu/files/participant-images/makrolab%20markII.jpg>

Volviendo a la fenomenología sonora en relación a la arquitectura, habría que incidir en las posibilidades que brinda el mundo digital, ya que éste está potenciando un nuevo concepto espacial, dinámico y fluido. Ya se está hablando de *arquitectura líquida*, en donde las arquitecturas virtuales, que se crean e imaginan a diario a través de un soporte digital son objetos, que posteriormente devendrán construcciones tectónicas. Toda esta construcción virtual está cambiando la *noción del espacio*. Además, se está investigando a nivel molecular las capacidades de los materiales.

Cuando el espacio existía como una categoría independiente, la arquitectura era el arte del espacio. Cuando el tiempo existía como una categoría separada, la música era el arte del tiempo. Desde que se ha asociado el concepto de espacio al concepto de tiempo, se habla de un nuevo concepto espacio-tiempo y en paralelo a la relación correspondiente entre *materia* y *energía*. Esto apunta a que la arquitectura y la música, ya no estén en dos mundos separados.

Steen Eiler Rasmussen explica en su libro *Experimentar la arquitectura* que no existen proporciones visuales en arquitectura que tengan el mismo efecto espontáneo sobre nosotros como las que ordinariamente llamamos armonías y desarmonías en música. Este fragmento data de un interesante libro escrito en 1957, en una época en que los procesos de generación de formas actuales eran todavía inimaginables y en que el factor tiempo para la arquitectura se consideraba estático. Consecuentemente, el efecto espontáneo solamente se podía concebir en algo tan efímero como la música.

Es ahora, con las tecnologías que disponemos, que quizás se pueda volver a plantear la pregunta acerca de si realmente son equiparables los efectos instantáneos de unas frecuencias o notas musicales con los efectos producidos por edificios construidos. Si es así,

¿Es posible trasladar un sonido a un modelo 3d?

¿Qué relación existe entre la morfología y los fenómenos vibratorios?

¿Es posible crear espacios a través del sonido?

¿Cómo afecta el sonido a la configuración de un espacio?

¿Qué relaciones existen entre el cuerpo y el sonido en referencia a la arquitectura?

¿Se podrían denominar algunas frecuencias como armonizadoras o equilibradoras?

Para dar respuesta a estas preguntas, esta tesis va a investigar las conexiones entre *sonido / forma, sonido / espacio* y *sonido / cuerpo*.

1

Espacios Sónicos

Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

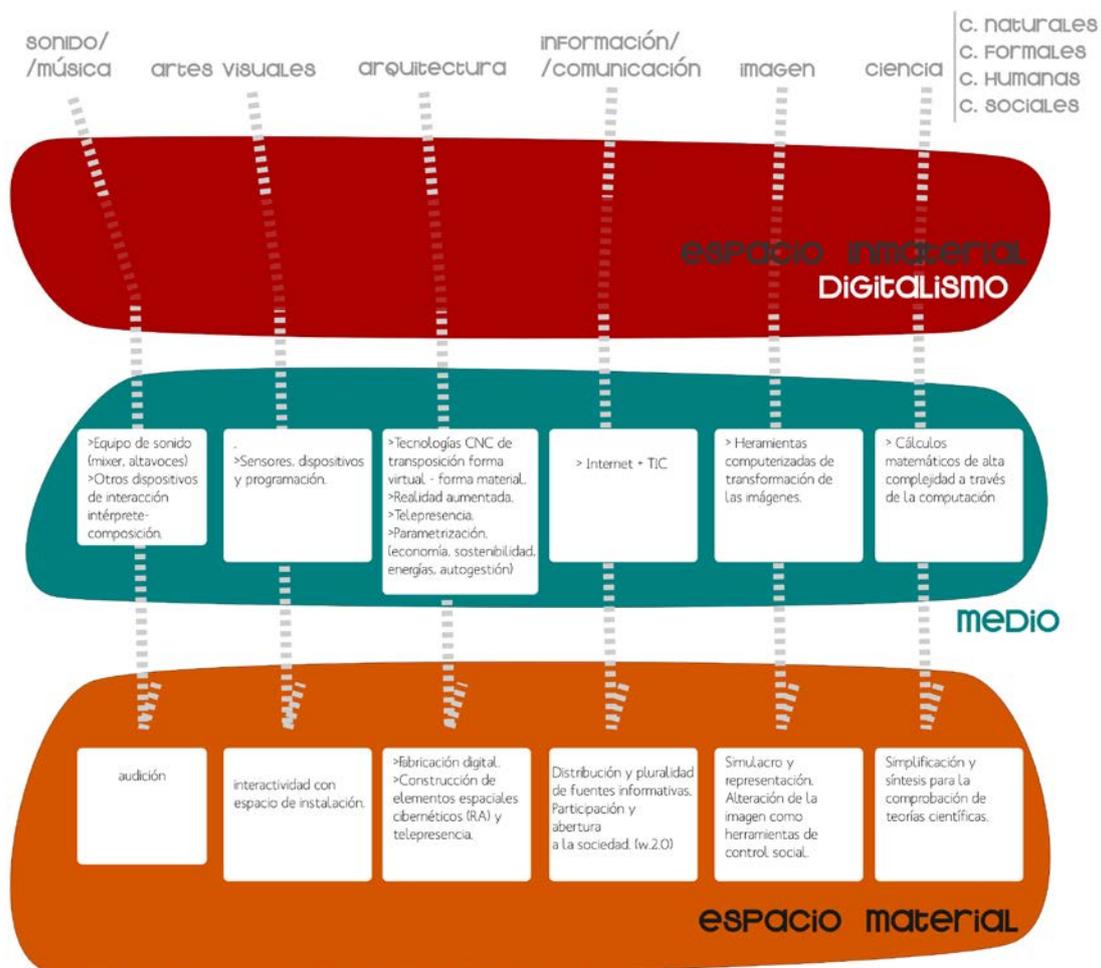
Sonido y Forma

1>

El sonido como parámetro formal

-Conexión entre el espacio virtual y el espacio material

Nos encontramos en un momento histórico de gran trascendencia para la evolución humana. La capa intangible de la realidad que suponen el conocimiento, la información y los datos, ha colisionado con la realidad física, matérica y tectónica. Esta colisión precipitada por las tecnologías de la información y comunicación, genera un nuevo escenario simbiótico, donde se dibuja una realidad aumentada capaz de desestabilizar el StatusQuo pre-existente, comparable en magnitud cultural al momento histórico ilustrado de la aparición de la imprenta.



En los últimos años, los diversos ámbitos del conocimiento humano han entrado en el espacio inmaterial del *digitalismo*, para poder articular y mediatizar la representación en el espacio material. La capa inmaterial que supone el digitalismo, constituye una (meta) herramienta de trabajo, que nos ayuda a materializar nuestras ideas. Como un instrumento en constante desarrollo, el *software* y *las redes*, han permitido el surgimiento de una nueva realidad, que en su esencia se sustentan mediante un lenguaje binario * y en vastas cantidades de complejas operaciones de cálculo.

Este procesamiento numérico *computerizado* se ha convertido en una segunda mente, que permite la simultaneidad de información y su capacidad de reproducción ilimitada. El digitalismo reduce la ecuación lineal del tiempo, permitiendo simulaciones a tiempo real en numerosos procesos, y por consiguiente optimizando cálculos analíticos y comprobaciones en un tiempo comprimido, que llevarían años poderlos resolver mediante el cálculo humano.

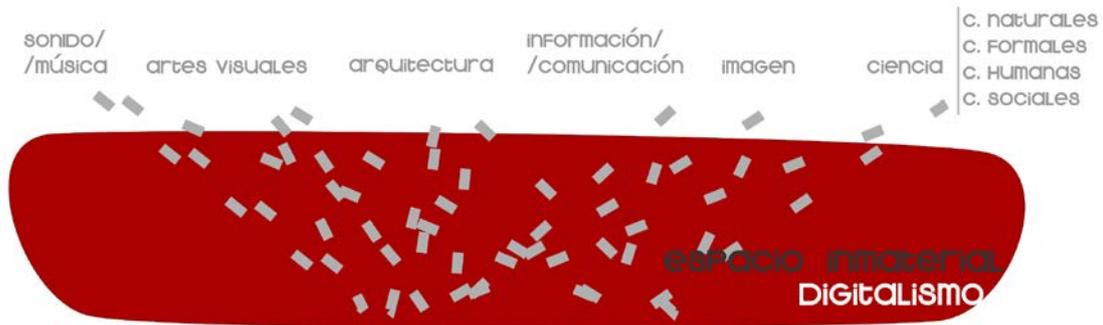
En cierto sentido, esta capa virtual funcionaría de modo similar a como la teoría general de sistemas se plantea. Esta teoría trata de encontrar las propiedades comunes a todos los sistemas, es decir, que intenta hallar en los valores de disciplinas académicas diferentes, un significado interdisciplinario mediante un nuevo lenguaje conceptual entrelazado. Su propósito es la elaboración de herramientas que capaciten las diversas ramas de la ciencia en su investigación práctica. Originalmente es una teoría que apareció en el campo de la biología, pero que pronto inspiró otros campos y se denominó ciencias de los sistemas, con especialidad en la cibernética, la teoría de la información, la teoría de juegos, la teoría del caos, la teoría de las catástrofes, etc.

Este nuevo lenguaje lo encontramos también en el mundo digital, que es un fenómeno de las tecnologías contemporáneas de la comunicación e información, y que desde mediados del siglo XX ha marcado un nuevo escenario. Con la aparición de este paradigma procesamos casi todos los trabajos de las diferentes disciplinas. La estructura inherente a cualquier *software* es análoga cuando realizamos un proyecto arquitectónico, componemos una pieza musical, escribimos un texto, producimos una instalación de arte visual, elaboramos teorías científicas, etc. Si todos estos diferentes géneros empiezan a interrelacionarse con el mismo nexo (en el medio digital, cualquier software posee una raíz estructural común binaria); ¿podemos utilizar esta transdisciplinariedad para obtener nuevos logros entre el conocimiento, la ciencia, el arte, la música, la comunicación y la arquitectura?

Habitualmente se producen hibridaciones entre subgéneros de una misma disciplina o ámbito. Por ejemplo: hibridaciones entre la biología y la medicina, o la biología y la física, o en el marco artístico con las instalaciones (fruto de géneros como la escultura, el arte sonoro y el arte multimedia).

En diferentes etapas históricas se ha podido comprobar que la hibridación entre diferentes ámbitos ha generado una ampliación del campo del conocimiento. En la arquitectura de las últimas décadas, un paradigma es la bio-construcción, hibridando los campos de la biología, la ecología y de la construcción.

* El código binario es el sustrato que articula la cibernética y el mundo de la computación. Mediante una codificación reduccionista de 0s y 1s, las expresiones complejas que contienen los programas para poder funcionar, se escriben en distintos lenguajes de programación que constituyen un nexo entre el humano y la máquina. Estos lenguajes se sintetizan mediante compiladores y ensambladores, que 'destilan' instrucciones complejas a series de 0s y 1s. Es este el nexo entre el mundo inmaterial de los lenguajes y el mundo matérico de los circuitos y componentes electrónicos. Los 1s y 0s se constituyen literalmente como puertas lógicas físicas, dejando pasar o no respectivamente, la corriente por los complejos circuitos electrónicos que constituyen un ordenador.



Estas hibridaciones no sólo son disciplinares sino también inspiradoras de grandes avances en determinadas especialidades. Por ejemplo, en el ámbito de la música, las técnicas de síntesis granular*, son puramente inspiradas en las teorías de la física cuántica. Sin embargo, estos híbridos también podrían estar constituidos por más de dos disciplinas. Existen muchas posibilidades de recombinación, una vez utilizado el mismo nexo o lenguaje común.

-Digitalismo: de la cultura escrita a la cultura líquida

Haciendo un repaso histórico se podría decir que las transmisiones orales fueron desplazadas por las escritas. Desde que Gutenberg inventó la imprenta, la escritura ha impregnado visualmente nuestra cultura. Atrás quedó lo oral. Para que algo sea fidedigno y permanezca en el tiempo hay que escribirlo y fijarlo. Lo oral no es duradero, es sumamente efímero y parece no tener credibilidad. Pero, si en las dos últimas décadas se está valorizando mucho lo efímero, lo no durable en la arquitectura, también se tendría que poner más énfasis en el sentido oral, en la escucha. Saber escuchar los espacios es una tarea arquitectónica, que los/as arquitectos/as deberían recuperar. En la actualidad (últimas 2 décadas), y como nodos históricos trascendentes en la cultura humana, nos encontramos con el paradigma de la era digital. Después de la imprenta, que trasladó la cultura oral a la escrita, el cambio de paradigma que supone la replicación infinita de información digitalizada es aún un modelo poco explorado y analizado en profundidad, así como sus consecuencias directas e indirectas. La cultura digital, que se basa en este paradigma, retorna a los conceptos de la cultura oral, en el sentido de que la transmisión de información entre sujeto activo y sujeto receptivo es directa (tal como sucede en la cultura oral), fomentando el desuso de medios y mecanismos intermediarios. Analizando este punto con ejemplos sonoros, en el modelo pre-imprenta**, basado en la cultura oral, existía una relación directa entre el sujeto intérprete y el público. Entre el juglar y su público no existía intermediación. Éste a su vez reinterpretaba y modificaba los contenidos a transmitir. Con la imprenta surgieron los derechos de autor que en su primera fase ejercían como mecanismo de poder explotar creaciones intelectuales, y reconocer atribuciones y autorías. Por ejemplo, el hecho de anotar composiciones musicales en pentagramas, establece ya un punto de inflexión en la negación del concepto de modificación y revisión de una pieza compositiva.

* La Síntesis Granular proviene conceptualmente de la física cuántica al entender el flujo sonoro no como un continuo que se producen singularidades en el tiempo, sino como un magma de proliferación de quantums sonoros o micropartículas de densidad, y tamaño variable. El efecto sonoro que produce esta técnica, de nebulosa o 'enjambre' de quantums se basa en la selección de un fragmento sonoro preexistente, tal y como si con un microscopio pudiéramos aumentar la muestra sonora hasta una magnitud donde los eventos sonoros no se desarrollan en su concepción clásica de desarrollo en el tiempo lineal, entrando en el dominio de la tímbrica y los microsonidos. Un análisis exhaustivo de este paradigma se puede encontrar en el libro de Curtis Roads *Microsound* (2001) Cambridge: MIT Press. ISBN 0-262-18215-7

**Con exactitud se debería describir como modelo pre-fijación, es decir la etapa histórica anterior a poder fijar o grabar sonidos en un soporte, y por lo tanto a principios del S.XX.

Cuando a principios del siglo XX aparece la tecnología que permite grabar los sonidos, la diferencia entre original y su interpretación se empieza a anular, debido en parte a la capa legal añadida a estas composiciones. A mediados/finales del s.XX, estas tecnologías de fijación de contenidos se expanden al unísono en que el sistema de producción capitalista llega a su cúspide. En otras palabras: la direccionalidad que se encontraba en el modelo del juglar desaparece, complejizando los eslabones de producción y difusión de la producción musical y sonora. Entre el músico y su público, aparecen pues entidades como: entidades de gestión de derechos, industrias audiovisuales, distribuidoras, etc.

Sin embargo, en círculos más reducidos de experimentación, aparecieron compositores que buscaban nuevas formas de partituras, desvinculadas de los sistemas de pentagrama convencional. Se incorporaban los nuevos ruidos de la era moderna. Este condicionante hizo que cada compositor hallase una nueva fórmula para anotar su composición en un papel, ya que no era posible hacerlo con el pentagrama tradicional. Los ruidos no se correspondían a las notas que se habían utilizado hasta entonces. Se trata de composiciones abiertas, en las que se establecen las bases de un sistema de funcionamiento que podrá ser interpretado de diversas maneras. En definitiva, son obras abiertas desde una óptica compositiva y de relativización de su fijación de la obra.

Actualmente, con el cambio de paradigma de la cultura digital, la intermediación entre músico y su público, facilita el modelo inicial, es decir, se anulan los agentes intermediarios. El medio natural de internet fomenta este caso, aunque en muchos casos en este proceso de anulación de intermediarios, no existe voluntad de cambio de paradigma, por acción de sistemas de producción que se basan en el modelo anterior (pre-digitalismo). El valor añadido de la digitalización es la esencia replicativa de la información. Una práctica, muy extendida en el paso intermedio a la digitalización fue la manipulación de fragmentos grabados. En la etapa tecnológica inmediatamente anterior al digitalismo fue la explosión de la cultura del sampling y del remix. *

Estas prácticas fueron un ejemplo de la confrontación –como en numerosos casos históricos– entre la tecnología y las leyes, siendo estas últimas los mecanismos reguladores a posteriori de las primeras. En la actualidad se está cortocircuitando el crecimiento natural del medio digital: Los lobbys industriales (especialmente), y apoyados por las sociedades de gestión de derechos están fomentando la introducción de medidas legales**que se basan en el modelo anterior, debidos en mayor parte al miedo a enfrentarse al modelo tecnológico vigente.

El conocimiento y la información en nuestra época se han incrementado exponencialmente. Este factor ha trasladado la especialización de las disciplinas a una transversalización de conocimientos de otras áreas. Consecuentemente, la especialización deviene una complementación con otros conocimientos profundos. Sería importante complementar la arquitectura con otros elementos y bloques de conocimiento que puedan mejorar en un sentido perceptivo el proyecto arquitectónico. Uno de los más significativos sería el sonido, al que no se le ha prestado la suficiente atención en una fase histórica (especialmente en el desarrollo industrial).

*La cultura del sampling fomenta la modificación, reinterpretación y revisión de una obra previamente fijada.

**medidas internacionales como ACTA, o medidas en algunos países como SOPA o PIPA (USA), ley Sinde-Wert (España), HADOPI (Francia), etc, son algunos ejemplos de la acción de lobbys corporativos en el ámbito de la legislación.

Varios arquitectos, como Peter Zumthor o Steven Holl hablan de la arquitectura como una experiencia prominentemente visceral y aluden a la hapticidad.* Juhani Pallasmaa, refiriéndose a esta cualidad, explicaba en una entrevista que creía *“que la hapticidad de la arquitectura antiguamente se conseguía de la mano de los artesanos. Hoy sólo se puede conseguir con la mano imaginaria del arquitecto”*.**

Esta cita es ciertamente representativa de la praxis arquitectónica como la conocemos hasta ahora. En líneas generales, y debido a su separación de roles de actuación, existían unos (maestros de obra, ingenieros, arquitectos, etc.) quienes dirigían según sus propios intereses al diseño de una solución concreta, mediante la colaboración de otros, quienes ejecutaban tareas más concretas dentro de la actuación global. En la actualidad, nos encontramos con una situación mucho más compleja e interseccionada. Los procesos productivos pueden ser muy diversos en función de la actuación y la magnitud a tratar. En este sentido, y teniendo en cuenta que en el mundo occidental se ha dedicado en las últimas décadas a generar plusvalías mediante producciones inmateriales (sector terciario), emerge con necesidad un nuevo marco de acción: La nueva artesanía o artesanía 2.0.

Es decir, el concepto de artesanía, si bien en distintos campos de actuación y elaborado mediante herramientas tecnológicas. Por tanto, es esta una artesanía que pone en cuestión la sobreproducción de bienes ‘al por mayor’: Las técnicas CNC (Cutters y 3D Printers***) y los *Fablabs* podrían ir por esta línea, en el sentido de que cortan procesos intermediarios y facilitan la producción de unidades limitadas.

* El post ‘Un mundo para los cinco sentidos ‘ desarrolla el concepto de hapticidad, como cualidad de lo que es capaz de ser sentido, percibido, por el tacto desarrollado en el libro de Juhani Pallasmaa *Los ojos de la piel* Gustavo Gili, Barcelona, 2006.

<http://vivirdelcuento.blogspot.com.es/2007/03/un-mundo-para-los-cinco-sentidos.html>

** En la entrevista de Anatxu Zabalbeascoa a Juhani Pallasmaa “La arquitectura de hoy no es para la gente” plantea como la arquitectura deviene inhumana cuando sobrevalora el sentido de la vista y descuida los otros.

http://elpais.com/diario/2006/08/12/babelia/1155337575_850215.html



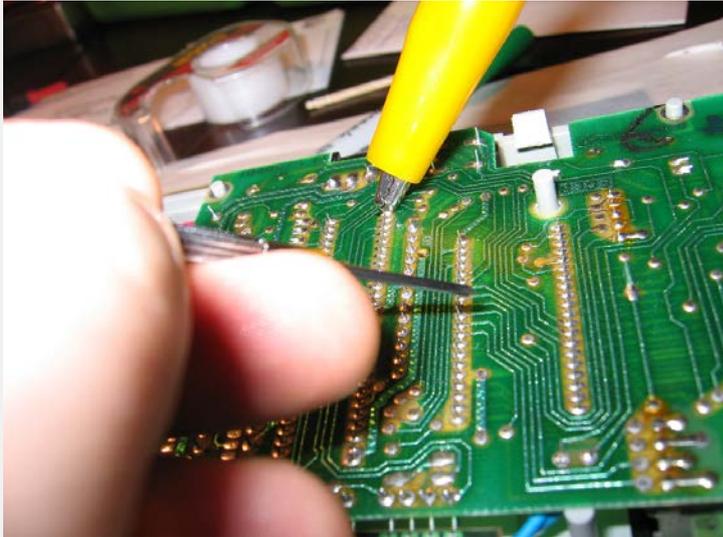
*** 3DPrinter > Replicator2X la nueva versión de una de las impresoras 3D más populares
img > <http://www.makerbot.com>

Una visión de la arquitectura contextualizada en el marco actual, podría tener en cuenta estos principios, conectando la artesanía al proceso de proyectar. Siendo este binomio de interrelación constante, se rompería con las tendencias que tradicionalmente han apartado el proceso de proyecto arquitectónico de la construcción in situ del objeto proyectado. Se produce otro hecho significativo: si tenemos en cuenta el punto anterior, ¿tiene sentido que el *arquitectx* aún se mantenga distante en el proceso constructivo? ¿Tiene sentido la separación no sólo con el espacio de actuación, sino también con otros que intervendrán en darle sentido y vida al proyecto? En el ámbito arquitectónico, existen algunas experiencias basadas en esta lógica, donde el diseño y la ejecución, se desarrollan simultáneamente y con grupos de trabajo en los que la inteligencia colectiva coordina los procesos conceptuales, ideales y de detalle y/o concretos. En este sentido se trata de experimentos arquitectónicos de pequeña escala.

En el ámbito de la producción musical y sonora, existen también varias tendencias que corroboran estas bases. Se trata de ejemplos que se pueden encontrar en escenarios más experimentales, donde la intersección de la técnica y la estética se resuelven mediante un enfoque a la artesanía desde el punto de vista de la construcción de la herramienta. Así en el ámbito del *software*, se ha llegado al punto del deseo de construcción de dicho software, el que servirá para realizar las performances en vivo. El caso más extremo sería el *livecoding*, práctica en que el directo parte de cero (0), y la programación en directo se traduce en un *live* audio y/o audiovisual. En el ámbito de la artesanía *hardware*, sucede análogamente mediante el fenómeno del *circuit bending*, es decir la práctica de construcción in situ, o manipulación de circuitería electrónica susceptible de producir sonido y /o audiovisuales.

La artesanía 2.0 es por tanto una consecuencia de la digitalización de los procesos productivos. Esto no significa que todos los procesos deban ser necesariamente digitales, si bien de manera directa o indirecta y mediante la introducción del digitalismo, se producen cambios sustanciales respecto a los mecanismos productivos pre-digitales o análogos.





Circuit bending

Img > <http://www.piksel.no/2010/02/call-circuit-bending-workshop> cc by nc sa

-La relación existente entre las matemáticas, el sonido y el espacio

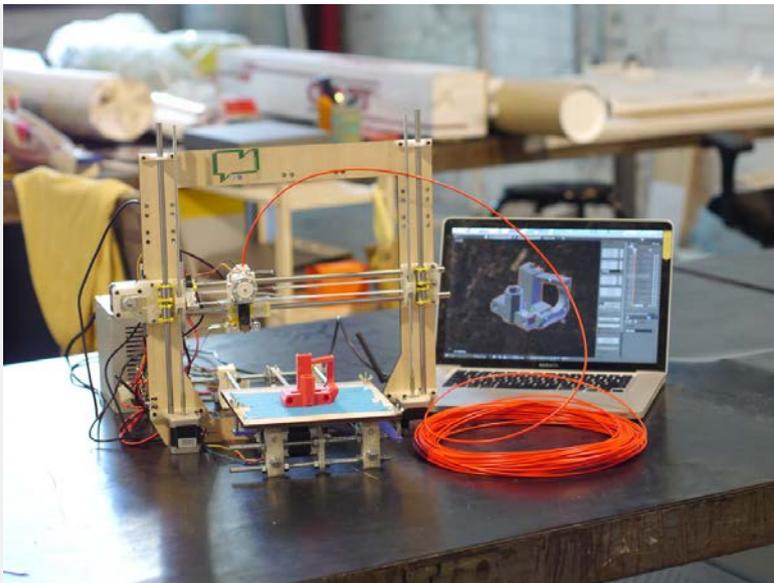
La vinculación técnica-racional está relacionada con las matemáticas y la proporción geométrica en su aplicación de la estructuración musical y formal. La música estocástica de Iannis Xenakis ha sido una de los primeros ejemplos de esta aplicación: introducir las teorías matemáticas (probabilidad, combinatoria, conjuntos y sistemas, teoría de juegos, etc.), para revertir en la composición musical. En esencia, es introducir los procesos matemáticos complejos (algoritmos) en la composición musical. Los nuevos avances tecnológicos y científicos en materia informática y en descripciones no euclidianas del mundo físico de finales del siglo XX posibilitan experimentar formas que proponen una evolución respecto al antagonismo entre arquitectura racionalista y arquitectura orgánica, proponiendo una fusión entre ambas. En la actualidad, formalmente se tiende más a lo orgánico (conteniendo implícitamente la capa funcional/racional), por las posibilidades que tiene la tecnología de producción y fabricación. La tecnología CNC (control numérico por computador) está basada en fresadoras que convierten los diseños virtuales en objetos físicos. En este sentido, se plantea un modelo de manufacturación divergente al industrial masivo-extensivo (*) al tratarse en, muchos casos, de producciones pormenorizadas y singulares. Los arquitectos ya no utilizamos el cartabón, la escuadra y el paralelagrama como herramientas para diseñar, sino que nos vemos enfrentados a utilizar un teclado de ordenador, que en el fondo está dando comandos de códigos a un ordenador. A los músicos digitales les pasa algo parecido. Componen sus piezas sonoras mediante equipos electrónicos y ordenadores, que procesan información digital, convirtiendo ésta en una señal (acústica) analógica. Ambos casos utilizan en esencia herramientas análogas para convertir cualquier acción a un lenguaje común, los datos. Esto abre las posibilidades de relación entre estos dos mundos, hasta ahora tan diferenciados a través de la mediación digital.

(*) El Fordismo apareció en el siglo XX promoviendo la especialización, la transformación del esquema industrial y la reducción de costos, a través de una estrategia de expansión del mercado), se constituye en un modelo de producción masiva y extensiva, en el que la oferta se resuelve independientemente de la demanda. Por ejemplo numerosos bienes se producen en cantidades exageradas, sobrepasando las necesidades concretas. En un modelo productivo industrial más contemporáneo, se resolvería el equilibrio del binomio oferta-demanda, de manera más optimizada, dotando todos los mecanismos que tenemos a nuestra disposición, para resolver las unidades de producción necesarias. Por tanto se trataría de un sistema mucho más equilibrado y sostenible.

Antes utilizábamos la mano para diseñar o modelar maquetas para comprobar el resultado de nuestros diseños, o teníamos que tocar un instrumento para oír los sonidos que habíamos compuesto. Mediante las tecnologías digitales se ha interpuesto una segunda mente entre el objeto diseñado o la composición musical y nosotros, que primeramente recibe unas acciones (comandos, instrucciones, gestos, etc.), los traspasa a números/datos y estos se transforman a su vez en formas o sonidos. La era digital nos brinda la oportunidad de navegar entre estas dos disciplinas, la arquitectura y el sonido, utilizando herramientas comunes. Pero existe una diferencia entre estas dos disciplinas: mientras que la música se puede oír directamente en el ordenador, la arquitectura solo se puede visualizar. Para construirla se necesita otros dispositivos de materialización.

Tradicionalmente, para que un proyecto de arquitectura se construya, pasa por complejos procesos de fabricación. Intervienen además previamente otros procesos de gestión, que tienen que ver con aspectos políticos, de financiación, o de adecuación de un proyecto a las necesidades de un cliente y contexto social. Estos condicionantes dificultan y retrasan su materialidad.

En la actualidad mediante las tecnologías CNC (véase parágrafo anterior) y los FabLabs, se vislumbran procesos de construcción más optimizados, disminuyendo a su vez, la cantidad de intermediarios. Al mismo tiempo, presenta otras ventajas: una producción adecuada a las necesidades. Esta se desvincula de una lógica mercantilista de producción extensiva/masiva, que en la era actual de crisis económica fomenta una optimización de recursos mucho más apta en orden de conseguir una sostenibilidad eficiente y honesta, lejos de entender la sostenibilidad como el uso de fuentes *energéticas eco*, a cargo de los mismos agentes de la producción corporativa.



Img > <http://fablabbcn.org>

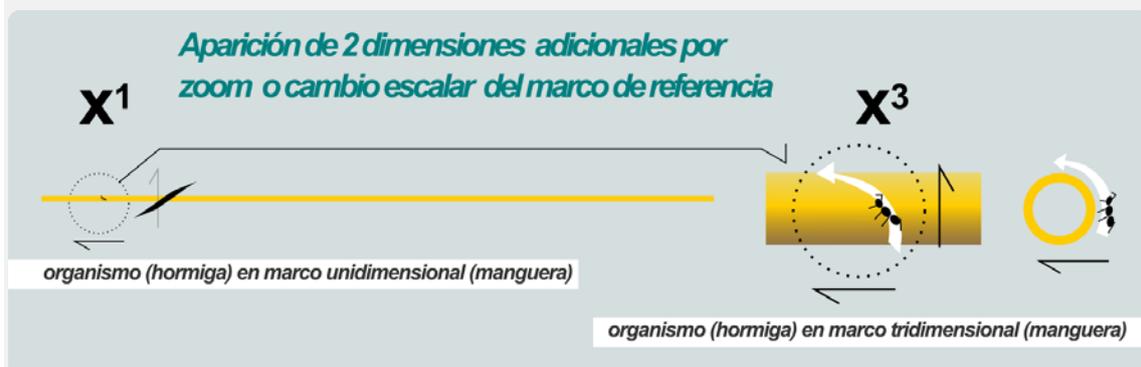
La teoría de Marshall McLuhan (*) apunta a que en los tiempos modernos hubo una traslación del espacio auditivo al espacio visual, pero que al parecer este proceso se invertirá. Se han realizado muchos esfuerzos experimentales para romper esta barrera convencional de sonido-espacio. Los medios electrónicos se han desarrollado rápidamente en los últimos años, con lo que aparatos personales han privatizado particularmente el espacio sonoro público, disminuyendo la posibilidad de controlarlo con un diseño deliberado. En función de algunos parámetros relacionados con el espacio sonoro - percepción auditiva, interacción, dimensión del tiempo, los sonidos de la naturaleza, la orientación, etc.- se puede comprobar cómo al incrementar el número de factores, la dependencia entre el espacio, los sonidos y la persona oyente crece. El modelo sonoro como iniciador de espacio se desarrolla en paralelo en tres planos: el plano de la idea, el de modo de expresión y el de la forma del producto arquitectónico. Por estas razones, los procesos de creación de sonido-espacio son simultáneos con la dimensión del concepto y de la práctica, y pueden revertir hacia el lugar de la arquitectura en la *generación transmedia* actual. El espacio virtual juega hoy un papel importante en todos los aspectos de la vida. La economía, la medicina, la ciencia, la administración municipal, etc., se han desarrollado muchísimo, afectando nuestras vidas. El teléfono celular no nos permite perdernos. El cúmulo de información ha hecho que fuentes indiscriminadas no filtradas, tanto verdaderas como falsas, se ofrezcan libremente en Internet y que la digitalización dirigida a nuevas percepciones no llegue a ser comprendida por la mente humana. Aunque muchos otros campos como la astronomía, la biotecnología y la ingeniería del espacio han entendido ya las ventajas del espacio multi-dimensional, la arquitectura se ha dejado en manos de veteranos experimentados, que todavía basan su planificación sobre datos supuestos de fenómenos concretos. Se han recopilado intentos "virtuales" para mejorar las funciones convencionales, pero los resultados son todavía básicamente configuraciones extrañas y sin sentido.

El mensaje de este trabajo es que la arquitectura hoy en día tiene la posibilidad de adaptarse activamente a una realidad que no se limite a la vida real. Por ejemplo, en encuentros interpersonales conducidos virtualmente en espacios libres de lugar y tiempo. La ciencia, cuyo significado está en interpretar el orden de las cosas, no opera en general por intuición perceptiva. Solo contamos con aquellas cosas que tienen muchos conocimientos y de cuya existencia tenemos constatación. A la inversa, aquello que no es posible de no contrastar empíricamente se considera no científico. Pero el hecho de que no experimentemos todas las realidades no niega la posibilidad teórica de su existencia. La explicación aceptada del espacio real como parte integral del universo existente es, por ejemplo, un sistema de dimensiones en el cual existen objetos de varias formas y tamaños. Por otro lado, el espacio virtual, siendo un producto puramente de información, no está limitado a formas concretas, y por ello, está libre de restricciones de dimensiones convencionales. El espacio mejor conocido es el "ciberespacio"- una realidad virtual hecha de datos flotantes entre usuarios desconocidos de la red. Alimentado por millones de fuentes de información, este espacio no está sujeto a ningún enfoque. El ciberespacio no tiene ni puertas ni ventanas, está libre de leyes de gravedad, y su forma siempre cambiante no es un producto identificable de la mente humana, sino más bien una entidad multi-dimensional orgánica, y potencialmente de expansión libre, a pesar de que en la actualidad esa esencia se ve amenazada por censuras de gobiernos o Lobbys Transnacionales.

(*) Marshall McLuhan: Durante el final de los años 60 y principios de los 70, McLuhan acuñó el término "aldea global" para describir la interconexión humana a escala global generada por los medios electrónicos de comunicación. Es famosa su sentencia "el medio es el mensaje". El pensamiento de McLuhan respecto a los medios de comunicación se inicia a partir de las siguientes ideas: 1. Somos lo que vemos. 2. Formamos nuestras herramientas y luego éstas nos forman.

El ciberespacio es un ser conceptual intangible. El significado literal de “dimensión” en latín es “medido”, por ejemplo, un parámetro necesario para describir la forma o la localización de un objeto dado en el espacio. En el mundo físico, esto se refiere convencionalmente a los atributos de la cuantificación de la medida tridimensional (largo, ancho y alto) y al atributo de cuantificación de sucesos en el devenir: el tiempo. Por ejemplo, para describir la localización de una ciudad en un mapa sólo se necesitan dos dimensiones, latitud y longitud. Para describir la localización de un plano tendremos que añadir su altitud. Pero para describir la localización de un plano relativo a otros cuerpos en movimiento se necesitarán por lo menos tres dimensiones más (ángulos de Euler), así como tener en cuenta otro cuarto parámetro que será el tiempo, para poder definir los cuerpos entre el estado inicial y el estado final. Existen una variedad de teorías concernientes a la cantidad de dimensiones existentes en el espacio conceptual. Cada disciplina define sus dimensiones en relación al contexto en que aparecen. Dicho en otras palabras, el tiempo y el espacio existentes en un marco de referencia, no están sujetos a las reglas existentes en otro marco referencial. Por ejemplo, la teoría de cuerdas (*superstring*) (*), es un modelo de resonancia dual, que ha cambiado primero a llamarse teoría de ‘supercuerdas’, luego teoría ‘M’. Igual que las cuerdas de un *cello* emiten un sonido, estas infinitas partes de un átomo vibran y constituyen la energía de la naturaleza. Al parecer, según la teoría de las supercuerdas (*string Theory**) el universo es como una sinfonía cósmica, resonando todas las diferentes notas que estas pequeñas partículas sub atómicas de energía pueden tocar. Se necesitaría once dimensiones para describir el espacio-tiempo. Es decir, que supuestamente, existen universos paralelos, que no se interrelacionan. En esta teoría unificadora, los límites entre ciencia y filosofía ya se traspasan. Ambas disciplinas se conectan. En el pasado era usual pensar que el espacio real y el conceptual podrían ser distinguidos mediante la geometría euclidiana, la cual asume que dos líneas paralelas nunca se encuentran frente a la geometría no euclidiana, que se basa en formas hiperbólicas multi-dimensionales. No obstante, también hemos de considerar la geometría analítica, que trata con formas abstractas tales como fractales producidos por patrones interminables de formas recurrentes en escala infinita. La importancia de esto está en el hecho, que necesitamos medios no convencionales para describir tales formas. En otras palabras, mientras las dimensiones son usadas para describir el mundo físico, los conjuntos estructurados de información son suficientes para describir realidades conceptuales. Consecuentemente, es bastante lógico asumir que la geometría conceptual multi-dimensional de las realidades virtuales puede servir como plataforma para expandir los límites de la arquitectura, creando estructuras multi-dimensionales sin límites, mucho más allá del concepto de la mente humana.

Para poder demostrarse, la Teoría de Cuerdas se sustentaría matemáticamente en una realidad multidimensional, más allá de las 4 dimensiones ortodoxas (tridimensionalidad espacial + unidimensionalidad temporal), proponiendo una serie de dimensiones no aparentes, pero comprensibles conceptualmente con cambios escalares. Véase la siguiente figura.



(*)La teoría de Cuerdas o Supercuerdas es una de las teorías unificadoras para sintetizar la mecánica cuántica con la relatividad general en una teoría de gravedad cuántica global, teniendo en cuenta que ambas ejercen contradicciones recíprocamente. Las teorías unificadoras pretenden sintetizar bajo unas mismas leyes físicas los enigmas de esas contradicciones, para poder extraer unas leyes universales que relacionen el microcosmos con el macrocosmos.

Uno de los ejemplos más realizados en este marco (la traslación entre datos y sonido) es el proceso denominado Sonificación. Como sonificación se entienden los procesos de trasmutación formal donde el sonido se muestra como resultante de una serie de parámetros iniciales de un marco de referencia distinto al puramente sonoro. Normalmente de este marco de referencia, se extrae un gran número de datos, los cuales serán trasladados a sonido mediante distintas técnicas. No sólo se trata de métodos que puedan tener interés desde un ángulo analítico estético. También resultan muy interesantes para la comprensión de la información. Mediante el sonido como vector de análisis, es posible una captación y aprehensión de la información mucho más veloz que si utilizásemos un vector visual.

Por ejemplo: la sonificación de los datos de las temperaturas de la tierra en un periodo determinado. La sonificación de secuencias de códigos genéticos, en patrones y ritmos, o la sonificación de los valores bursátiles del último trimestre. En definitiva, los procesos donde se configura el sonido como el *vector de representación de la información*. Uno de los ejemplos más antiguos sería el contador Geiger, que indica mediante señales acústicas distintos rangos de intensidad radioactiva. Por lo tanto la medición de esta, se expone directamente a través del sonido (pulsos que cambian en función del índice de radioactividad). En este caso esta transmisión de información es mucho más veloz, directa y eficaz que la pura representación gráfica o numérica a través de pantallas u otros interfaces.

Al interrelacionar procesos sonoros con otros datos en el dominio digital, existe un intervalo de indeterminación a la hora de aplicar rangos-límite o umbrales, en el que se introduce un factor de variabilidad. Cuando se hace una sonificación, las técnicas de trasponer datos vivos a parámetros en un sintetizador pueden ser muy diversas. A pesar de esa diversidad o variabilidad, la sonificación sigue siendo válida en cuanto a su proceso de traducción. Sin embargo, se deberían acotar los parámetros dentro de cada contexto, de forma que los resultados puedan ser visibles, audibles, o intencionados en registros más compositivos. En otras palabras, las sonificaciones se deberían medir con más precisión para ponerlas en contexto con lo intencionado.

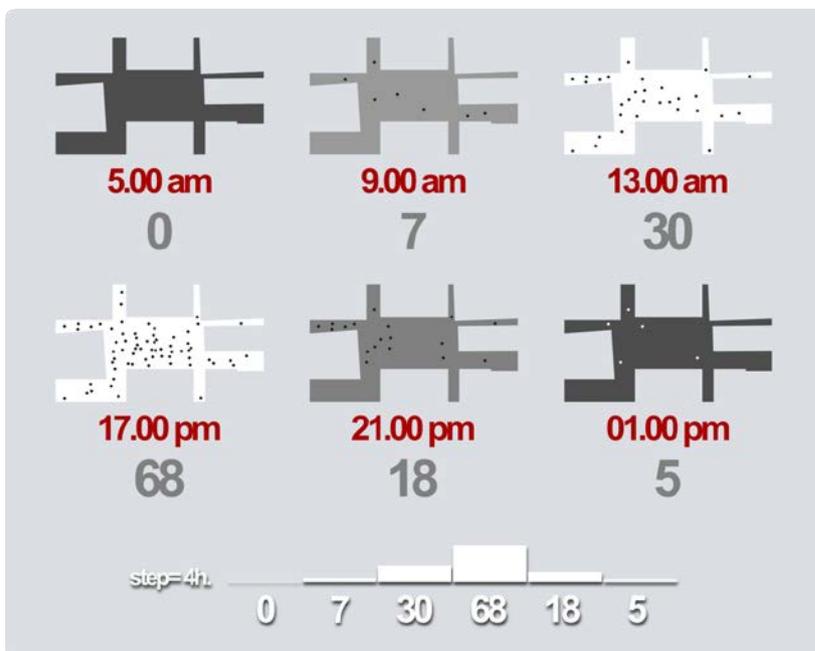
En arquitectura, el contexto y la contextualización, es una fase necesaria en el proyecto arquitectónico, pues sin esta, no es posible realizar el proyecto en su ubicación de manera óptima. Las sonificaciones son mecanismos de traducción e interpretación. Como cualquier mecanismo de traducción, habrá una pérdida de información inherente a dicha transformación. Por ello, se trata de procesos en los que la precisión es relativa. Sin embargo, en cuanto a la traducción de elementos reales, puede ser un mecanismo muy eficaz, orientado al ámbito de la comunicación, de la investigación y de la analítica, debido a que facilita la comprensión de información muy compleja de una forma rápida y directa.

Veamos un ejemplo: un caso típico de estudio de flujos urbanos por franjas horarias, en un determinado lugar de una ciudad. La siguiente imagen (siguiente página) muestra de forma diagramática dicha situación. En ella, se muestran radios de flujo de personas a determinadas horas, a razón de 4h cada muestra, en un periodo total de 24h. Por lo tanto, se dispondrá de un muestreo final de 6 unidades. Obviamente, se trata de una información muy esquemática, fácil de leer y analizar. Sin embargo, si el análisis lo quisiésemos hacer a razón de cada minuto, daría como resultado más bien un muestreo de 1440 unidades (24h x 60mins), por lo que realizar una gráfica como de del estudio anterior supondría un problema de representación.

Tal limitación se superaría si la información a renderizar fuese sonora, en lugar de visual. Se reproduciría una melodía de 1440 pasos, o muestras, de forma que se tendría una lectura y comprensión más precisa que aquella basada en lo estrictamente visual. Teniendo en cuenta que se podría organizar también un sistema híbrido de visualización de datos y sonificaciones, se trataría sin duda de un sistema muy eficaz de transmisión y comunicación de conocimientos. El uso de las sonificaciones no es un método exacto. Se trata de procesos complejos, que habitualmente utilizan más de una herramienta para su realización, pudiéndose ejecutar a través de distintos métodos.

A su vez, la interpretación de una información determinada para convertirla en sonido, es variable según quién, cómo y con qué objetivo se esté realizando dicho proceso. Tal y como sucede con las estadísticas o los diagramas gráficos.

Por consiguiente, la interpretación de los datos es múltiple, de la misma manera que cuando se realiza el diseño de un cartel con ciertos requerimientos, existen numerosas soluciones. A pesar de dicha observación, se deberá tener en cuenta el objetivo de la sonificación, si se trata de un mecanismo instrumental analítico dentro de otro contexto, o se trata de un proceso 'per se', en el que la variabilidad del resultado puede ser muy abierta y dispar.



Otros ejemplos realizados:

- NYC Taxi Real-Time Sonification utilizando feeds (recepción de datos a tiempo real) de Video en directo desde el New York's Traffic Management Center.

Software> Max/MSP and Symbolic Sound's Kyma Software

<http://micahfrank.com/tagged/junction>

- CodeSounding entorno de sonificación open source que permite escuchar como suena cualquier programa existente programado con Java, asignando instrumentos y tonos a condicionales en el código (if, for, etc.) y reproducidos tal como están ejecutados en el tiempo. De esta manera el flujo de ejecución es reproducido como un flujo sonoro y sus ritmos cambian dependiendo de la interacción del usuario.

- En los laboratorios AuDIYolab, dinamizados por Xavier Manzanares, se han realizado 2 trabajos experimentales de sonificación de datos: Méteo > traslación de datos de la Méteo de Porto, interpretando los diversos parámetros numéricos de la meteorología de Porto provenientes de feeds de internet, e interpretados mediante sintetizadores programados con el lenguaje visualPure-data.

(<http://audiolab.wordpress.com/guimaraes>).

Otro experimento fue realizado en el nodo Sonificacions en el SummeOfLabs EuskalHerria 2012, interpretando mensajes de Twitter a melodías sonoras en función de la construcción gramatical del Tuit, ya que cada carácter estaba asociado a un semitono.

<http://audiolab.wordpress.com/summeroflabseh/sonificacionssoleu>

En un marco digital, proyectar arquitectura y componer sonido pueden ser deducibles en parámetros digitales similares. Mediante esta deducción se pueden trasladar las disciplinas basadas en parámetros cuantitativos y cualitativos. El propósito de esta investigación es descubrir las relaciones simbióticas entre el sonido y la arquitectura y cómo ambas disciplinas tienen efectos entre ellas. En siguientes anexos de este capítulo se podrá comprobar cómo se ha experimentado en esta materia, desde distintos ángulos. Los experimentos, tratan sobre la recolección y procesado de datos sonoros, para su posterior traslación a un modelo tridimensional. Las relaciones simbióticas -sonido/forma- en los experimentos, como se podrá comprobar más adelante, se mantienen en un plano de secuencia lógica en el proceso, debido a que de un marco inicial sonoro, se acaba pasando a un modelo formal tridimensional, potencialmente arquitectónico. Sin embargo, si se analiza la cuestión como un tema en que las relaciones simbióticas entre sonido y forma coexistan, se trata de un tema más complejo.

La complejidad también viene marcada por el binomio intangibilidad (sonido) -tangibilidad (objeto). En el dominio intangible (en el mundo computacional cualquier operación deviene parte de este marco al no poseer entidad corpórea alguna), se adquiere una propiedad ausente en el dominio de lo tangible. Esta propiedad, se refiere a la concreción no física o a la potencialidad de formalizaciones. El dominio tangible se refiere a la concreción determinada de objetos. En el computador es posible realizar operaciones complejas, no sólo en cuanto al objeto en sí, sino a la representación y mediatización del mismo. Podríamos obtener una serie de datos guardados en una memoria, que posteriormente pueden constituirse en elementos muy distintos. Por ejemplo, a partir de estos datos almacenados, se puede crear una composición musical, un texto de interpretación, estadísticas, un modelo tridimensional, etc.

Luz y sonido son dos formas de energía calificadas ambas con los mismos parámetros de onda, denominadas frecuencias y cuantificadas en *hertz* (o ciclos por segundo). Aun así, ¿por qué mientras se trata la luz como uno de los máximos vectores de conformación de los volúmenes y las formas, el sonido no se considera desde la óptica arquitectónica? En multitud de ocasiones se nos podrá ofrecer imágenes impactantes de proyectos arquitectónicos que, sin embargo, apenas inciden en sus condiciones sonoras, y, por consiguiente, apenas afectan a la percepción de los mismos. Esto puede deberse, en parte, al problema de la representación o mediatización, que de manera generalizada ofrecen los proyectos arquitectónicos: una serie de proyectos que difícilmente los podemos percibir en un plano experimental subjetivo, más allá de una imagen mediatizada.

Un ejemplo no arquitectónico de esta cuestión que puede resultar muy gráfico, se extrae del consumo de los dispositivos tecnológicos. En un contexto occidental, la gente invierte grandes sumas de dinero en la posesión de dispositivos de visualización (pantallas, proyectores, TVs, etc.). Sin embargo en la mayoría de los casos, invierten sumas mucho más modestas en la resolución y prestaciones acústicas de sus dispositivos sonoros. En definitiva: existe una descompensación del dominio visual respecto al sonoro, que sin duda se debe al hecho de ser un dominio tangible del primero, respecto a la intangibilidad del segundo. Este predominio de la imagen respecto a otros elementos de la percepción, sin duda obedece a una visión cultural (occidentalizada) de esta cuestión. En otras culturas no occidentales, la apreciación e integración del sonido puede ser bien distinta, debido a que el marco visual no consta como elemento dominante, o puede estar en consonancia con el dominio sonoro.

La consideración de que la arquitectura podría ser más eficiente, equilibrada y completa integrando el dominio sonoro, también se producirá a la inversa: el sonido se desarrollará mejor en un espacio con un buen acondicionamiento. Un espacio estará bien acondicionado si responde a variables morfológicas y tectónicas que entren en relación con el sonido. Una relación puede ser, tanto para potenciar el sonido como para mitigarlo, en función del programa y necesidades a resolver, tal como sucede con la luz, controlando la intensidad de la misma mediante mecanismos como persianas. Las nuevas tecnologías digitales proveen una posibilidad al sonido de influenciar el espacio arquitectónico de manera innovadora. El sonido puede influenciar directamente lo tectónico y no sólo la atmósfera.

La mecánica cuántica ofrece varias teorías que pueden explicar el funcionamiento interno y micro escalar de los elementos. La teoría de cuerdas es precisamente una de ellas. En el estudio de los materiales ya se ha empezado a aplicar la nanotecnología, que demuestra como los materiales sólidos son en su existencia atómica y subatómica, materiales conformados por partículas vibrando y orbitando alrededor de un núcleo. Esto es una prueba de que un mismo material puede tener dos comportamientos totalmente diversos. Por un lado un comportamiento fijo y por el otro uno dinámico. Si un sonido rebota en una pared (elemento fijo en apariencia) se puede predecir con cálculos acústicos como sonará en el espacio. Sin embargo, si se piensa en la estructura atómica de esta pared (elemento dinámico no aparente) el tema de cómo este sonido incide sobre sus electrones abre toda una serie de investigaciones interesantes al respecto, puesto que se trata de un elemento dinámico incidiendo sobre otro elemento dinámico. Se trata de dos vibraciones que interactúan mutuamente con densidades distintas. Por consiguiente, afectando a la arquitectura, al igual que la incidencia de la luz, el calor de los rayos del sol o los cambios de temperatura, el clima, etc. Es por tanto un tema que entraría en la misma composición de la materia y que requiere todo una investigación científica al respecto ajena a esta tesis por su complejidad. De todas formas se ha querido mencionar este tema puesto que es interesante la influencia del sonido sobre lo tectónico y material de la arquitectura. El sonido ya se está considerando como un material (intangible a simple vista), que tiene propiedades más allá de lo que el ojo humano capta y por lo tanto no solo influencia la atmósfera. En otras disciplinas, especialmente las artísticas como el arte sonoro o la música, está emergiendo en los últimos años numerosos casos donde se investiga la relación entre sonido y espacio. Esto se debe a diferentes cuestiones. Por un lado, un cierto agotamiento en el marco de la composición sonora, que habiendo hecho estudio en profundidad en materia de armonía, plasticidad tonal y compositiva, se ve con la necesidad de expandir e investigar otros elementos referenciales como pueden ser la tímbrica analítica o la *espacialización* sonora. En estos dos casos se trata de cuestiones más allá de la consideraciones compositivas históricas, pues introducen la complejidad cuántica del sonido en el primer caso y la generación de movimientos espaciales* en el segundo. En la actualidad es posible realizar ambiciosas propuestas de *espacialización* (existen instalaciones de más de 150 altavoces), en que gracias a ciertos dispositivos técnicos** es posible la materialización del sonido.



*Generación y conformación espacial en un plano sensorial mediante la intangibilidad del sonido.

**Tarjetas de sonido multicanal especiales, y la conexión en serie de estos dispositivos para la realización de clústers sonoros. Un ejemplo de estas técnicas es el trabajo de Steve Heimbecker que utiliza este tipo de técnicas como en las instalaciones Squaring the Circle, Soundpool, Acoustic Mapping Process y el Dynamic Voltage Mapping, o Wind Space. La instalación Turbulence Sound Matrix, es un sistema / instrumento de difusión de sonido de 64 canales, para producir complejas recreaciones espaciales y sensoriales a través del sonido.

Img + fuente >

http://medialabprado.es/article/multi_channel_diffusion_and_wind_space_architecture_the_illusion_of_repetition

La cuestión de crear conexiones con el sonido, existe de manera evidente en disciplinas como el diseño industrial. En ésta, se parte de una consideración del tema especialmente focalizado en un aumento de confort. Por ejemplo en el diseño de vehículos se tienen en cuenta estos factores (el aislamiento del ruido del motor) para que no tengan repercusión (o la minimicen al máximo) en la conducción y habitabilidad del vehículo.

En arquitectura nos encontramos con que la solución al problema de la generación del ruido se soluciona habitualmente con la ocultación y hermetismo del objeto. En muchos casos se podría considerar estos objetos como generadores intencionados de estímulos acústicos concretos. Por ejemplo el sonido que genera una máquina de aire acondicionado es molesto en la mayoría de los casos si el habitáculo donde está ubicado tiene una función de descanso o de concentración. Pero si esta máquina está colocada intencionadamente en otro espacio –por ejemplo un sitio de paso- o entrada, el sonido puede devenir como un elemento simbólico de introducción de un espacio a otro, como si de una puerta sónica se tratase. Si este espacio se acondiciona de manera intencionada, el sonido podría producir un efecto plástico, que normalmente nunca adquiere.

-El digitalismo en la representación y generación arquitectónica

Las actuales tecnologías de fabricación digital han favorecido el surgimiento de un nuevo modelo. Este modelo, debido a su constante desarrollo, así como por su capacidad de producir complejas geometrías tridimensionales, reduce la ecuación del tiempo permitiendo ágiles simulaciones. La sociedad contemporánea, dispone de información de manera ubicua e instantánea, configurando los procesos digitales como nuevo mecanismo. Las herramientas digitales permiten engendrar una extensísima variedad de manipulaciones formales (algoritmos de combinación, de simplificación, de transformación, generativos etc.). Existen herramientas en el entorno digital que transforman la percepción fundiendo lo vertical con lo horizontal, generando múltiples esquemas de representación: planos, secciones, alzados y perspectivas surgen de una sola matriz tridimensional de forma simultánea y armónica. El medio digital no sólo representa sino que también genera. Se trata de mecanismos que abarcan no sólo el método, sino también la técnica y la simulación del producto final. Al mismo tiempo, se constituye en un dispositivo que implementa sistemas de alta complejidad. Del mismo modo que en los últimos años se está trabajando con la idea de generatividad en el marco sonoro y artístico, cada vez se experimenta más con este concepto en el marco arquitectónico*. La generatividad** introduce conceptos poco explorados en la arquitectura como las pautas de crecimiento de la naturaleza, así como un cierto grado de indeterminación en la concreción de sistemas complejos. Sin duda este tema plantea una serie de cuestiones en procesos creativos.

* La arquitectura es una disciplina que trabaja con la materia, construyendo agrupaciones complejas entre elementos tectónicos (matéricos), así como con los espacios (no matéricos) que se generan entre los primeros. Debida a la relación previamente descrita entre el fenómeno sonoro y la materia, se hace por tanto necesario redefinir las relaciones entre la fenomenología sonora y los procesos de generación de forma y espacio (marco arquitectónico habitual). En las prácticas contemporáneas de proyectación paramétrica, diversas variables y datos pueden ser los motores de generación formal. En este marco el fenómeno sonoro puede ser un parámetro de recombinación o injerto formal.

**La generatividad en el marco de las ciencias de la computación y de la programación creativa es una terminología aplicada a aquellas técnicas que plantean estructuras de organización, introduciendo diversas variables -mutantes en el tiempo o no-, que se concretarán en distintas formalizaciones y variaciones de dicha pre-estructura.

Las visiones más escépticas, dudan de la capacidad analítica y de 'pensamiento' que puedan ofrecer las tecnologías digitales, afirmando que la intuición y el pensamiento creativo son mucho más complejos que el cerebro cibernético. Las visiones más partidarias en su favor, entienden que esta segunda mente trabaja como complemento a la intuición y creatividad puramente humanas. En consecuencia las posibilidades de cálculo complejas y sistemáticas potenciarían otros planteamientos no computados. Esto sin duda es una temática que se expande más allá del ámbito arquitectónico. En realidad es la gran división planteada en las ciencias de la computación en relación a la IA o Inteligencia Artificial*. En ésta hay dos vertientes que se contraponen estructuralmente. La primera defiende que el cerebro humano podrá ser replicado en complejidad (la *Hard AI*). La segunda sostiene que nos encontramos a mucha distancia de que esta proeza técnica pueda ser materializada. Conceptos como la intuición, las emociones, la creatividad y los cambios semánticos que suceden en nuestro cerebro, cuerpo y consciencia, son conocidas parcialmente y por lo tanto difícil de replicar en su globalidad (la *Soft AI*). Esta segunda se refuerza al estudiar un organismo consciente. Para que la vida y la consciencia puedan ser posibles, se requiere una alta complejidad evolutiva. Sin duda son cuestiones que transgreden los límites de la ciencia y de la tecnología, para entrar en territorios más filosóficos o incluso en territorios aún por explorar.

-El sonido como motor de la génesis formal

Las anteriores consideraciones introducen conceptos como las emociones, la intuición o la creatividad, que de esencia orgánica, siempre han formado parte del conocimiento humano. La Arquitectura no está exenta a estas consideraciones. Uno de sus pilares es la construcción de estados sensitivos mediante la construcción de espacios y formas. El diseño arquitectónico podría apostar por incluir esta capa sensorial, y al mismo tiempo relativizar la hegemonía del marco visual. Una aproximación hacia una arquitectura sensorial, nos puede proporcionar una reflexión más completa aumentando las posibilidades de proyectar espacios. Luz y sonido son dos formas de energía que se pueden cuantificar en parámetros análogos como la frecuencia o la longitud de onda, aunque estos parámetros resulten en rangos muy distintos. En el caso de la luz la frecuencia es del orden de los PetaHertz (10^{14} / 10^{15}), y en el caso del sonido es de un rango muy inferior (20 - 20.000Hertz).

Sin duda en los procesos creativos están implícitas las capas sensoriales, siendo el fenómeno sonoro uno de particular relevancia. El proceso físico del evento sonoro se debe a la vibración de una entidad corpórea a través de un determinado medio. Así mismo, la forma determina el sonido, tal como sucede con los instrumentos musicales, comprendiendo su forma y espacio resonante. ¿Es posible subvertir esta cadena, siendo el sonido el motor constructivo de la génesis formal? Aparentemente se trata de una paradoja, aunque si nos remitimos al ámbito de la computación, estas traslaciones son posibles.

En el medio digital, los datos permanecen en el dominio intangible, es decir cualquier operación deviene parte de este dominio al no poseer entidad corpórea alguna. Esta ausencia de corporeidad se convierte mediante interfaces físicas en algo concreto para que lo podamos gestionar y visibilizar. Estas interfaces podrán ser de entrada (teclado, mouse, joysticks, etc.), y de salida (pantallas, proyectores, u otros dispositivos de visualización). A pesar de esta intangibilidad, los datos pueden tener distintas concreciones (una imagen, un texto, un modelo3D, etc.).

* Un ensayo esencial en esta materia es la siguiente publicación.
La nueva mente del emperador. Roger Penrose, de Bolsillo, 2009
ISBN 9788483461174

En el computador es posible realizar operaciones complejas, no sólo en cuanto al objeto en sí, sino a su representación. Podríamos obtener una serie de datos guardados en una memoria, que posteriormente pueden constituirse en elementos muy distintos. Por ejemplo, a partir de estos datos almacenados, se puede crear una composición musical, un texto de interpretación, estadísticas, un modelo tridimensional, etc. En definitiva, y a diferencia de los objetos físicos, los objetos digitales son susceptibles de convertirse en otras formalizaciones de manera más plástica y sencilla. De esta manera, proyectar arquitectura y componer sonido pueden tener origen en parámetros digitales análogos. Existen distintos ejemplos y técnicas que se basan en las relaciones y traslaciones que se producen en el dominio digital.

Entender que el fenómeno sonoro es tan importante como la visión, implica la resituación de la cultura oral y auditiva en equilibrio con la cultura visual. Recordemos que en las sociedades occidentales la cultura visual se superpone excesivamente a las otras, y en numerosos casos prescinde o elimina las restantes. Uno de los pilares de la Arquitectura es la construcción de estados sensitivos o de sensación mediante la construcción de espacios y formas. Sería interesante que la Arquitectura apostase por incluir intensivamente estos elementos para relativizar la hegemonía del marco visual. Una aproximación hacia una arquitectura sensorial, nos podría proporcionar una reflexión más completa sobre la arquitectura y ponerla en práctica nos permitiría aumentar las posibilidades de proyectar espacios.

Es evidente que el sonido como motor de la generación formal, contiene una serie de potencialidades aún por explorar, debido en parte a la intangibilidad de dicho proceso. En la Arquitectura aún es una materia de escasa investigación. El principal *handicap* es la reducción excesiva hacia la proyección formalista en la praxis arquitectónica. Sin embargo si nos referimos a una visión como la que propone Neri Oxman, y como se ha apuntado anteriormente, la forma va asociada a la función y viceversa, de una manera compleja e intrínseca, mediante un proceso de crecimiento o *Growth* del mismo modo como se produce en la naturaleza.

Greg Lynn es otro de los exponentes de la teoría del crecimiento. Recientemente en el marco del programa de master Suprastudio de la UCLA, ha expuesto las siguientes reflexiones*:

“Estamos viendo Arquitectura y nos preguntamos qué elementos y cómo los podemos mover en lugar de simplemente estar abiertos o cerrados. Quizás estos elementos se podrían mover sutilmente durante todo el día.”

“Una habitación podría reducirse cuando nadie la está usando, disminuyendo el coste energético entre otros”.

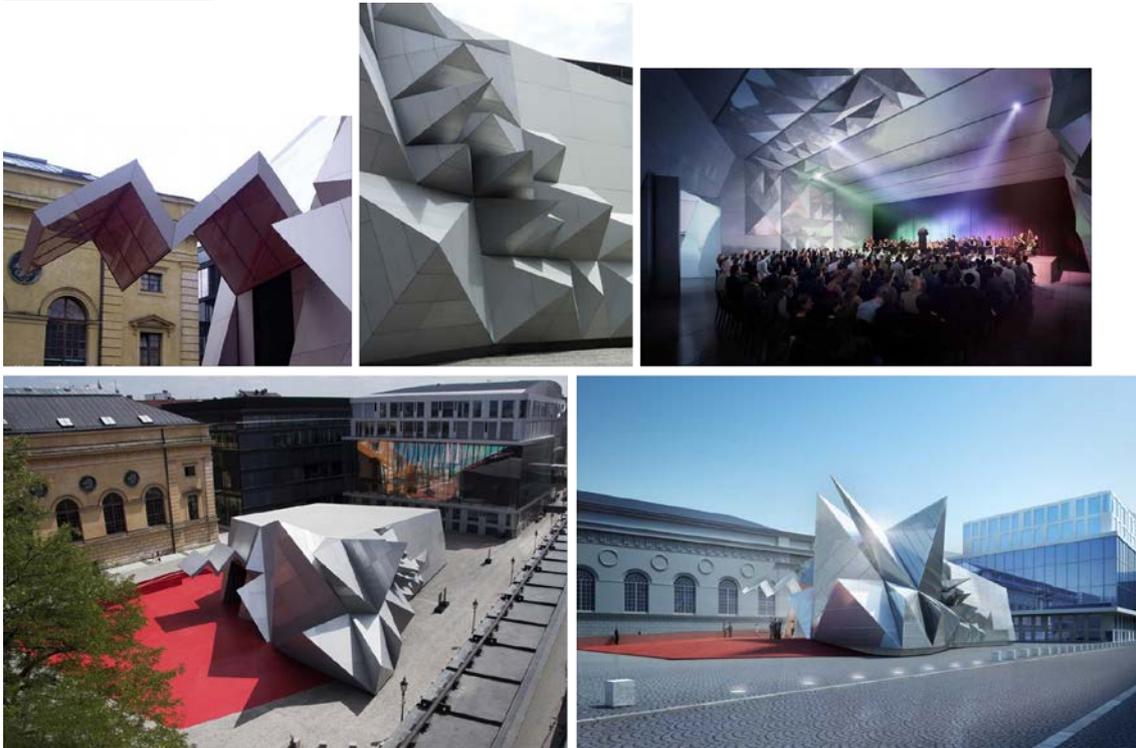
Como se ha mostrado anteriormente en el capítulo introductorio, la cimática (fenómeno vibratorio y sonoro) genera formas. En este capítulo se comprobará mediante varios experimentos computacionales, que el sonido puede ser un motor de generación de formas. Si incluimos el sonido en los procesos arquitectónicos, éste configurará una dimensión aumentada a la habitual en la Arquitectura y, además, puede constituir un elemento central en la búsqueda de la forma o *form finding*

En las siguientes páginas se muestran distintos ejemplos de proyectos arquitectónicos que han elaborado dicha relación entre sonido y forma. Posteriormente, se describen los experimentos realizados para esta tesis en un marco digital que muestran como la síntesis sonora puede traducirse a síntesis formal.

* Fuente: <http://today.ucla.edu/portal/ut/using-robots-to-design-buildings-249821.aspx>

Coop Himmelblau

> Opera Munich



El *environment* sonoro

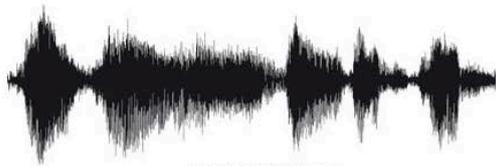
El "Pabellón 21", diseñado por *Coop Himmelblau* para el 2010 Festival de Ópera de Munich, parte del requerimiento de ser un teatro móvil. El proyecto se instaló en la Marstallplatz de Munich y de acuerdo con los diseñadores se trataba de un trabajo complejo para lograr una excelente acústica y movilidad. Para su diseño, se partió de un prisma rectangular. El proyecto se generó a través del análisis paramétrico de la superposición de frecuencias del emblemático tema "*Purple Haze*" del guitarrista Jimi Hendrix y un verso de la escena del comendador del segundo acto de *Don Giovanni* de Mozart "*Don Giovanni*" de Mozart.

Tras congelar los fragmentos musicales en un sonograma (*) se combinaron con el modelo base en 3D. Resultó una secuencia de formas piramidales emergiendo del prisma. El fragmento musical de Hendrix determinó el tamaño de los salientes y Mozart, su inclinación. La mezcla Hendrix-Mozart ha desembocado en una de las formas más singulares de entre todas las construcciones de Wolf D. Prix. Pero el arquitecto no sólo ha transformado la música en espacio. La futurista piel de la estructura arquitectónica tiene la propiedad de reflejar y absorber los sonidos indeseados del exterior poniendo lana de roca entre las dos láminas de aluminio parcialmente perforado que forman los paneles de la fachada.

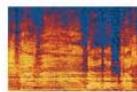
De este proyecto resulta interesante la metodología aplicada de introducir el sonido como un elemento conceptual en la generación formal, al tratarse de un auditorio. Sin embargo es un proyecto que no se escapa de la controversia al utilizar fragmentos de sonido para solucionar sólo una parte del edificio, mientras que la otra parte es un prisma con relativa regularidad.

La otra consideración polémica es la introducción de dos piezas que en el más puro estilo Himmelblau introduce elementos y decisiones arbitrarias en la línea post-dadaísta. Si bien la idea de coger una pieza de Mozart para un recinto donde se desarrollaran directos de cámara puede ser aceptable, la introducción del fragmento de Jimmy Hendrix resulta ser una decisión menos convincente, aun siendo una metáfora de la rotura de estructuras que se propuso en el periodo contracultural de los 70s. Otra consideración a tener en cuenta es la relativa poca explicación del método de introducir el sonido aplicado a la forma, que sin conocerlo puede parecer un proceso no demasiado riguroso.

'SCUSE ME WHILE I KISS THE SKY'
JIMI HENDRIX, PURPLE HAZE



FREQUENZAUSCHNITT
FREQUENCY SECTION



SONARGRAMM
SONAGRAM

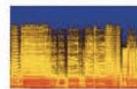


BESTIMMT DIE GRÖSSE DER SPIKES
DETERMINES THE SIZE OF THE SPIKES

NON HO TIMOR: VERRÒ!
WOLFGANG AMADEUS MOZART, DON GIOVANNI, ATTI II, SZENE 15 / SCENE 15



FREQUENZAUSCHNITT
FREQUENCY SECTION



SONARGRAMM
SONAGRAM



BESTIMMT DIE RICHTUNG DER SPIKES
DETERMINES THE DIRECTION OF THE SPIKES

(*) Sonograma: imagen que muestra cómo una determinada señal acústica cambia en el tiempo. También conocido como espectrograma se utiliza en la identificación de sonidos fonéticos, en el campo de la música, la producción sonora, la visualización de sonar/radar, en el procesado del habla o en la sismología.

Img + info > <http://www.coop-himmelblau.at/site/>

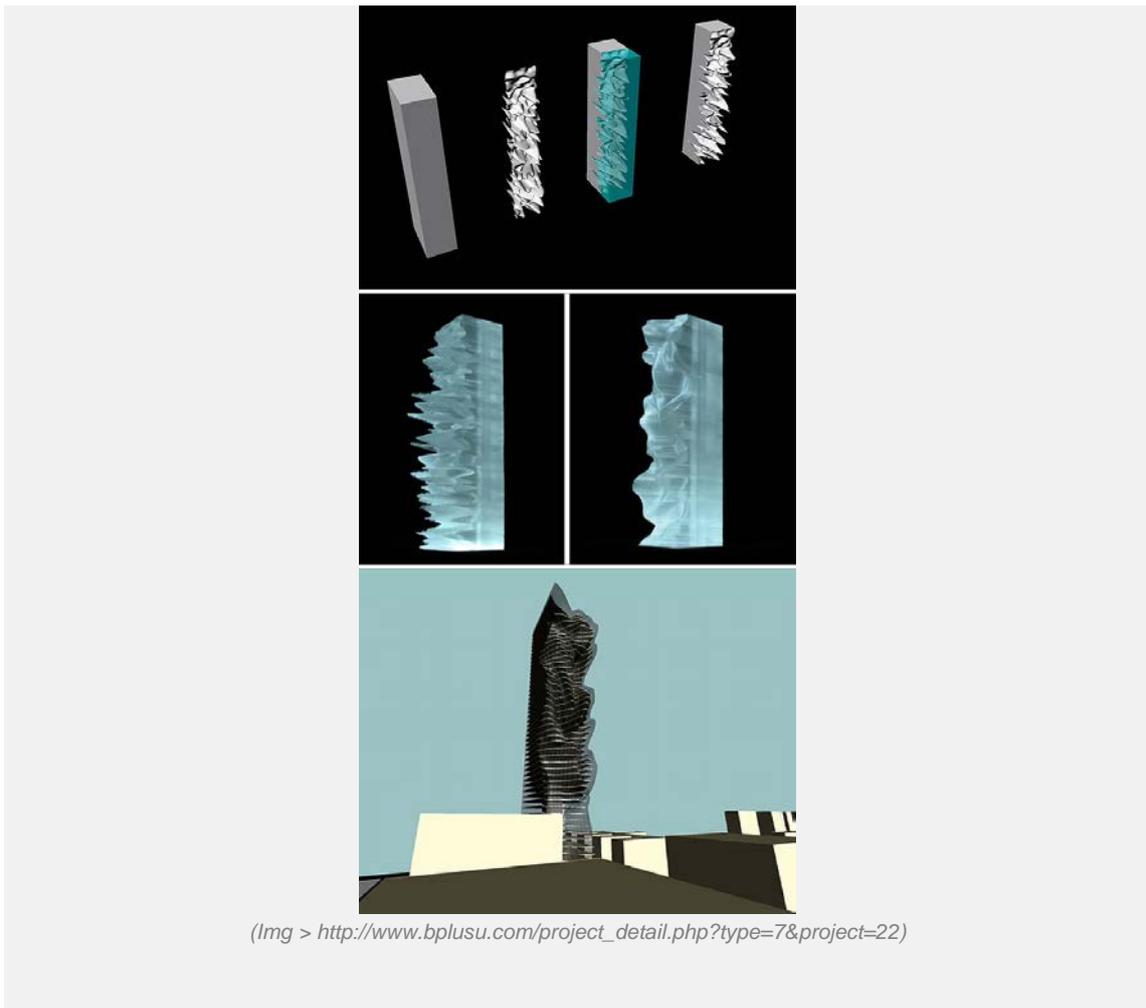
> Sound City Development, 2005 Downtown L.A.



Sound City es un estudio de desarrollo urbano para el Broadway Boulevard en el *downtown* de Los Angeles, que explora el uso de sonido como una herramienta de diseño urbanístico y arquitectónico. El solar se extiende en 12 manzanas entre Olympic Boulevard y 1st Street. El *downtown* de L.A. está en proceso de reurbanización, promoviéndose como lugar de vivienda y trabajo, expandiendo a la vez sus instalaciones culturales y públicas. El esquema programático de Sound City era añadir al solar una variedad de espacios públicos, como parques y zonas de ocio, en combinación con un desarrollo de uso mixto que complementa los proyectos previstos de vivienda, creando una variedad de espacios abiertos en el interior de un área densamente poblada. El concepto de diseño fue generar un *masterplan* en el cual las envolventes y masas urbanas, no son determinadas por normativas urbanas, perspectivas, mallas urbanas, sino que son formadas por nubes de sonido grabadas en el lugar.

El proyecto de investigación se empezó con un proceso de mapeo sonoro de toda el área. Las envolventes sonoras fueron desarrolladas por toda una serie de secciones longitudinales y transversales en el área de actuación. Esta información fue procesada a través de un software -desarrollado especialmente para el proyecto-, que los transformaba en una forma tridimensional. Fue el punto de partida de una serie de prototipos espaciales y urbanos que ocupan y transforman la malla existente y envolventes urbanas, en un nuevo skyline partiendo paisajes urbanos preexistentes.

Este proyecto es un ejemplo de traslación formal a partir del sonido. Como en el ejemplo anterior existen lagunas conceptuales que orientan la metodología a un objetivo puramente formal. El tema quizás más interesante es realimentar al proyecto con la inmanencia de elementos contextuales. Allí donde el Genius Loci del contexto muta hacia otra cristalización. Sin embargo un paisaje sonoro es una referencia contextual fijada de un momento determinado y no de una esencia del lugar que debería trascender a otro marco de referencia en el tiempo. La decisión de tomar una muestra sonora en un determinado día y hora en el mismo lugar puede tener distintas materializaciones, de manera que la retroalimentación contextual es relativa y circunstancial.



> Soundcloud, 2008 Los Angeles

Soundcloud es (ver imagen página siguiente) una instalación escultórica y una marquesina funcional, que intenta reclamar y reimaginar el espacio público en un contexto de barrio altamente urbanizado e industrializado.

Situado en el downtown de Los Angeles, utiliza un pasaje entre dos edificios industriales, y lo convierte en un parque público, espacio de eventos, y area de descanso con uso flexible. Adyacente al edificio renovado recientemente y convertida en un espacio creativo doméstico y de trabajo; la marquesina se ha diseñado transformando sonidos urbanos en formas tridimensionales, utilizando un software que fue diseñado para este propósito. La estructura es una red de ondas sonoras articuladas por tuberías curvadas de acero que rompen la monotonía vertical y horizontal del contexto, derramándose hacia las calles y entre los edificios. El revestimiento estirado en los marcos metálicos está diseñado para servir dos propósitos: proveer sombra durante el día, y operar como superficies de video-proyección durante la noche. Una malla de mini-altavoces, montados a lo largo de la estructura metálica, crea un objeto sonoro activo que ofrece oportunidades para instalaciones sonoras y performances. Soundcloud sirve como una estructura de evento que ofrece oportunidades de exhibición en esta comunidad y contexto altamente creativa. Al mismo tiempo ofrece un lugar público de encuentro, descanso e interacción. Accesible desde Mateo street, Soundcloud también incluye un café, un área de descanso al aire libre y un espacio verde a nivel de calle, accesible al público y a los habitantes del edificio.



Img > http://www.bplusu.com/project_detail.php?type=2&project=34

> Museums Quarter, 2003 Viena

El sistema de anuncios y actividades del barrio de museos de Viena está emplazado a lo largo de la *Ringstrasse*, uno de los bulevares más concurridos de la capital. La estructura es un híbrido de información diseñado para captar la atención de los viandantes hacia el barrio de museos (uno de los mayores de Europa), situado detrás del ala histórica de Fischer von Erlach. Se propone un dispositivo que va más allá de la funcionalidad de la señalización existente, creando una estructura de eventos que permite a sus usuarios interactuar libremente con la información prevista. La estructura es una guía virtual que puede guiar al visitante una vez pasada la barrera de la fachada histórica. El diseño propone crear un hyperlink para los coches y peatones circulantes, dotando una referencia informativa a las salas de exposición del interior del museo. Como concepto, se ha utilizado un acercamiento especial usando sonido. Se ha grabado y analizado las fonéticas de la palabra *Museums-Quarter* y transformado este análisis a una estructura tridimensional. En el proyecto Soundcloud el análisis e introducción del audio como motor generativo se implementa de una manera más plástica y escultórica, resolviendo un pasaje o Alley de una manera poco convencional aunque quizás un tanto aparatosa para la dinámica de flujos. La sensación espacial deviene demasiado confusa y densa en un espacio intersticial que invita más a pasar que a estar, a pesar de hacer mención a la instalación de un café. El procedimiento basado en el software implica que las resoluciones formales pueden tener contradicciones con la intención deseada, por ejemplo la aparición de estructuras pilares y tensores en espacios de circulación.

En el proyecto Museums Quarter, el edificio toma el significado de dispositivo de comunicación, anunciando los contenidos de los museos circundantes. Esta capa hipermedia puede tener una lectura superficial, teniendo en cuenta que los dispositivos pantalla que se encuentran en los espacios urbanos son teledirigidos y escasamente interactivos con el público, como sucede con los paneles informativos que se encuentran en las redes de metro de muchas metrópolis. La silueta del conjunto responde a la envolvente de la fonética de las palabras museums quarter realizando una operación que se utiliza en algunas obras del arte conceptual.

Los proyectos de B+U suponen ejemplos interesantes como ejercicios formales de traslación sonido/forma, sin embargo hay que enmarcarlos como ensayos formales que muestran una serie de limitaciones programáticas, constructivas y económicas. Son proyectos ideales o anteproyectos, de manera que algunos de estos requerimientos no están apuntados, pero demuestran la posibilidad real de translación de datos sonoros a datos formales tridimensionales.



Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Sonido y forma

Experimentos de traslación formal a través del sonido

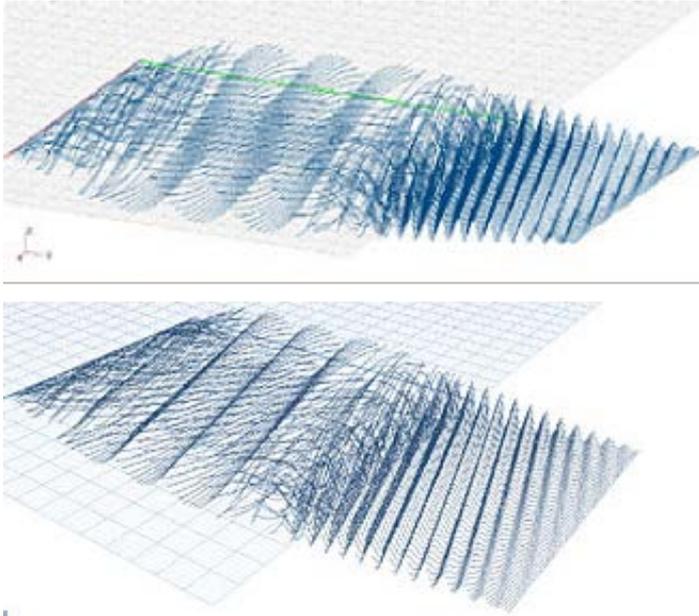
Experimentos de traslación sonido -Forma mediante SoundPlot

SoundPlot es una aplicación virtual, que permite la traducción de muestras sonoras a mapas tridimensionales importables desde distintos *softwares* de modelado 3D CAD (ej. Rhino). Soundplot es un software producto de la investigación conjunta entre el ingeniero del MIT Steven Pliam y los arquitectos Herwig Baumgartner and Scott Uriu, del estudio B+U en Los Angeles.

SoundPlot (<http://www.pliatech.com/SoundPlot.aspx>)

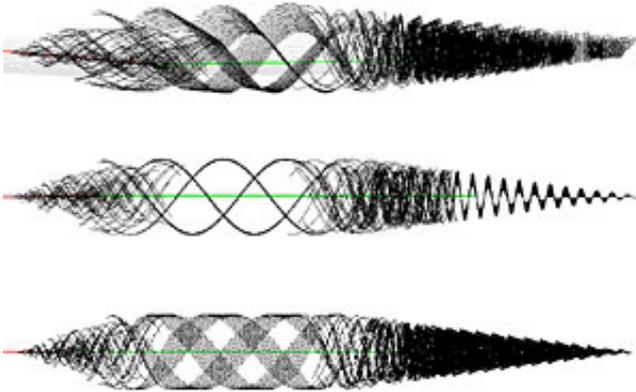
Steven Pliam (<http://web.media.mit.edu/~pliam/res/efolio/resources/sdpt1.htm>)

B+U(<http://www.bplusu.com>)



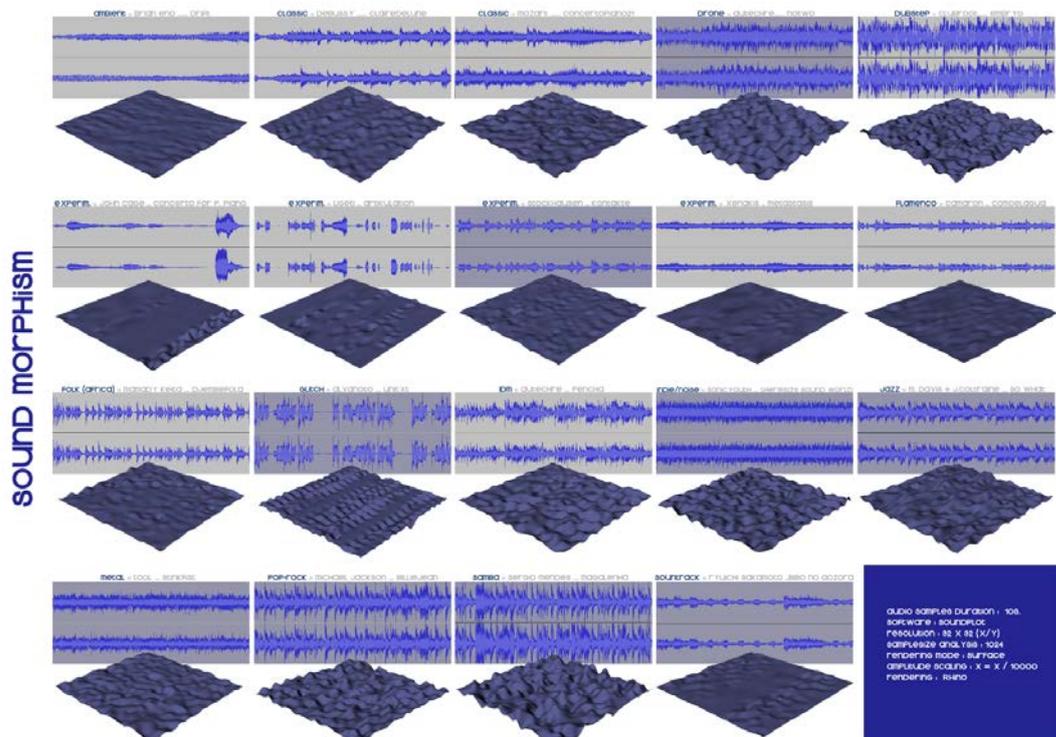
'Software translates musical and auditory material into mathematically concrete surface data that can be edited in most 3D CAD modelers.'

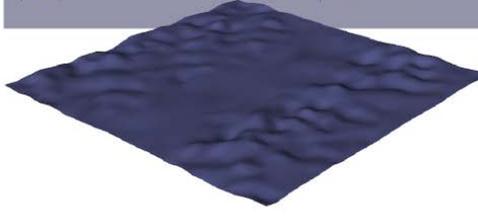
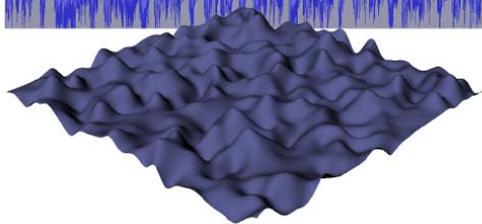
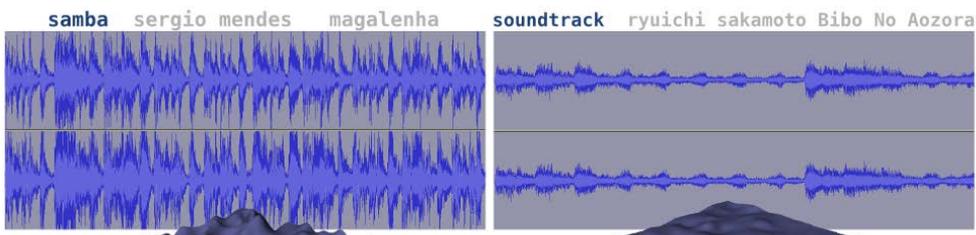
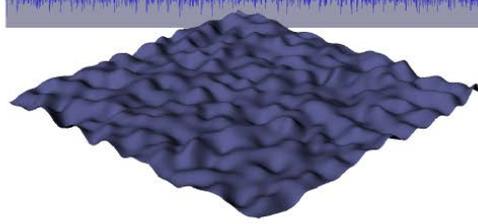
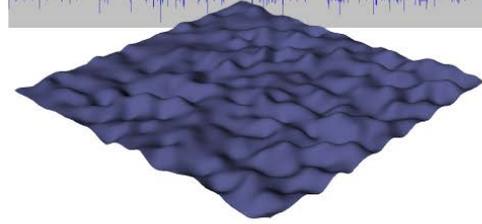
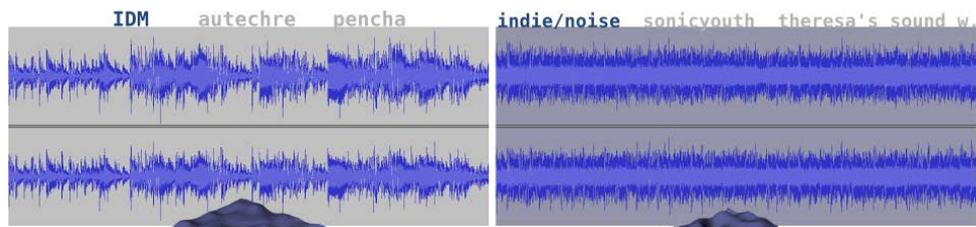
El software interpreta los distintos cambios de valor en una forma de onda determinada. Esta es traducida a distintos modelos geométricos disponibles (puntos, curvas, poli líneas y superficies). La interpretación de los datos de la forma de onda asignada a estas figuras geométricas, generan un mapa tridimensional, traduciendo los distintos valores de coordenadas de amplitud de la onda, y con una resolución relativa configurable de *samplerate*. El modelo resultante tendrá una volumetría que dependerá de una función matemática (logarítmica, exponencial, producto, etc.) interpretando la información por cada simple en la forma de onda.



El procedimiento y proceso mediante Soundplot es de carácter fijado, es decir tomando un fragmento sonoro fijado como es un archivo de audio sin compresión (en formatos Wav, o Aiff), se traduce a un mapa 'congelado' disponible en distintos programas de 3D CAD. Por lo tanto se trata de un procedimiento en que el tiempo intrínseco a cualquier manifestación sonora, queda analizada, cuantificada y traducida a picos variables en la topología de un modelo tridimensional. En términos sintéticos, de una muestra sonora con un tiempo fijado se extrae una forma topológica fijada o *congelada*. El procedimiento no es a tiempo-real y requiere el proceso de renderizado.

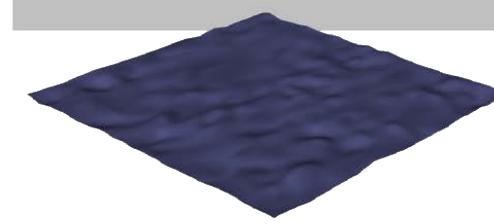
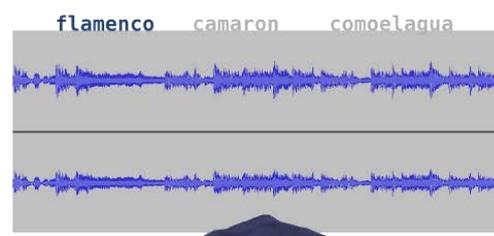
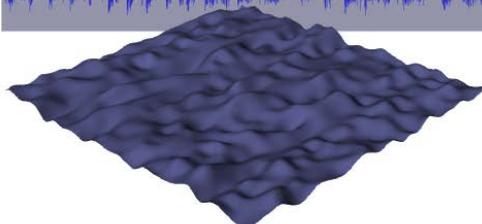
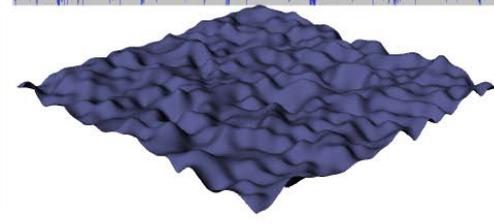
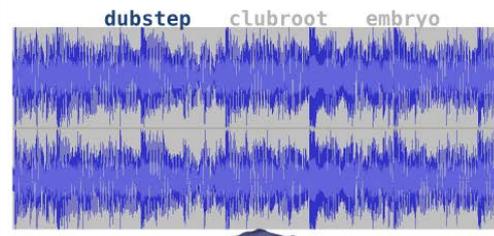
> Experimento Sonomorfismos

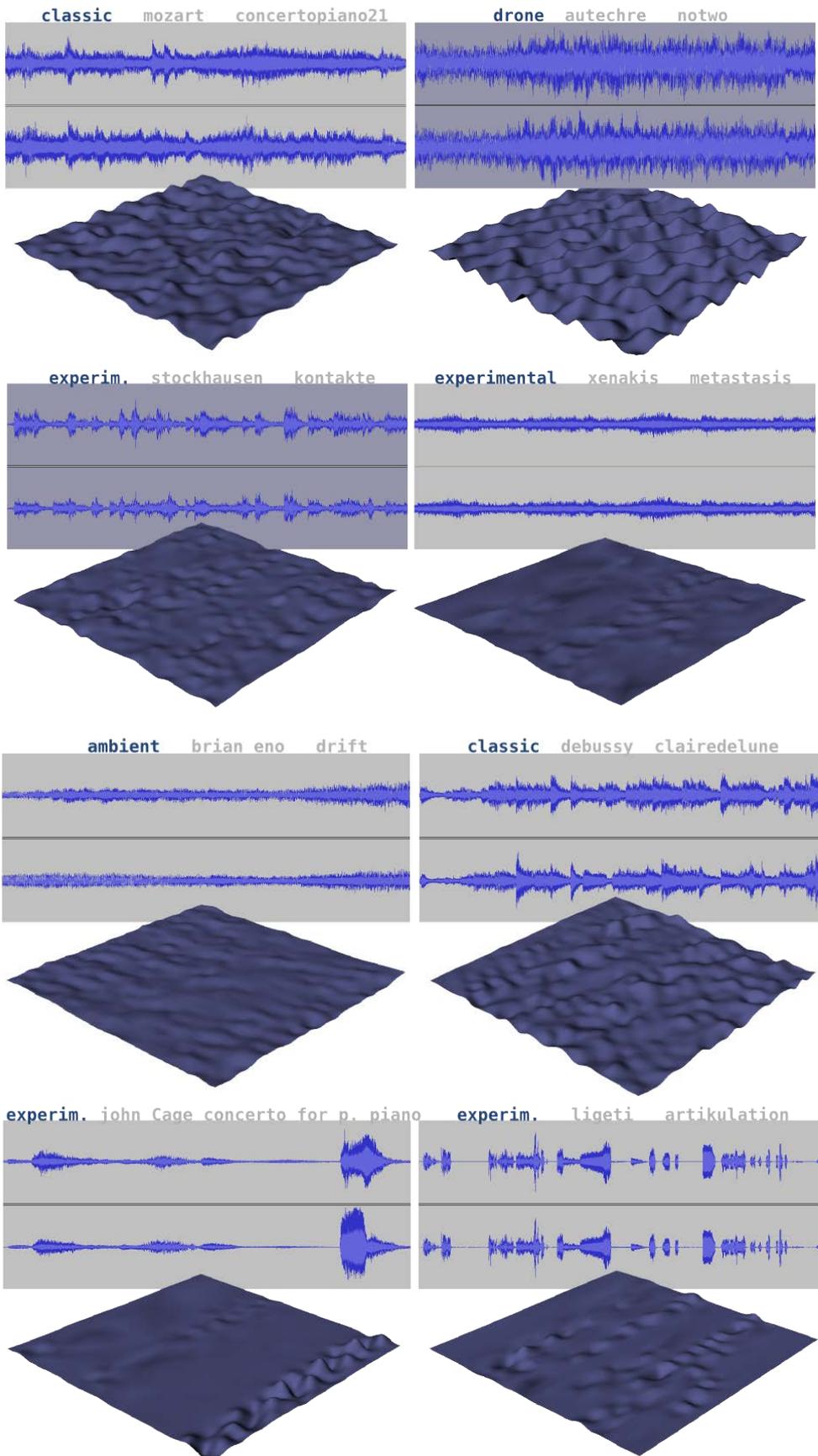


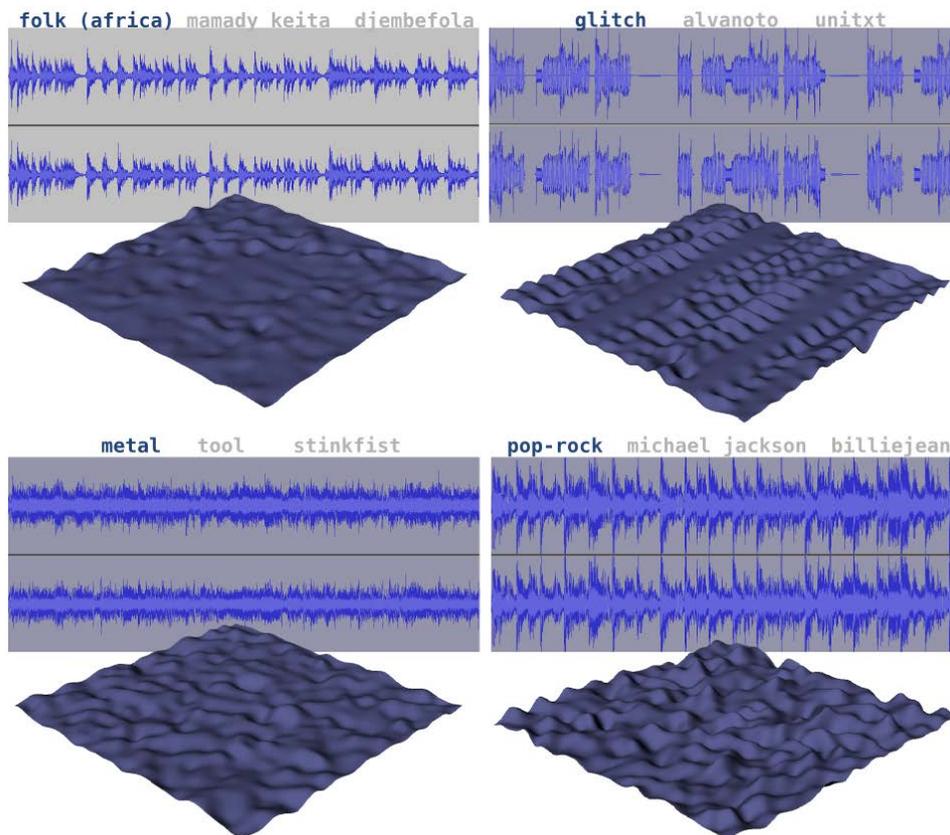


```

Analysis
Audio samples duration : 10s
Software : Soundplot
Resolution : 32 x 32
sample Analysis : 1024
Rendering mode : Surface
Amplitude Scaling : X = X/10000
Rendering : Rhino
  
```







Sonomorfismos

Con el software Soundplot se han realizado unos experimentos tomando fragmentos sonoros de distintos géneros con la misma duración, y con los mismos parámetros de reinterpretación / traducción al modelo 3D (resolución de malla, escalado z, número de muestras cuantificadas, y tipología del modelo resultante -malla-). Estos parámetros son esenciales al disponer de una base analítica común para poder realizar una comprobación empírica y contrastada. La base de datos del experimento es la siguiente:

Género	Autor	Track
Dubstep	Clubroot	embryo
Jazz	M. davis + J.coltraine	so what
Flamenco	Camaron	comoelagua
IDM	Autechre	pencha
Indie/noise	Sonic Youth	theresa's sound w.
Samba	Sergio Mendes	magalenha
Soundtrack	Ryuichi Sakamoto	Bibo No Aozora
Classic	Mozart	concertopiano21
Drone	Autechre	notwo
Experimental	Stockhausen	kontakte
Experimental	Xenakis	metástasis
Folk (africa)	Mamady Keita	djembefola
Glitch	Alva Noto	unitxt
Metal	Tool	stinkfist
Pop-rock	Michael Jackson	billiejean
Ambient	Brian Eno	drift
Classic	Debussy	clairedelune
Experimental	John Cage	concerto for p. piano
Experimental	Ligeti	artikulation

Los experimentos determinan como la dinámica de las muestras sonoras, es decir la relación entre la amplitud variable en el tiempo, así como los espacios de poca intensidad o tendientes al silencio, se materializan en superficies planas. Por el contrario a más crestas y picos de sonido se traduce en una mayor rugosidad topológica.

Cabe señalar cómo en músicas muy pautadas y rígidas métricamente el resultado es una topografía con una regularidad más mecánica. El caso observado más ejemplar es la muestra relativa al género Glitch de la pieza unitxt de Alva Noto.

Otros ejemplos sorprendentes son los análisis de fragmentos de música experimental dando lugar a topologías más orgánicas y con poca regularidad, debido en parte a la intrínseca variabilidad de matices y accidentes sonoros. La dinámica suave de las muestras también influye en la presencia ínfima de relieve en los modelos. Estos ejemplos serían las muestras de kontakte de Stockhausen (experimental), Metastasis de I.Xenakis (experimental), Drift de Brian Eno (ambient), artikulation de Ligeti (experimental), concerto for p.piano de John Cage (experimental), y Biba no aozora de Ryuichi Sakamoto

En los casos de mayor amplitud dinámica, así como en los que intervienen mayor número de frecuencias y presencia de armónicos, los resultados devienen con más protuberancias e irregularidades.

Pertenecerían a esta sección de mayor a menor:

(Samba) Sergio Mendes magalenha // (Drone) Autechre notwo // (Dubstep) Clubroot embryo // (Pop-rock) Michael Jackson billiejean // (Indie/noise) Sonic Youth theresa's sound w. // (Jazz) M. davis + J.coltraine so what

Hay que tener en cuenta que las muestras son relativamente representativas: la duración de los fragmentos es muy limitada (10s), con lo cual no se trata de la traslación de todo un tema. En este sentido podría ser un proceso muy complejo por el hecho de que los temas que tienen una duración mucho mayor al fragmento analizado pueden tener otras diversas geometrías y formalizaciones. En definitiva trasponer una grabación con todos sus registros puede conllevar a hacer un análisis exhaustivo como objeto de estudio.

El experimento pretende demostrar como la dinámica, forma, ritmos u otros eventos de una muestra sonora durante un cierto tiempo, afectan y se materializan en una forma mínima analítica (una malla o superficie).

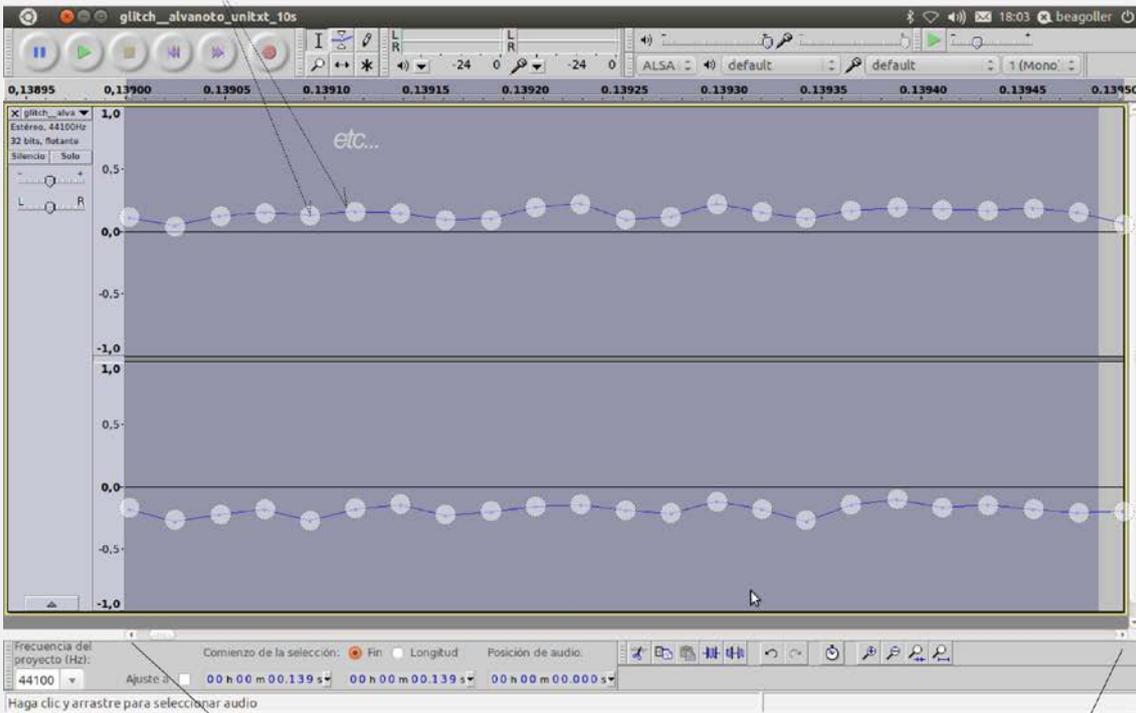
Experimento Sonomorfismos

Contextualización Técnica

Frecuencia de Muestreo o SampleRate

Como estándar, la frecuencia de muestreo en un determinado fragmento de Audio Digitalizado equivale a **44100Hz** que en el marco del audio digital se corresponde con unidades singulares mínimas que en su conjunto describen la forma de onda o **waveform** general.

En definitiva por cada **1s.** de grabación existen **44100 samples** o nodos de referencia que describen la waveform. La siguiente imagen corresponde a un fragmento en el tiempo del sample **Unitxt de Alva Noto** concretamente del **0.13900s. al 0.13950s.** Es decir un fragmento muy aumentado del audio en el eje de tiempo en el punto 139ms. de la grabación. El fragmento seleccionado es de **0,50ms.** En este fragmento se pueden apreciar los puntos nodales o **samples** que describen toda la definición de la forma de onda.



44100Hz ¿porqué este valor de referencia?

No es el único valor de referencia a la hora de grabar con una cierta resolución. Del mismo modo que en el mundo de la imagen, la **resolución** de una imagen en pixels, y su ratio de pixels por unidad de espacio (cm o inches) nos dotará de mayor **precisión** a la aproximación de la realidad. La misma consideración es válida para el sonido. En el ser humano la frecuencia audible se sitúa desde los **20hz** hasta los **16000hz** y en algunos casos hasta **20000hz**. La calidad de referencia más próxima al sonido real sería ese **rango de frecuencias multiplicado por dos**, teniendo en cuenta que a la hora de representar y fijar la onda en un soporte digital se usa el **stereo** para acercarse más a la **binauralidad** humana. Estos factores han hecho que la aproximación de 44100hz sea un estándar de los 20000hz * 2, mas un margen de mayor precisión para poder fijar en soportes digitales la calidad más próxima a la realidad.

el fragmento de 0.13900s. al 0.13950s sample Unitxt de Alva Noto

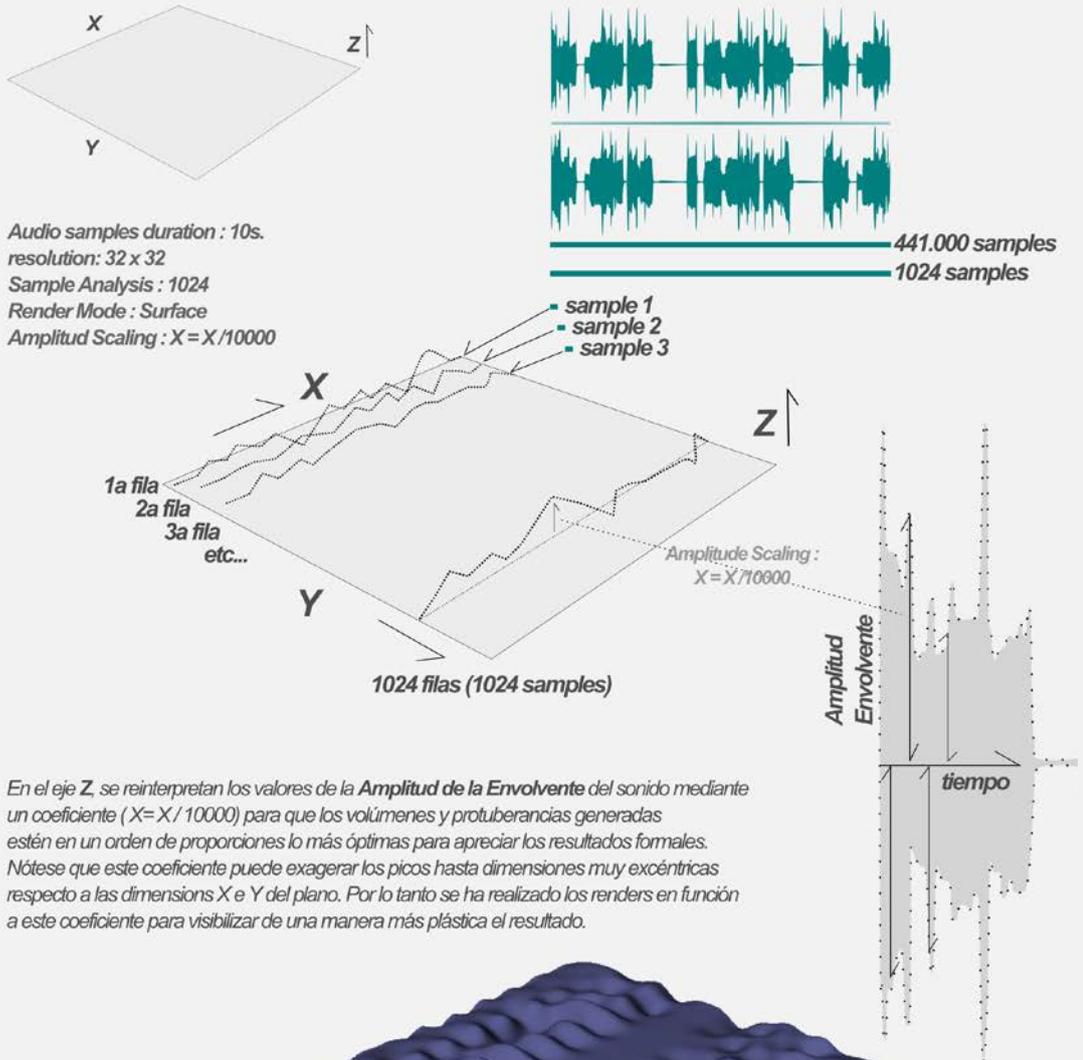


1s -> 44100Hz -> 44100 unidades de información

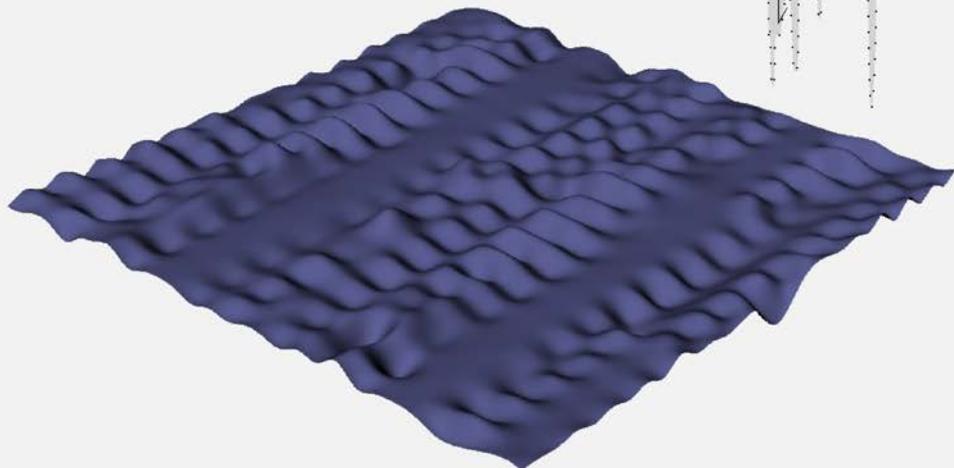
Experimento Sonomorfismos

Procedimiento de cálculo mediante el software SoundPlot

Los experimentos realizados mediante el software SoundPlot interpretan la información sonora, y la renderizan en un plano. La muestra tomada de 10s. es readaptada cada 1024 samples para poder tener una mayor optimización de cálculo (interpretar 441.000 samples - $44100 * 10s$ - en un proceso de renderizado supone un cálculo demasiado pesado). La superficie tipo es una malla que reinterpreta la información por filas y columnas.



En el eje Z, se reinterpretan los valores de la **Amplitud de la Envolvente** del sonido mediante un coeficiente ($X = X / 10000$) para que los volúmenes y protuberancias generadas estén en un orden de proporciones lo más óptimas para apreciar los resultados formales. Nótese que este coeficiente puede exagerar los picos hasta dimensiones muy excéntricas respecto a las dimensiones X e Y del plano. Por lo tanto se ha realizado los renders en función a este coeficiente para visibilizar de una manera más plástica el resultado.



Experimentos de traslación sonido-Forma a tiempo real

Existen otros procedimientos en los cuales las acciones de transposición entre sonido y forma, puedan ser procesados a tiempo real. Estos son aún muy experimentales en cuanto a resultados concretos. Sin embargo, los experimentos técnicos de resolución de este reto resultan muy sugerentes. En este sentido el procedimiento se enmarca dentro del ámbito virtual al interconectar distintos *softwares* que en principio no tienen ninguna relación (especialmente entre los generadores 3DCAD y los instrumentos de síntesis sonora).

En las siguientes imágenes se describe el procedimiento experimental entre las aplicaciones virtuales: *Rhino* (3dCAD), *Grasshopper* (plugin de parametrización de Rhino), y *Pd* (pure-data) (lenguaje visual multimedial de síntesis sonora/visual).

Este experimento realiza esta interacción en el sentido: *Grasshopper* >> *Rhino* + *Pd*, es decir el cambio paramétrico en *Grasshopper* afectará simultáneamente a la geometría de una figura u objeto (*Rhino*), y al mismo tiempo introducirá cambios dinámicos de parámetros de control de la síntesis sonora (*Pd*)*.

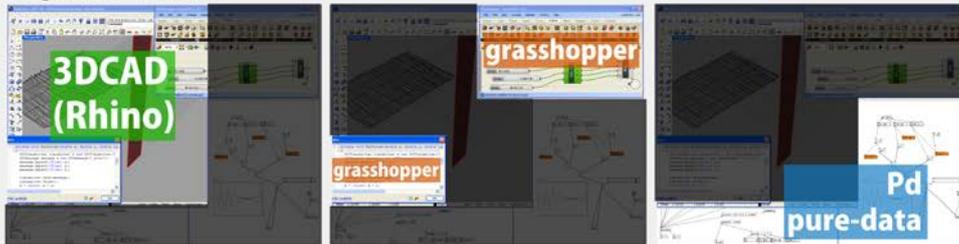
(*) Pd o pure-data es un lenguaje de programación visual Open Source, que permite la construcción de herramientas hipermedia en el que poder implementar aplicaciones sonoras y de vídeo. Su metalenguaje de alto nivel modular y funcional, permite la construcción de estructuras complejas partiendo de elementos programados previamente en lenguajes de bajo nivel como C o C++. La flexible construcción así como el hecho de ser Open Source han permitido al largo de los años como diversas tecnologías emergentes han podido implementarse en este lenguaje. Por ejemplo aplicaciones en Android, interacción con sensores, interrelación con otros dispositivos como Arduinos, Wii, Midi controllers, Streaming, etc.

El origen de este lenguaje parte del trabajo de investigación que realizó el programador y músico Miller Puckette en las instalaciones del IRCAM de Paris, en los años 80. Partiendo del mismo embrión genealógico, el software se bifurcó en dos ramas o *forks*: una rama privativa y comercial (MAX/MSP-) y una rama Open Source (PD).

Más información: <http://puredata.info>
descargas en: <http://puredata.info/downloads>

El sonido como parámetro formal
Experimentos de traslación sonido-Forma a tiempo real

diagramas softwares

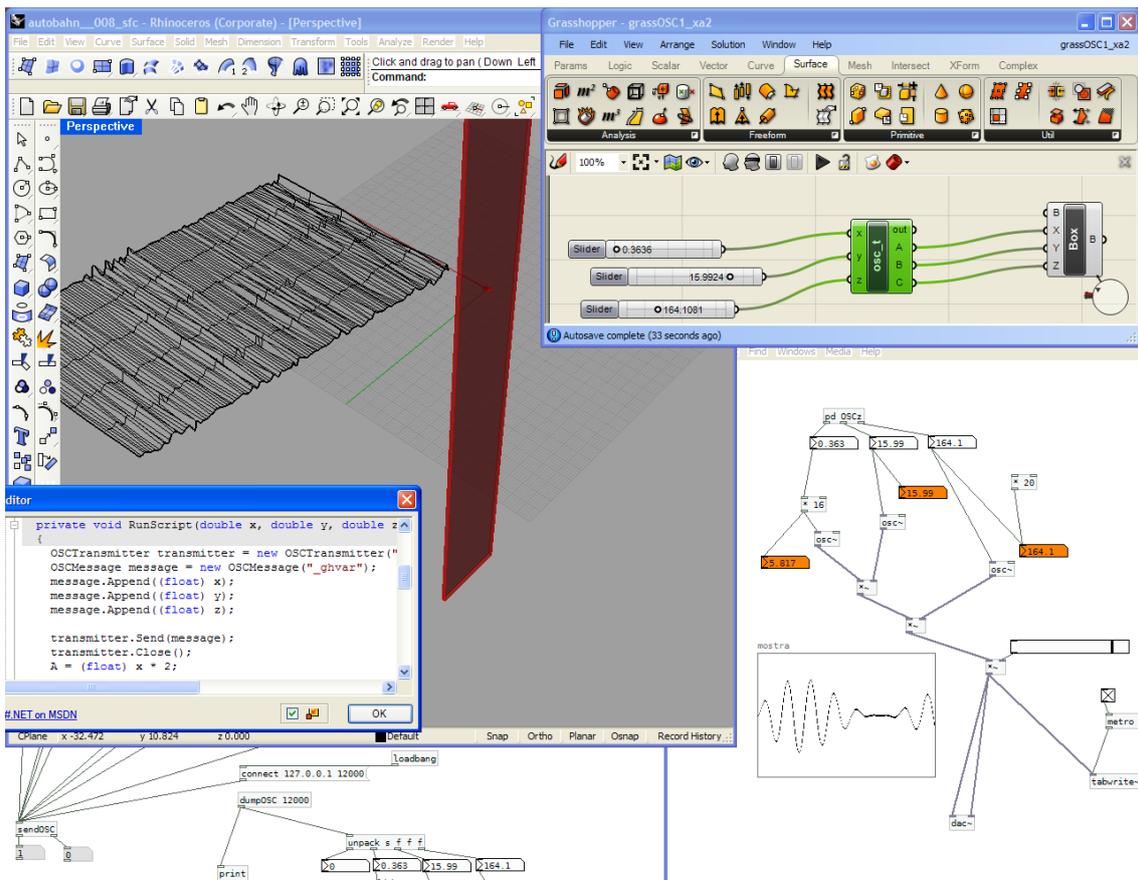


Mediante este procedimiento, se interrelacionan los softwares Rhino (3dCAD), grasshopper (plugin de parametrización de Rhino), y Pd (pure-data)(lenguaje visual multimedial de síntesis sonora/visual). A través del protocolo OSC (Open SoundControl), las acciones realizadas a través de los botones slider de Grasshopper, son enviadas por red (en este caso a la misma máquina localhost) seteando la ip local (127.0.0.1). Los datos enviados a través del slider pasarán a recibirse mediante el objeto 'dumpOSC' a través del puerto seleccionado (12000). Los cambios del slider en Grasshopper están vinculados al objeto Box (podría ser cualquier modelo 3D con más complejidad), de manera que afectarán a su geometría (en este caso las relaciones x,y,z del prisma). A su vez los datos recibidos en Pd, entran como parámetros dinámicos que afectan a la síntesis sonora de un pequeño patch o fragmento de programación sonora.

Este experimento realiza esta interacción en el sentido: grasshopper >> Rhino + Pd

————— generador de geometría
⋯⋯⋯⋯⋯ transmisión de datos
⋯⋯⋯⋯⋯ recepción de datos e interpretación sonora

(Pd > en este experimento se ha utilizado un patch de Pd muy sencillo, con 3 parámetros conectados directamente a osciladores (síntesis sinusoidal de frecuencias puras). La síntesis se basa en un grupo de un par de osciladores (uno modula al otro), y el producto es a su vez modulado por un tercer oscilador. (nota: se adjunta un poster/mapa A3 con más información).



El procedimiento anterior, parte del software *Grasshopper* como motor paramétrico de la síntesis sonora y el modelado virtual 3D.

Si quisiéramos invertir la secuencia, en orden de que la síntesis sonora introduzca los parámetros necesarios para la deformación paramétrica en el modelo 3D, sería necesario implementar un protocolo de transmisión de datos de envío desde PD (*OSC/OpenSoundControl*).

En el siguiente experimento, se realiza la interconexión entre los software PD, *Grasshopper* y *Rhino*, (por este orden), de manera que los parámetros que afectan al sonido, se intercomunican via *Grasshopper* al modelador 3d *Rhino*. El ejemplo parte de 3 cambios de frecuencia sonora que afectan a las dimensiones XYZ de un modelo simple (cubo).

El sonido como parámetro formal

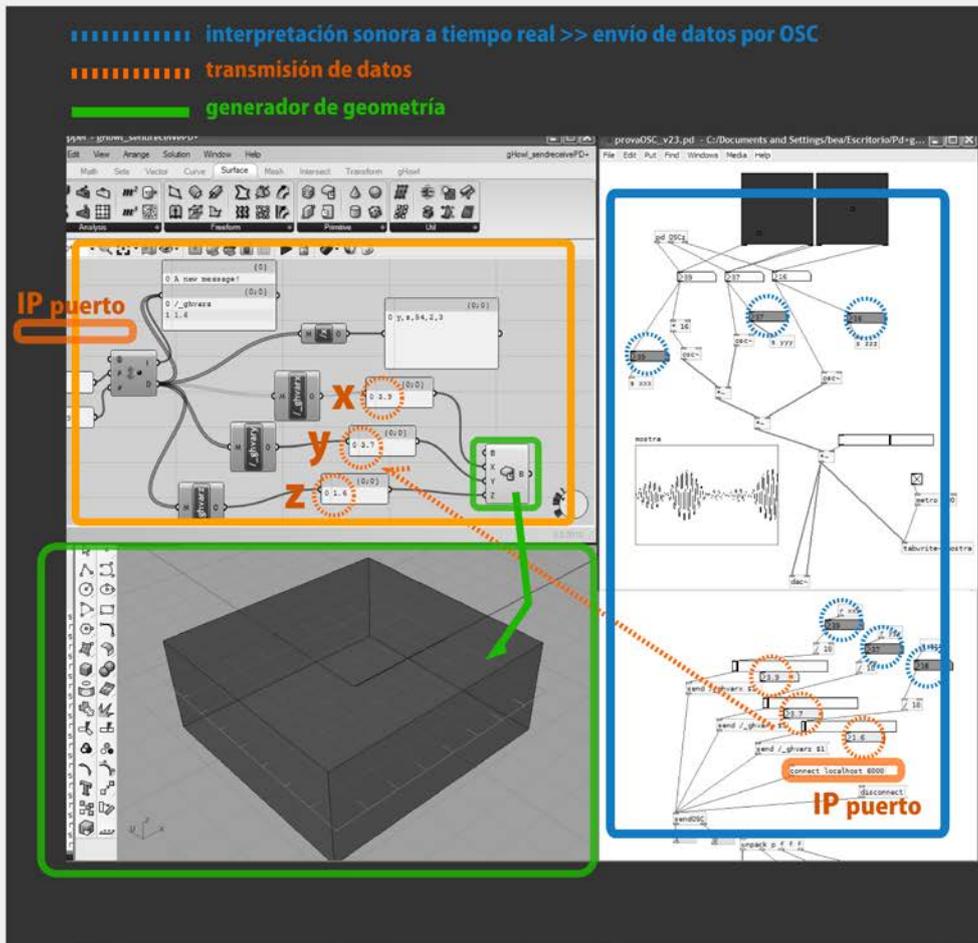
Experimentos de traslación sonido-Forma a tiempo real

diagramas softwares



Mediante este procedimiento, se interrelacionan los softwares Pd (pure-data)(lenguaje visual multimedial de síntesis sonora/visual), grasshopper (plugin de parametrización de Rhino), y Rhino (3dCAD). A través del protocolo OSC (Open SoundControl), las acciones realizadas a través de los botones slider de Pd que alteran las frecuencias de un sintetizador simple, son enviadas por red literalmente a la propia máquina -localhost-. Los datos enviados a través de los sliders que controlan las frecuencias, son recibidos en Grasshopper, mediante el elemento UDPReceiver que a su vez soporta también el tráfico de datos enviados por OSC. Estos datos de input son asignados a un modelo simple (cubo), convirtiendo las tres frecuencias de Pd a dimensiones X,Y,Z en el modelo de cubo construido en Rhino.

Este experimento realiza la interacción sonido-forma en el sentido: Pd >> Grasshopper >> Rhino

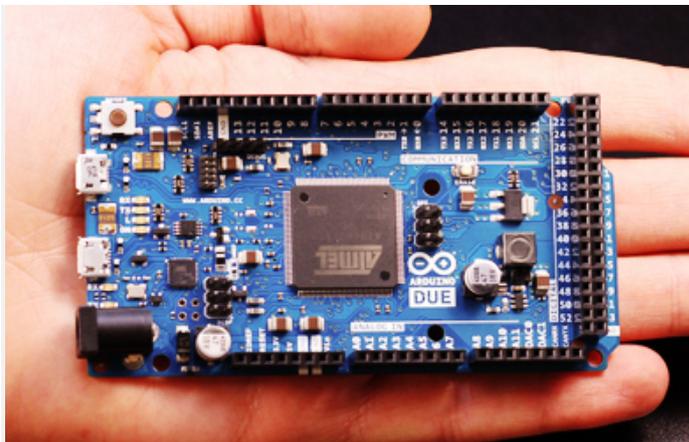


Los experimentos anteriores, se enmarcan exclusivamente en el ámbito virtual, demostrando que la interrelación entre distintas aplicaciones es viable a nivel de comunicación y reactividad. Se trata de experimentos simbólicos con una potencial formalización arquitectónica básica (prisma), pero que en definitiva comprueba de una manera experimental la viabilidad entre las conexiones de datos del dominio sonoro, al dominio formal/tridimensional, y viceversa.

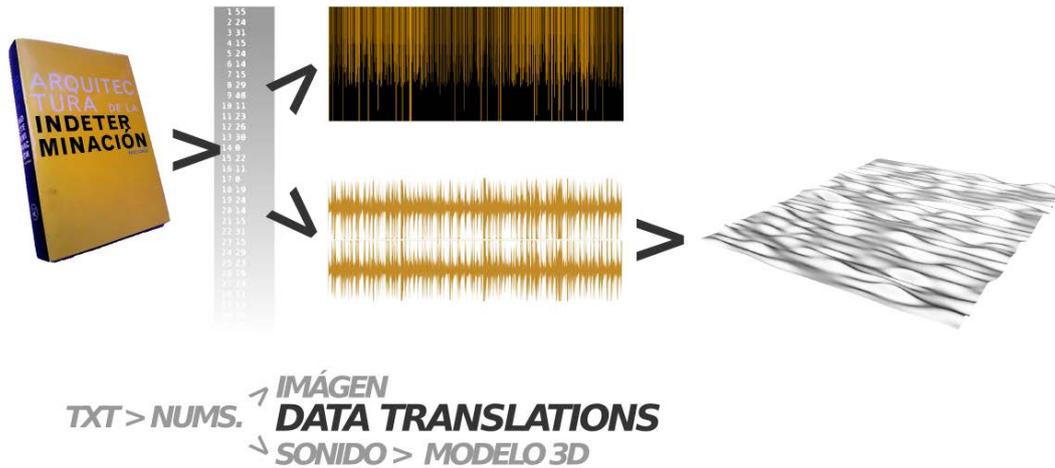
Sin embargo, la pregunta que se plantearía es, si estos cambios dinámicos pueden afectar directamente a elementos u objetos tangibles, y por tanto, potencialmente arquitectónicos.

Para resolver este problema se debería interconectar el mundo de los datos dinámicos que devienen en el *software* y trasladarlos al mundo físico del *hardware*. Existen diversos métodos de cómo realizar esta tarea. La más popularizada sería la interconexión de sistemas de datos a tiempo real mediante una protoboard abierta y programable (*Arduino**), si bien ésta tan sólo puede resolver potencias y voltajes de baja intensidad por tratarse de pequeños dispositivos electrónicos (pudiendo mover motores pequeños, sistemas con Leds, etc.). Si deseáramos incrementar la potencia del sistema (por ejemplo, introducir un motor mecánico de potencia suficiente para levantar pesos medios o elevados), se haría necesaria la introducción de otros dispositivos encadenados para hacer posible la conversión de potencia, es decir, partir de potencias pequeñas y trasladarlas a potencias elevadas. Estos dispositivos son diversos y dependen de cada situación, pero en general estaríamos hablando de relés, transformadores, alternadores, etc. Interconectados con el sistema electrónico que controlaría otros mecanismos de mayor voltaje.

Con el boom de las impresoras 3D aplicadas al diseño y a la arquitectura, se produce otro vínculo emergente para pasar del medio digital al mundo físico. En este sentido no es tan descabellado imaginar cómo mediante las técnicas anteriores u otras análogas que se desarrollen en un futuro inminente, se pueda pasar de un determinado sonido a un modelo tridimensional formal y materializar éste mediante las técnicas 3D printing o cortadoras laser por control Numérico.



(*)Arduino es una plataforma Open Source de prototipado electrónico, basado en un software i hardware flexible y de usabilidad sencilla. Orientado para artistas, diseñadores y cualquiera interesado en crear objetos o contextos interactivos
Img <http://www.arduino.cc/>



El anterior ejemplo ilustra cómo a partir de una serie de datos es posible realizar una representación gráfica y sonora con un mismo origen.

El siguiente experimento 'Data Translations' (DT) sigue en esta línea si bien más ampliada. Del mismo modo, el análisis de los datos es más profundo y minucioso que en el anterior basado en el volumen de información. Este volumen hacía referencia al número de páginas y a la estructura desarrollada en la tesis.

En DT, se parte del análisis formal de un texto. En concreto el Abstract del libro **Arquitectura de la Indeterminación** de Yago Conde. Dicho análisis hace referencia a la forma del texto a través de las letras o caracteres del mismo.

El experimento DT expone la versatilidad de los procesos de traducción de datos en el dominio digital. Como se mostrará a continuación se han interrelacionado entidades digitales aparentemente distintas como son un archivo de texto, una imagen, un sonido y una forma tridimensional. Dicha interrelación se resume como una transformación a partir de un elemento inicial (en concreto el texto). El texto se ha traducido literalmente a una serie de valores numéricos, carácter a carácter. Esta secuencia numérica permite mediante algunas herramientas digitales la conversión por un lado a una visualización de datos y por otro a una sonificación. Ésta última, permite posteriormente la transformación a un modelo formal tridimensional. En definitiva un ejemplo de la plasticidad de la información en el dominio digital. Las páginas siguientes muestran con más detalle los procesos del experimento DT.



DATA TRANSLATIONS TXT > NUMS.

Arquitectura de la Indeterminación [Yago Conde] Abstract

Entenderíamos la indeterminación como un cierto estado de suspensión de la significación precisa del objeto, producto del replanteamiento de los límites en que éste se inscribe. El libro se propone investigar aquellos episodios en ellos que existe este cuestionario de los límites disciplinares, este cuestionario de la construcción/significación del objeto arquitectónico. El estudio no se quiere situar tampoco en un terreno absolutamente específico: partiendo de la historia, la crítica y la teoría, la práctica profesional, la pedagogía o incluso, por qué no, la performance, sino que querría desarrollar un discurso que se activase desde la diversidad de esas posiciones, terrenos, normalmente "acotados".

texto

Edición en un archivo de texto sin formato (.txt)

fragmentación para su posterior análisis

splitter- .py
mini aplicación para descomponer el texto en caracteres línea por línea.

```
#with open('IndEN.txt', 'r') as f, \
# open('IndEN- .txt', 'w') as out:
with open('IndES.txt', 'r') as f, \
open('IndES- .txt', 'w') as out:
# call anonymous lambda function returning f.read(1)
# until output is '', put output to part
for part in iter(lambda: f.read(1), ''):
# write this part and newline character
out.write(part)
out.write('\n')
```

El texto original se ha traducido carácter a carácter incluyendo las pausas entre palabras y signos de puntuación. Dicha traducción se ha convertido a números según una escala de referencia. La escala se ordena por orden numérico, orden alfabético y otros caracteres, entre el 0 y el 100.

0123456789abcdefghijklmnopqrstuvwxyz!,"'áéúABCDEF GHIJKLMNOPQRSTUVWXYZÁÉÍÓ !
0 <-----> 100

El resultado es un archivo de texto con las correspondientes cifras línea por línea.

```
1 55
2 24
3 31
4 15
5 24
6 14
7 15
8 29
9 48
10 11
11 23
12 26
13 30
14 0
15 22
16 11
17 0
18 19
19 24
20 14
21 15
22 31
23 15
24 29
25 23
26 19
27 24
28 11
```

Python programming language

Se ha optado por la utilización del lenguaje Python para automatizar el proceso de traducción de texto a números.

Replacer- _STR@P5.py

mini aplicación para ordenar en una lista los caracteres del texto. Posterior análisis en Processing

Replacer- _STR@Pd.py

mini aplicación para ordenar en una lista los caracteres del texto. Posterior análisis en Pure-data

```
#_ _Programmed by XaviM.dAAX 2014 - - ((d*o*b))
strs="Entenderíamos la indeterminación como un cierto estado de suspensión de la significación precisa del objeto, producto del replanteamiento de los límites en que éste se inscribe. El libro se propone investigar aquellos episodios en ellos que existe este cuestionario de los límites disciplinares, este cuestionario de la construcción/significación del objeto arquitectónico. El estudio no se quiere situar tampoco en un terreno absolutamente específico: partiendo de la historia, la crítica y la teoría, la práctica profesional, la pedagogía o incluso, por qué no, la performance, sino que querría desarrollar un discurso que se activase desde la diversidad de esas posiciones, terrenos, normalmente "acotados"."
dic={ '0': ' ', 'a': '11', 'b': '12', 'c': '13', 'd': '14', 'e': '15', 'f': '16', 'g': '17', 'h': '18', 'i': '19', 'j': '20', 'k': '21', 'l': '22', 'm': '23', 'n': '24', 'ñ': '25', 'o': '26', 'p': '27', 'q': '28', 'r': '29', 's': '30', 't': '31', 'u': '32', 'v': '33', 'w': '34', 'x': '35', 'y': '36', 'z': '37', ' ': '38', '!': '39', ' ': '40', ' ': '41', ' ': '42', ' ': '43', ' ': '44', ' ': '45',
#-----<<
'á': '46', 'é': '47', 'í': '48', 'ó': '49', 'ú': '50',
#-----<<
'A': '51', 'B': '52', 'C': '53', 'D': '54', 'E': '55', 'F': '56', 'G': '57', 'H': '58', 'I': '59', 'J': '60', 'K': '61', 'L': '62', 'M': '63', 'N': '64', 'O': '65', 'P': '66', 'Q': '67', 'R': '68', 'S': '69', 'T': '70', 'U': '71', 'V': '72', 'W': '73', 'X': '74', 'Y': '75', 'Z': '77',
#-----<<
'A': '78', 'E': '79', 'I': '80', 'O': '81', 'U': '82',
#-----<<
#'\n': '\n',
#': '85',
#': '92', }
#-----<<
#-----<<
#-----<<
strs="".join((dic.get(x,x) for x in strs))
#print(strs)
#
#Activate code above for P5 ----->>>
b = strs.replace(", ", "\n")
print(b)
#copypaste the result in a text file
#_ _Programmed by XaviM.dAAX 2014 - - ((d*o*b))
```

DATA TRANSLATIONS NUMS. > IMÁGEN

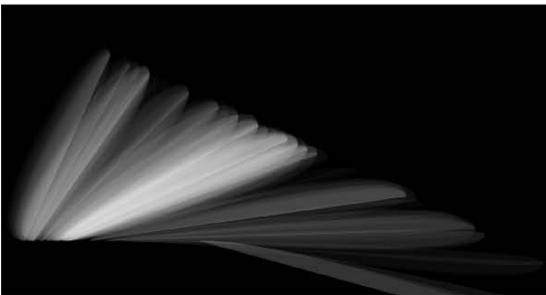
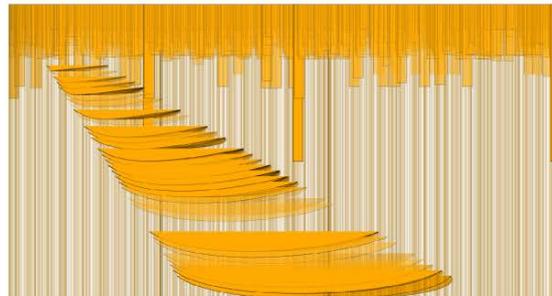
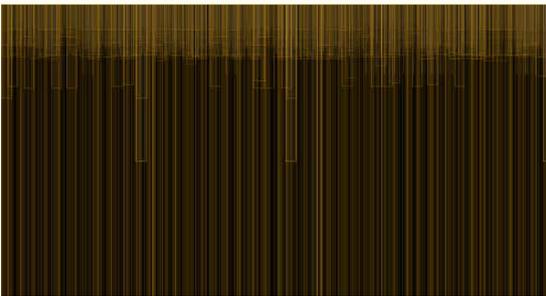
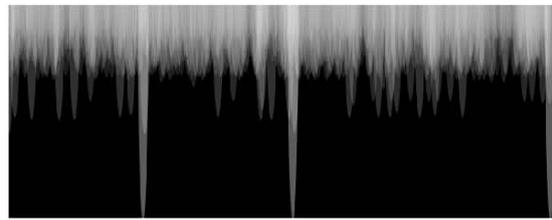
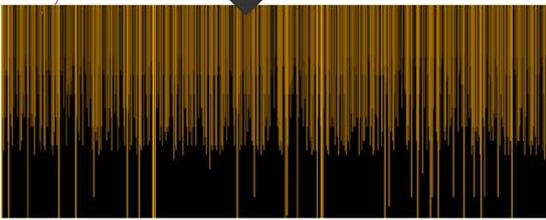
```

void draw() {
  //background(255, 255, 255);
  //background(255, 170, 0, 0);
  background(0, 0, 0);
  // background(255, 170, 0);
  //stroke(0, 0, 0);
  for (int i = 0; i < data.length; i++) {
    //fill(255, 170, 0, 0.2*data[i]);
    fill(255, 255, 255, 0.1*data[i]);
    //fill(0, 0, 0, 0.6*data[i]);
    //stroke(0, 0, 0, 2*data[i]);
    stroke(255, 170, 0, 2*data[i]);
    //fill(255, 255, 255, 0.2*data[i]);
    //curve(i*1.78, 5*data[i], 21*data[i], 13*data[i], 8*data[i], 13*data[i], 8*data[i], 3*data[i]);
    //curve(i*1.78, i*1.78, i*1.78, 11*data[i], 3*data[i], 7*data[i], 5*data[i], 5*data[i]);
    //ellipse(i*1.78, 0.25, 23*data[i]);
    //ellipse(i*1.78, 0.25, 23*data[i]);
    //ellipse(3*data[i], 5*data[i], 8*data[i], 13*data[i]);
    //ellipse(8*data[i], 5*data[i], 8*data[i], 13*data[i]);
    //curve(i*1.78, 240, 3*data[i], 200, 800, 100, 3*data[i], 1120);
    rect(i*1.78, 0, 23, 4*data[i]);
    rect(i*2, 0, 2, 100*data[i]);
    //rect(2*data[i], 3*data[i], 5*data[i], 8*data[i]);
    //rect(8*data[i], 13*data[i], 21*data[i], 34*data[i]);
    //
    //----->>
    //beginShape();
    //vertex(0, 25); // first point
    //vertex(50, -75); // first point
    //bezierVertex(8*data[i], 34*data[i], 2*data[i], 8*data[i], 21*data[i], 5*data[i]);
    //bezierVertex(34*data[i], 21*data[i], 89, 55, 144, 233);
    //bezierVertex(i*2, 8*data[i], 89, 55, 144, 34);
    //bezierVertex(i*2, 5*data[i], 89, 21, 21, 34);
    //bezierVertex(i*2, 0, 2, 100*data[i], 100, 75);
    //endShape();
  }
}

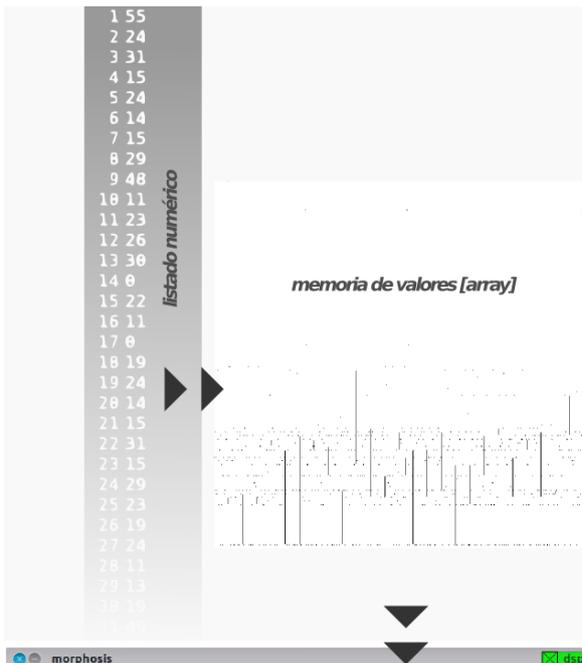
```

Processing
programming language

La secuencia numérica del documento de texto resultado de la conversión TXT > NUMS. se incorporan en Processing. Mediante distintas funciones, el resultado se renderiza como una visualización de datos. En todas las funciones se referencian como parámetros los valores de la secuencia numérica. La variabilidad expone que no existe un único resultado, tal como sucede en otros procesos de traducción.



DATA TRANSLATIONS NUMS. > SONIDO

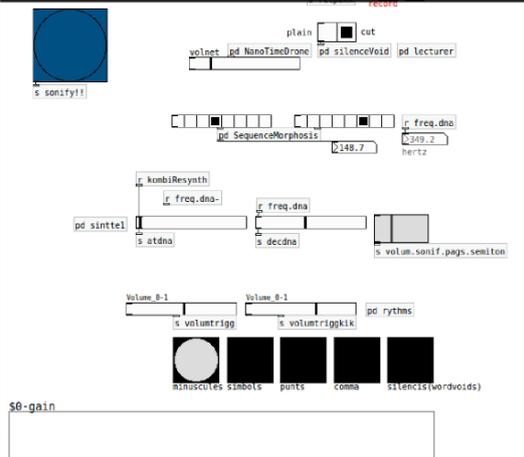
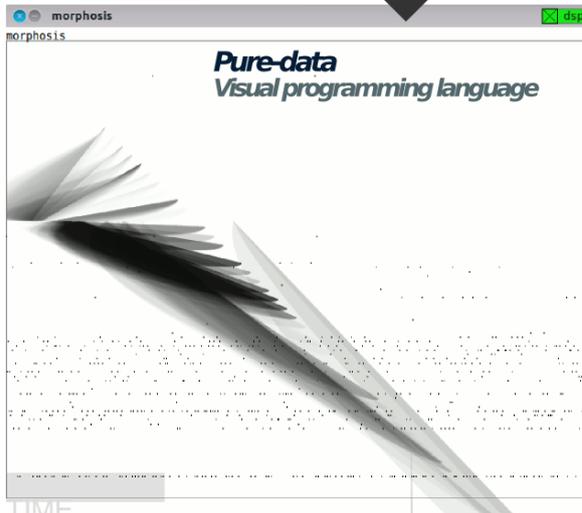


La secuencia numérica del documento de texto resultado de la conversión TXT > NUMS, se incorpora en una memoria de datos con el lenguaje de programación visual Pure-data. Pure-data permite convertir parámetros y datos a síntesis sonora. Se han interpretado los datos de la memoria en dos escalas de tiempo debido a que la reproducción directa supondría una sonificación de 0,02 segundos.

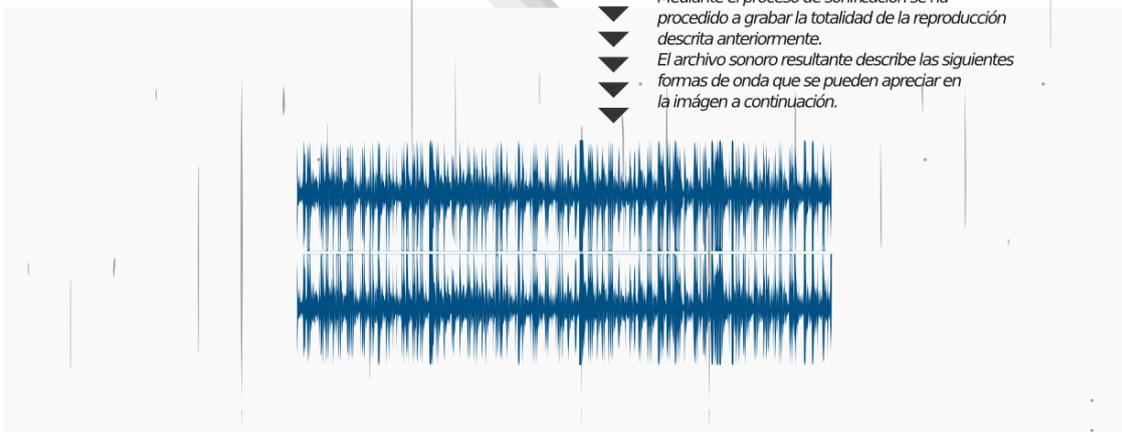
En la primera escala [a nivel micro], los datos de la memoria son directamente reproducidos como forma de onda. El resultado de droné o flujo sonoro continuo, se reproduce cíclicamente como un paisaje de fondo debido a su pequeña extensión en el tiempo (0,02 segundos).

La segunda escala de tiempo [macro] está proporcionalmente relacionada con la primera. Esta segunda línea temporal dispara semitonos MIDI en un sintetizador en función de los valores de la memoria. En paralelo, distintos umbrales en los valores* de la memoria se reinterpretan en forma de sonidos percusivos, generando un ritmo que acompaña la secuencia MIDI anteriormente descrita.

*(minúsculas, mayúsculas, comas, puntos u otros signos del texto original).



- ▼ Mediante el proceso de sonificación se ha procedido a grabar la totalidad de la reproducción descrita anteriormente.
- ▼ El archivo sonoro resultante describe las siguientes formas de onda que se pueden apreciar en la imagen a continuación.
- ▼
- ▼

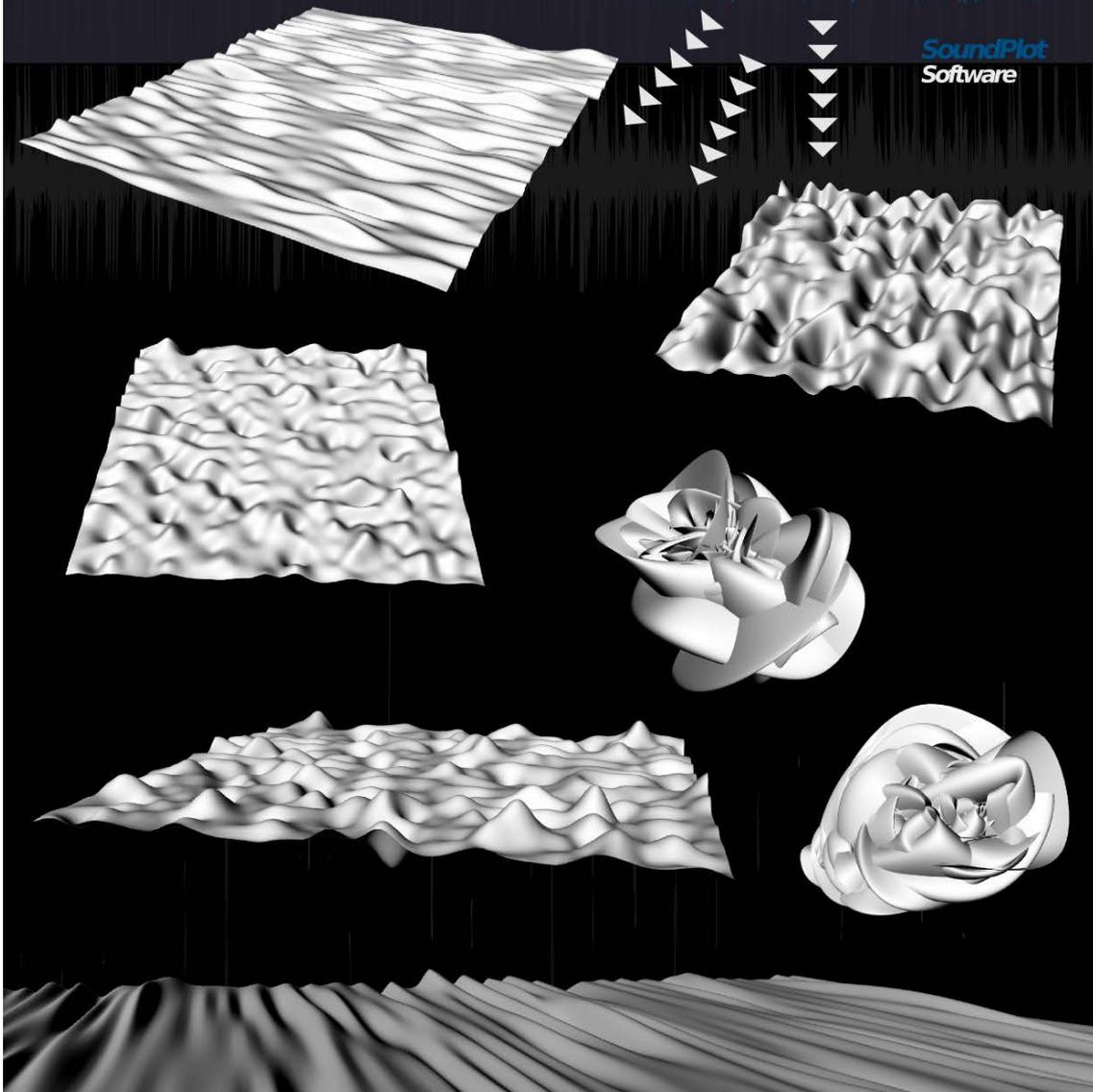


DATA TRANSLATIONS SONIDO > MODELO 3D

El audio grabado del proceso anterior NUMS, > SONIDO se introduce como fuente en el programa SoundPlot. Este software transforma samples sonoros a formas tridimensionales. Las formas de onda de las muestras se reinterpretan mediante funciones que posteriormente se renderizan sobre modelos como superficies, curvas o matrices de puntos. Los parámetros aplicados en las funciones pueden dar a una amplia variabilidad formal, si bien todas ellas proceden de la misma fuente sonora.



SoundPlot
Software



El experimento DataTranslations se ha intentado realizar de la manera más automatizada posible. No obstante, en este tipo de traducciones siempre existirá una cierta subjetividad e interpretación a la hora de escoger ciertos parámetros. En consecuencia esta diversidad de elecciones, dará una diversidad formal al objeto final (sea una imagen, una sonificación, un modelo etc.).

Aparece entonces la pregunta de: ¿Si existe tal variabilidad, cuál sería el mejor producto final? En primer lugar una respuesta sería la consideración de no plantear un único resultado. En segundo lugar, la incorporación -siempre necesaria- de la intención del proyecto en cualquier diseño. Esto significa que en el caso de un cierto volumen de variabilidad y casos, sólo algunos de estos podrán satisfacer los requerimientos del proyecto. Por otro lado, también se expone como la variabilidad implica diferenciación. En el contexto actual este punto adquiere relevancia como contrapunto a la seriación heredada del movimiento moderno.

Al incrementar la complejidad, variabilidad y multiplicidad se puede fomentar una cierta inseguridad en la toma de decisiones, que en casos extremos puede desembocar en una situación de bloqueo. Esto es debido en parte a la ausencia de concreción única de un modelo a seguir.

Sin embargo esta variabilidad y aumento de complejidad, ofrece más soluciones u opciones posibles. En este sentido se cuestionan los límites, expandiendo el territorio creativo. Al mismo tiempo, este tipo de procesos pueden automatizarse para dar posteriormente mejor resolución a otros temas en el proyecto (como la inclusión de datos contextuales, conceptuales, de integración energética, la investigación de materiales etc.).

En el experimento DT se ha comprobado como los procesos de traducción en el dominio digital, pueden llegar a ser un modelo formal tridimensional con el origen de un texto. En el mismo se ha comprobado como partiendo de fragmentos sonoros, éstos pueden conformarse como modelos tridimensionales. Consecuentemente, el vector de traducción en este último caso va del sonido a la forma. Sin embargo, ¿es posible invertir este sentido? ¿Podría ir el vector de la forma al sonido?

La respuesta sería afirmativa, pues como se ha expuesto al inicio del artículo, la traducción de datos se produce indistintamente de la dirección en el marco digital. En este sentido se podrían obtener datos dinámicos de modelos virtuales para poder sonificarlos posteriormente mediante sintetizadores. Otra posibilidad es sonificar espacios y volúmenes tectónicos construidos, mediante dispositivos como scáners3D de reconstrucción volumétrica. Dichos scáners podrían enviar datos dinámicos (como distancias u otro tipo de parámetros) a un sistema de interpretación sonora. Si se pudiesen hacer impresiones 3D de las formas de los experimentos mencionados anteriormente, se alcanzaría un paso más en la interacción de capas perceptivas. Esto querría decir que se podría obtener con el sonido una posible experiencia háptica de tocar la intangibilidad sonora.

Si bien ambos métodos son todavía experimentales, tiene una alta potencialidad. Esta confirma que mediante los procesos digitales la visión de la arquitectura está en transformación. La misma se puede considerar en un estado de continua investigación, generando la apertura hacia otros paradigmas arquitectónicos.

Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Espacios Sónicos. Sonido y forma

Anexo

“En un día no muy lejano, podremos degustar un bombón impreso mediante las tecnologías 3D printing/CNC, con la formalización tridimensional extraída de uno de nuestros tracks favoritos. De esta manera podremos aumentar la percepción de un determinado objeto, interrelacionando estados perceptivos: sonido, visión, tacto, olfato y gusto.”

Xavi Manzanares Arquitectura, Programación creativa y experimentación sonora.

En la sección de Introducción de la presente Tesis, se ha visto como en el capítulo ‘La relación materia y fenómenos sonoros’ se han expuesto los experimentos cimáticos como ejemplo paradigmático entre la fenomenología del sonido y su traslación formal. En la presente sección, sin embargo se ha profundizado en dicha relación (sonido-forma) en un marco donde las herramientas, que tenemos a nuestra disposición en la era digital, permiten una serie de realizaciones y traslaciones, que en un contexto meramente analógico no se podían efectuar. En este sentido se han expuesto distintas metodologías para interrelacionar modelos formales virtuales (mediante programas de modelado y CAD), con el flujo de datos que emanan de la síntesis sonora.

Mientras los experimentos digitales parten de una arbitrariedad en la asignación de parámetros, estableciendo un formalismo superficial, los experimentos cimáticos crean una relación real, directa y física, comprobable empíricamente. Todos los ejemplos encontrados son aún demasiado experimentales y simbólicos, provocando la falta de otras capas conceptuales. Sin embargo eso no significa que no existan relaciones entre el sonido y la forma, pues como se ve en los experimentos cimáticos, esta evidencia aparece en dichas comprobaciones. El sonido es un tema complejo que, desde el marco de la arquitectura, únicamente se ha enfocado hacia la resolución técnica de los espacios acústicos.

Esta tesis precisamente investiga otros aspectos de relación más allá de la puramente técnica, como pueden ser la relación aural, perceptiva, conceptual y conformadora. En el diseño arquitectónico falta atención al evento sonoro. Esto se debe en gran parte a que es un factor cultural (cultura occidental) en que la primacía de lo visual se impone a lo sonoro, siendo éste último desplazado en un orden de menor importancia. Esto no sucede así en otras culturas como las orientales, o algunas culturas africanas, en que en los mecanismos de comunicación interviene el sonido de una manera más presente y destacada que en la occidental. Todos los elementos de la arquitectura suenan y pocas veces se integran en el diseño desde una óptica perceptiva y de ergonomía arquitectónica (aquellos elementos que desde la misma arquitectura comunican estados de confortabilidad/in confortabilidad). Los pavimentos, las paredes, las puertas, los techos emiten sonidos por las acciones de terceros, por movimientos y asentamientos del terreno, por el paso de fluidos en las tuberías o por otras razones.

Estos sonidos pueden ser muy variados y molestos, ya que a veces por el diseño del espacio se crean unos ecos que aumentan dichos sonidos. La acústica intenta paliar estos sonidos mediante insonorización de los elementos arquitectónicos. No obstante, el diseño de elementos constructivos aun no está orientado a la percepción, más bien, se encuentra en un plano intuitivo, no sistematizado. Los sonidos siempre son algo que aparece a posteriori una vez la obra está acabada y salvando excepciones, no se piensan en ellas inicialmente como algo importante a tener en cuenta. Una posible razón podría ser su temporalidad -de esencia intermitente (los eventos sonoros normalmente son aislados y puntuales, raramente continuos las 24h.)-, a veces mucho más imprevisible que otros factores y de difícil inclusión en el proyecto.

Consecuentemente el estudio de esta materia se perfila bajo un enfoque técnico, pero raramente conceptual o de diseño perceptivo intencionado. En definitiva el enfoque técnico ha aportado mayores soluciones concretas a una necesidad o problemática, pero se ha perdido una visión de conjunto en el que el plano perceptivo estaba muy presente. Espacios Sónicos pretende rescatar esa dinámica, (y en complemento a la ingeniería acústica), para incluir el sonido como factor activo en el diseño de espacios.

En los experimentos antes expuestos sobre la relación *sonido y forma* se ha querido dar una cierta información sobre la viabilidad de conectar tres programas de ordenador, *Pure-data*, *Rhinoceros* y *Grasshopper*, para introducir parámetros de frecuencias y procesarlos a parámetros métricos. Para no caer en una aproximación excesivamente formalista y dar una visión sistemática de esta traslación habrá que investigar el análisis sobre que frecuencias serían más propicias a utilizar en los diferentes proyectos.

Otro factor decisivo para que la arquitectura se plantee ahora bajo unos términos más dinámicos, son precisamente las nuevas metodologías productivas. Estas ya no dependen de la producción en masa de elementos de construcción, sino que la tendencia es que se especifican, guiadas hacia una producción única o pormenorizada de elementos que necesita un proyecto arquitectónico. Estos procesos están posibilitando cada vez de manera más eficiente, la fabricación de un único elemento con el mismo coste que en el anterior paradigma cuando era necesario producir un gran número de elementos seriados para optimizar la inversión. Es la llamada artesanía 2.0 la que va hacer posible entrar a definir conceptos armónicos hechos a medida para las necesidades de cada cliente. Que los arquitectos puedan entrar a definir funciones y procesos de fabricación, significa que pueden crear unas condiciones específicas muy concretas para cada caso y buscar soluciones para obtener armonías de índole energético, económico, programático, de salud y bienestar, etc.

A la vez, en el marco de la nanotecnología, se está investigando los materiales utilizados en la arquitectura a escala microscópica para definir con más precisión sus propiedades y comportamientos. Este acercamiento a nivel atómico, e incluso subatómico, hace que ya no se vea el material como un sólido en reposo, sino como un conjunto de partículas en vibración constante. Todo objeto con apariencia sólida y estática tiene otra apariencia microscópica bien distinta. Al igual que todos los materiales tienen propiedades distintas, cada material tiene su propia frecuencia de resonancia.

La arquitectura se ha considerado hasta ahora como un ente estático y en relación a los sonidos, como música congelada. Siempre ha habido una intención de comparar estas dos disciplinas, pero no existían medios para equipararlas. Como se ha visto en este capítulo, el digitalismo está significando uno de estos medios. Se pueden equiparar las unidades de medición métricas con las unidades de medición de sonidos dados en frecuencia y otras variables intrínsecas al fenómeno sonoro, y por consiguiente, se pueden parametrizar estas frecuencias para introducir cambios o variaciones en el diseño formal de los proyectos.

El sonido se puede entender bajo un comportamiento dual. Por un lado el comportamiento de onda lo asemeja a algo sinuoso, continuo e inmaterial, por el otro la constitución de partículas le da la característica de masa, si bien a nivel subatómico. Dmitri Tymoczko, compositor y teórico de la música, ha escrito el libro *The Geometry of Musical Chords*, que describe el comportamiento de los acordes según un modelo geométrico en un espacio no euclidiano. Tymoczko utiliza este modelo de estructura musical para explicar cómo se combinan la armonía y el contrapunto. Según sus investigaciones, los acordes tonales se sitúan juntos y más centrales dentro de la figura geométrica espacial. En cambio, los acordes atonales se alejarían del centro y estarían más en los bordes. Esta localización de los acordes pretende explicar por qué preferimos escuchar más música tonal o armónica en lugar de composiciones atonales.

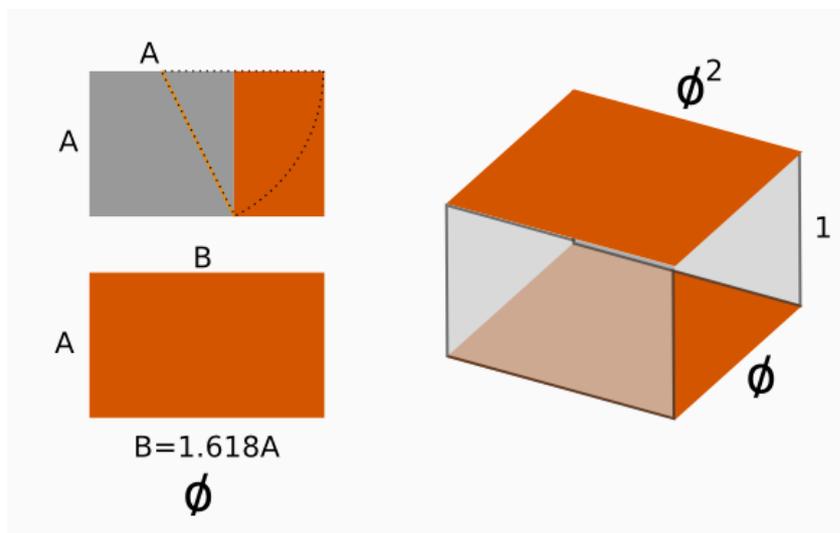
Desde otro punto de vista, la ciencia está avanzando a pasos gigantescos en poder explicar mejor tanto el funcionamiento de universo, como del mundo microscópico a nivel cuántico. Investigadores de materiales y energía del Helmholtz-Zentrum Berlín en colaboración con las universidades de Oxford y Bristol han observado por primera vez una simetría nano escalar escondida en la materia sólida. Ellos se han focalizado en el material magnético de niobato de cobalto y han visto que esta simetría tiene las mismas propiedades como la famosa sección dorada o divina proporción.

Los científicos fueron capaces de "afinar" el sistema de niobato de cobalto de modo que la cadena de átomos se comportara como "una cuerda de guitarra nano escalar", según el autor principal Radu Coldea de la Universidad de Oxford. Se utiliza la dispersión de neutrones para "ver" las vibraciones reales en la escala atómica.

Según Coldea: "Aquí la tensión proviene de la interacción entre las vueltas que las hace resonar magnéticamente. Por estas interacciones nos encontramos con una serie (escala) de las notas resonantes. Las dos primeras notas muestran una relación perfecta con las demás. Sus frecuencias (tono) están en la proporción de 1,618, que es la proporción áurea famosos del arte y la arquitectura." (Science el 8 de enero de 2010) <http://phys.org/news182095224.html>

Como se ha visto en la sección introductoria dedicada a la Teoría de Cuerdas, las partículas más ínfimas podrían estar vibrando en más dimensiones de las que conocemos. Consecuentemente, el espacio ya no es euclidiano. Esto corresponde con la afirmación de Tymoczko acerca de la geometría de los acordes. Ahora se ha visto que la proporción áurea no solo está presente en las tres dimensiones conocidas, sino que también se encuentra a nivel cuántico. Esto hace replantear de nuevo si hacer partícipe en el hecho de proyectar edificios dicha proporción tan polémica.

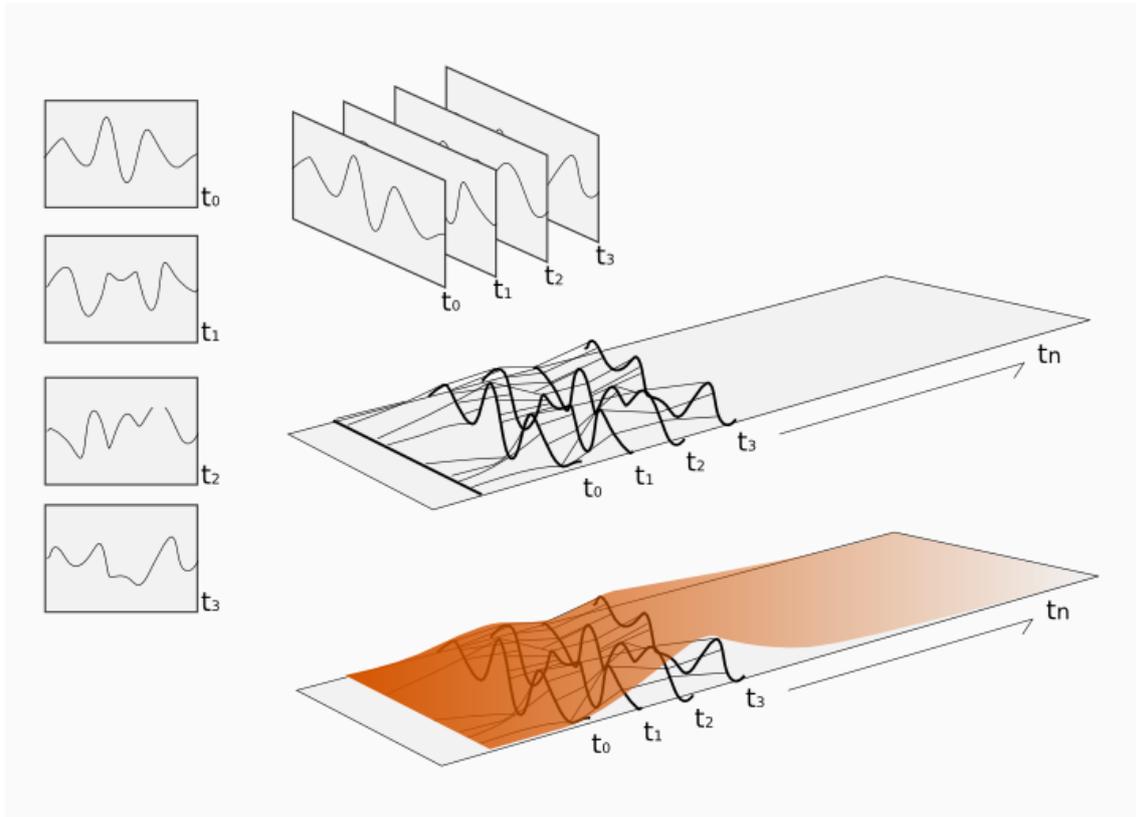
En el transcurso de la historia numerosos científicos y escritores, han publicado libros y ensayos sobre la proporción áurea, evaluando sus capacidades de crear armonía como una divina proporción. Sin embargo, otros científicos han puesto en cuestión esta proporción, apoyándose en las múltiples irregularidades existentes en la naturaleza y en los seres vivos. Una de estas intenciones podría ser la siempre anhelada creación de *estructuras armónicas*. Desde la antigüedad hasta los edificios de Le Corbusier este anhelo ha estado presente. Para ello se utilizaron las proporciones de la sección dorada.



Esta tesis no pretende entrar en esta dialéctica, ya que, hacerlo supondría una tesis en sí misma, pero si explicar un camino posible de volver a introducir las medidas de la proporción áurea mediante la utilización simultánea de los valores de frecuencia. Las frecuencias, a pesar de estar en el dominio de lo acústico, incluyen intrínsecamente las unidades de medida con las longitudes de onda.

La pregunta relativa a la proporción aurea sería que, si se trata de una pauta encontrada en la naturaleza, o, a partir de la base de formalizaciones históricas basadas en un formalismo platónico y prismático. La última, entra en contradicción con el agrupamiento de las formas de la materia y de la naturaleza. Consecuentemente, habría que repensar el incluir la sección dorada. Una posibilidad es, partir de la idea de que la proporción áurea sea intrínseca a un proceso y no necesariamente a la visualización y concreción formal de ese proceso (tal como sucede en distintos ejemplos de crecimiento en la naturaleza).

> Experimento cØrdes



Estas consideraciones se han tratado en numeras ocasiones por lo que uno de los objetivos de este experimento que a continuación se va a describir (cØrdes), parte de la base de dicha relación armónica*. Sin embargo, en cuanto a experimentación se ha procedido de una manera poco convencional, planteando la posibilidad o la pregunta de si es posible producir espacios armónicos en los que se puedan percibir las relaciones equilibradas de la relación aurea, añadiendo el factor tiempo en el análisis arquitectónico.

Tradicionalmente la arquitectura se proyecta desde el espacio (tridimensional) pero no contempla la aparición de complejidades n-dimensionales que nos plantean las últimas teorías físicas, o sin llegar a tal extremo, la dimensión tiempo. Sí sucede esto en el sonido y en la música, en que el factor tiempo es básico y esencial para su propia existencia.

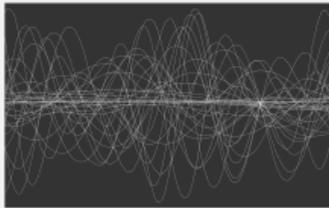
Para realizar este experimento, se ha procedido a interconectar los dominios del tiempo propio del ámbito sonoro, y los dominios tridimensionales propios de la arquitectura que trabajan el espacio y la forma. A su vez la mayoría de decisiones se han tomado delegando en automatizaciones y otros procesos generativos. Se ha procedido de la siguiente manera:

Partiendo de la relación áurea como paradigma de proporción equilibrada, se construye una analogía con frecuencias F_1 y F_2 , en que estas tienen una relación de Phi (1,618), es decir $F_1=1,618 F_2$.

*La proporción Áurea es una proporción que recurrentemente se ha utilizado en la historia de la arquitectura, con el objetivo de dotar a los espacios y formas arquitectónicas de una proporción que afecta de manera subconsciente por tratarse de una relación dimensional propia de la misma naturaleza, tiene el mito de dotar a los espacios de dimensiones compensadas en la cual existen lógicas armónicas que revierten posteriormente en la calidad del habitar y percibir el espacio.

Las frecuencias son en sí unidades sonoras que se miden en ciclos (hertz). Como unidad 1 hertz es un ciclo en una unidad de tiempo (1s.). Por lo tanto esta unidad considera un cierto recorrido espacial (el que desarrollará un ciclo) en 1 segundo. Debido a tomar esta unidad de tiempo como 1, se puede concluir que las relaciones F1 y F2 desarrollan unas determinadas longitudes de onda a una determinada velocidad de propagación por un medio (en este caso la propagación del sonido por el aire que corresponde a 343 m/s).

En definitiva asumiendo como constantes las unidades de tiempo y de velocidad de propagación, obtendremos que las relaciones entre F1 y F2, corresponden a sus relaciones en cuanto a longitud de onda, y por consiguiente a una unidad de medida dimensional (metros o cm.). En conclusión: las longitudes de onda mantendrán las relaciones áureas.



$$\frac{a}{B} = 1,618$$

{a , B} = DIMENSION, UNIDADES DE ESPACIO

m. = UNIDAD DE DIMENSION

FRECUENCIA = CICLOS/SEGUNDO

HZ = UNIDAD DE FRECUENCIA

CICLOS › LONGITUD DE ONDA ›› = UNIDAD DE DIMENSIÓN

FRECUENCIA = UNIDAD DE DIMENSIÓN / UNIDAD DE TIEMPO

{a , B} = DIMENSION, UNIDADES DE ESPACIO

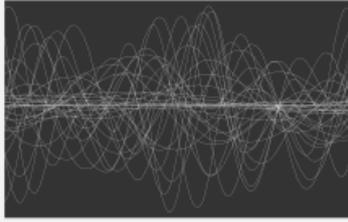
{F1 , F2} = FRECUENCIAS, UNIDADES DE ESPACIO POR UNIDAD DE TIEMPO

$$\frac{a}{B} = 1,618 \quad \emptyset$$

TOMANDO EL TIEMPO COMO UNIDAD (T=1)

$$\frac{F1}{F2} = 1,618 \quad \emptyset$$

fig. 1



Relación entre Frecuencias = 1.601
cada UNIDAD DE TIEMPO (1 segundo)



CAPTURa Y VISUALIZACIÓN DE LA FORMA DE ONDA



INDEPENDIENTEMENTE DE LA FORMA DE ONDA Y DE
SUS RELACIONES DIMENSIONALES Y PROPORCIONALES,
ÉSTA PROVIENE DIRECTAMENTE DE LA RELACIÓN ÁUREA

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA RELACIÓN FRECUENCIAL ÁUREA



SUCESIÓN DE SECUENCIAS DE LA FORMA DE ONDA (SECCIONES)

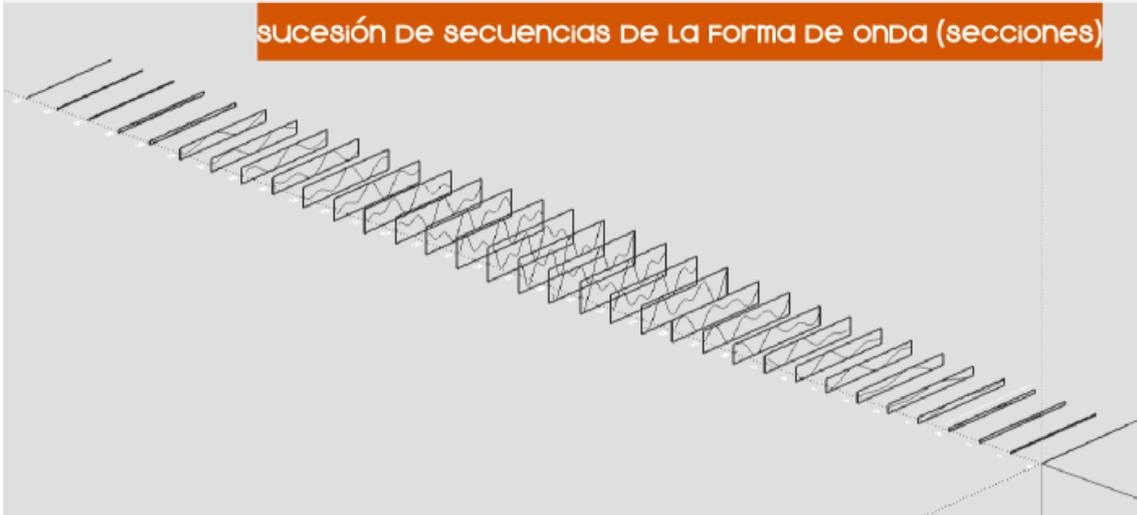


fig.2

Partiendo de las frecuencias F1 y F2, siendo $F1=1,618 F2$, se ha programado una aplicación con el lenguaje de programación Pure-data para visualizar la forma de onda resultante de dicha relación de frecuencias. *fig.3*

La superposición de las dos frecuencias da una resultante variable en el tiempo. Mediante una captura a un intervalo regular (se ha tomado como base la unidad de tiempo 1s. -o 1000ms.-), se ha 'congelado' o capturado la visualización de la *waveform* o forma de onda para cada intervalo regular.

Estos cortes en el tiempo se han capturado independientemente en una serie de 34* ciclos. En esta serie se ha procedido a realizar una secuencia de progresión que se ha tomado como metáfora de una pulsación. En definitiva el recorrido de las 34 capturas corresponden a un movimiento mayor de pulso, vaivén, o sístole / diástole partiendo del reposo y finalizando en el mismo estado. Esta operación se ha debido a que no se ha querido influir en el valor de la amplitud sonora (la amplitud influye directamente en la envolvente, y directamente a la forma generada por esta). Por lo tanto se ha tomado la decisión de automatizar el recorrido o secuencia de dichas secciones y reducirla a una pulsación. La forma de onda parte del equilibrio o reposo (0) y puede oscilar hasta valores de -1 y +1 **.

Las 34 capturas se proceden a vectorizar en orden de establecerlas como secciones de un experimento formal y dimensional. Una vez vectorizadas, se ha procedido mediante aplicaciones 3d (como sketch-up y/o Rhino) a colocarlas en secuencia a la misma distancia.*** *fig 4*

Una vez colocadas a modo de pórticos o secciones se ha procedido a tejer una superficie continua entre cada una de ellas. El resultado modelado se puede observar en las ilustraciones de cØrdes. (*figs. 5, 6, 7*)

El resultado formal de este experimento no puede constatar si las secciones y espacios resultantes devienen con la proporción áurea en términos absolutos y a nivel estrictamente dimensional. Sin embargo, se trata de un ensayo donde la proporción áurea está implícita en la generación formal. Implícita, debido a su relación entre frecuencias inicialmente, y a su concreción sonora a través de la forma de onda, que deviene como forma bidimensional (secciones) posteriormente. Estas secciones adquieren la tridimensionalidad con el traslado y secuencia de dichas secciones con distancias fijadas en el tiempo, que en la representación tridimensional se ha tomado la unidad métrica.

* Se ha tomado la unidad relativamente arbitraria de 34 ciclos para referenciar una serie lo suficientemente larga para el experimento e interrelacionada conceptualmente con la relación áurea, ya que el num. 34 pertenece a la serie Fibonacci.

** (estos valores en el dominio sonoro son los marcos de referencia máximos, debido a que un rango mayor de 1 o (-1) en valor absoluto quedará cortado de señal acústica y por lo tanto provocaría distorsión).

*** La distancia se ha tomado como una constante en que para cada pórtico se cumpla la proporción áurea.

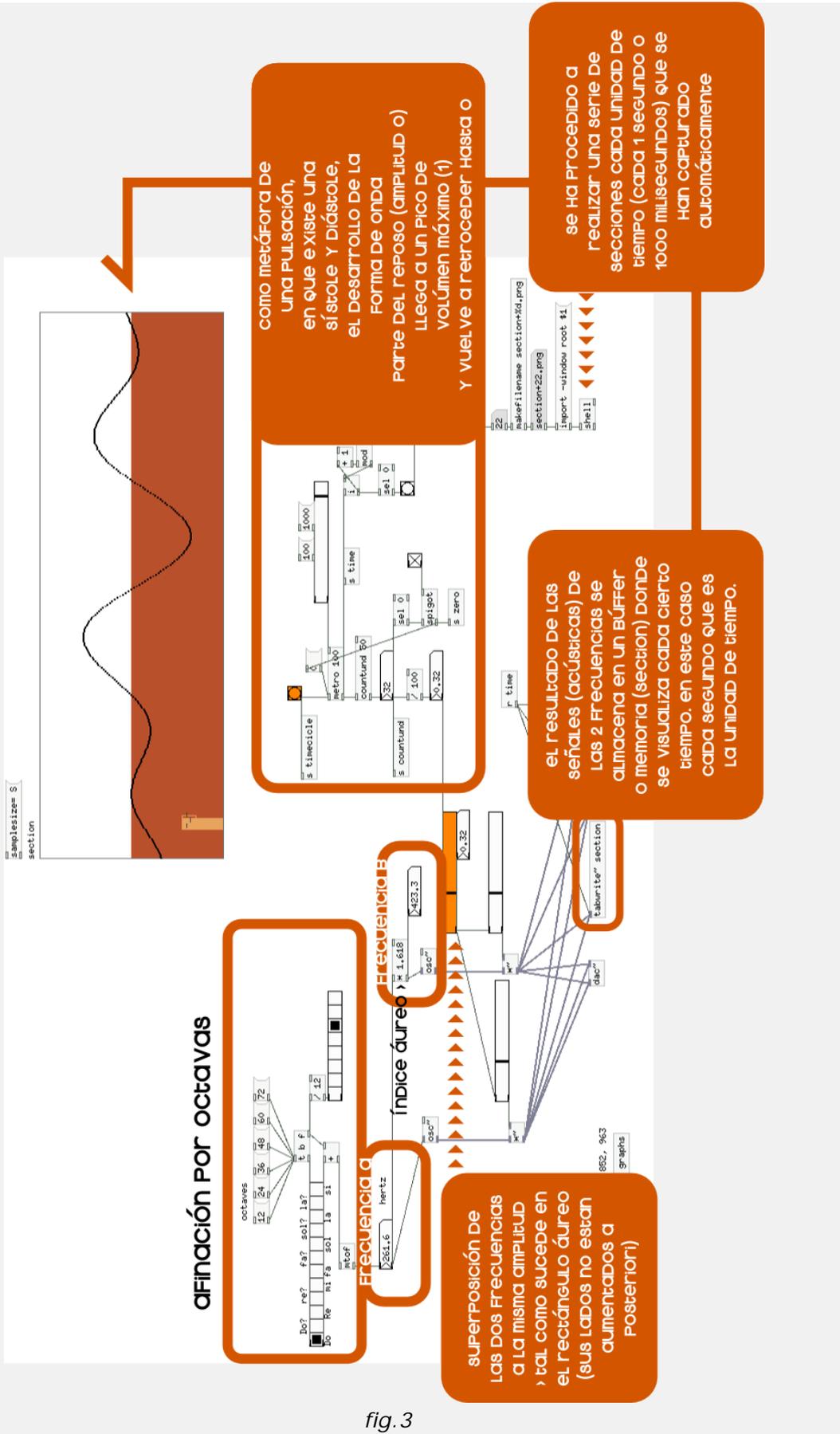


fig. 3

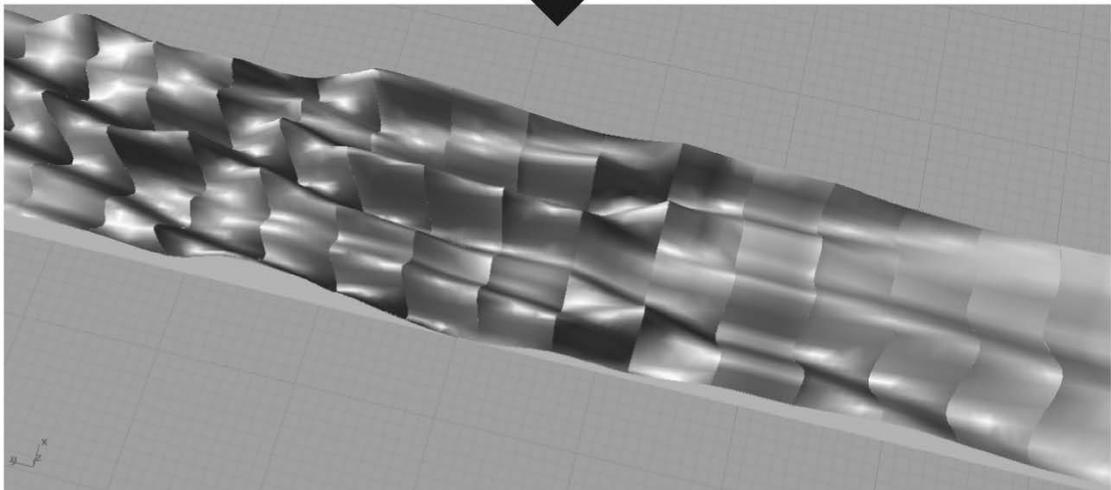
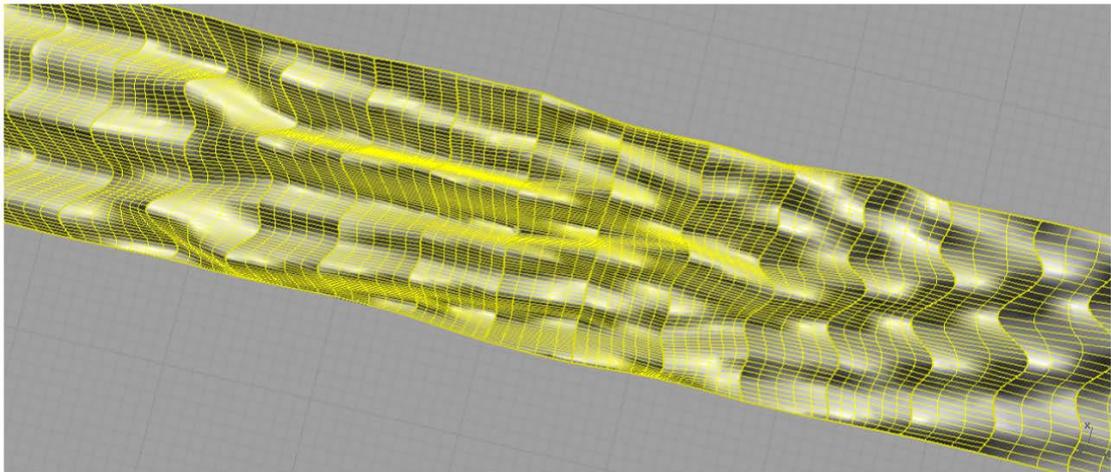
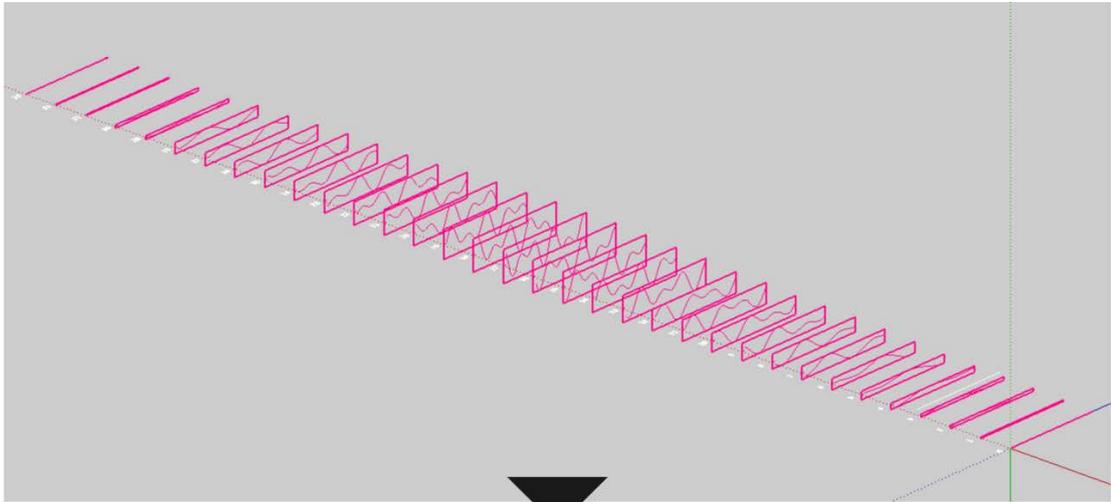


fig 4

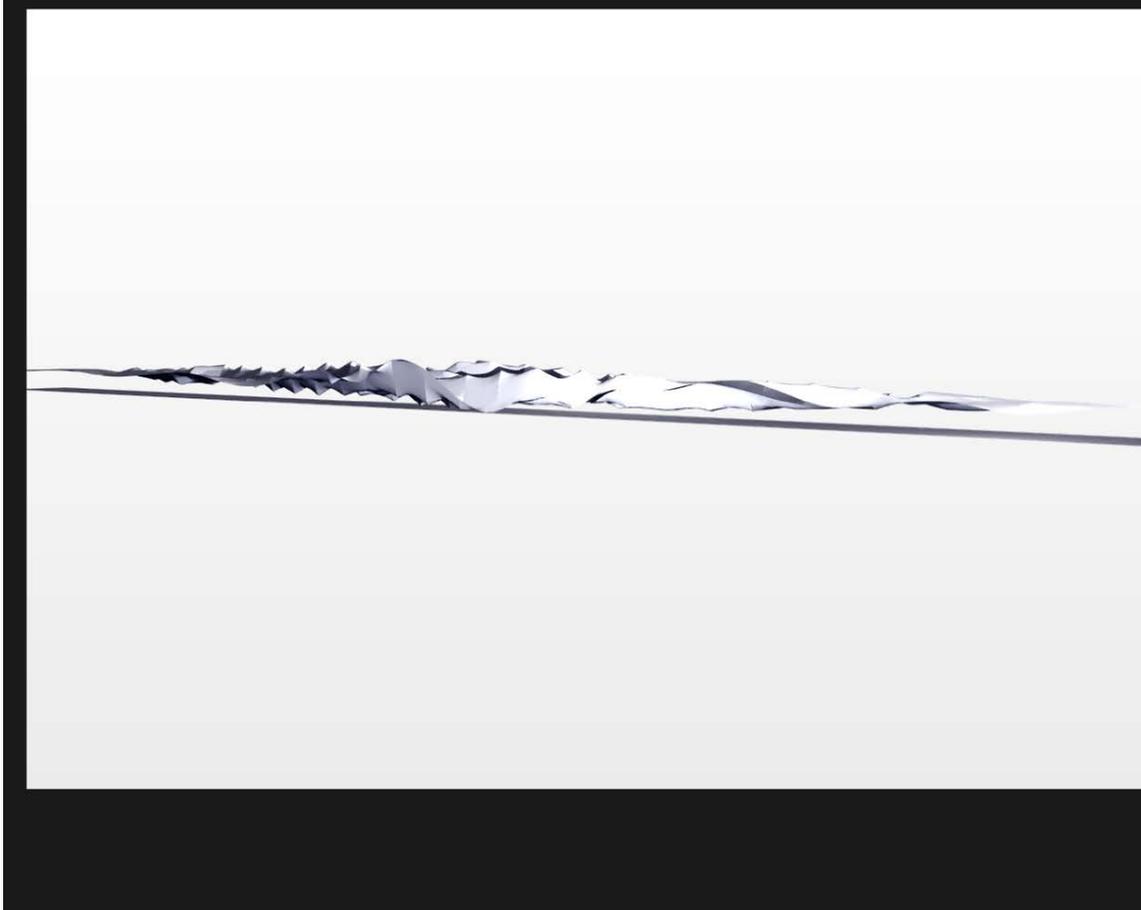
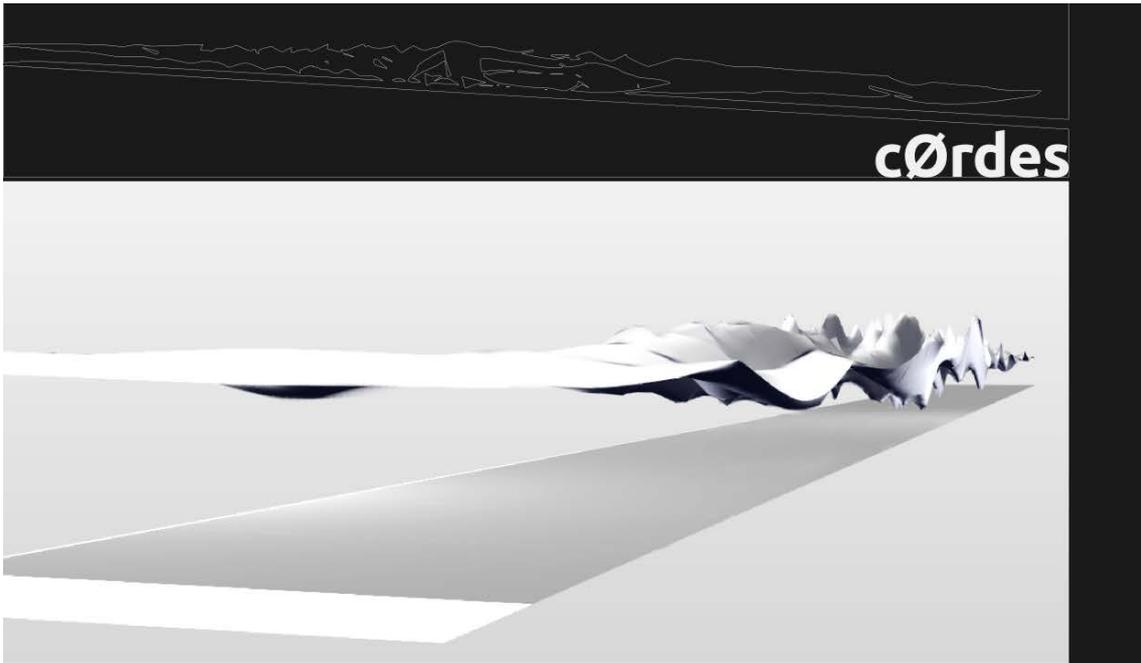


fig 5

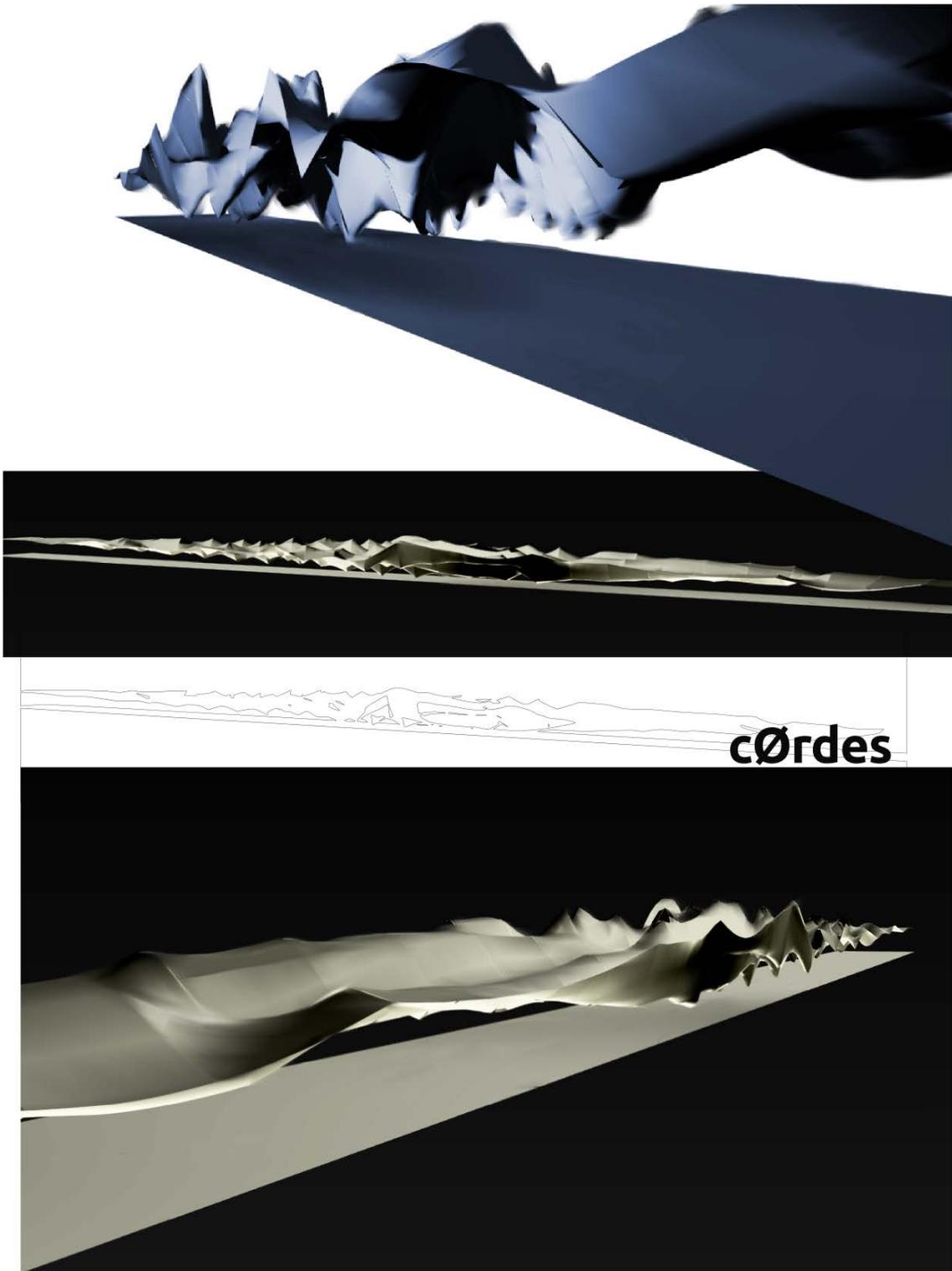


fig.6

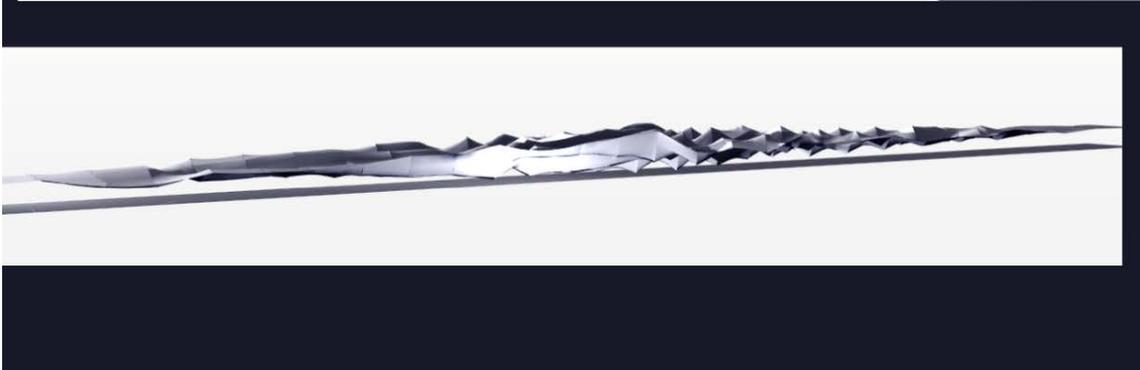
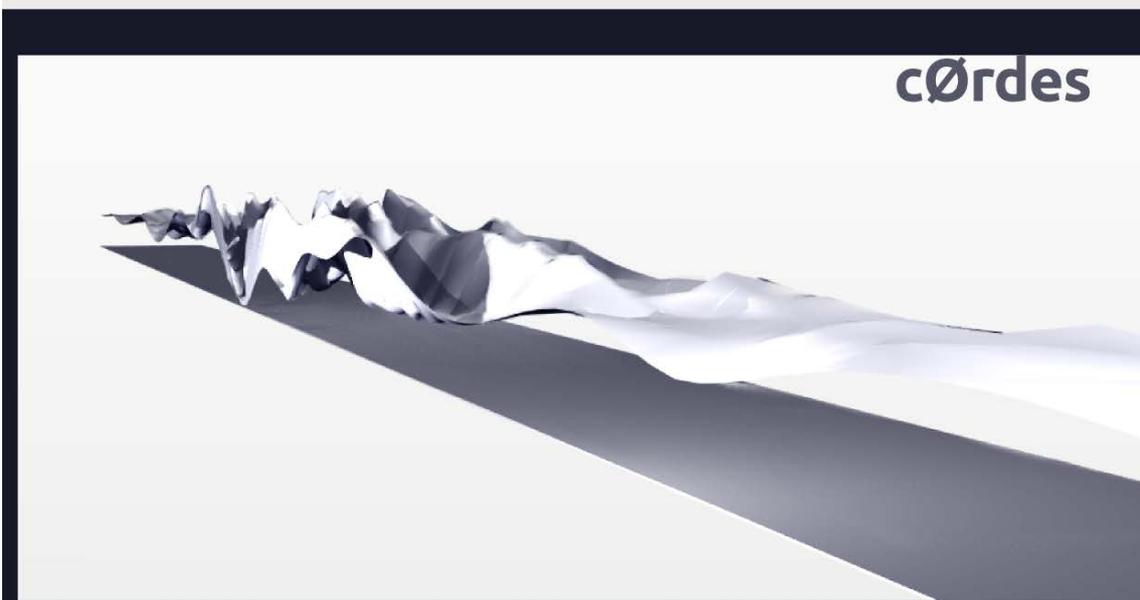
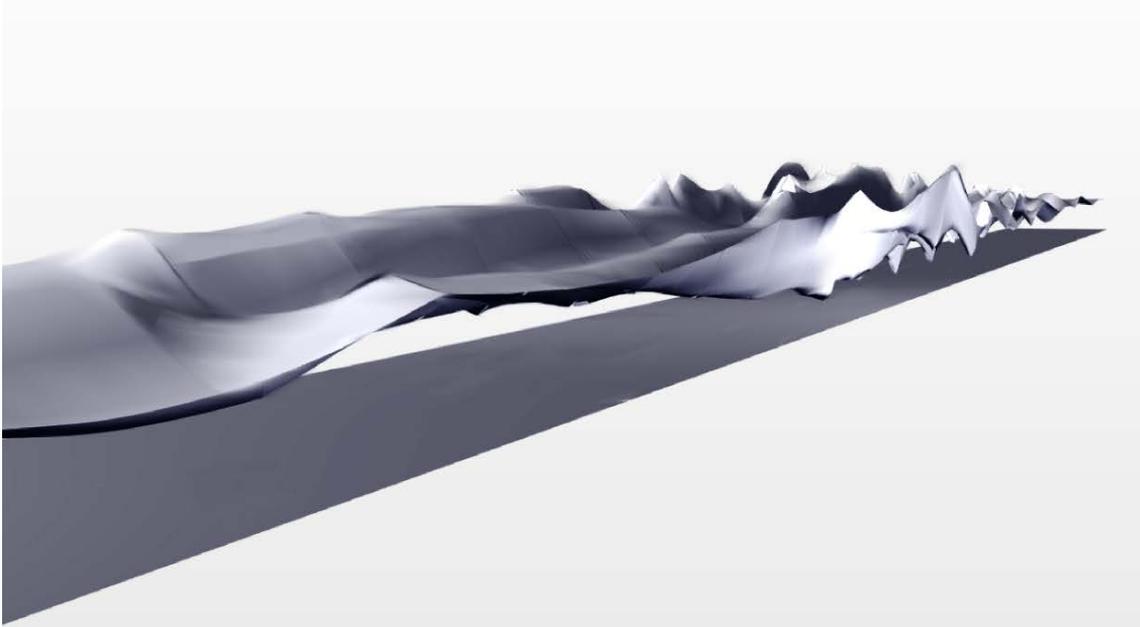


fig 7.

Este es un experimento o ensayo realizado con la voluntad de superponer diferentes elementos e interrelacionarlos:

-Partir del sonido como motor de generación formal.

-Establecer relaciones del dominio espacial en el dominio sonoro, teniendo en cuenta que éste último integra la dimensión temporal.

-Realizar el experimento/proyecto con distintas decisiones que están integradas en los algoritmos de programación para poder materializarlos (por ej. La automatización del desarrollo de secciones). Por lo tanto dotar al conjunto de la máxima generatividad posible.

Al tratarse de un experimento formal sus aplicaciones arquitectónicas pueden tener múltiples soluciones.

Una posible solución, conformaría un espacio semienterrado donde la superficie topológica fuera su cubierta transitable (ver *fig. 8*). En esta los planos subterráneos verticales de limitación perimetral, corresponden a la altura de inicio y fin de la pieza. El prisma virtual definido por los planos anteriores, intersectaría con la superficie topológica y generarían alveolos de comunicación e iluminación.

Todas las secciones donde la superficie topológica supera este plano, se consolidan como perforaciones que se podrían resolver mediante cerramientos transparentes/translucidos (en la ilustración fragmentos de color azul). Se trata en definitiva de un experimento con una expresión formal cercana a una conformación geológica, y por lo tanto conectada a una visión formal paisajística. Lo más significativo de este experimento formal es que toda esta conformación proviene exclusivamente de datos sonoros en un recorrido temporal equivalente a un pulso*, que en definitiva se trata de la mínima expresión conceptualmente de cualquier manifestación sonora.

Otra posible solución podría ser de un espacio semiabierto, en el cual la superficie topológica deviene cubierta de un espacio urbano hipotético. En este sentido tanto se puede tratar de una gran marquesina, o bien de una superficie urbana tipo *skatepark*. Incluso a otra escala como un elemento de mobiliario urbano.

En conclusión, se trata de un experimento de traslación formal proveniente exclusivamente de datos y manifestaciones sonoras, o lo que es lo mismo, cuando el sonido deviene como motor de generación formal.

* Pulso o pulsación deviene como el mínimo elemento para que se produzca cualquier vibración. Partiendo del reposo, realiza un recorrido de vaivén hasta regresar a su punto de origen (reposo).

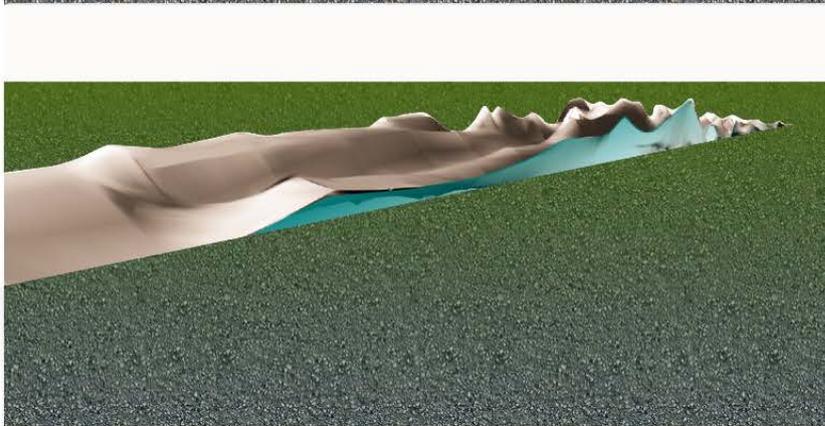
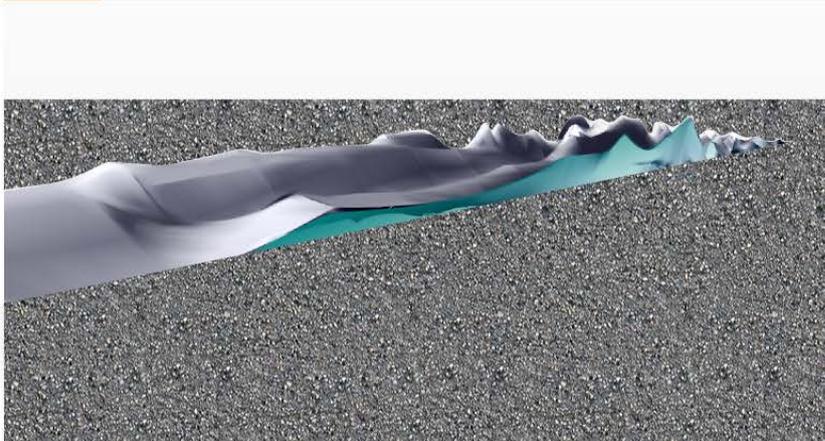
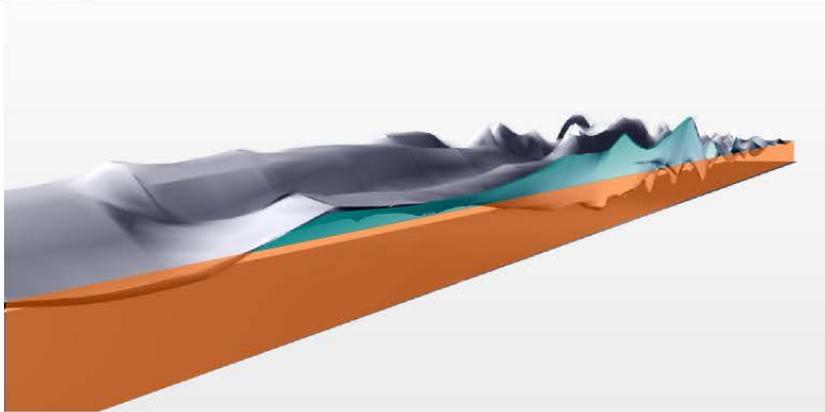
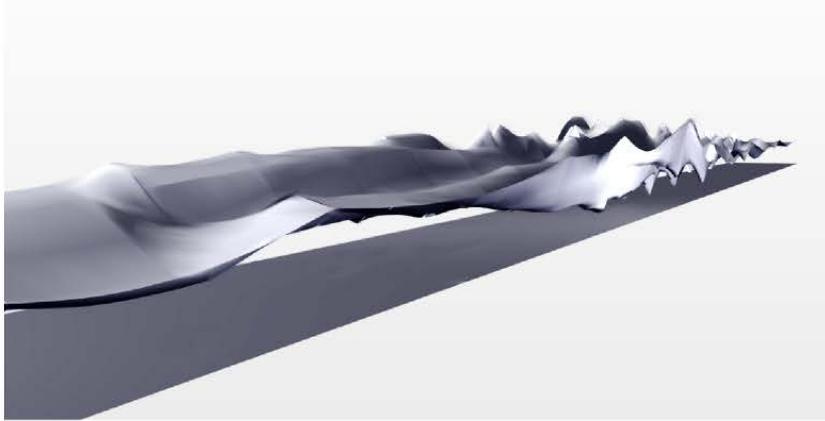


fig.8

El experimento *cordes*, viene a ser la demostración que un paisaje sonoro (en este caso de un paisaje minimalista conformado por dos tonos puros) también puede devenir formalmente un paisaje arquitectónico.

El término *soundscape* (paisaje sonoro) fue introducido por el compositor y escritor R. Murray Shaffer, para describir nuestro entorno sonoro, desde la naturaleza hasta los ruidos no considerados habitualmente como musicales. En definitiva se trata de una clasificación que define estructuras formales sonoras que se suceden en el tiempo de manera no-lineal, introduciendo accidentes e inflexiones en pasajes de marco de referencia, con cierta estabilidad formal.

*“Una cuestión definitiva sería: ¿es el paisaje sonoro del mundo una composición indeterminada sobre la cual nosotros no tenemos control, o somos nosotros sus compositores e intérpretes responsables para darle forma y belleza?” **

Si hacemos la analogía arquitectónica podremos resolver la cita con la siguiente modificación:

“Una cuestión definitiva sería: ¿es el paisaje del mundo una composición indeterminada sobre la cual nosotros no tenemos control, o somos nosotros sus arquitectos responsables para darle forma y belleza?”

En el ser humano siempre ha existido la voluntad de transformar la naturaleza. Sin embargo esta voluntad de transformación puede derivar en voluntad de control, que en sus fases más obsesivas, pueden causar graves consecuencias, como en la actualidad se puede comprobar a nivel de recursos del mismo planeta.

La voluntad de transformar la naturaleza, no es negativa, sino al contrario, pues establece una de las bases del comportamiento humano. Por ejemplo, si se piensa en una receta de cocina, por muy milenaria que sea, está implícita una transformación de elementos (ingredientes) para conformar un plato o comida. Sin embargo esta voluntad es destructiva cuando se sobrepasan los recursos necesarios para obtener un producto 'final'. La misma naturaleza también transforma continuamente, con la diferencia que el uso de recursos es realizado de manera optimizada. También puede haber casos, en que la misma naturaleza destruya gran cantidad de recursos (por ejemplo terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis, etc.). Sin embargo, en este caso, el ritmo de destrucción/construcción que puede generar la misma naturaleza, es un ritmo equilibrado y armónico entre la regeneración de sus elementos.

En las dos próximas secciones, *sonido y espacio / sonido y cuerpo*, se investigará el tema del sonido como generador de espacios y el sonido como interconexión entre el espacio y el cuerpo, abriendo toda la complejidad y casuística que esta investigación comporta.

2

Espacios Sónicos

Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Sonido y Espacio

El sonido como generador de espacios-La arquitectura también es sonora

La percepción espacial en la arquitectura es un conjunto de información capturado a través de nuestros sentidos. Este mecanismo perceptivo viene marcado habitualmente desde la capa visual. El sentido auditivo entra en un aparente segundo plano, cuantificando dimensiones y morfologías del espacio, en función de las reflexiones y reverberaciones producidas a través del mismo. Exceptuando auditorios, se disfruta pocas veces el espacio desde el ámbito sonoro. En términos generales, no se considera la dimensión auditiva. No obstante, los edificios pueden resultar lugares silenciosos y/o ruidosos, afectando profundamente nuestra experiencia y facilitando o frustrando la comunicación y el confort. En las publicaciones de obras y proyectos de arquitectura se muestran casi siempre imágenes de exteriores e interiores, ausentes de personas. Es como si la arquitectura estuviera en silencio, sin ninguna actividad. No obstante, este hecho no ocurre en la realidad, ya que precisamente los espacios se llenan de gente, que vienen y van, se comunican entre ellos y aportan un cierto dinamismo espacial a la arquitectura.

Si hablamos de que la arquitectura también es sonora, ésta no sólo afecta a la escala arquitectónica habitual, sino que requiere un cambio escalar para comprender cómo inciden los fenómenos sonoros y vibratorios a microescala, en el comportamiento de los materiales. Los edificios, aparte de articular un conjunto de espacios, están compuestos de materia. Las paredes, suelos, techos, etc. están realizados con diferentes materiales. Dichos materiales emiten sonidos a una escala infinitesimal. Como se ha visto en la sección '*Identifican los sonidos de acordes moleculares*' de la *Introducción*, las moléculas de hidrógeno producirían una vibración sonora que constataría el comportamiento vibratorio a escala atómica.

La arquitectura es una disciplina que utiliza diferentes escalas para representar los proyectos. No obstante, los anteriores ejemplos son escalados a un rango ínfimo, comparado con el enorme espectro del rango visual o lo que el ojo alcanza a ver. Ahora se comienza a tener herramientas de traslación de sonidos desde micro escalas hasta el rango audible. Son dispositivos con los cuales se podrían escuchar cómo suena desde una pared hasta un edificio entero. Estos descubrimientos científicos acerca del sonido molecular son de gran importancia, porque podrían ayudar a detectar anomalías en la materia.

El científico Jim Gimzewski, profesor de bioquímica de la UCLA y director del laboratorio del Instituto de nano sistemas de California, ha obtenido los sonidos de una célula de levadura mediante un microscopio atómico. Una aguja se posa encima de la membrana de la célula y recoge las oscilaciones de la misma, tal como hace la aguja de un tocadiscos sobre la superficie de un vinilo. No se trata de un dispositivo que recoge una imagen de la célula, sino uno que recoge su movimiento y por lo tanto, su sonido. Gimzewski ha determinado que el sonido de una célula de levadura vibra a 1000hz, pero con una ínfima amplitud, que sólo al sobre-amplificarla es audible. Del mismo modo, ha realizado experimentos con células cancerígenas. Comparando el sonido de células cancerígenas con otras sanas, estas últimas daban un sonido más suave y constante. A esta técnica se le denomina Sonocitología que al ser más investigada podría convertirse en una terapia rápida, no invasiva para la diagnosis de tejidos cancerígenos. Del mismo modo que la Sonocitología ha cruzado sonido con biología y medicina, ¿sería posible disponer de dispositivos nanotecnológicos, para detectar estructuras dañadas en materiales de construcción?

Aplicar este tipo de técnicas en materiales, implica que el marco de actuación no es orgánico sino inorgánico. A pesar de ello los compuestos inorgánicos también vibran, en consecuencia la posibilidad de aplicar este tipo de técnicas en materiales inorgánicos existe. Sin embargo la permeabilidad para introducir dichos dispositivos es distinta en un organismo que en un material inorgánico, haciendo más complejo el proceso. Al cambiar de escala relativa, las frecuencias atómicas son muy elevadas. En consecuencia el modo de interrelacionarse en esa escala será con un tipo de vibración fuera del espectro audible, como los ultrasonidos.

Los ultrasonidos tienen numerosas aplicaciones en la investigación de materiales. El uso de frecuencias de altísimo orden y en consecuencia con una longitud de onda pequeñísima, sitúa a este tipo de técnicas en la nano-escala (si bien los dispositivos emisores no tienen estrictamente que pertenecer a dicha escala).

La constante vibración producida en cualquier estructura atómica, desprende un sonido de alta frecuencia que puede ser registrado mediante sondas ultrasónicas. Existe una relación entre el movimiento de los átomos y la capacidad de los materiales para absorber el sonido. Enviando ondas de distintas frecuencias sobre distintos materiales y observando las alteraciones que ocurren en la vibración, los científicos obtienen datos fundamentales sobre la estructura del átomo. A partir de esta información, se puede mejorar el material o desarrollar nuevas combinaciones de materiales dotados de propiedades especiales. Dadas las anteriores condiciones, se pueden investigar las fallas existentes en el espesor de los materiales compactos. Por ejemplo, si los átomos de una barra de acero están deformados en un determinado lugar, desvían la orientación del haz de sonidos de alta frecuencia. De esta manera se puede detectar si se presenta un peligroso punto débil en un determinado lugar. Por el contrario, si la pieza está en buenas condiciones, el haz ultrasónico lo revela sin alterar físicamente el material. Los ultrasonidos también se emplean en la fusión de materiales. Mediante ultrasonidos es posible mezclar dos sustancias que normalmente serían indiferentes la una frente a la otra.

Una de las aplicaciones ultrasónicas más relevantes, son las operaciones de soldadura. Estas se emplean habitualmente en la industria aeronáutica. Uno de los problemas en la soldadura convencional, reside en la pérdida de resistencia del metal circundante a la soldadura por la aplicación de altas temperaturas. En el caso del haz ultrasónico, éste hace vibrar los átomos de los dos cabos metálicos, logrando que se entrelacen sin requerimiento de calor. En consecuencia el metal circundante no queda debilitado. Pero la soldadura ultrasónica tiene sus limitaciones: sólo se pueden unir láminas de metal de menos de cinco milímetros de espesor. En consecuencia tiene ciertos límites de aplicación. Sin embargo, no sería la primera vez que un límite estricto permite una extensa serie de posibilidades en función de dicho límite. Quizás plantear estructuras de ínfimo espesor puede generar diseños complejos en función de este tipo de técnicas de soldadura.

La sonoquímica es una rama de la química que estudia la capacidad de la energía transportada por las ondas sonoras para provocar y acelerar reacciones químicas. Los ultrasonidos anteriormente comentados son uno de los medios más comunes para experimentar dichas reacciones químicas.

Según los principios de la sonoquímica, cuando las ondas de ultrasonido actúan sobre un líquido se generan en él miles de pequeñas burbujas (cavitación). En su interior se producen alteraciones de presión y temperatura. De hecho, en los bordes de estas burbujas la temperatura puede alcanzar miles de grados centígrados. Las pocas millonésimas de segundo que dura la "vida" de estas burbujas son suficientes para que en su interior se produzcan multitud de reacciones químicas, que pueden llegar a cambiar radicalmente la estructura química del líquido. El cambio escalar a tener en cuenta, cuando se plantea que la arquitectura también es sonora, afecta no sólo a la reparación de materiales, sino también a otras perspectivas que la nanotecnología presenta en el marco de la sostenibilidad energética.

“Una de las grandes aplicaciones de la Nanotecnología es la generación de energía. Investigadores coreanos han descrito recientemente un trabajo muy innovador en el que demostraron que es posible aprovechar la energía del sonido para generar energía eléctrica. Esto está basado en que el sonido en el fondo es una forma de energía mecánica que viaja a través de la materia como una vibración en forma de onda. Para poder aprovechar esta energía mecánica, utilizaron nano-generadores basados en nano-cables piezo-eléctricos de óxido de zinc, que tienen la particularidad de poseer una mayor sensibilidad, para así poder captar estas pequeñas vibraciones asociadas al sonido. En el experimento se aplicó un sonido de ~100 dB sobre el nano-generador, y este registro un potencial de salida de 50 mV.

*Esta nueva tecnología podría tener muchas aplicaciones, por ejemplo cargar el celular a través de las conversaciones, o generar electricidad en las carreteras a partir del ruido de los automóviles, etc.”**

Los ejemplos anteriores apuntan a que el cambio escalar a niveles micro, puede crear nuevas perspectivas que planteen el sonido y los fenómenos vibratorios, como elementos clave en la praxis arquitectónica.

Volviendo a la macro escala arquitectónica, el sonido tiene el potencial de *definir el espacio*, de crear paredes metafóricas y perceptivas que, aunque puedan ser invisibles, no dejan de ser reales. Integrar el sonido en la arquitectura implica una aproximación perceptiva más allá del sentido de la vista, incluyendo a su vez el resto de sentidos de una manera más interrelacionada y transversal.

Precisamente en esta macro escala tenemos ejemplos en que la arquitectura se percibe como un espacio sonoro e identificándose como un instrumento.

Tal como se ha visto en el apartado ‘Arquitectura, sonido y la nueva artesanía’ del capítulo (sonido y forma), actualmente existe una tendencia en la música a integrar la composición con la misma construcción del instrumento. En definitiva músicos-luthiers. Quizás los arquitectos podrían adaptar dicho procedimiento, aprovechando las cualidades sonoras que ofrecen los espacios, tal como se trabaja con la luz desde un punto de vista compositivo.

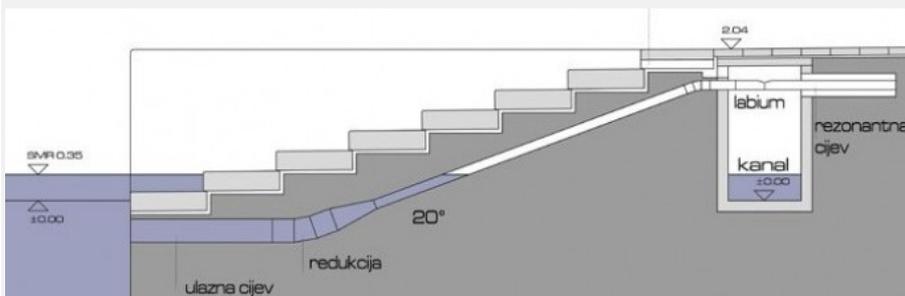
**<http://www.nanotecnologia.cl/generacion-de-energia-a-partir-del-sonido/comment-page-1/>*

Arquitectura como instrumento sonoro natural

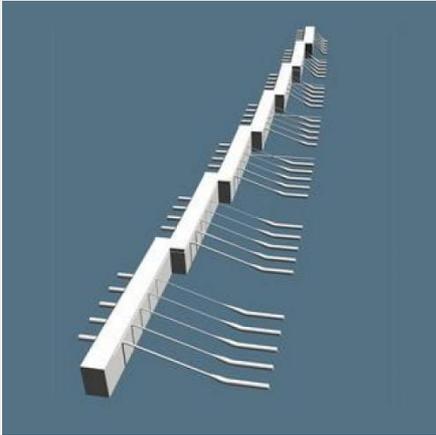
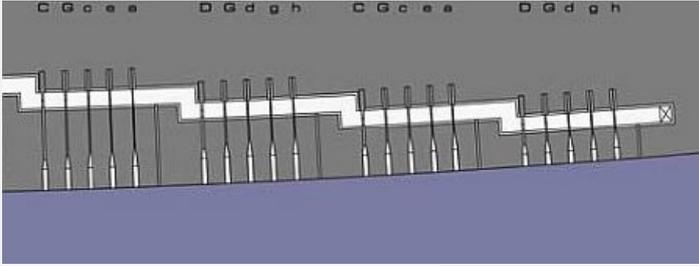
Un ejemplo de la consideración anterior, es el proyecto *Morske orgulje*, en Zadar, Croacia. Se trata de un objeto arquitectónico paisajístico y al mismo tiempo de un instrumento sonoro natural. El empuje de las olas actúa sobre una serie de tubos de dimensión variable, situados por debajo de un gran conjunto de escalones de mármol que penetran en el mar. El mecanismo articula distintos tonos sonoros en función del tamaño del tubo. Este espacio urbano sonoro fue diseñado por Nikola Basic como parte del proyecto para el rediseño de la costa de la ciudad croata, y obtuvo el premio ex aequo de la cuarta edición del *European Prize for Urban Public Space* en 2006.



Morske orgulje, Zadar, Croacia de Nikola Basic



Img > http://www.meipi.org/mediterranean.meipi.php?open_entry=54



Img > http://www.meipi.org/mediterranean.meipi.php?open_entry=54

Morske

orgulje,

Zadar,

Croacia



Img > <http://www.oddmusic.com/gallery/om24550.html>

Este órgano marino produce acordes por las olas del mar, que entran por el costado de las escaleras y que son devueltos a la superficie a través de orificios verticales, aumentando a los visitantes el placer de estar observando el paisaje visual con un *soundscape* real. El muelle se transforma así en un lugar de relajación, contemplación y comunicación mientras se escucha un concierto de armonías de la naturaleza.

Otro ejemplo de cómo una arquitectura puede jugar con los condicionantes de la naturaleza, es el nuevo museo de arte en la isla de Teshima, Japón. El *Teshima museum* no está concebido como un museo tradicional, sino más bien como un espacio vacío, en el que sus visitantes contemplan y experimentan con la naturaleza, la luz, el agua, el aire y el sonido resonante debido a sus geometrías alveolares, creando una singularidad aumentada del paisaje. El proyecto creado por el arquitecto Ryue Nishizawa y el artista Rei Noto es un caparazón de hormigón, con la morfología de una gota de agua, ausente de pilares y cubriendo un espacio de unos 50 m. Las dos grandes aberturas elípticas del techo definen y orientan el espacio mientras que la humedad circundante o la lluvia, se acumula en el suelo y son desplazadas según la dirección del viento. Los sonidos del mar y el follaje reverberan en todo el espacio abierto y el ambiente cambia constantemente de acuerdo con la posición del sol y la hora del día, creando una experiencia sensitiva compleja.



Imágenes del Museo Teshima, Japon Ryue Nishizawa y el artista Rei Noto
Img.><http://www.arquitectitis.com/2011/04/proceso-constructivo-del-teshimaart.html>
Img.><http://diariodesign.com/2011/01/museo-de-arte-de-teshima-una-gota-de-agua-creada-por-ryue-nishizawa/>
Img.><http://www.dsgnr.cl/2010/12/museo-de-arte-teshima-ryue-nishizawa/>

A principios del siglo XX la arquitectura se nutrió de las referencias tecnológicas y la industrialización de la época, para llegar a un modelo de *arquitectura-máquina*. Se debería contextualizar qué es lo que sucede hoy en día, con el impacto histórico que han generado las tecnologías actuales. Por un lado en las últimas décadas, los descubrimientos respecto a los procesos vivos, así como los mecanismos que sustentan la vida, han marcado un punto de inflexión de gran trascendencia, que sitúa al ser humano como el primer organismo que ha desarrollado una tecnología capaz de alterar el contenido genético de los seres vivos. En consecuencia, se trata de la emulación de los mecanismos replicantes de la vida misma. Paralelamente, y a pesar de haber realizado estos altos y sofisticados logros, los recursos en el planeta están en una situación crítica para poder retroalimentar las necesidades humanas. Al mismo tiempo esto ha potenciado una consciencia común –al menos de forma embrionaria–, más crítica en términos de ecología y sostenibilidad.

En consecuencia la arquitectura actual está fuertemente influenciada por una visión orgánica no sólo en términos formales, estructurales y funcionales, sino especialmente en los modelos y procesos de organización. Desde el paradigma arquitectura-organismo, la arquitectura deviene una extensión humana, debiendo tener sus funciones propias de auto-regulación energética y conformación espacial. Numerosas disciplinas cada vez están más influenciadas por el paradigma de la Física cuántica, por analizar la realidad a otra escala. Las escalas del espacio deberán también incluir esta visión paradigmática, como veremos en el próximo capítulo de *sonido y cuerpo*. Consecuentemente, aparte de trabajar la escala humana (como habitualmente hace la arquitectura), habrá que incluir la escala subatómica introduciendo la noción de partículas. La arquitectura podrá ser sonora, si también se piensa en términos de *arquitectura de partículas*. La audición es un factor a tener en cuenta a la hora de percibir un espacio. De una manera subconsciente e inmanente, la información acústica que penetra en nuestra audición viene acompañada de su información espacial. En otras palabras, el sonido reverberado que nos devuelve un determinado espacio, nos da una información inmediata sobre las características de la sala a nivel dimensional, así como de la tipología de materiales utilizados en dicho espacio. Estudios neurocientíficos han identificado que existen algunas células (*place cells*) y sistemas neuronales que se activan en respuesta a ubicaciones específicas en un determinado entorno. Se muestran más detalles, relativos a este tema en el capítulo 3 sonido y cuerpo.

*“¿Cómo sabemos dónde nos encontramos? ¿Cómo se puede generar o recordar un mapa mental de nuestro entorno? La cognición espacial surge de múltiples sistemas neuronales que convergen para proporcionar esta consciencia. Analizar el origen de las señales del cerebro que circulan a través de estas redes es tremendamente complicado porque el número y la naturaleza de las vías en el cerebro que dan lugar a una señal especial –las entradas aferentes–, a menudo se desconocen. Esto se complica aún más si se considera la conectividad a lo largo de estas vías a nivel de las neuronas individuales, las unidades operativas más elementales en el cerebro, debido a los miles de conexiones de una neurona puede hacer con otras neuronas. Esta cuestión se puede afrontar mediante la identificación de las células aferentes en la corteza entorhinal -una región asociada con la navegación y la memoria- que envían señales al hipocampo, específicamente a "células de lugar". Las células de lugar, son las neuronas que se activan en respuesta a una ubicación específica en un ambiente. El esquema que emerge establece la conectividad funcional en un nivel de detalle sin precedentes.”**

Las consideraciones previas, apuntan a la importancia de introducir la fenomenología orgánica para constituir el paradigma de arquitectura-organismo, más allá de alusiones formales y estéticas. Al añadir la capa paramétrica del sonido en el proyecto arquitectónico, se obtendría una arquitectura que estaría más entrelazada con el uso de dicho edificio. Se podría incluir como mecanismo de relación con el contexto, o bien dar una cierta intencionalidad a los proyectos.

*Science 5 April 2013: 'A Trace of Your Place' by Bruno Poucet and Francesca Sargolini
Src >> <http://www.sciencemag.org/content/340/6128/35.short>

Pensemos como las catedrales antiguas se construían con la sabiduría y la intención de hacer verdaderamente una unión entre arquitectura, espacio y sonido. Por ejemplo, se utilizaba el sonido para que fuera reflejado y devuelto desde los altos techos y bóvedas, creando una atmósfera de espiritualidad idónea para los asistentes a las misas. Como explica el arquitecto Bernhard Leitner*:

“Durante la inauguración de la catedral de Salzburgo, se repartieron músicos en todo el espacio. Las trompetas y trombones se distribuían en la entrada, los timbales a la izquierda y a la derecha de la nave central, y los coros a ambos lados de esta nave. Entremedio dos orquestas de cuerda, es decir, todo el espacio de la catedral se llenaba con música.

Se conoce de Giovanni Gabrieli, la multiplicidad de voces o la cantidad de coros de su música en San Marcos de Venecia. Pero hay que leerlo en los documentos antiguos cómo se distribuían los instrumentos en el espacio para crear espacios sonoros específicos. Las iglesias se construían con esta sabiduría e intencionalidad.

En la Catedral de Dresden, se creó el ‘Dresden Amen’. La catedral tiene una doble cúpula: una cúpula interior con pavimento horizontal y transitable, en cuya mitad se encuentra el gran orificio circular. Encima se alza una cúpula exterior de piedra. El cantar en este espacio intermedio y alto, es percibido desde abajo como un sonido envolvente de orientación superior aunque de localización indeterminada (relación celestial). Richard Wagner se inspiró en este efecto de la catedral de Dresden para componer Parsifal.”

Leitner explica como en los textos de acústica del siglo XVII/XVIII, existía una transmisión de conocimiento relativo al sonido y al espacio en el proyecto arquitectónico. Se trataba de textos muy explicativos y descriptivos que con el paso del tiempo se fueron perdiendo progresivamente. Se podría decir que el sonido estaba proyectado arquitectónicamente. Fue una época, donde los arquitectos incluían los estudios sonoros en sus proyectos, trabajando con experimentos reales con músicos distribuidos en el espacio.

La manera que tenían los antiguos maestros de obra de comprobar físicamente *in situ* la acústica haciendo que la música resonara en el espacio en construcción, podía dar unos valores más fiables de cómo el espacio resonaría. También era una vía para transmitir una intencionalidad espacial a través del sonido.

Otros precedentes históricos relevantes en la integración de sonido y arquitectura, se remontan a épocas muy anteriores a las de las catedrales. Por orden histórico, se trata de las ancestrales Stonehenge, las cuevas paleolíticas como la de *Portel (entre otras)*, así como algunos de los teatros de la Grecia clásica, como el teatro de Epidaurus.

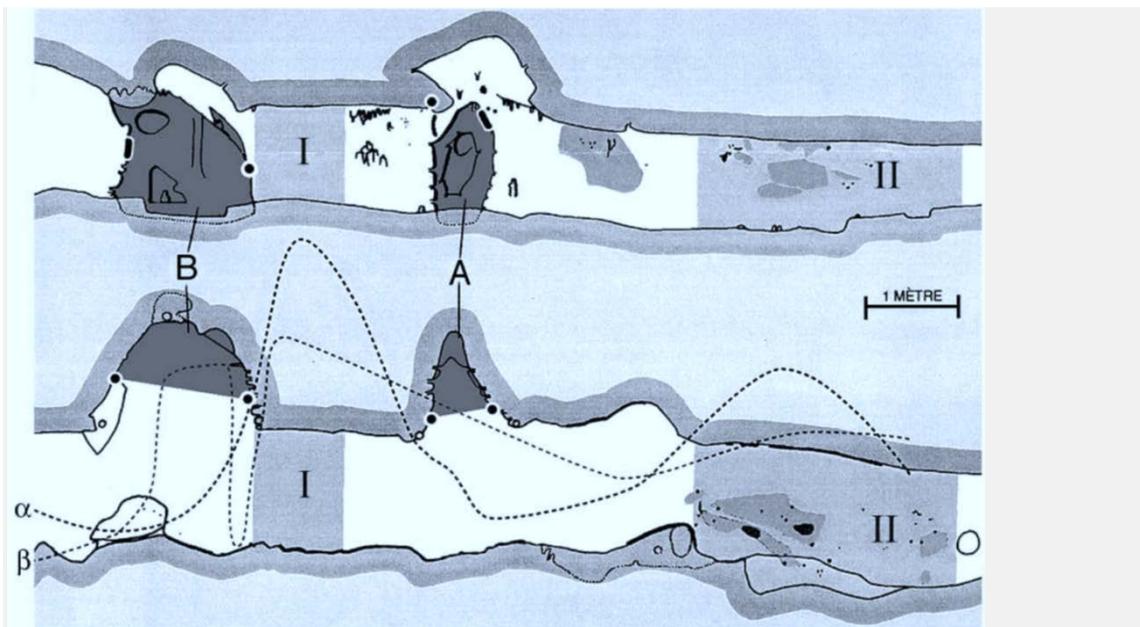
Arqueólogos de las Universidades de Bristol y Bournemouth, han podido constatar como las piedras de Stonehenge, funcionan efectivamente como un litófono o xilófono gigante. A los investigadores les sorprendieron no sólo las evidencias de que las piedras habían sido golpeadas, sino también la variabilidad tímbrica de los sonidos producidos tras ensayos percusivos. Estos comprendían desde sonidos metálicos a sonidos de madera.

En el mismo contexto, los investigadores Jon Wozencroft y Paul Devereux del *Landscape & Perception Project*, sostienen que la percusión sobre las piedras podría haber servido como medio de comunicación a largas distancias en los rituales allí efectuados. Wozencroft describe Stonehenge como el primer instrumento real (después de la voz y/o los tambores simples).

*Bernhard Leitner, investiga la relación sonido espacio y arquitectura. En sus planteamientos figura la relevancia del sonido en la articulación espacial, trabajándolo y experimentándolo como material de construcción. En el siguiente punto, se mostrarán más en detalle sus ideas y ejemplos.

Siguiendo con referencias ancestrales, a finales de los '80 en Francia, las investigaciones acústicas realizadas por Yegor Reznikoff y Michel Dauvois, se desarrollaron en las cuevas de Portel*, Niaux, Oxocelhaya y Isturiz, en los Pirineos, y Arcy-sur-Cure, en Borgoña. Yegor Reznikoff utilizando un sonómetro y la propia voz, pudo comprobar como en todas estas cuevas entre el 80% y el 90% de las obras pictóricas, se encuentran sobre paredes donde los sonidos tienen alta resonancia. En el salón negro de la cueva de Niaux, donde se agrupan la mayoría de las imágenes de animales, la duración de la resonancia es de cinco segundos, mientras que es casi cero en las otras partes.

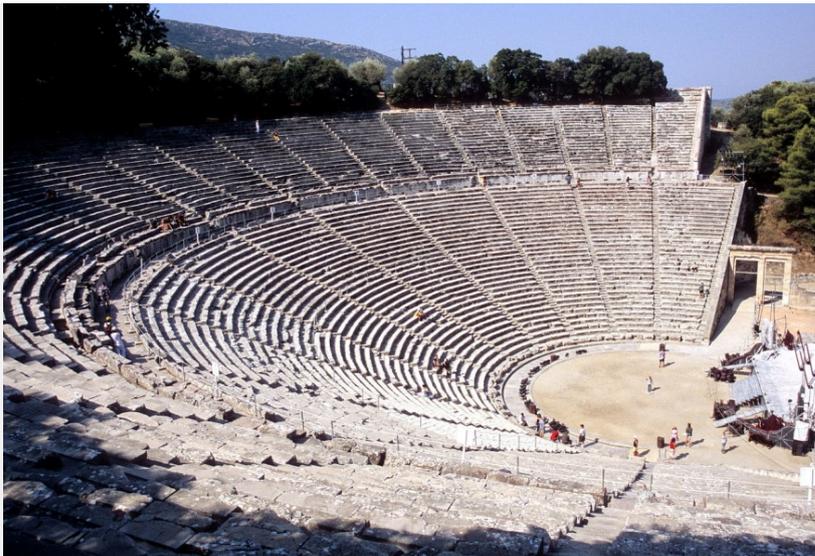
La cueva de Portel*, ha sido cartografiada al completo. En Portel, Reznikoff encontró diversas señales en ciertos nichos cerca de las pinturas. La resonancia de estos nichos es tal, que una simple vibración sonora se convierte en un sonido amplificado que podría haber hecho alusión a las pinturas. En definitiva se podría tratar de un recurso perceptivo sinestésico de sonido e imagen, utilizado durante los rituales. En la misma línea, según un estudio de la Universidad de Barcelona(UB) y la Universidad de Zaragoza, la elección de un lugar para realizar pinturas rupestres durante el Paleolítico guarda relación con la existencia de una buena acústica para "incrementar el impacto" de los rituales. Este trabajo ha utilizado métodos de la arqueoacústica, centrándolo en los yacimientos que existen en el barranco de la Valltorta, en Castellón. Los hallazgos realizados en estudios paleolíticos constatan como el sonido era un elemento articulador en la comunicación, los rituales, y en la defensa (para protegerse de los depredadores). Cabe recordar que la escucha debía ser mucho más exigente en aquellos tiempos por tratarse de un recurso de alerta y defensa del entorno. Posteriormente quedó relegada por los cambios de hábitat más protegidos frente a amenazas externas.



*Marcado paleolítico de zonas específicas de resonancia acústica. Boyau de la grotte du Portel (Ariège-France). La curva Alpha es la gráfica de la amplitud máxima en respuesta acústica de Boyau a 88Hz, mientras que los espacios I y II son los de menor intensidad resonante. La curva Beta es la amplitud máxima de igual respuesta a la función de transferencia entre los dos emplazamientos, uno de emisión y el otro de audición. Al encontrarse en el nicho B la zona de resonancia máxima de un sonido emitido en el nicho A se limita estrictamente al espacio marcado en gris fuerte, tanto en planta y en elevación. El límite sonoro se indica mediante los círculos de contorno blanco. Al retroceder de dichos límites en los nichos y situarse en la estrecha galería, no se produce resonancia alguna.

Extraído del paper 'Homo Musicus paleolithicus et palaeoacoustica' de Michel Dauvois.

Otro ejemplo paradigmático y no tan pretérito como los anteriores, sería la alta ingeniería acústica desarrollada en la Grecia Clásica. Existen numerosos ejemplos de Teatros Griegos que poseen unas cualidades sonoras sorprendentes para su época (teniendo en cuenta que no existían de unas mediciones tan precisas como en la actualidad). Sin embargo existe un caso que por sus dimensiones, tiene una gran trascendencia. Se trata del teatro de Epidaurus. Si bien se han realizado numerosas investigaciones sobre este espacio, un estudio efectuado por el Instituto de Tecnología de Georgia, ha dado con el elusivo factor que convirtió a este antiguo anfiteatro en una maravilla acústica. Según los resultados de dicha investigación, ni la pendiente ni el viento fueron los factores determinantes, sino especialmente las filas de asientos de caliza. Cuando los investigadores experimentaron con ondas ultrasónicas y simulaciones numéricas de la acústica del teatro, descubrieron que las frecuencias hasta 500 Hertz eran retenidas, mientras que las frecuencias por encima de este valor resonaban entre las filas de asientos. En consecuencia el murmullo del público quedaría minimizado, enmarcando el sonido proveniente de la escena.



Teatro de Epidaurus

Img > http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/54/Theatre_of_Epidaurus_OLC.jpg/1280px-Theatre_of_Epidaurus_OLC.jpg

La superficie corrugada de los asientos estaba creando un efecto similar al de los paneles acústicos corrugados que se colocan en las paredes como aislamiento. Otro factor esencial en la alta calidad acústica de dicho teatro, era la colocación de la orquesta que actuaba como un amplificador de la escena. De este modo, se producía el resultado del sonido directo añadido al sonido reflejado con muy poco retraso (50ms).

En definitiva se amplificaba el sonido proveniente de la escena, sin que se perdiese la comprensión en la articulación del lenguaje. A pesar de que la comprensión oral de la voz humana tiene un rango de unos 45m, en este caso se podía llegar a hasta las últimas filas del teatro (70m.), debido a los puntos previamente comentados.

Llama la atención que los anteriores ejemplos procedan de fechas muy remotas. El arqueólogo británico Paul Devereux, explica que somos visualmente muy sofisticados, pero acústicamente muy primitivos. Nuestros antepasados, por el contrario, eran más serenos y atentos en el plano acústico, en un mundo más asosegado. Sin luz artificial, la escucha atenta sería imperativa, para evitar sorpresas nocturnas de los depredadores. Por otra parte, en una época antes de la escritura, la información era casi siempre comunicada por vía oral.

Este hecho es clave, para entender como una cultura oral regida por la audición, pasa a ser una cultura escrita, guiada principalmente por la visión. La aparición de la imprenta supone el inicio de este histórico cambio.

En el modelo máquina de la arquitectura moderna la intencionalidad acústica desapareció y pasó a trabajarse en un plano meramente técnico (ingeniería acústica). En este modelo la envolvente arquitectura-máquina no debía resonar, evitando y aislando el sonido de maquinaria diversa.

Sin embargo, en la aproximación actual de arquitectura-organismo, quizás es el momento de volver a recuperar el sonido como lo hicieron los constructores en el pasado. Evidentemente, añadiendo la capa tecnológica actual, que le podría dar otra lectura, sentido o expresividad, en la conformación espacial y arquitectónica.

Posteriormente, se analizará el concepto de espacio de estos días y veremos que se presenta en múltiples formas. Hoy en día se empieza a hablar de una fusión entre el concepto de espacio y del tiempo, que da lugar a una variedad de espacios, anteriormente inimaginables.

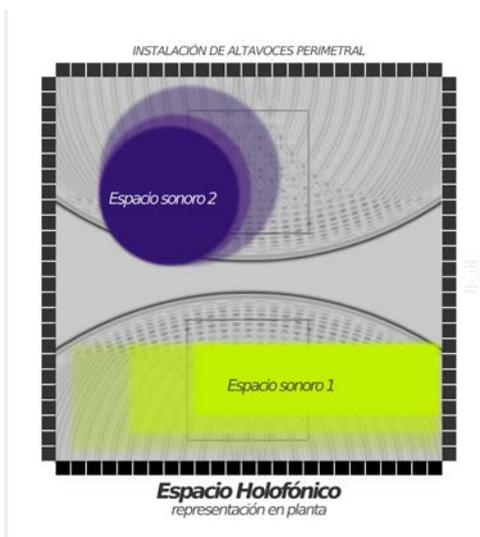
El sonido como generador de espacios :

-Conformación espacial mediante física del sonido

El sonido puede conformar directamente un espacio mediante su cualidad física. Existen principalmente dos tipos de conformación física: los hologramas sonoros (espacios holofónicos) y la espacialización sonora. En ambos la delimitación del espacio es definido por el control preciso de una matriz de altavoces distribuidos por un determinado espacio.

Espacios Holofónicos

En el dominio de la percepción visual, los hologramas constituyen un tipo de representación que entrelaza la bidimensionalidad del soporte holográfico con un efecto perceptivo tridimensional. En el dominio sonoro, una analogía a los hologramas, son las holofonías. El sonido se propaga tridimensionalmente a través del espacio, por lo que se hace dificultoso que éste pueda zonificar espacios sin que estos estén provistos de particiones, aislamientos y sectorializaciones materiales. No obstante, en los últimos años se están trabajando con técnicas capaces de generar un efecto espacial perceptivo zonificado mediante el sonido, sin necesidad de particiones. La más conocida es la Wave Field Synthesis (WFS), una técnica de sonido holográfico mediante una instalación especial con un alto número de altavoces (a menudo entorno al centenar) dispuestos en serie y perimetralmente. La WFS ejecuta una determinada composición donde el sonido se muestra como sub-espacios cúbicos, esféricos, longitudinales, etc. en el interior de un recinto inicial. La WFS es una técnica compleja al desafiar la propagación del sonido cancelando ésta en determinadas partes del recinto. Mediante cálculos de alta precisión y complejidad, un determinado sonido puede ser cancelado por inversión de fase [1], en determinadas zonas concretas del recinto. La cancelación de fase de un sonido es el efecto de una determinada oscilación y su oscilación inversa que superpuestas se anulan recíprocamente. Existe otro tipo de técnica holofónica, en la que es necesaria una escucha binaural mediante auriculares. Por consiguiente es limitada desde un punto de vista espacial, al ser necesario un dispositivo añadido que en el caso de la WFS no es requerido.



Las técnicas de Wave Field Synthesis permiten reproducir sonidos holográficos acotados por el recinto de la instalación. En estos espacios es posible la zonificación de eventos sonoros diferenciados en el espacio mediante cálculos de cancelaciones de fase. La inversión de fase es un método de cancelación de una determinada señal acústica. El siguiente ejemplo ilustra este método: mediante un oscilador con una forma de onda de diente de sierra: $/|/|/|/|/|/|/|$ Al invertir la fase, la onda tendría el esquema siguiente: $\backslash|\backslash|\backslash|\backslash|\backslash|\backslash|\backslash|\backslash|$ Al superponer ambas sincrónicamente, cada uno de los desarrollos de la primera anula la segunda y viceversa. En conclusión al superponer ambas señales, la resultante será 0. Es decir no existirá oscilación alguna (silencio). *Img > www.sonology.org + www.sebastianmerchel.de*

Espacializaciones Sonoras

Las espacializaciones son aquellos dispositivos multicanal, en los que el conjunto es superior a los dos canales estéreo. En general se distinguirán por poseer un número mínimo de 4 altavoces hasta un número máximo que puede llegar a las decenas. En todos los casos se trata de fuentes de sonido (altavoces) independientes, que mediante un sistema de control (normalmente digitalizado) puede lanzar sonidos a cada una de las fuentes. Con esta técnica es posible realizar pivotaciones y movimientos del sonido a través de los monitores repartidos por el espacio. El resultado es un sonido envolvente que puede expresar y simular composiciones basadas en distintos focos de sonido, tal como sucede con la escucha real. A diferencia del anterior ejemplo de la Wave Field Synthesis, y aunque formalmente pueda parecerse como instalación, en las espacializaciones no se produce una zonificación del sonido, sino la pivotación o movimiento del mismo a través de sus distintas fuentes.



Las técnicas de espacialización sonora permiten pivotar el sonido a través de dispositivos multicanal distribuidos en el espacio. El resultado es un sonido envolvente que puede expresar y simular composiciones basadas en distintos focos de sonido, tal como sucede con la escucha real.

Img src > <http://hangar.org/webnou/wp-content/uploads/2012/11/multifocal.png>

El espacio es uno de los elementos esenciales en la praxis arquitectónica. Constituye el vector de articulación del contenido arquitectónico, fusionando el rol de la percepción, con la resolución específica de determinadas funciones programáticas. Desde una óptica tangible y tectónica, el espacio conforma un marco de referencia que habitualmente se corresponde con las tres dimensiones espaciales cartesianas. En contraste, la dimensión tiempo, no se contempla del mismo modo, al integrarse en la arquitectura como una capa inmanente.

Las aportaciones que formuló Albert Einstein con la Teoría de la Relatividad General, supusieron la introducción de la dimensión temporal con una mayor complejidad. Einstein apuntó a conceptos como deformaciones espacio-temporales provocadas por el efecto gravitatorio, así como a la interrelación indisociable entre dimensiones cartesianas y dimensión tiempo. Respecto a las afirmaciones de Einstein, Brian Greene en su libro “El universo elegante” comenta lo siguiente: *‘El movimiento acelerado no sólo produce un alabeo del espacio, sino también un alabeo análogo del tiempo’*

Por consiguiente se puede extraer que la cualidad generada por el tiempo va más allá de pensar en su linealidad. Esta consideración viene definida por una necesaria actualización del concepto espacio integrando la dimensión tiempo (en concreto tiempo no lineal), así como cuando éste se entrelaza con la capa intangible telemática que presenta la vida cotidiana actual. Dicha actualización responde a la inclusión de capas relacionadas provenientes de otras disciplinas, tal como sucede en otros campos del conocimiento. A continuación se presenta una clasificación orientativa de dicha actualización, describiendo algunas de las tipologías* espaciales no convencionales en el contexto actual.

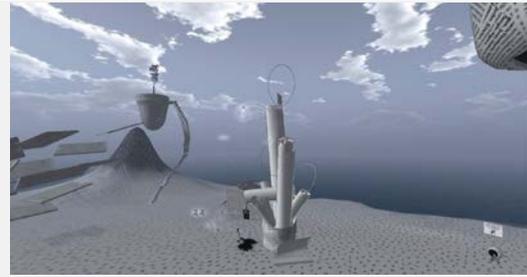
Espacios Virtuales

Son espacios complejos puramente digitales e inmersivos, también conocidos como *metaversos*. El término *metaverso* proviene de la contracción de meta-universo y tiene su origen en la narrativa de ciencia-ficción. Introducido inicialmente por el escritor Neal Stephenson en la publicación *Snow Crash*, el *metaverso* se usa para describir un mundo virtual paralelo, donde los humanos interactúan socialmente como avatares, que actúan como metáfora del mundo real, pero sin las limitaciones de la fisicidad del mismo. El ejemplo más popular de *metaverso*, es el entorno *Second Life*** , que hace unos años tuvo su etapa más popular. Para experimentar este tipo de espacios, habitualmente se necesitan dispositivos especiales y aparatosos como cascos de visión del mundo virtual, así como elementos de interacción gestual a través de guantes o arneses cibernéticos***. Los espacios virtuales son de gran utilidad en simulacros y ensayos en numerosos sectores (aeronáuticos, cálculos de ingeniería, protocolos de seguridad, etc.). Estos suponen una simplificación y optimización de costes respecto a las simulaciones ‘físicas’ que se desarrollarían en contextos específicos.

*Se opta por una definición no unitaria de las anteriores consideraciones, distribuyendo dicha definición en secciones catalogadas como tipologías en función de su funcionamiento, propiedades y atributos relacionados con el espacio.

** (página siguiente)

*** (página siguiente)



**Imágenes de uno de los metaversos más populares: Second Life
 Img > SL_Per4mance MetaLES ..O... By RomyNayar+UxHax

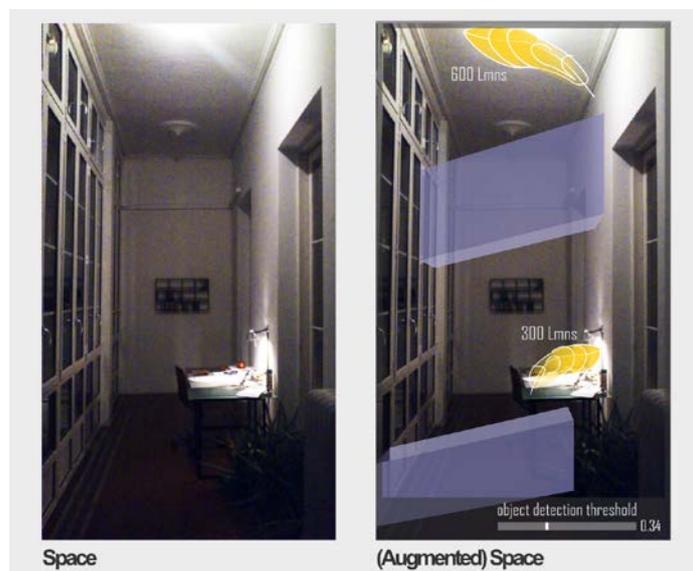


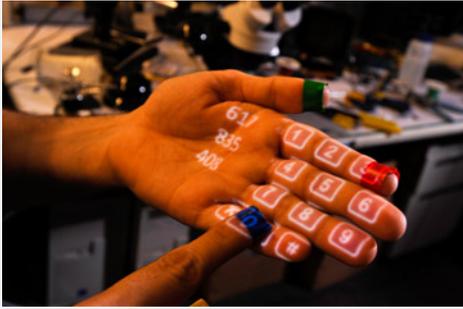
***Dispositivo de interacción e inmersión en un mundo virtual.
 Img > <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/VR-gear.htm>

Espacios Aumentados

Una rama de la Realidad Virtual, ha derivado hacia no recurrir exclusivamente a mundos virtuales y a yuxtaponer ciertos entornos digitales con elementos del espacio tangible percibido. Es lo que se define como Realidad Aumentada (RA o AR del inglés *Augmented Reality*). Simultáneamente, dicha evolución ha llevado a aligerar o eliminar los dispositivos gestuales activos, por otros de interpretación de la acción en el espacio tangible.

En los espacios aumentados, se hibridan espacio físico y sistema interactivo, resultando en una mediatización de un determinado espacio físico material, 'aumentado' con una capa de datos dinámicos. Dicha capa aumentada trata información dinámica o viva, en forma de texto, gráficos, modelos tridimensionales, u otras entidades digitales.

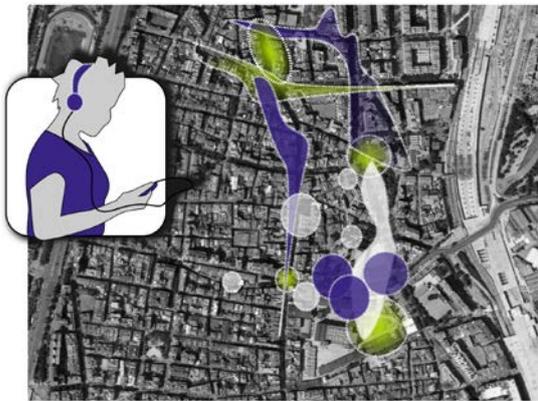




Dispositivo aumentado de un teclado interactivo proyectado en la mano.
 Img > <http://static.ddmcdn.com/gif/augmented-reality-1.jpg>

Espacios Locativos

Los espacios locativos interconectan información Geolocatoria, (posicionamiento referenciado en la superficie terrestre) en un determinado espacio o territorio. Las experiencias locativas transforman una determinada percepción de un territorio o lugar mediante datos de Geoposicionamiento (GPS) y un sistema de interacción generalmente aural. Por ejemplo: imaginemos un recorrido por un parque natural de relativa extensión en el que vamos a hacer una ruta. Mediante un dispositivo de recepción de datos GPS, así como con un intérprete de estos datos (una aplicación diseñada para dicho propósito) y un sistema de sonido portátil (por ejemplo unos cascos), la experiencia de la ruta puede devenir perceptivamente de un modo muy distinto al que se tendría al realizar la misma ruta sin el dispositivo. Dicha experiencia será aumentada al poder entrelazar información contextual, sonora, o de otro tipo de datos, con la capa perceptiva del entorno (habitualmente vista, oído, olfato y tacto). Se trata de una revisión de experimentar el territorio, en que la yuxtaposición de la capa sonora e informativa, genera una nueva percepción espacial y relacional. Habitualmente los espacios locativos se desarrollan en proyectos creativos de experimentación con la narrativa.



Espacios locativos



Espacios Inmateriales



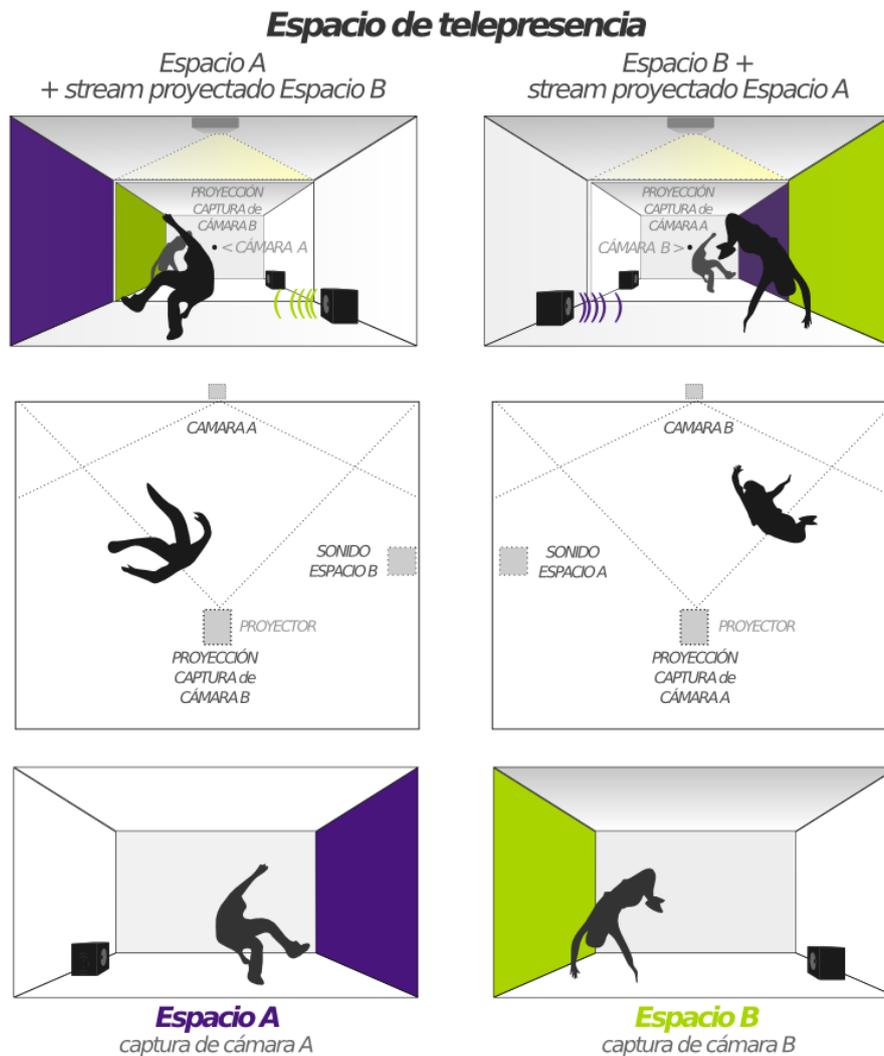
Espacios Inmateriales

Como precedente histórico de los espacios inmateriales, se encontrarían los espacios de telecomunicación telefónica. Mediante el sonido, y en concreto la voz humana, se construye un espacio inmaterial y adimensional en dimensiones cartesianas, que conecta dos espacios remotos, donde la dimensión temporal es común. Tras la aparición de la capa telemática que internet ha implementado en la vida cotidiana, se hace necesaria una recontextualización del 'espacio' que se desarrolla en este tipo de medios. Se trata de espacios desprovistos de topología tridimensional, que en general se representan bidimensionalmente a través de *interfaces*, como aplicaciones o programas, y que virtualmente constituyen un espacio sin forma en cuanto a sus dimensiones espacio temporales habituales.

En estos espacios no tangibles, se ponen en relación diferentes personas que no se encuentran en un mismo espacio físico, pero que interactúan en directo conformando un espacio común de comunicación, relación y actividad humana. Constituyen ejemplos de esta tipología espacial los clásicos *chats*, o en los últimos años, algunas de las herramientas disponibles en las Redes Sociales que permiten tales tipos de interacción. Es significativo que en los *chats*, los compartimentos entre distintas personas se denominaron *rooms* o habitaciones, haciendo alusión a la espacialidad intrínseca de estos canales de comunicación. En los espacios inmateriales la dimensión temporal es común, al permitir sincronizar espacios físicos remotos que pueden estar distribuidos globalmente en diferentes usos horarios.

Espacios de telepresencia

Los espacios de telepresencia son aquellos que combinan las tecnologías de telecomunicación y teleconferencia adaptadas a un espacio físico. Se plantean como espacios espejo entre dos espacios remotos. De esta manera en un determinado espacio A se proyecta en una de sus paredes un espacio remoto B a tiempo real, y viceversa. El resultado es un espacio físico concreto más su extensión remota, que en algunos casos coincide con la topología de cada uno de los espacios produciéndose un resultado perceptivo interesante de continuidad visual y espacial.



En esta representación se parte de la idea de que el Espacio A y el Espacio B son análogos en dimensiones para producirse una superposición de ambos desde una óptica de percepción.

-Conformador espacial indirecto del sonido mediante algoritmos

Anteriormente, en el primer capítulo se han mostrado distintos experimentos en el dominio digital mediante la manipulación y traslación de datos. Recapitulando estos son:

- *Sonomorfismos*, experimento que renderiza una muestra de audio en un arquetipo formal simple (una malla).
- *Rhino + GrassH + Pd*, interrelacionando una cadena de aplicaciones para relacionar sonido con génesis geométrica tridimensional.
- *Cordes* partiendo de la relación áurea aplicada al sonido con frecuencias que establecen dicha relación*. El experimento muestra como esta relación frecuencial se materializa en un modelo tridimensional.
- *Data Translations*, muestra un proceso integral de traslación de datos: desde un texto, a una visualización, a un sonido y a un modelo 3D.

Estableciendo la hipótesis de que estos experimentos puedan ser proyectos arquitectónicos, se observa como el sonido es el conformador conceptual e indirecto del espacio generado. En estos experimentos se parte del sonido para trasladarlo a una forma tridimensional. En consecuencia dicha forma desarrollaría un espacio en su interior. En definitiva mediante este tipo de técnicas más algorítmicas y procedurales, el sonido también puede ser el conformador de espacios.

*No hay que olvidar que el sonido se descompone en frecuencias y longitudes de onda, siendo esta última una relación dimensional análoga a la métrica habitual en la historia de la arquitectura.

Las anteriores consideraciones en relación a las tipologías espaciales, deben enmarcarse en considerar el espacio dimensional físico, expandido con una o diversas capas tecnológicas superpuestas. Por consiguiente, estas se contemplan como espacios híbridos más allá de la catalogación puramente espacial tridimensional ortodoxa. Crear una fusión entre la capa intangible de la información y lo tectónico va más allá de una anécdota tecnológica de la postmodernidad. Se trata de un punto de partida desde donde resituar y actualizar la arquitectura en el contexto actual, tal como le suceden a la mayoría de profesiones que han sufrido el impacto irreversible de la capa digital. Históricamente la arquitectura ha trabajado con procesos en los que la abstracción e inmaterialidad de las ideas generadoras del proyecto, se concretaban y materializaban físicamente. Sin embargo hemos comprobado con los ejemplos expuestos previamente que la construcción espacial no es dependiente necesariamente de un entorno físico, y pese a que implique otras disciplinas para ello, no la hace una consideración irrelevante. Más bien al contrario, ya que en el crítico momento actual de recomposición de las profesiones y actividades humanas, la hibridación es un elemento esencial en la evolución. La arquitectura no es una excepción.

En los últimos años, se han introducido de manera experimental conceptos que resitúan las bases de la metodología y concepción arquitectónica ortodoxa: Arquitectura Efímera, Arquitectura Inmaterial, Arquitectura de partículas, Arquitectura Generativa, Media-Arquitectura, entre otras especializaciones. Quizás algunas de ellas podrían parecer referencias anecdóticas, 'fakes' o definiciones superficiales de tendencia. Sin embargo, en todas ellas se producen hibridaciones con otros campos del conocimiento, por lo que su análisis debe ser considerado de manera distinta al de su soporte original. Por ejemplo, en la media-arquitectura es necesario considerar las capas mediática, tecnológica y de comunicación extendidas respecto al marco original arquitectónico.

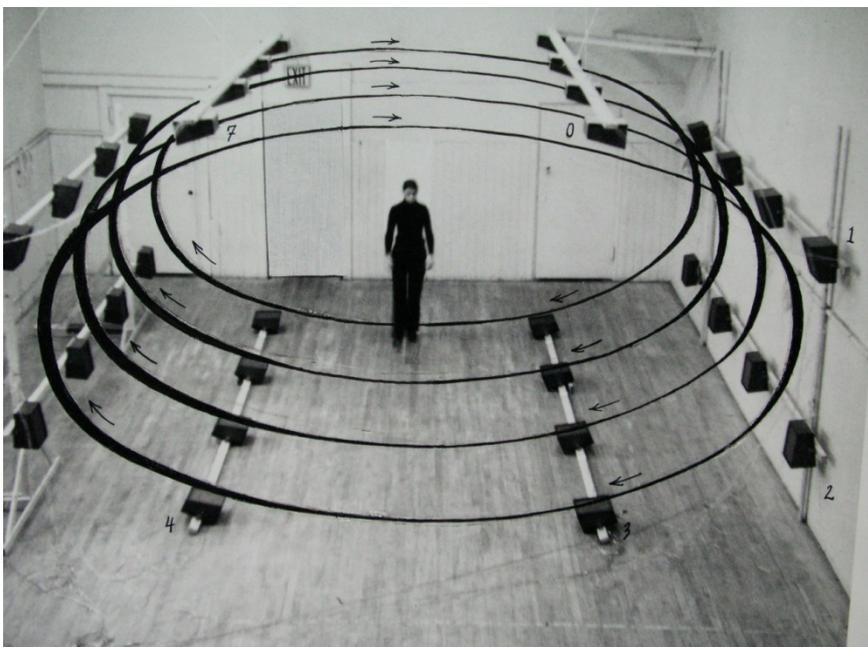
El sonido es una manifestación intangible y aural. Intangible debido a que la escala de referencia se sitúa fuera del rango visual: no somos capaces de ver el movimiento de las colisiones de las moléculas de aire (u otro medio) donde se propaga el sonido. Aural debido a que la percepción para dicha manifestación es captada estrictamente a través de la audición. Tampoco hay que olvidar la capacidad del sonido como mecanismo de construcción mental de imágenes. Así, el sonido puede generar no sólo parámetros de espacialidad del observador/usuario, sino también significados metafóricos en ese espacio. Habitualmente en la relación sonido-espacio, se ha tratado el concepto de que un determinado espacio tiene un sonido en sí mismo. Esta consideración se ilustra claramente en los instrumentos musicales de viento, donde el sonido depende de la fuerza aplicada, pero especialmente de su espacio resonante interior. Al cambiar la geometría, topología y escala de dicho espacio también cambia el sonido resultante. Evidentemente en los espacios arquitectónicos sucede de una manera análoga, si bien es rara la ocasión en que el edificio sea tratado como un instrumento a gran escala. En este sentido figuran como se vió anteriormente los ejemplos del Teshima Art Museum (Ryue Nishizawa) y el Morske orgulje (Órgano marino) de Nikola Bašić. En definitiva, los anteriores comentarios son ejemplos en cómo el espacio genera (o puede generar) sonido. Pero ¿es posible que un sonido genere espacio?

En algunas de las tipologías expuestas en la introducción, se constata como el sonido juega un papel esencial en la estructuración e identidad de un espacio, lugar o territorio. A escala urbana y/o territorial, los espacios locativos constituyen un interesante ejemplo. Pero si se analiza más estrictamente el rol que el sonido puede realizar como articulador espacial, los dispositivos descritos en la secciones '*Espacializaciones sonoras*' y '*Espacios holofónicos*', son más paradigmáticos. En éstos, el sonido puede delimitar espacios de la misma manera que las paredes, tabiques y muros ejercen en los edificios. Dichos dispositivos pueden ser más o menos visibles como objetos físicos, aunque el resultado de la experiencia en dicho espacio pueda llegar a desarrollar límites perceptivos de posicionamiento en el espacio con una alta nitidez aural y perceptiva. En las instalaciones de WFS (Wave Field Synthesis), es posible entrar o salir de esferas, cubos u otras formas en las que se reproduce un tipo de sonido u otro, con una alta claridad y definición espacial.

Otro punto interesante respecto de la conformación espacial sonora es concebir el sonido como material constructivo, permitiendo la emergencia de otros espacios. No obstante, las ondas sonoras se mueven constantemente y el espacio que definirán será dinámico. Este espacio no puede ser fijado visualmente, como tampoco reconocido desde el exterior.

Es el cuerpo el que siente estos espacios audibles. Consecuentemente, estamos hablando de una escucha corpórea y háptica, en la que la percepción acústica no solo ocurre en los oídos, sino en todas las partes del cuerpo.

A este respecto, una figura a mencionar del campo del arte sonoro es el arquitecto Bernhard Leitner, quien se hizo la pregunta de por qué no usar sonido como material de construcción cuando empezó a plantearse su dedicación total al ámbito sonoro. Primeramente le fascinaron los gráficos de las notaciones de música experimental, y posteriormente comenzó a diseñar espacios sonoros, siendo consciente de que oír la música en un espacio es algo diferente de la formalización de un espacio a través de sonido. A lo largo de toda su obra se manifiesta esa búsqueda de asimilación del sonido como material tectónico, es decir, trabajar con el medio sonoro arquitectónica y esculturalmente.



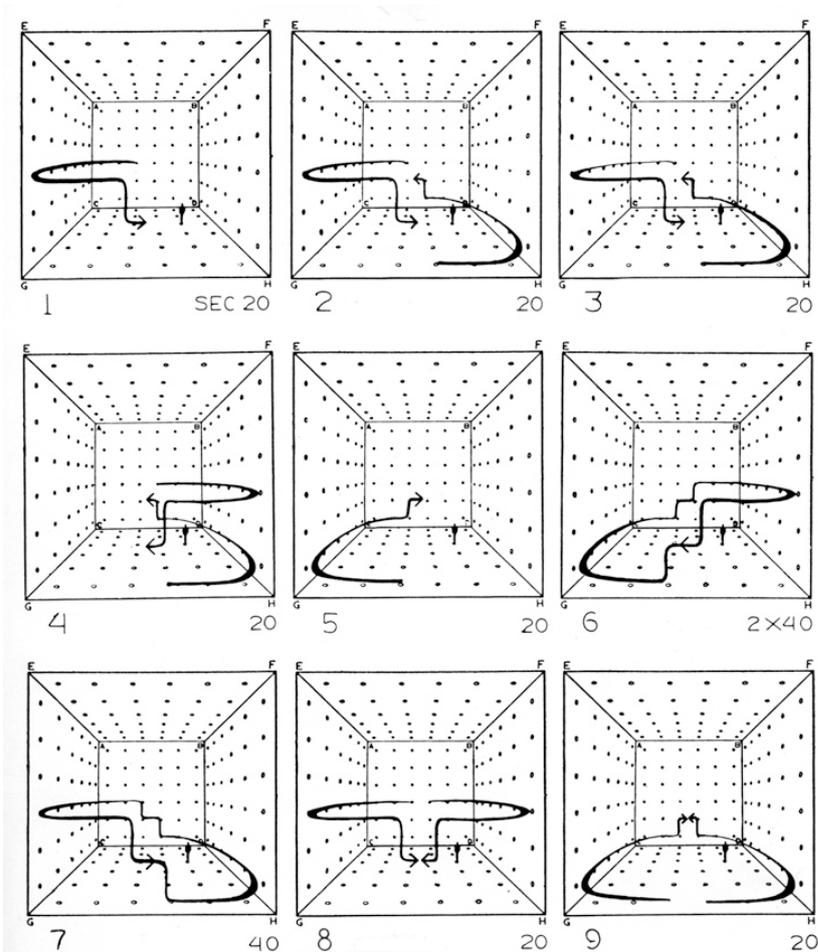
Ton-Röhre Spiralraum 1974

Bernhard Leitner

© B. Leitner cedida para esta tesis.

En la entrevista realizada a propósito de la exposición Tonraumsulptur (Soundspacesculpture) en el Hamburger Bahnhof de Berlín, 2008, Leitner comenta que: *“Cuando se habla de espacios acústicos, uno se debe liberar de varios conceptos, ideas y categorizaciones con las que hemos crecido y que nos son familiares”*.

“Estoy interesado en espacios coherentes, con un sentimiento armónico, que tengan algo más que proporciones correctas. La pregunta acerca de la correlación entre el oír y la escucha atenta tiene un especial significado hoy en día. En algunas instalaciones he utilizado sonidos de agua como una especie de filtro auditivo de base. El agua tiene la cualidad única de ser siempre diferente y, al mismo tiempo, igual. El agua estimula siempre el cerebro auditivo, calmando su ostensible monotonía.”



Soundcube 1969

Bernhard Leitner

img src > © B.Leitner cedida para esta tesis.

“El soundcube es un instrumento para producir espacio con sonido. Consiste en un entramado de altavoces en cada una de sus seis paredes desde el punto de vista ‘neutral’, sin ningún tipo de mensaje espacial específico el sonido está programado para viajar de altavoz en altavoz. Las dimensiones del cubo dependen de la situación particular. Se puede crear un número infinito de espacios o de sensaciones espaciales. El soundcube es un laboratorio para estudios en la definición y carácter del espacio y para investigaciones de la relación entre movimientos del sonido y su experiencia audio-física. Al mismo tiempo es un espacio para demostraciones al público”

Fragmento relatado por Leitner, en el libro ‘Espacio, sonido y arquitectura’ de Fausto E.Rodríguez

Según Leitner, el cuerpo podría ser entendido como un instrumento acústico y autónomo, íntegramente como un *sensorium* acústico. La manera que el sonido es transmitido al cuerpo, como traspasa la piel llegando a las cavidades y a los huesos, y finalmente, dejando que todas estas partes resuenen. Físicamente, el ser humano está construido con un cierto sentido acústico, ya que es receptivo cuando el sonido lo penetra, resuena con él, y luego vibra cuando el sonido sale de él.

“La danza es el movimiento de cuerpos, con espacios entre ellos. En cierto sentido transfiero el movimiento de la danza a un nuevo campo de escultura o arquitectura sonora.”

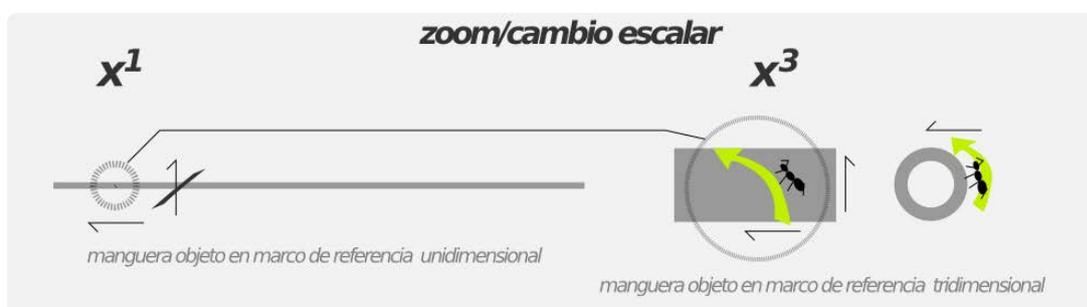
“El ser humano está sometido cada vez más a basura acústica, consecuentemente, veo mi trabajo como una vía para que él, no solo redescubra este órgano de los sentidos, sino que entienda como utilizarlo otra vez armónicamente. Me refiero a una escucha corpórea, y no solo de los oídos. Cada persona es un instrumento, igual que es un receptor de sonido.”

“Desde la antigüedad se utiliza la palabra “per-sonare”, que significa sonar a través. Esto se relaciona no solo con el sonido, el lenguaje o la música, sino también con un significado metafísico. El sonido que resuena más pasivamente en nosotros desde el exterior, también es el que resuena en nosotros mismos, habla a través de nosotros y puede ser asociado con nuestra conciencia.”

En la sociedad actual se puede comprobar cómo el sonido es usado como generador de espacios en un sentido inverso, es decir, como inhibidor de acceso a dichos espacios hacia determinados grupos sociales. Se verán algunos ejemplos posteriormente en la sección Sonido-Cuerpo. Habría que investigar los distintos métodos que puedan desarrollar aplicaciones y prácticas basadas en el sonido como generador de espacios. De esta manera, se podrá comprobar que el sonido, como elemento inmaterial y efímero, puede adquirir valores positivos y liberadores, hasta ahora poco investigados en la arquitectura.

El trabajo de Leitner, se sitúa como uno de los precedentes en la intersección conceptual arquitectura-espacio-sonido. Se trata de un trabajo comparable a la relevancia de las aportaciones realizadas por Iannis Xenakis con la música Estocástica *. Xenakis investigó esta técnica en el popular Pabellón Phillips ** diseñado conjuntamente con Le Corbusier, en el contexto de la Exposición universal de Bruselas de 1958. Si bien Leitner experimentó con el sonido como articulador espacial, Xenakis conectó la composición musical con los campos de la computación, la matemática y la teoría de sistemas.

Habitualmente se separa la definición y connotación de espacio en función del marco profesional. Por ejemplo, el espacio en la arquitectura, en la astrofísica, en la neurociencia, en la creación artística, etc. Sin embargo cuando se producen grandes avances, estos vienen definidos al introducir otros marcos del conocimiento. En general el espacio arquitectónico queda referenciado en sus tres dimensiones cartesianas X Y Z. Sin embargo las ciencias físicas de las últimas décadas, apuntan a construir teorías (por ejemplo la teoría de las Supercuerdas), que añaden más dimensiones espaciales definidas en ámbitos escalares muy distintos. La siguiente imagen muestra con suficiente claridad esta consideración.



* Iannis Xenakis a su vez fue uno de los pioneros en introducir elementos de la matemática compleja (variaciones, combinaciones, permutaciones, probabilidad, teoría de juegos, etc.) en sus composiciones musicales. En definitiva introducir la algoritmia, motores de crecimiento y generatividad en el desarrollo del tiempo musical. Este género experimental es conocido como Música Estocástica.

** Como antecedente histórico que integra la arquitectura con la percepción y la espacialidad a través del sonido, constituyéndose como una de las primeras piezas de arquitectura hipermedia. Se trata de un ejercicio insólito en su época de hibridar espacio con sonido (decenas de altavoces distribuidos por las superficies regladas del pabellón, como translación directa de la pieza 'Metástasis' de Iannis Xenakis).

Este cambio escalar y dimensional, sería muy interesante de trasladar en la práctica arquitectónica para que se incluyan escalas habitualmente no consideradas. Por ejemplo las desarrolladas en la fenomenología sonora, así como la composición de la materia. Al integrar dichas escalas sería posible expandir la arquitectura en sus vertientes compositivas, perceptivas y tectónicas*.

Otra consideración de gran trascendencia –y citada en la introducción- proveniente de las ciencias físicas es la aportación que Albert Einstein realizó con la Teoría de la Relatividad General. Entendiendo el espacio como una superficie topológica con curvaturas y deformaciones, añadió la dimensión tiempo. De esta asociación se extrae el concepto Espacio-tiempo, como la matriz elemental que estructura la composición del universo. Esta se deforma en distintos puntos, por la acción de los cuerpos provistos de masa (materia), distribuidos por todo el espacio. Consecuentemente, la gravedad se puede comprender como la distorsión que esos cuerpos, generan en la matriz espacio-temporal. La consideración Einsteiniana del espacio-tiempo como un concepto indisoluble, articula una gran conexión con el fenómeno sonoro.

El sonido sin tiempo no existe. Tampoco existe sin un espacio mediatizado cuya densidad puede ser variable, para que se pueda propagar la vibración. La propagación del sonido es directamente proporcional a la densidad de la materia. En consecuencia, la velocidad del sonido es mayor en los sólidos y menor en los gases. Esto es debido a que el grado de cohesión que tienen los enlaces atómicos y moleculares es mayor conforme la materia es más sólida. Por ejemplo, la velocidad de propagación del sonido en el aire a 20° es de 343m/s. En el agua a 25° es de 1593m/s. En la madera 3700m/s. En el aluminio 6400m/s. etc. Es de gran relevancia la velocidad de propagación y el medio transmisor, cuando se pone en relación al espacio. De esta manera, la percepción espacial es inversamente proporcional a la velocidad de propagación. A mayor velocidad de propagación la percepción espacial se reducirá.

El artista e investigador Edwin van der Heide, lo explica con claridad en la entrevista realizada en esta tesis:...*'El sonido en el agua tiene una velocidad completamente diferente que en otros materiales (aire, materiales sólidos). Debido a la diferencia de velocidad, podemos pensar en ello como si tuviera una escala diferente. El sonido en el agua es cinco veces más rápido que en el aire. Esto significa, que el espacio, si lo tuviésemos que escuchar, sería aproximadamente cinco veces menor. Simplemente porque va cinco veces más rápido, así que todo se reduce cinco veces.'*...

Como se comprueba en esta cita, la relación sonido, espacio y medio, está directamente vinculada. Sin embargo, ¿qué sucede en el medio digital? Obviamente no se trata de un medio por donde se transmita el sonido, sino de un medio desde donde manipularlo y transformarlo. Consecuentemente, dicho concepto tiene connotaciones distintas. En cualquier caso, el medio digital es un marco interesante para comprender la radical ruptura respecto a las 'reglas' que estructuran el mundo material o físico. Actualmente, la capa digital que envuelve el mundo tangible, es susceptible de plasmar la materia intangible, es decir los datos, en numerosas concreciones o formalizaciones a priori no relacionadas. Esto no sucede en la era pre-digital, al ser exclusivamente tangible. Cada objeto es específico y posee generalmente una función. Para cambiar la función o especificidad de dicho objeto sería necesario un costoso proceso de transformación. (Por ejemplo, transformar un jarrón en una silla, no es imposible pero si bien dificultoso). En definitiva, el potencial de mutabilidad que posee cualquier entidad digital, es debido a su ausencia material o corpórea. Por ejemplo, una imagen digital es fácilmente convertible a un archivo sonoro mediante la ayuda de ciertas aplicaciones con un ordenador. Sin embargo, difícilmente podremos 'escuchar' un cuadro conectándolo directamente a unos altavoces, debido a que dichos objetos poseen una alta especificidad.

* En la actualidad se están investigando nuevos materiales como los Smart materials que tienen una aplicación directa en la arquitectura y el diseño industrial. Otro ejemplo son las investigaciones de la Mediated Matter research group del MIT de Massachusetts -coordinado por la arquitecta Neri Oxman-. En dicho grupo de investigación se experimenta con el crecimiento y autoreparación de materiales.

Para poder hacerlo sería necesario un dispositivo intermediario que realizara su análisis, interpretación, conversión y reproducción. Según la contextualización y consideración anterior, en el contexto digital es viable la conversión de un sonido a una forma tridimensional. En la tesis 'Espacios Sónicos' se hicieron una serie de experimentos en esta línea. Mediante una aplicación desarrollada en el MIT (SoundPlot), una serie de samples o fragmentos sonoros se renderizaron en modelos tridimensionales en forma de malla (mesh). Este tipo de conversión se define como sonomorfismo. El resultado lo ilustran las siguientes imágenes mostradas en el experimento 'sonomorfismos' del capítulo anterior.

En consecuencia, un determinado modelo tridimensional es susceptible de ser construido físicamente, a escalas pequeñas vía impresión 3D, o a escalas mayores mediante técnicas tradicionales de obra a partir de planos, esquemas o notaciones. Probablemente en un futuro no muy lejano las impresoras 3D podrán ser dispositivos que alcancen escalas arquitectónicas mayores. Si un modelo como el anteriormente descrito fuera construido a escala humana, la forma modelada a partir del sonido, generaría un o una serie de espacios. El proceso se podría resumir con la siguiente secuencia: sonido >> forma >> espacio.

Se trataría de un método en el que desde el sonido se obtiene la conformación espacial. Esta posibilidad, pese a ser muy experimental, podría introducir elementos interesantes en proyectos arquitectónicos. Por ejemplo, establecer ciertos patrones sonoros armónicos y transformarlos en espacios en armonía. Un sonido armónico está compuesto por distintas ondas que poseen relaciones geométricas entre ellas, es decir que a una oscilación principal, existen otras oscilaciones superpuestas que se corresponden a la mitad, tercio, cuarto, etc. de la oscilación principal original. No hay que olvidar que las ondas que conforman un determinado sonido, vienen definidas por unas dimensiones métricas (longitud de onda). En consecuencia, se produce un nexo directo entre fenomenología sonora y su desarrollo dimensional métrico.

Introducir el sonido desde el marco digital, establece una relación sonido-espacio que se puede resolver con numerosas posibilidades. Esta variabilidad permite la inclusión sonora como un parámetro más a la hora de proyectar. En la actualidad aún resulta un procedimiento muy experimental e inexplorado, que sin embargo se deberá tener en cuenta en cuanto a las relaciones que el sonido establece con los patrones resonantes. En otras palabras las relaciones entre sonido y forma *.

En conclusión, se han mostrado los tres modos en cómo el sonido puede generar espacios, y que respondería a la pregunta *'¿es posible que un sonido genere espacio?'*

En el primer modo a través del sonido, la arquitectura se convierte en un instrumento resonante. En el segundo modo, el sonido puede conformar directamente un espacio mediante su cualidad física. En las técnicas de WFS el sonido articula física y directamente el espacio, aunque sea a través de complejíssimos cálculos digitalizados, realizados por un clúster de ordenadores y un gran número de altavoces. Y en el tercer modo, tal como se ha mostrado en los sonomorfismos, el sonido es el conformador indirecto del espacio de una manera más algorítmica y procedural.

La relación sonido- espacio, abre un interesante campo de investigación, que podría reverberar en futuros procesos arquitectónicos. En la siguiente sección se muestran proyectos donde arquitectos, diseñadores, investigadores y artistas, exploran las posibilidades que ofrece el sonido en la articulación y conformación espacial.

* Los experimentos cimáticos realizados en la tesis Espacios Sónicos (expuestos en el capítulo de Introducción) muestran dicha relación. Un dispositivo cimático es aquél que mediante una fuente de sonido aplicada a un mecanismo vibratorio (normalmente un transductor o un altavoz modificado asociados a una superficie), se pueden visualizar los patrones resonantes de dicha superficie.

El sonido como generador de espacios

- Precedentes históricos.

Instalaciones sonoras en relación a la delimitación de un lugar

Le Corbusier/ Iannis Xenakis

> Pabellón Philips 1958, Feria Internacional Bruselas

Le Corbusier obtuvo el encargo de realizar el pabellón *Philips** en la feria internacional de Bruselas en el año 1958. Al estar trabajando en el proyecto de Chandigarh le delegó parcialmente el encargo de este pabellón a su colaborador, Iannis Xenakis. La firma corporativa quería mostrar al mundo sus avances tecnológicos en este pabellón.

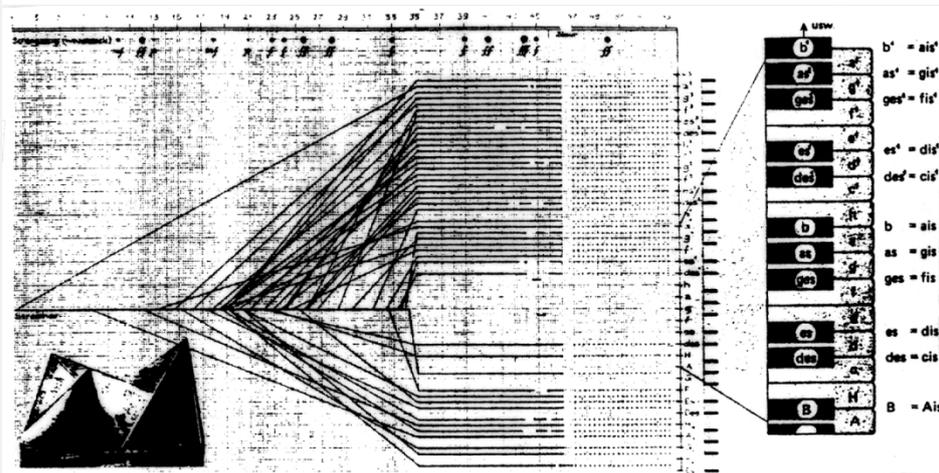
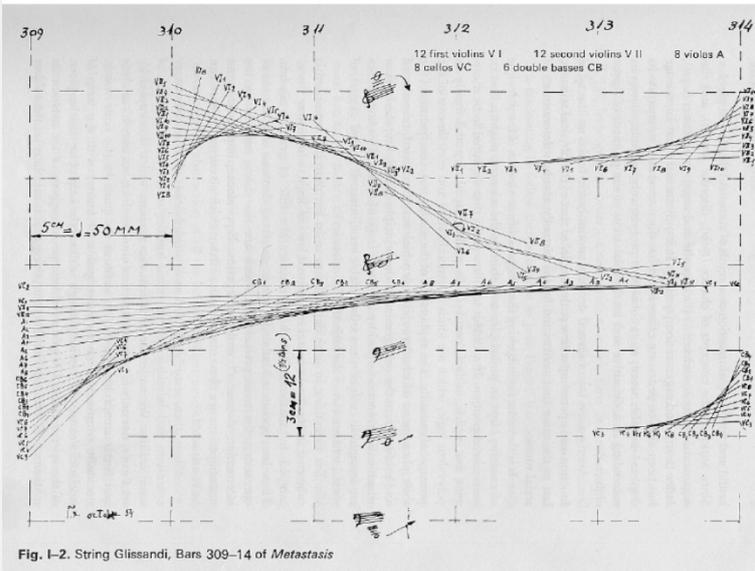
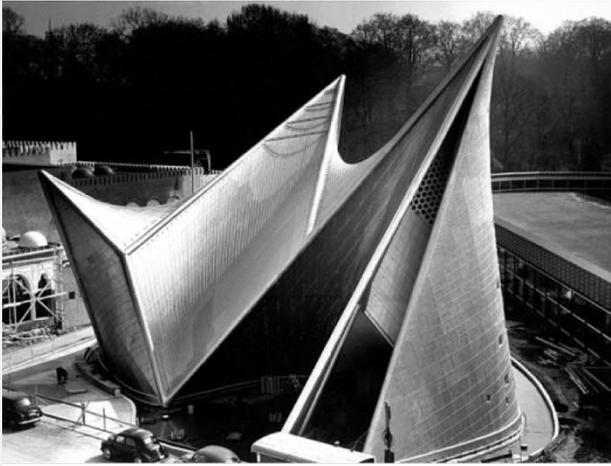
Le Corbusier se concentró básicamente en el *Poème Electronique*, el show multimedia que se proyectaba en el interior del pabellón y cuya composición sonora fue dada al compositor Edgar Varese. Mientras que las superficies regladas se utilizaban generalmente para diseñar tejados, el pabellón Philips fue probablemente el primer edificio en la historia de la arquitectura que se diseñó exclusivamente con este tipo de superficies. Las paredes y los techos se fusionaban fluidamente unas con otros, produciendo un espacio interior continuo de carácter aparentemente infinito. La similitud de los planos para el pabellón Philips y la partitura gráfica de *Metástasis* realizada por Xenakis, está por encima del nivel formal. Las dos creaciones se pueden considerar como dos diferentes hipótesis de una misma idea, por así decir, una transición entre dos estados.

En el espacio acústico, esta condición se articula mediante sonidos unísonos para llegar a agrupaciones sonoras más complejas. En el espacio arquitectónico se expresa fusionando el nivel de superficie horizontal y el plano vertical de la pared.

Aparte de diseñar la arquitectura del pabellón, Xenakis también contribuyó al proyecto Philips como compositor: su interludio *Concret PH* se transmitió en 300 altavoces entre las dos representaciones de *Poème Electronique*. Aunque la idea de usar *glissandi*** en un edificio compuesto por parábolas hiperbólicas debía de ser tentadora, para la composición musical Xenakis eligió un método "puntillista": mezcló fragmentos de sonido de brasas de carbón- única fuente de la pieza- para producir un mundo evocativo de nubes de sonido constantemente variables y detalladas infinitesimalmente.

*Para ver la construcción del pabellón: <http://www.edu.vrmmp.it/vep/debouw.html>

**Glissando en plural, glissandi, proviene del francés *glisser* (resbalar, deslizar). En música un Glissando es un efecto sonoro consistente en pasar rápidamente de un sonido hasta otro más agudo o más grave, haciendo que se escuchen todos los sonidos intermedios posibles dependiendo de las características del instrumento.

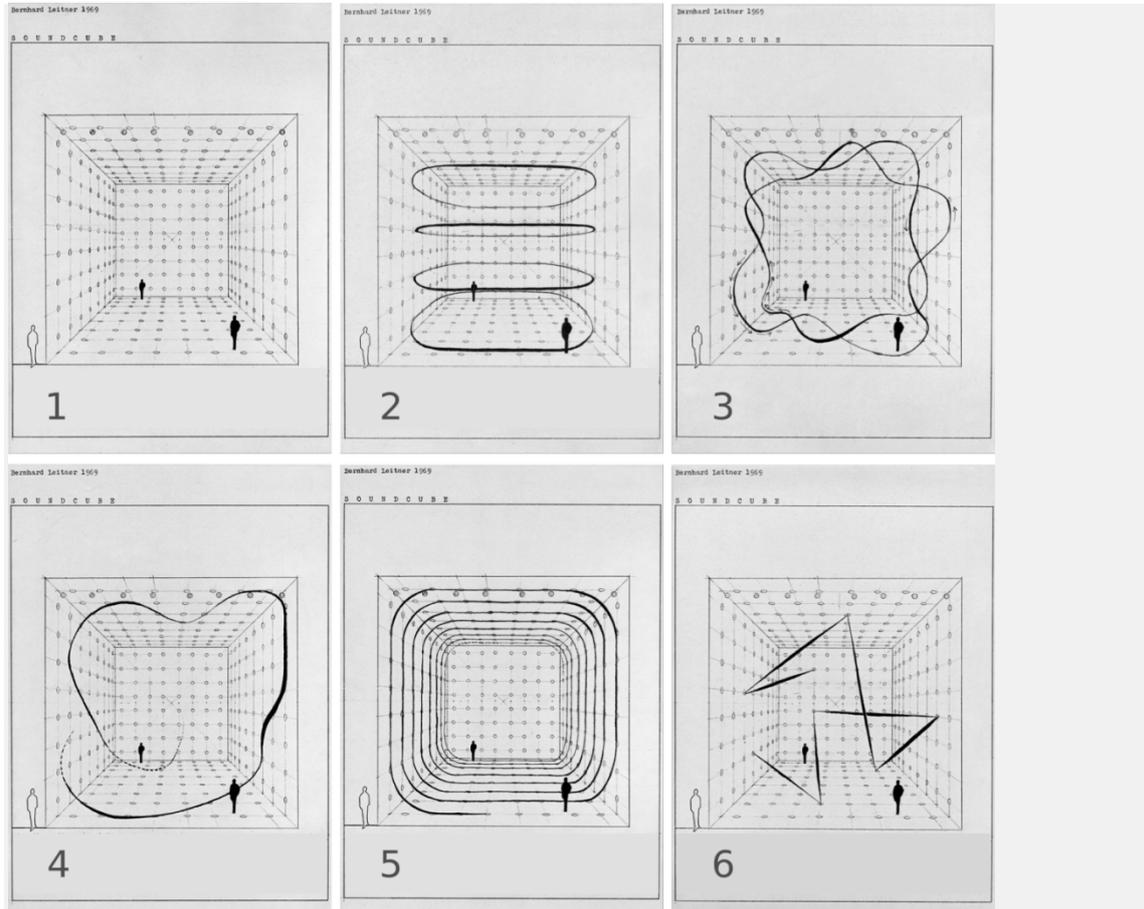


El pabellón Phillips constituyó uno de los primeros ensayos de Media Arquitectura.

img > <http://www.arch.mcgil.ca>
img > <http://archdaily.com>
img > <http://mediatelepos.net>

Bernhard Leitner estudió con precisión y rigor, la capacidad del sonido como conformador de espacios. En los siguientes ejemplos, se detallan sistemas multicanal aplicado a un espacio. El resultado deviene como un entramado sensorial complejo, que se transforma en combinaciones y variaciones espaciales partiendo de un mismo arquetipo.

>Soundcube 1969



1> Los movimientos del sonido como herramienta para crear y caracterizar espacio. El 'soundcube' permite esta acción. 64 Altavoces a cada cara del 'soundcube'. El sonido está programado para desplazarse de altavoz en altavoz.

2> Los sonidos circulan alternativamente en 4 niveles distintos, donde velocidad, pitch (tono) o dirección, pueden cambiar.

3> Los sonidos circulan en doble bucle invertido en sentido contrario.

4> Una línea tridimensional de sonido se desarrolla entre los altavoces. El espacio se va creando y desvaneciendo con el sonido en movimiento.

5> El sonido se desarrolla en una espiral espacial.

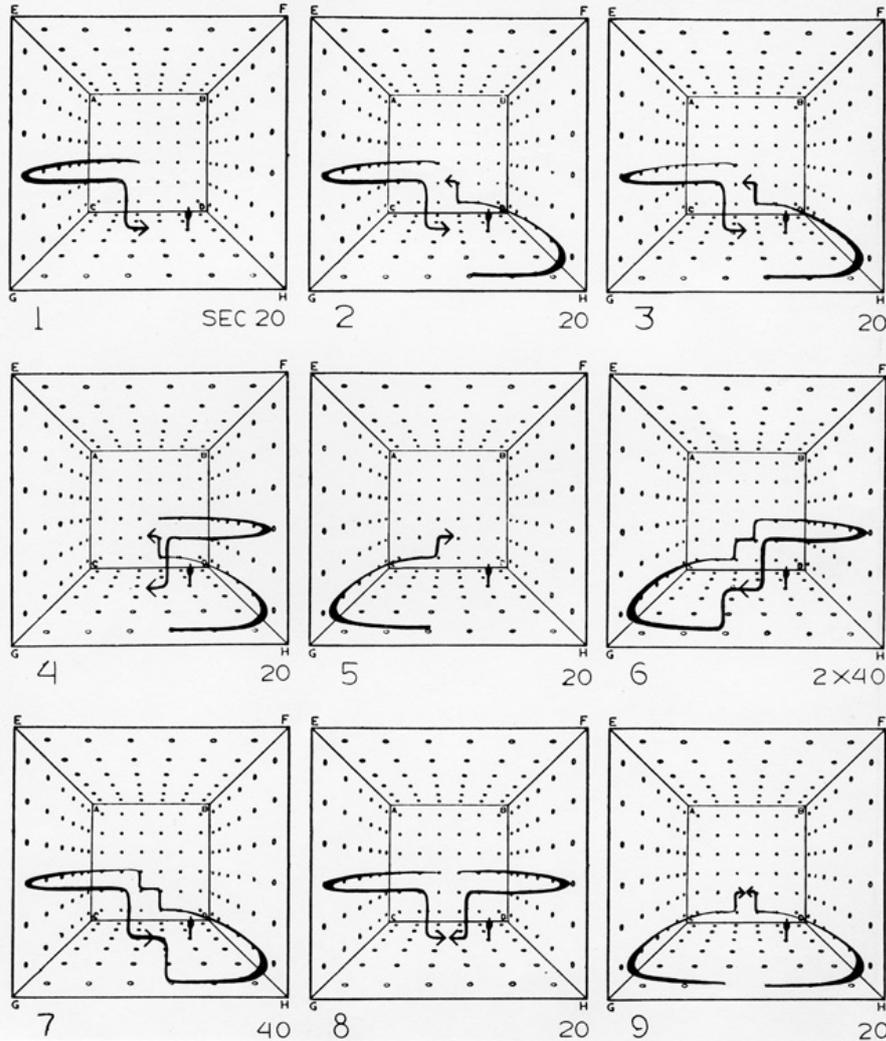
6> Malla de sonido en el espacio.

Img + txt > <http://www.bernhardleitner.com>

>Soundcube 1970

COUNTER-DIRECTIONAL CYLINDRICAL SPACE

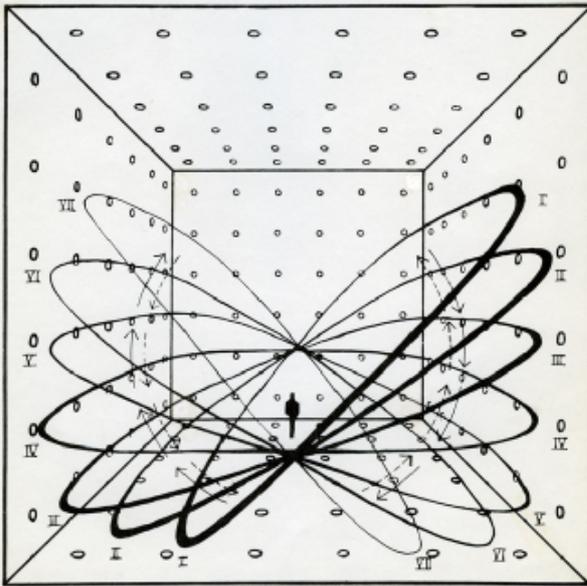
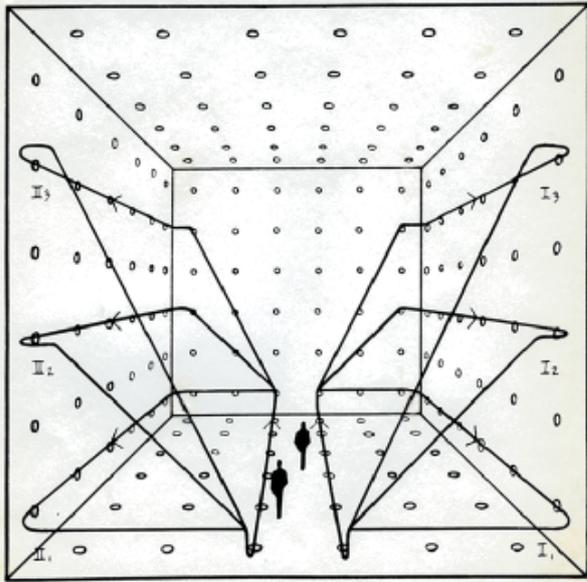
Los espacios sónicos son en sustancia espacios de tiempo.
Su forma está compuesta por secuencias de espacios fragmentados en el tiempo.
El espacio se crea, evoluciona sólo para desvanecerse nuevamente.



Img + txt > <http://www.bernhardleitner.com>

WINGED PATH (Camino Alado)

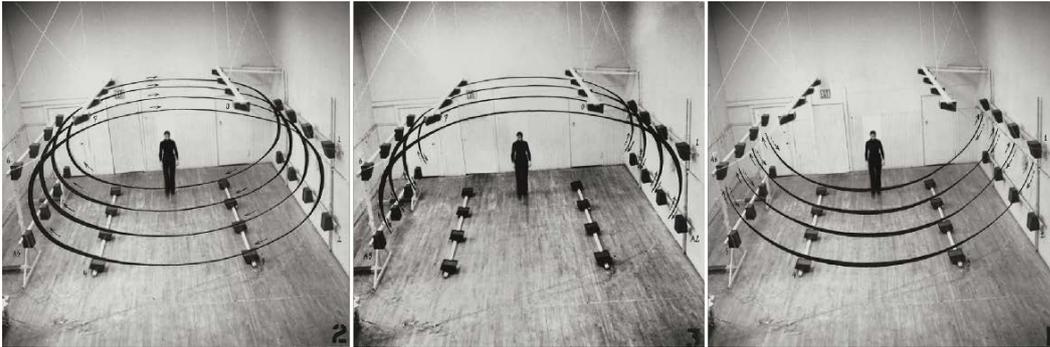
La secuencia es una ondulación del corredor con forma alada.
Los 'planos' limítrofes cambian el carácter del corredor desde una experiencia de trayectoria en el plano hasta una de espacio-valle



WINGING CIRCLING SPACE (Espacio Alado Circular)

Img + txt > <http://www.bernhardleitner.com>

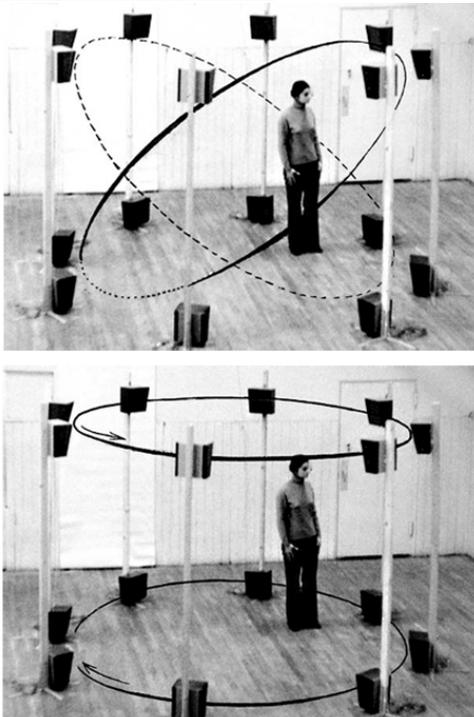
> Soundtube 1971



> Wallgrid // Soundfield I // Sound columns bouncing 1972



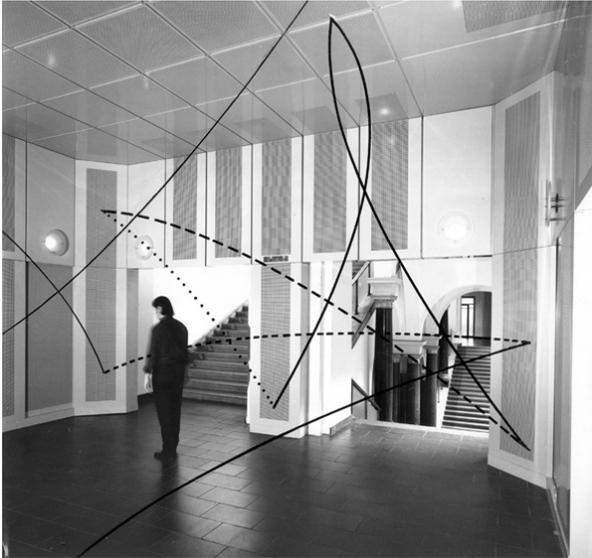
> Cylinder Space 1974



Soundtube, Wallgrid, y Cylinder Space, son trabajos donde se comprueban empíricamente los ensayos e ideas del Soundcube descrito anteriormente.

Img + txt > <http://www.bernhardleitner.com>

> Sound Space TU Berlin 1984



Una Arquitectura cúbica y estática de metal perforado, alberga 34 woofers (*) y 18 tweeters (**), embebidos en la obra. El conjunto construye diferentes espacios dinámicos y esculpidos acústicamente. Las superficies metálicas perforadas, son una especie de piel acústica transparente. Por un lado el material aislante colocado en las capas posteriores, reduce el periodo de reverberación. Por otro lado, los sonidos son proyectados al espacio desde altavoces colocados en todas las superficies, si bien indeterminadas visualmente. La arquitectura se convierte en el instrumento de composición inmaterial espacio-tiempo. El sonido es el material que esculpe formas y siluetas. El sonido es el material constructivo para configurar espacios como una serpentina entrelazada, 'paredes blandas', espacios rítmicos, espacios masivos, espacios hormigueantes, tensiones, bóvedas y arcos, espacios vacíos, espacios espasmódicos, espacios ondulantes, cubos acuosos, espacios flotantes. En determinados momentos del día, los espacios sónicos son recuperados del menú de memoria almacenada, infundiendo cada vez una nueva presencia en la arquitectura. La TON-RAUM se encuentra instalada en la caja de escalera del edificio principal de la Berlin Technical University.

> Le Cylindre Sonore 1987



(*) Altavoces de frecuencias medias/graves.

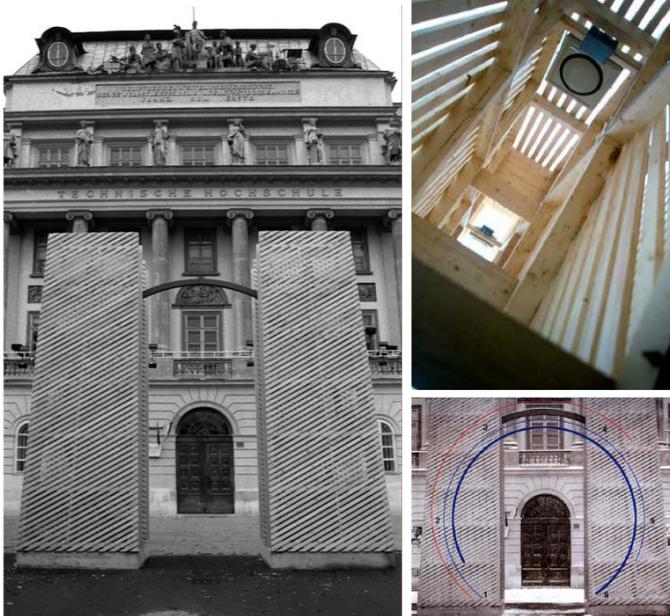
(**) Altavoces de frecuencias altas

El sonido igual que la arquitectura, crea espacios con contornos flexibles cambiantes. El cilindro sonoro es un lugar donde el visitante puede contemplar la cualidad escultórica del sonido. Insertada en un jardín poblado de bambúes en el Parc de la Villette, la estructura cilíndrica crea un espacio íntimo en un rincón del concurrido parque. Para entrar en el espacio sonoro, el visitante atraído por los primeros sonidos flotantes, debe descender por una larga escalera. Una vez dentro, puede escoger situarse cerca de uno de los 8 elementos de hormigón perforados que albergan una serie de altavoces, además de una pequeña fuente de agua corriente. Estos elementos generan espacios temporales con sus proyecciones sonoras, lugares que cambian de tamaño y configuración en función de la naturaleza de las grabaciones.

Img > <http://www.bernhardleitner.com>

src > Arte y Arquitectura: nuevas afinidades. Julia Schulz-Dornburg. Ed.GG

> Sound Gate 1990



SOUND GATE es una pieza conmemorativa del 175º aniversario de la Universidad Técnica de Viena. Se erige en frente del edificio principal en la Karlsplatz entre noviembre de 1990 y Enero de 1991. Cuatro pilonas, perpendiculares al eje de la fachada, forman un signo monumental efímero. El simbolismo tradicional del arco de triunfo, se retoma de manera transformada.

Las pilonas conforman la estructura para una experiencia acústica sensual, en un arco inmaterial efímero y no visible. Este se contrapone a la visión estática de las pilonas. Seis altavoces se montan en cada uno de los pares de pilonas. Las dimensiones de cada torre son de 260cm x 90cm x 740cm. Una línea roja arqueada de madera laminada se ha insertado entre los dos pares de pilonas. Atraídas por el sonido del arco, uno entra en una puerta sonora (Sound Gate). La mirada se desvía hacia los lados con el oído, hacia arriba queda atrapada por la línea roja. La escucha y la visión se funden. Cuando uno escucha conscientemente en el espacio, se siente atraído por los sonidos que ascienden y se sumergen, y por la arquitectura curvada. Los sonidos de percusión, los tonos 'crujientes', se inscriben mostrando las curvas de la arquitectura en el paisaje sonoro del espacio urbano.

Img + src > <http://www.bernhardleitner.com>

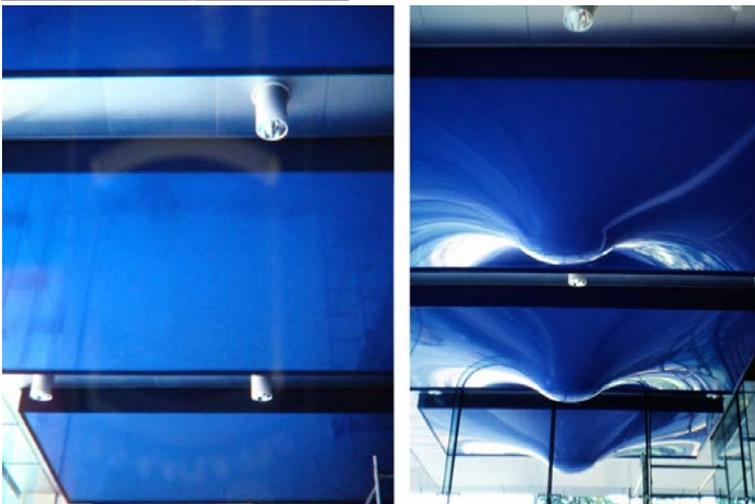
> Sound Space Buchberg 1991/98



Sound Space Buchberg es una instalación permanente de sonido situada en el patio superior del castillo de Buchberg. En los muros exteriores del patio se han fijado 4 altavoces montados en unos cubos rojos. Colocados asimétricamente a la altura del último piso, estos altavoces emiten una serie de sonidos que se extienden por el patio. Algunos envuelven paulatinamente el recinto medieval, mientras que otros forman conexiones arqueadas, o bien se expanden más allá de la cornisa del edificio. Espacio sonoro Buchberg es una intervención arquitectónica: crea una cubierta acústica en el patio del castillo con un material invisible: el sonido.

(src > *Arte y Arquitectura: nuevas afinidades. Julia Schulz-Dornburg. Ed.GG*)

> Blue Vaulting 1994/2007



El sonido es proyectado y reflejado desde 8 columnas hacia el techo. En cada uno de los 4 dispositivos del techo de medidas 3x5m., se ha colocado una membrana plástica en el margen inferior del marco. Mediante fuerzas neumáticas y mecánicas, la membrana se transforma en una superficie ondulante. Arcos en movimiento. Succionadas por la presión del aire, las membranas se arquean formando una bóveda invertida: el sonido es espacialmente enfocado. Al Incrementar la presión de aire, la membrana se expande horizontalmente hacia abajo como un colchón: el sonido se dispersa en la reflexión. Cada uno de los cuatro campos tiene una cúpula metálica controlable verticalmente. Una cúpula inferior y una membrana-barril, transforman la membrana del techo en una configuración orgánica a modo de estalactitas. El mismo techo tiene una memoria molecular: después de las deformaciones la membrana vuelve lentamente a su posición de reposo original. Cada columna soporta una fuente sonora dirigida hacia arriba. Movimientos de sonido controlados electrónicamente, se entrelazan en el espacio a través de superficies cambiantes a través del techo programado acústicamente.

> Tuba Architecture 1999



60 paneles metálicos, que cuelgan desde el techo (3 mm x 2500 mm x 1500 mm), forman las paredes de un conjunto de pasajes acústico-arquitectónicos.

Altavoces, magnéticamente montados sobre las áreas centrales de los paneles, transmiten el sonido matérico (tuba con armónicos), hacia las superficies metálicas y las transforman en superficies sonoras resonantes.

El espacio de 75cm de ancho entre los paneles suspendidos paralelamente, se condensa acústicamente por la reciprocidad de las proyecciones sonoras, de tal manera que se genera un espacio sonoro tangible y sensorial, que envuelve y penetra el cuerpo.

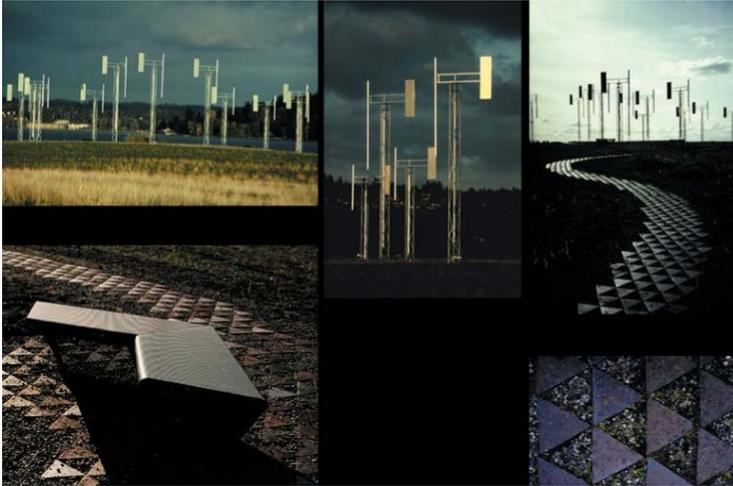
En las pausas acústicas los espacios gradualmente se desvanecen en el eje temporal de la arquitectura. Una arquitectura que se disuelve así misma de modo 'pianissimo'.

> Distant Trains 1984, Berlin



El *environment* sonoro de Fontana, se encontraba en el histórico solar de la Anhalter Bahnhof del centro de Berlín. En frente de los restos de la estación de ferrocarril, en ruinas se enterraron ocho potentes altavoces. Desde sus invisibles posiciones proyectaban en el gran descampado el sonido grabado de la estación de trenes más concurrida de *Köln*. Esta nueva ubicación de una fuente sonora ambiental poseía una gran fuerza sugestiva. La viveza de los continuos anuncios de trenes, el ruido de los trenes, el chirrido de las señales y el crujir de las pisadas inquietas de la gente, resucitaban recuerdos lejanos de un lugar bullicioso en una ciudad sin dividir.

> Sound Garden 1983



La *National Oceanic and Atmospheric Administration*, encargó a Hollis la realización de una instalación para la cima de una colina con vistas al lago Washington, en las proximidades de Seattle. Hollis erigió 11 unidades sonoras de 8 metros de altura en el accidentado terreno.

La parte superior de cada torre es sensible al viento que sopla en el lago, de modo muy parecido a una veleta tradicional. Unos tubos de órgano afinados, incrustados en sus estructuras, resuenan al paso del viento por los orificios; el tono varía según la velocidad del viento. Un camino serpenteante orquesta la visita al garantizar una secuencia de vistas cambiantes y de grados variables de exposición al viento.

Jardín sonoro acentúa el impacto de este paisaje azotado por el viento, poniendo especial énfasis en su elemento más dominante.

> Listening Vessels 1987

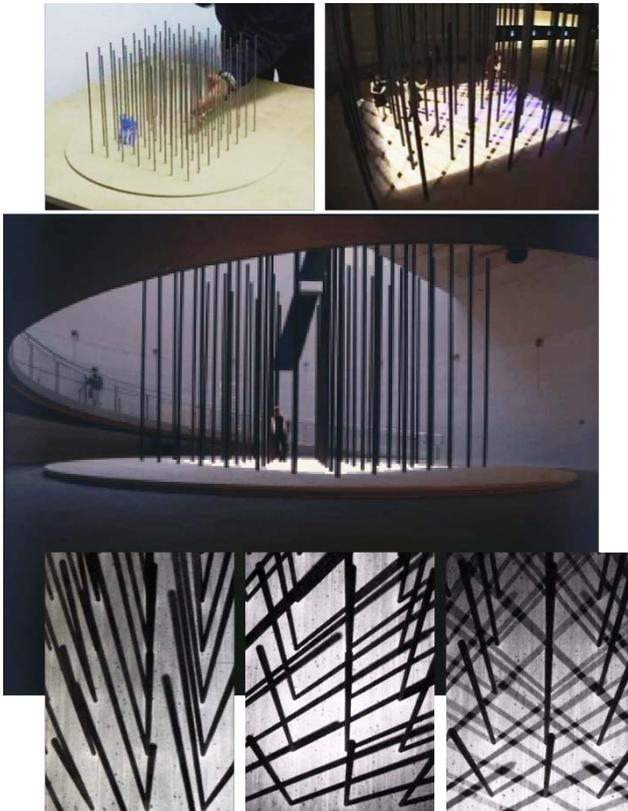


Recipientes para escuchar es, en palabras de Hollis, una ayuda auditiva, una herramienta para aumentar nuestra capacidad de escucha. Dos grandes formas parabólicas, cada una con un asiento incorporado, se hallan colocadas a unos 35m una de otra. La obra utiliza una regla básica de la física según la cual las ondas sonoras pueden concentrarse y ser reflejadas por superficies cóncavas a través de una gran distancia con exactitud. La instalación es una excusa para conversar y permite un intercambio privado de voces que viaja sin obstáculos a través de un espacio amplio y abierto, cargado de ruido ambiental e interferencias sonoras. Se crea, así, un espacio sonoro efímero que se activa según las ganas que tenga la gente de comunicarse.

<http://www.douglashollis.com>

(src > *Arte y Arquitectura: nuevas afinidades*. Julia Schulz-Dornburg. Ed.GG)

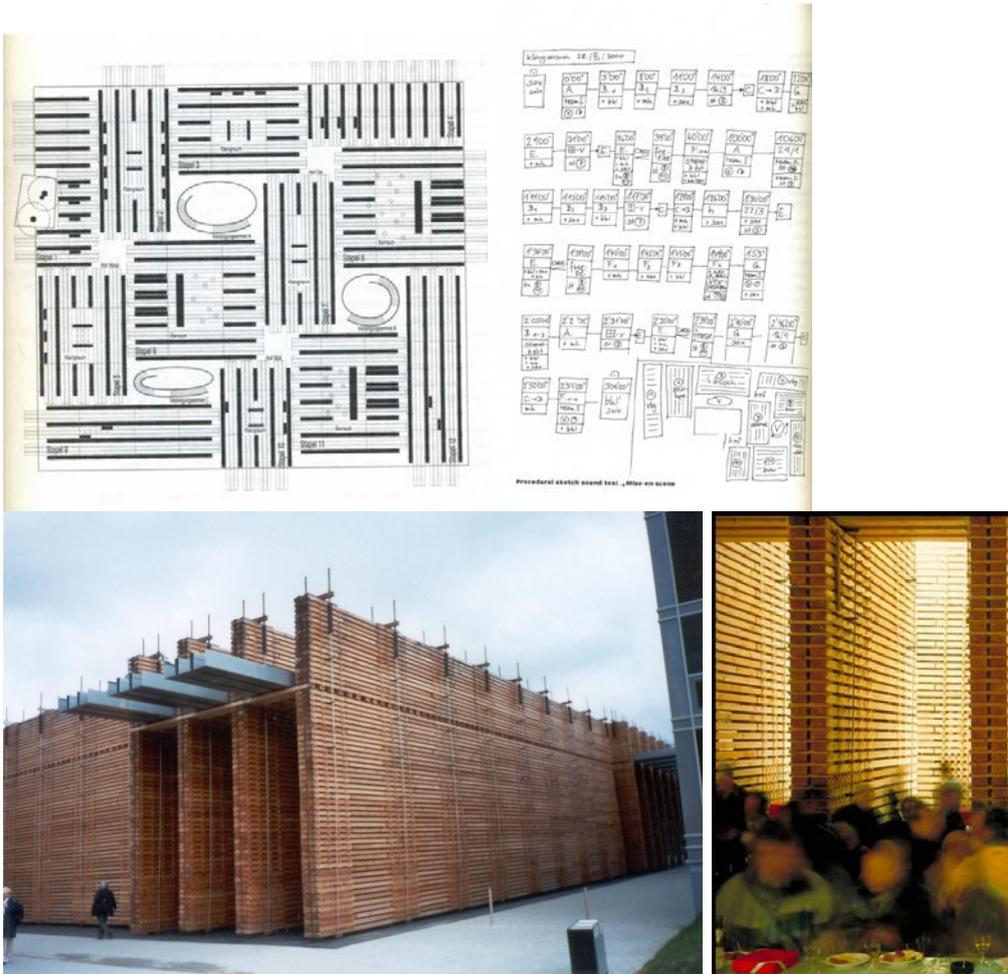
> Audio Grove 1997



La instalación consiste de una plataforma circular de madera de 12 m. de diámetro, desde la cual se erigen 56 postes de acero, de 5.5m de altura. Cada uno de estos postes está conectado a un sistema de sensores táctiles. Este 'bosque' es una interfaz a través de la cual, la luz y el sonido pueden ser experimentadas y controladas físicamente. Los visitantes evocan mediante el tacto, distintos paisajes sonoros que siempre resultan en un todo armónico, indistintamente de la combinación de interacciones. Para cumplir este objetivo, las estructuras acústicas, fueron perfeccionadas mediante cálculos de *physical modelling (simulación con modelos físicos)*. El componente visual de la instalación, es una textura exuberante de luz y sombra. Focos instalados en círculo alrededor de la instalación, proyectan la estructura metálica de los postes en el pavimento. Dependiendo de la interacción de los visitantes con los postes, los focos iluminan diferentes posiciones en el pavimento y dibujan líneas de sombras a modo de alfombra lumínica.

> Swiss Pavillion in Hannover 2000

El Pabellón de Suiza en la Expo 2000 de Hannover es sobre todo una experiencia para los sentidos. La caja de sonido suizo se compone de 153 sonidos y 23 erupciones. Los sonidos tienden a dispersarse en el espacio - las erupciones son ruidosas y rítmicas, no lineales y esporádicas - para sorprender al oyente. Los sonidos básicos y las erupciones aparecen alternativamente en un patrón, basado en un horario diferente cada día.

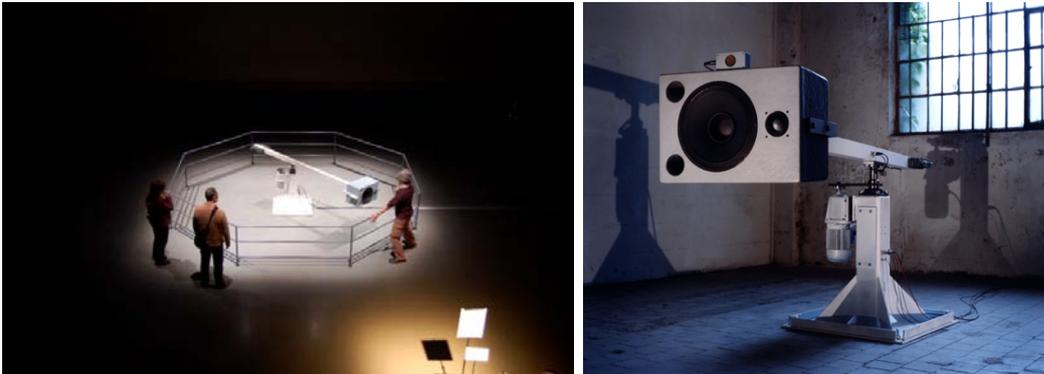


Este boceto de Zumthor representa un instrumento para aplicar un principio importante: la música siempre debe sonar diferente. El boceto representa el procedimiento temporal Mise-en-scene que permite que los músicos cambien no sólo su ubicación en el espacio, sino también su actitud en el escenario. Se trata de un procedimiento analítico de la puesta en escena a través de las distintas salas destinadas a la caja de sonido suizo. Las cuatro agrupaciones [cámara lenta, reverso, rotura, y Hieronymus Bosch –el Bosco-] se realizan en diferentes formas mediante los músicos y usuarios. Cada agrupación conectada, por separado crea un espacio vivo. *“Todo espacio funciona como un gran instrumento; mezcla los sonidos, los amplifica, los transmite a todas partes. Tiene que ver con la forma y la superficie de los materiales que contiene, y cómo éstos se han aplicado.”* (Peter Zumthor, *Atmósferas*, p. 29).

Img src > <http://limbomagazine.com/2012/03/22/peter-zumthor-swiss-sound-box/>

Img src > <http://theaccounts.tumblr.com/post/306594535/swiss-pavilion-in-hanover-2000-by-peter-zumthor>

> Spatial sounds 2000



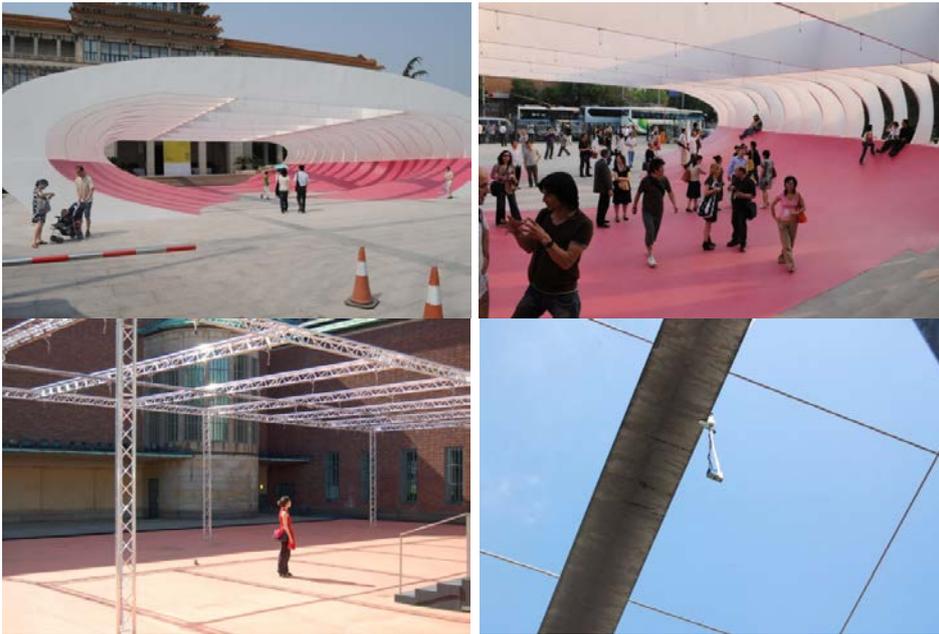
Spatial Sounds (100db a 100km/h) actúa como un perro guardián. La máquina escanea el espacio circundante de los visitantes, mediante sensores de proximidad. Estos datos son sintetizados a tiempo real describiendo cambios de velocidad en el brazo del dispositivo, así como cambios de nivel acústico emitidos por el altavoz.

Una aproximación cercana, conduce a una rotación y oscilación del brazo mecánico de manera más potente. Se escucha un impresionante sonido de motor acelerándose continuamente. Se percibe el desplazamiento del aire en campo cercano al altavoz cuando éste se acerca. La sensación amenazadora hace retroceder al visitante.

Una vez despejado el campo cercano al altavoz, el sistema computerizado se 'relaja'. *Spatial Sounds* (100db a 100km/h) explora los espacios y movimientos del visitante en un juego de atracción/repulsión.

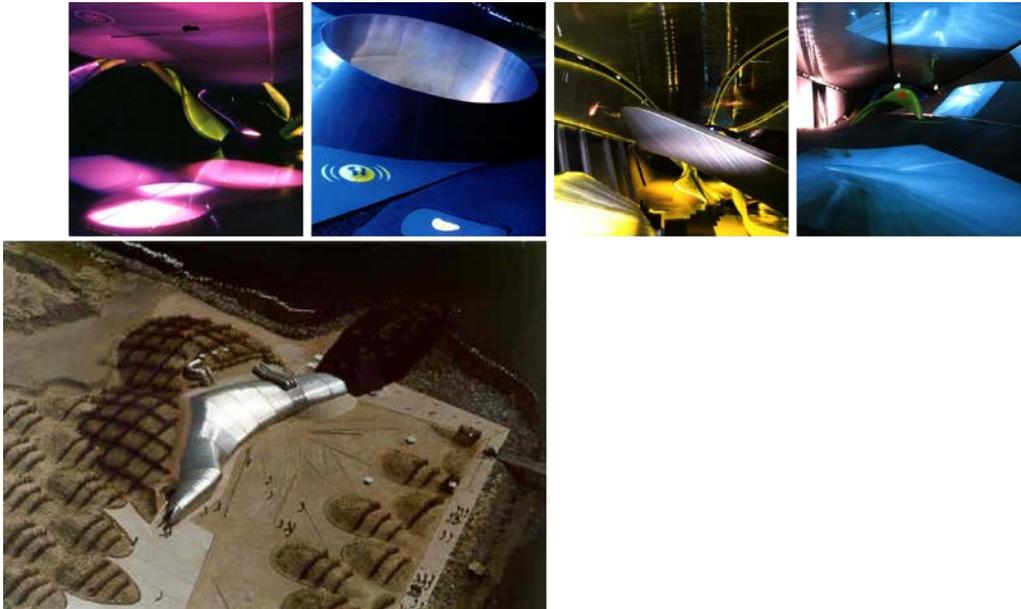
El sonido se relaciona directamente con la posición del brazo y del 'mapa dinámico' del espacio / visitantes. Estos sonidos son muy físicos. Por ejemplo, cuando el altavoz apunta a alguien, genera un sonido específico. Este también es el caso con mucha gente en la sala y velocidades altas. Sin embargo, los sonidos y movimientos del brazo tientan al visitante a moverse alrededor. Distintas posiciones en el espacio representan diferentes sonidos, como también la distancia del visitante al brazo rotante.

> Pneumatic Sound Fields 2006-7-8



En la instalación Pneumatic Sound Field, se crea una continuidad entre la percepción rítmica del sonido, percepción espacial del sonido y la percepción del tono. Un plano horizontal de válvulas neumáticas se utiliza para producir viento, presión y sonido. El resultado es un entorno sonoro 'respiratorio' encima del público. Los sonidos acústicos consisten en temporales cambios de presión viajando a través de la atmósfera del aire que envuelve a los visitantes. Mientras a menudo los altavoces utilizan membranas en movimiento para producir cambios de presión, en Pneumatic Sound Field se utiliza aire comprimido para producir sonido acústico. El aire comprimido es conectado a válvulas controlables muy rápidamente, que liberan el aire presurizado al aire libre. Esto resulta en un cambio de presión regulable a la atmosfera alrededor de la válvula. Debido a que el aire comprimido siempre tiene una presión mayor que la atmosférica, no sólo se produce sonido sino también algo de viento. El resultado que se percibe es 'viento que contiene sonido'. Nuestro oído -como nuestra visión-, tiene un cambio perceptivo alrededor del rango de frecuencias entre 16 a 20hz. En una secuencia cinematográfica, los fotogramas se perciben como algo que ocurre en el tiempo, en lugar de verlo seccionado en fotogramas individuales, cuando la frecuencia es mayor de 16 fotogramas por segundo (frames/s.). Lo mismo sucede en términos acústicos: Vibraciones que se repiten a frecuencias más altas de 16hz, son percibidas como tonos; mientras que a repetición de frecuencias inferiores son percibidas como pulsos individuales. La percepción espacial de la localización de una fuente de sonido, está determinada en parte por la diferencia del tiempo de llegada de la fuente sonora al oído izquierdo y al derecho. Ésta técnica a menudo se aplica reversivamente en la reproducción *stereo*, cuando un sonido en *mono* es reproducido con un pequeño desfase temporal entre los dos altavoces, para espacializar el sonido en cualquier localización entre los dos altavoces. Pneumatic Sound Field utiliza *delays* de tiempo y espacio de los impulsos de las 42 válvulas. Usando distintas velocidades, *delays* y repeticiones la continuidad se genera entre los patrones rítmicos espaciales, la localización espacial del sonido, los movimientos de sonido y la percepción de tonos y timbres.

> Water Pavilion 1997 2002



El concepto del Water Pavillion se basa en la idea de crear un entorno arquitectónico comunicativo. Un entorno que formaliza una experiencia completa mediante la construcción, la luz, las imágenes proyectadas, el agua y el sonido. El comportamiento del entorno se basa en metáforas y procesos literales entorno al agua. La estructura fluida del interior del edificio es un caparazón para el mundo del agua en continuo flujo y transformación realizado con agua real y entornos virtuales. El Water pavillion supone un experimento en cuanto a la reflexión y catalización de su momento: un mundo líquido y en continua transformación impactado por las incipientes tecnologías de la información y la comunicación. La resignificación de lo líquido, no sólo como generación de la geometría del fluido sino como disolución a lo que es sólido y cristalino en la arquitectura. Una consideración holística en todo el proyecto, en que la fusión fluida de la acción y la forma se consolidan en interacción. La fusión de horizontal y vertical, la superficie y la *interface*, supone un abandono mecanicista del cuerpo, para llegar a una versión más plástica, líquida y orgánica que suponen una experiencia perceptiva compleja compuesta por tacto, visión y audición. Todos los sonidos son producidos electrónicamente. Los altavoces se sitúan de manera que se perciba el sonido del edificio en vez de que sea sonido en un edificio. Hay 60 altavoces distribuidos por todo el conjunto. Cada sonido individual tiene su propio carácter, movimiento y velocidad a través de los altavoces. El edificio se compone de dos pabellones interconectados: el Pabellón de Agua dulce y el Pabellón de agua salada. Cada pabellón tiene su propio entorno acústico. El entorno sonoro del pabellón de agua dulce está basado en metáforas de un río, captando el manantial como fuente de origen y del espacio oscuro submarino. El pabellón de agua salada se inspira en un cielo sonoro virtual, la superficie del agua marina, y una hydra atravesándolo. Presenta a su vez metáforas de diferentes condiciones atmosféricas.

La música en ambos no es una composición fijada sino que se basa en una composición generativa que se interpreta a tiempo real, por lo que cada vez que se reproduce el sistema genera variaciones deviniendo como diferentes 'interpretaciones'. Las visitantes influyen e inciden en el sistema mediante la interacción a través de sensores distribuidos por el edificio. Del mismo modo variables paramétricas provenientes de la meteorología del lugar circundante controlan distintos parámetros en la composición. El Water Pavillion supone una experiencia cuyo contenido a exponer no está fijado. La interacción de los visitantes, deviene en una experiencia mutante y plástica que es en sí misma el objeto de la exposición.

> Son O House 2004



Son-O-House es una casa donde el sonido está vivo. No es una casa 'real', sino una estructura que se refiere a los movimientos vivos y corporales que acompañan el habitar. Son-O-House es un ambiente arquitectónico y al mismo tiempo, una instalación sonora interactiva. Continuamente se generan nuevos patrones de sonido activados por sensores que detectan los movimientos de los visitantes. La estructura se deriva de una serie de movimientos corporales cuidadosamente coreografiados, que son inscritos en bandas de papel. Estas bandas de papel, que contienen pre información son superpuestas, dando unas formas curvas. Posteriormente, esta maqueta se digitaliza, dando un complejo modelo de bóvedas que se entrelazan. Se colocan 23 sensores para influenciar indirectamente la música. El sistema generativo de sonido se basa en interferencias espaciales y en patrones dinámicos de onda estacionaria, que son el resultado de la combinación de los altavoces. El visitante influencia el paisaje sonoro generado. La partitura es un paisaje de memoria evolutivo, que se desarrolla con el comportamiento de los cuerpos a través del espacio.

> Whispering Garden2005



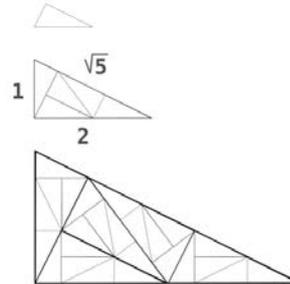
Whispering Garden es una obra de arte en el espacio público que se va a realizar al lado del hotel New York en Kop van Zuid, Rotterdam. Esta obra de NOX/Lars Spuybroek con Hanna Stiller, en colaboración con el artista sonoro Edwin van de Heide, está basada en los mitos de Lorelei y las sirenas, atrayendo a los barcos hacia las rocas. Se utilizan múltiples cualidades del viento (dirección, velocidad y duración) para controlar las voces femeninas generadas por ordenador. Las voces son vocales cantadas de las cuales los tonos altos se mezclan, se separan y se difunden con las restantes voces. Todos los sobretonos son individualmente espaciados.

El viento hace que los sobretonos se esparzan en direcciones diferentes, creando combinaciones temporales conformando nuevas voces. El resultado es un bosque polifónico de sonidos y sobre-tonos.

La estructura de acero se basa en un sistema de cruces y fusiones soportando paneles de vidrio verde. El cristal facetado rompe la luz en muchas direcciones, y con cada paso que damos, habrá un destello nuevo, una nueva variante de sombra esmeralda.

Whispering Gardens es un nodo de sinestesia, que produce un cortocircuito a todos los elementos y fuerzas que están presentes, haciendo que todo sea sensorial y sensible.

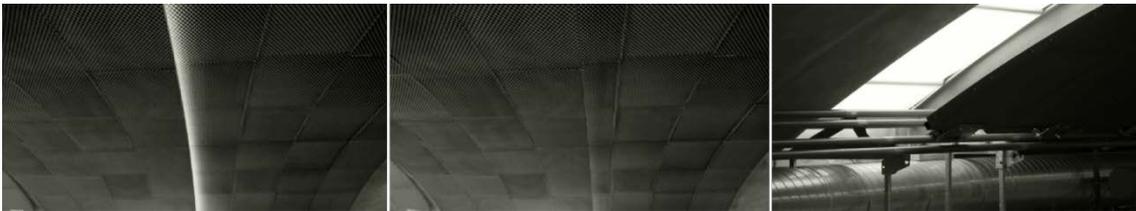
> Tessel 2010

Pinwheel Tiling tessellation
división + escalado

La instalación se constituye por una topografía suspendida y articulada de 4x2 m, subdividida en 40 triángulos. 12 de ellos tienen motores incorporados y 8 están equipados con transductores audio, que transforman la superficie a un espacio dinámico sonoro. La superficie modifica su forma, coreografiando un diálogo entre escultura y sonido, mientras altera nuestra percepción. Tessel proviene del concepto teselación, término aplicado a la subdivisión geométrica de superficies en figuras planas. La teselación se basa en el patrón *pinwheel*, una agrupación no periódica descrita por los matemáticos Charles Radin y John Conway. Esta teselación permite la creación de una geometría compleja infinita construida a partir de una primera semilla (un triángulo rectángulo).

Tessel es una colaboración entre el compositor y artista francés David Letellier, y LAB[au].

> Panels 2011

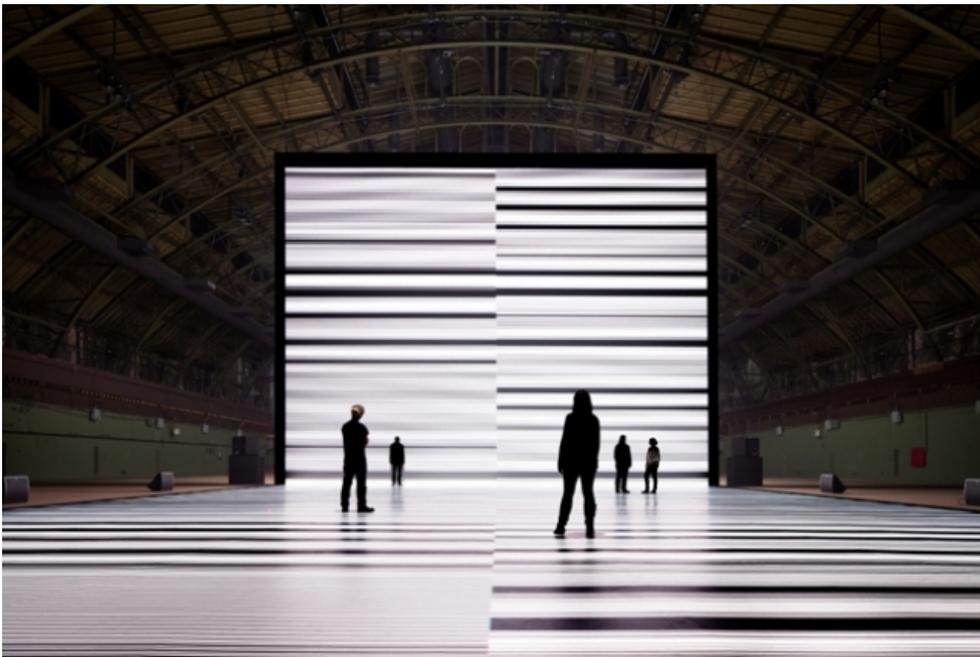


Paul Devens, por encargo de la NAIM/Bureau Europa, ha realizado una instalación en el hall superior, una superficie de 800m².

Panels prueba al visitante mediante una experiencia arquitectónica intensificada. La instalación consiste en paneles acústicos que siguen los contornos abovedados de la cubierta, obstruyendo la vista de la cubierta. Los paneles se solapan, y se deslizan entre ellos, mostrando continuos cambios de patrones. Con el soporte de altavoces, micrófonos y un ordenador, el denominado 'efecto Larsen' (feedback) es generado y el espacio se transforma en un instrumento, así que la experiencia del Hall abovedado, altera consistentemente la experiencia de lo acústico y de lo visual.

(src > <http://vimeo.com/18172238>)
(src > <http://www.pauldevens.nl>)

> Test pattern 2011



Park Avenue New, York, USA

Ryoji Ikeda crea un entorno inmersivo visual y sónico, donde los visitantes se sumergen en las imágenes de los datos proyectados y sincronizados. Utiliza escala, luz, sombra, sonidos electrónicos y ritmos, para intensificar los sentidos. Test pattern es un sistema que convierte cualquier tipo de dato (texto, sonido, fotos y películas) en patrones de códigos de barra y patrones de 0s y 1s. A través de su aplicación, el proyecto busca examinar la relación entre puntos críticos de rendimiento de un dispositivo y el umbral de la percepción humana.

Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Sonido y espacio

Experimentos
Experimentos de configuración espacial a través del sonido

Se han realizado unos experimentos de configuración espacial a través de un dispositivo sonoro múltiple. Con este se pretende analizar los límites y efectos que pueden generar a nivel perceptivo este tipo de dispositivos. En estos experimentos, se han realizado distintas muestras. En algunos casos se han realizado con un sistema cuadrafónico, y en otras con un sistema octofónico.

Estos experimentos son pruebas de que el sonido mediante la ubicación variable de sus fuentes sonoras puede generar espacios acústicos y perceptivamente reales. En algunos casos la conformación de los dispositivos sonoros, podrán generar espacios recursivos es decir espacios dentro de otros espacios. En otros casos la conformación del dispositivo, podrá crear barreras sónicas o particiones en el espacio.

Se han realizado experimentos con sonidos abstractos sintetizados (por ejemplo un tono puro a 440 hz) y otros con sonidos concretos (grabaciones o muestras de la realidad como por ejemplo el sonido de un tren, de animales, vehículos, etc.)

En el primer caso -sonidos abstractos sintetizados-, se perciben resultados de análisis sonora más compleja (percepción más precisa en parámetros sonoros como Amplitud, vibrato, etc.).

En el segundo caso - sonidos concretos -, se perciben resultados que en ausencia de la percepción visual, ayudan a la construcción de espacios imaginarios de manera directa y realista.

Es por esa razón que este recurso es muy utilizado en instalaciones y performances acústicas espacializadas. También es un recurso que se utiliza habitualmente en el cine, mediante la espacialización del campo sonoro en la ficción.*

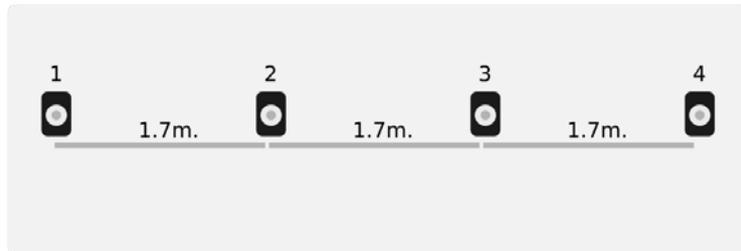
Herramientas y dispositivos utilizados:

- Altavoces domésticos con una respuesta frecuencial (80hz -- 15000hz)*
- Tarjeta de sonido de 8x (outputs) [4 salidas estéreo L+R = 8 salidas mono)*
- Software: programación en Pure-data*

**Las experiencias acústicas son aquellas donde se escucha un sonido sin ver ni reconocer su fuente.*

soundspace 4x

Experimento 0.1 > cuadrafonía en línea.



En este experimento, se ha realizado una disposición de 4 altavoces en línea a nivel del suelo.

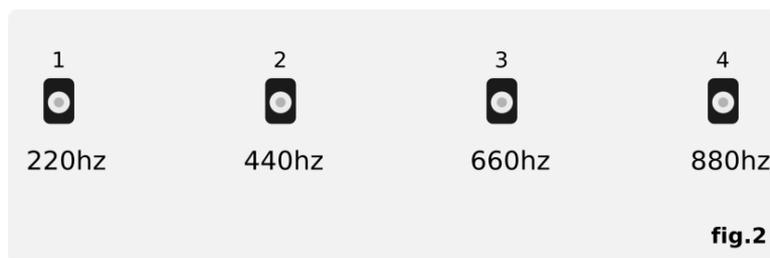
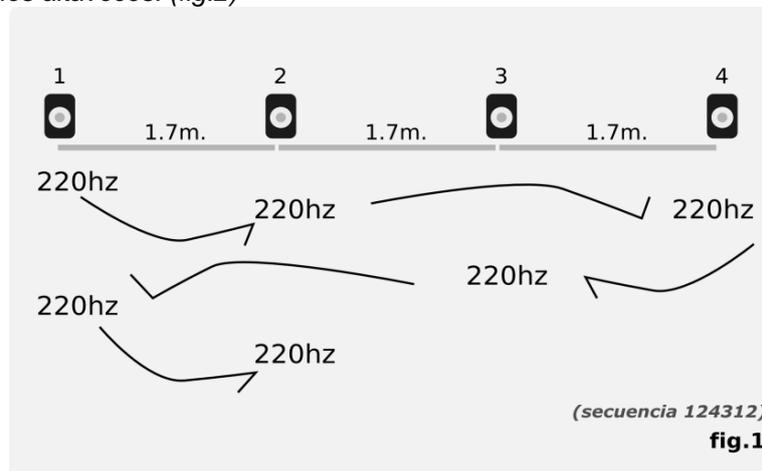
En este sentido se han testeado distintos sonidos aplicados a las salidas.

El software programado para este experimento es una aplicación con el lenguaje Pure-data que reparte el sonido (sea sintético o concreto) por los distintos canales mono de salida de la tarjeta de sonido. Un secuenciador controla el orden de salida por cada altavoz, así como la velocidad de dicha secuencia.

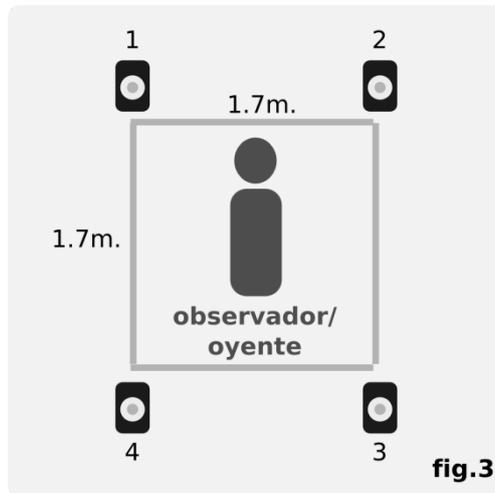
Se han realizado pruebas con bucles continuos por los 4 altavoces, y otras pruebas de distribución no lineal, en modos aleatorio (cualquier altavoz emite de manera aleatoria en un motor de tiempo) y secuenciado por patrones. (ej. 1-2-4-3-1-2)

Las muestras sonoras trabajadas son muy diversas: desde composiciones musicales complejas, hasta sonidos concretos, por ejemplo atmosferas y soundscapes acuáticos, sonidos de máquinas, sonidos de tren en circulación, etc.

También se han realizado pruebas con sintetizadores. Mediante estos se experimenta con la transposición tímbrica y frecuencial de respuesta en un espacio. Se han realizado pruebas de 1 único tono puro con armónicos (fig.1), saliendo por las 4 salidas de audio de distintas maneras anteriormente comentadas, y también pruebas de 1 tono puro y sus armónicos superiores en la disposición de los altavoces. (fig.2)



Experimento 0.2 > cuadrafonía perimetral / circular.



Todos los altavoces están dispuestos a nivel de suelo en círculo.

La diferencia más evidente es que debido a la disposición circular (fig.3), el bucle de movimiento del sonido es continuo, y por lo tanto no hay ruptura espacial una vez entra en el siguiente bucle. (En el experimento lineal cuando se realiza el bucle, éste crea una discontinuidad espacial en cuanto pasa del altavoz 4 al 1).(fig.2)

Este hecho genera un resultado de cualquier sonido reproducido que se haya realizado en el experimento anterior de una manera distinta desde el punto de vista perceptivo.

En el primero 0.1, el sonido se desplaza a 'ráfagas', y por lo tanto la secuencia genera una pauta acústica identificable en el espacio, si bien la percepción no es tan inmersiva.

En el segundo ejemplo 0.2 (fig.3), la disposición en círculo, transforma el espacio en una experiencia inmersiva, puesto que el observador está situado en el espacio interior a los altavoces, produciéndose también un dentro y un fuera desde la línea de emisión sonora.

En el primer caso 0.1, el grado de inmersividad es más bajo, pues la separación dentro/fuera (de los focos de emisión acústica) es una línea y por lo tanto espacialmente trabaja como partición o 'muro'. En el segundo caso 0.2, el grado de inmersividad es muy elevado, pues la separación dentro/fuera (de los focos de emisión acústica) es circular y por lo tanto espacialmente trabaja como recinto o 'habitación'.

Con precisión, este comentario es metafórico, pues la separación dentro fuera no es real. Detrás de los altavoces también tenemos una determinada escucha.

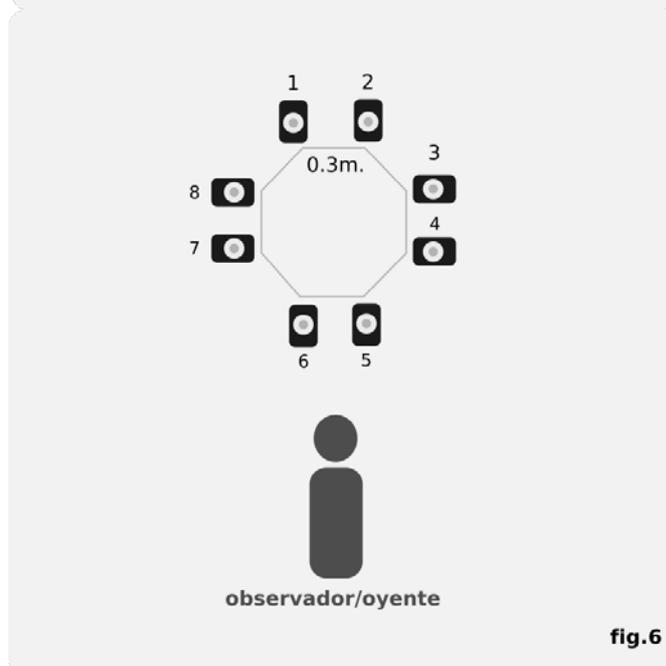
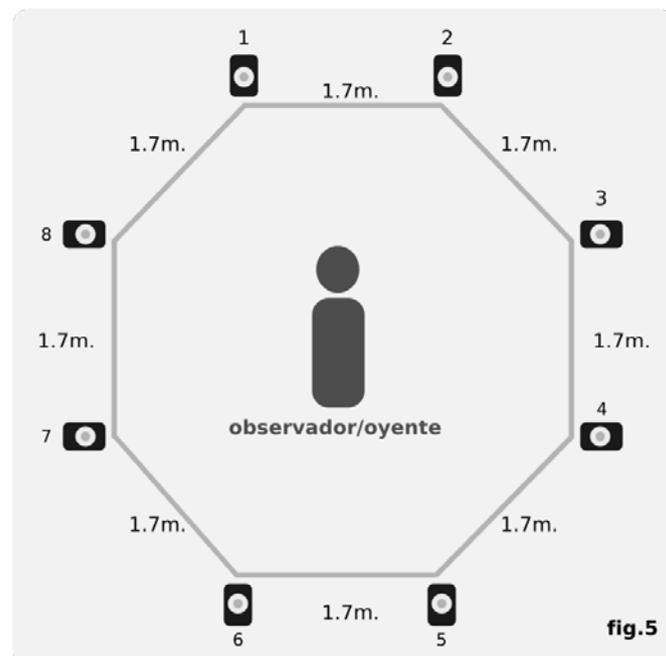
¿Cómo podríamos realizar que esta separación fuera literal, consiguiendo un fuera y un dentro? Sería esto posible con unos dispositivos concretos que dificultaran el paso del sonido producido por reflexión en otras superficies.

soundspace 8x

Experimento 0.3 > octofonía perimetral / circular

En este experimento (0.3), se trabaja un perímetro circular con 8 altavoces. Por tanto es parecido al experimento 0.2, en cuanto a grado de inmersividad, si bien con más resolución espacial por el incremento de 4 altavoces más. Al tener más resolución, el movimiento del sonido se hace más presente y detallado.

En esta disposición se han realizado experimentos con radio 2/2.5m aproximadamente (fig.5) (de alta inmersividad, debido al observador interno) y otros con radio 0,35m (fig.6) aproximadamente (sin inmersividad, debido al observador externo).



Mediante esta sencilla variable, se produce un efecto destacable:

Si reproducimos un tono puro -por ejemplo 220hz- y la experiencia es inmersiva (fig.5), tendremos una percepción rotativa en el caso que la secuencia sea en bucle centrípeta continuo. A más distancia del foco de emisión acústica, tendremos una percepción espacial mayor (sensación de espacio mayor).

En este ejemplo, - si tuviéramos un número de altavoces muy elevado (por ejemplo 64) a grandes distancias - tendríamos una simulación lo más parecida a la realidad.

Es decir si por ejemplo nos encontramos en una carretera que pasa por una zona forestal, tendremos múltiples eventos sonoros distribuidos por el espacio y en algún caso en movimiento (por ejemplo escuchamos pájaros provenientes de los árboles desde distintos puntos, a diversos niveles de amplitud. también tendremos constancia de distintos sonidos de vehículos por ejemplo coches que pueden tener añadido la capa de distancia y movimiento. Por lo tanto, a más radio más aproximación a un espacio sonoro complejo real.

Sin embargo, si el radio se reduce mucho (fig.6), la situación no es inmersiva, por lo tanto el observador es externo al sistema octofónico. Si con este último ejemplo reproducimos el tono puro de 220hz, tendremos un efecto de discontinuidad cíclica en cuanto a amplitud y fase. Esto se produce porque como observadores externos estaremos escuchando principalmente las fuentes sonoras situadas frontalmente a la observación, mientras que las fuentes sonoras opuestas se atenuarán por no tener una exposición sonora directa.

Por otra parte se producirán reflexiones en las superficies de la sala, por lo tanto la percepción desde ese punto de vista exterior, será de un tono continuo si bien con cambios progresivos y cíclicos de amplitud que afectaran a la escucha. En resumen el efecto resultante es de un vibrato de ese tono de 220hz

Otro aspecto a tener en cuenta es la velocidad de rotación, es decir el tiempo de secuencia necesario para que el sonido se 'mueva' de un altavoz a otro.

En los experimentos realizados se puede concluir que a menor velocidad, la transición es lenta y dependiendo del sonido (por ejemplo el paso de un tren) tiende a un nivel de realismo más elevado que si ese efecto centrífugo se acelera.

Cuando trabajamos con velocidades de rotación muy elevadas (tiempo en milisegundos -que el sonido se mueve de un altavoz a otro- muy corto), el efecto producido tiende a generar una 'espiral' sonora perceptivamente no realista pero de una gran capacidad sugestiva. Si ese tiempo se reduce drásticamente a niveles muy cortos (< 50 ms.), se produce un efecto más parecido a un vibrato o a un LFO (Low Frequency Oscillation) de ese sonido si bien no tendremos en contrapartida una sensación espacial centrípeta/centrífuga (el movimiento es tan acelerado que se desdibuja el movimiento de rotación)*

Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Anexo

*Incorporación de los sentidos, en especial del sonido, en referentes literarios
para describir el espacio*

Reflexiones acerca del diseño espacial sonoro en la arquitectura

Entrevistas
Entrevista a Edwin van der Heide
Entrevista a Lars Spuybroek

*Ejemplos de intervenciones arquitectónicas con cualidades sonoras en edificios
existentes*

-Incorporación de los sentidos, en especial el sonido, en referentes literarios para describir el espacio

En el libro *The Eyes of the Skin*, Juhani Pallasmaa* explica que la vista en nuestra cultura occidental se ha considerado el sentido más predominante. La inhumanidad de la arquitectura contemporánea y las ciudades se pueden entender como consecuencia de la negligencia del cuerpo y de los sentidos. Una alienación cada vez mayor de experiencias, la separación y soledad en el mundo tecnológico se pueden relacionar con una cierta patología de los sentidos.

“Mi asunción de que el papel del cuerpo humano es el centro de percepción, pensamiento y consciencia, y del significado de los sentidos en articular, almacenar y procesar respuestas y pensamientos, se ha fortalecido y confirmado.”

Pallasmaa identifica, en la primera parte del libro, la transición de la construcción indígena, como el paso de un dominio háptico al control de la visión, con una pérdida de plasticidad e intimidad. Si nos abrimos al mundo de la percepción, abriremos un mundo de interacción de sentidos. Las experiencias primeras en nuestra vida han estado impregnadas por experiencias relativas a la percepción del tacto de la piel y del sonido, que nos sirve para orientarnos.

“La arquitectura del ojo separa y controla, mientras que la arquitectura háptica conecta y une”.

En la segunda parte de su libro, Pallasmaa habla de una arquitectura sensorial en oposición al entendimiento visual prevalente en el arte de construir y vuelve a hacer énfasis en el cuerpo humano.

“Nuestros cuerpos y movimientos están en constante interacción con el entorno; el mundo y el ser informan y se redefinen continuamente. La percepción del cuerpo y la imagen del mundo se convierten en una experiencia existencial única y continua.”

Según dice Pallasmaa, el sentido de la vista alcanza lo externo, mientras que el sonido recibe una experiencia interior. Por un lado la desaparición del mundo audible solo está propiciando una pérdida del sentio básico de nuestra vivencia, comparable a una casa deshabitada. Los ecos de los interiores de las viviendas son absorbidos y censurados. Por el otro, la música grabada y programada que escuchamos en las grandes superficies comerciales va eliminando la posibilidad de percibir el volumen acústico del espacio y nuestros oídos se vuelven ciegos.

Otros autores también han realizado en sus obras literarias el papel del sonido para describir objetos y situaciones espaciales de diversas formas.

En el libro *Experiencing Architecture*, Steen Eiler Rasmussen** describe que las bóvedas y las paredes en las catedrales se corresponden con los cantos religiosos que en un principio eran los textos recitados. El texto se transformó en una canción que se cantaba en la iglesia y esto convirtió el gran edificio en una experiencia musical. Los cantos gregorianos fueron compuestos, según Rasmussen, para la basílica antigua de San Pedro en Roma, cuyos espacios propiciaban gran reverberación.

“Por ello, en las iglesias antiguas, los muros eran instrumentos poderosos que la gente aprendió a tocar en base a ellos.”... “La cúpula puede ser un reverberante muy fuerte y crear centros de sonido especiales”.

* Pallasmaa, Juhani, *The Eyes of the Skin, Architecture and the Senses*, Ed.Wiley, 2005
** Eiler Rasmussen, Steen, *Experiencing Architecture*, Ed.MIT, 1978

“La mayoría de gente probablemente diría que la arquitectura no produce sonido, que no se puede oír. No obstante, la arquitectura tampoco emite radiaciones de luz y en cambio, se puede ver. Vemos la luz que refleja y por ello obtenemos la impresión de forma y material. De la misma manera, oímos los sonidos que refleja y esto nos da la impresión de forma y material. Habitaciones con formas y materiales diferentes reverberan distintamente.”

En el libro *The poetics of Space*, Gaston Bachelard* describe las maneras en que la imaginación y la memoria están fuertemente unidas a nuestro entorno construido, particularmente a los edificios que habitamos.

“La vieja casa, para aquellos que saben escuchar, es una especie de geometrías de ecos. Las voces del pasado no suenan igual en la habitación grande que en el dormitorio pequeño, y las voces en las escaleras tienen otro sonido. De entre las más difíciles memorias, más allá de cualquier geometría que se pueda dibujar, tenemos que volver a capturar la geometría de la luz; posteriormente, vienen los dulces olores que persisten en la habitación vacía, el establecimiento de un sello espacial en cada habitación de la casa de la memoria. Sin embargo, es posible recuperar no sólo el timbre de las voces, “las inflexiones de voces amadas ahora en silencio”, sino también, la resonancia de cada habitación de la casa de sonido”.

En este libro Bachelard examina como escritores y poetas conocidos describen edificios presentándolos a los lectores creando un espacio en sus propias mentes. Él escribe que el lector *“trae la imagen al límite de lo que él es posible de imaginar. Aun sin ser un poeta... intenta repetir la creación para el mismo y continuar en todo lo posible, su exageración.”* Bachelard sugiere que los espacios como sótanos, buhardillas y esquinas oscuras son espacios ricos para asociar ideas en la mente y que son los espacios que “habitamos” en nuestra ilusión. Bachelard sugiere que los espacios como sótanos, buhardillas y esquinas oscuras son espacios ricos para asociar ideas en la mente y que son los espacios que “habitamos” en nuestra ilusión.

Él también describe como las memorias están fuertemente conectadas a un lugar, “habitan” este lugar y el paso del tiempo deja sus huellas de alguna manera dentro de un espacio. *“Los recuerdos son inmóviles, y cuanto más segura es la forma que se fijan en un espacio, más profunda es la sonda sonora”.*

Si bien el trabajo de Bachelard surge de un enfoque fenomenológico, que trata más específicamente con el espacio doméstico, estas ideas pueden servir para entender como interiorizamos los aspectos de nuestro medio ambiente construido. En su introducción, Bachelard se refiere también al trabajo de C.G. Jung y su comparación de los diferentes niveles de una vivienda, desde las plantas superiores hasta los cimientos y lo que hay debajo, con la estructura mental de una persona. Sin querer ahondar en las complejidades de la fenomenología y el psicoanálisis, cree que nuestro medio ambiente construido puede resonar con la memoria y la imaginación, así como con el sonido.

“No hay nada como el silencio para sugerir un sentido de espacio ilimitado. El sonido infiere color al espacio y le confiere un tipo de cuerpo sónico. Pero la ausencia de sonido lo mantiene en estado casi puro y en el silencio nos confrontamos con la sensación de algo vasto, profundo e ilimitado.”

Gaston Bachelard habla en otro de sus libros de *“la polifonía de sentidos”*, de que el ojo colabora con el cuerpo y todos los otros sentidos, para reafirmarnos nuestra realidad y articular esta interacción constante. **

*Bachelard, Gaston, *The poetics of Space*, Ed. Beacon, 1964

**Bachelard, Gaston, *“The Poetics of Reverie”*, Ed. Beacon, 1969

La teoría de Marshall McLuhan* se basa, en que los tiempos modernos sufrió una traslación del espacio auditivo al espacio visual, pero que este proceso aparentemente se está invirtiendo. Esfuerzos experimentales se han hecho para romper esta barrera convencional de sonido – espacio. Los medios electrónicos se han desarrollado rápidamente en los últimos años, y los aparatos personales han privatizado particularmente el espacio sonoro público, disminuyendo la posibilidad de controlarlo con un diseño deliberado.

En el libro *El medio es el masaje*** Marshall McLuhan explica que: *“El órgano dominante de la orientación sensorial y social en las sociedades pre alfabéticas era el oído: oír era creer. El alfabeto fonético obligó al mágico mundo del oído a rendirse al mundo neutral del ojo. Al hombre le cambiaron un oído por un ojo.”*

Este libro, cuya primera versión data de 1969, ha sido calificado como profético en cuanto a los sucesos ocurridos desde entonces. McLuhan describe al hombre como un hombre receloso a creer lo que oye, y por lo tanto, tiene que ver para creer que es verdad. *“El espacio visual es uniforme, continuo y ligado. El hombre racional de nuestra cultura occidental es un hombre visual. El hecho de que la mayor parte de la experiencia consciente contenga poca ‘visibilidad’ pasa desapercibido para él.”* *“Todos los sistemas de notación ‘taquigráfica’ han sido creados para ayudarnos a ver lo que oímos.”*

No obstante, hay un hecho curioso acontecido cuando el libro estaba en el imprenta y es el hecho que el libro debía llamarse *El medio es el mensaje*. Se cambió mensaje por masaje. McLuhan decidió quedarse con este nuevo título.

“La nuestra es una época para cruzar barreras, para borrar antiguas categorías... para exploraciones. Cuando se equilibran con imaginación dos elementos aparentemente contradictorios, cuando se los opone en formas nuevas y singulares, de ello resultan a menudo sorprendentes descubrimientos.”

“El oído no favorece ningún ‘punto de vista’ especial. El sonido nos envuelve. Forma a nuestro alrededor una malla sin costura. Decimos: ‘La música llenará el ambiente’. Nunca decimos: ‘La música llenará cierta porción del ambiente’.” (Hay que contextualizar que cuando McLuhan citó estas palabras no existían los dispositivos de sonido holográfico mostrados anteriormente que sí que sectorizan espacios)

“La racionalidad y la visualidad han sido durante largo tiempo términos intercambiables, pero ya no vivimos en un mundo esencialmente visual.” *“El circuito eléctrico está recreando en nosotros la orientación espacial multidimensional del hombre ‘primitivo’.”*

“El mundo es un mundo flamante repentino. El ‘tiempo’ ha cesado, el ‘espacio’ se ha esfumado. Ahora vivimos en una aldea global... un suceso simultáneo. Hemos vuelto al espacio acústico. Hemos comenzado a reestructurar el sentimiento primordial, las emociones tribales de las cuales nos divorciaron varios siglos de alfabetismo.”

“Oímos los sonidos desde todas partes, sin necesidad de enfocarlos. Llega desde ‘arriba’, desde ‘abajo’, desde ‘delante’, desde ‘atrás’, desde nuestra derecha, desde nuestra izquierda. No podemos silenciar automáticamente al sonido. Simplemente, no tenemos párpados en los oídos. Mientras que un espacio visual es un continuo organizado de tipo uniformemente ligado, el mundo del oído es un mundo de relaciones simultáneas.”

*Marshall McLuhan: Durante el final de los años 60 y principios de los 70, McLuhan acuñó el término “aldea global” para describir la interconexión humana a escala global generada por los medios electrónicos de comunicación. Es famosa su sentencia “el medio es el masaje”. El pensamiento de McLuhan respecto a los medios de comunicación se inicia a partir de las siguientes ideas: 1. Somos lo que vemos. 2. Formamos nuestras herramientas y luego éstas nos forman.

**McLuhan, Marshall “El medio es el masaje” Ed. Paidós, Madrid 2010

“A pesar de las observaciones de autores como Rasmussen, a pesar de las lecciones del más sensible de todos los órganos humanos, el sentido del oído, a pesar de la continua melodía y cacofonía de los ruidos de la naturaleza y de los hechos por el hombre, que ahora nos rodean, los arquitectos tienen, en la gran mayoría de los casos, un oído sordo a los sonidos que ellos mismos producen cada día en sus edificios.”

Tanto el sonido como el espacio tienen una arquitectura estructurada. Este capítulo de tesis está dirigido a las cualidades sónicas del espacio y a las propiedades espaciales del sonido. Se tiene que ser consciente de cómo el sonido forma el mundo en que vivimos y empezar a escucharlo. Hasta ahora el sonido se ha registrado como una capa más adyacente, pero independiente de todo lo que nos rodea. Pero esta capa sonora está intrínsecamente relacionada con nuestra vida, con lo que sentimos y hacemos. No obstante, es como si pusiéramos una banda sonora posterior a nuestros actos a la película de la vida.

David Byrne*, cantante de *Talking Heads*, explica cómo la arquitectura ha ayudado a desarrollar la innovación musical y que a veces las salas o auditorios en los que cantaban no estaban demasiado bien adecuadas acústicamente para su música. Él se pregunta si debería haber escrito su música para ciertos espacios o contextos arquitectónicos. Byrne hace una comparación entre la música escrita para ser escuchada en catedrales, la música de Bach y el espacio más bajo, con un órgano central y una sala neoclásica, la música de Mozart, representada en salas más pequeñas, estilo rococó, el auditorio en Weimar, en donde Wagner presentó sus óperas, el auditorio de Carnegie Hall, salas sinfónicas más amplias con más reverberación con un público silencioso, etc., y llega a la conclusión, de que en todos estos espacios la música se adecúa perfectamente a las proporciones espaciales de las salas, sonando de la mejor manera.

Él se pregunta si la música se adapta al lugar donde se representa, si es un modelo de creación y continúa diciendo que los pájaros también lo hacen. Si hacemos música que se adecúe al contexto construido, si producimos arte de acuerdo con las medidas de las paredes de las galerías, si escribimos software según los sistemas operativos existentes, hacemos esto en una visión contraria a la visión romántica, la cual decía que primero viene la pasión, seguida de emoción, creando luego la forma que la va a contener. Él dice que, si bien existe la pasión, la forma se crea primero y luego nos adaptamos a ella.

Esto es una manera de verlo. Otra sería darle la vuelta a este razonamiento y pensar que es la arquitectura la que se adapta a la música. Al parecer los estilos de estas dos disciplinas están en relación con un margen de tiempo, marcado por el diferente tiempo necesario para realizar las composiciones. El músico necesita un tiempo menor para componer una pieza musical que el arquitecto en realizar una obra. La música es casi inmediata, mientras que la arquitectura siempre se construye con retraso.

Byrne también hace mención al hecho de que aparece en el siglo XX un nuevo factor, que da a la escucha de música un nuevo enfoque. Es el hecho de la grabación, que hace que se puedan oír todos los más mínimos matices de la música. La radio y los auriculares posibilitan escuchar con más precisión los cambios de timbre, volumen, entonación, etc., que nos separan del lugar de donde estos sonidos estaban grabados y nos sumergen en un estado autóctono y casi onírico, donde la capa sonora ya está entrando en otra realidad. Es el caso de los reproductores portátiles con auriculares (por ejemplo *I-pods*), que permiten la reproducción sonora a cada individuo independientemente del espacio en que se encuentre.

Esta manera de escuchar piezas musicales es cada vez más común en nuestra sociedad, especialmente entre los jóvenes, y es en cierta forma un tipo de evasión respecto de la realidad envolvente. Volviendo atrás en lo anteriormente expuesto, es algo parecido como superponer la banda sonora preferida a la existente, y por lo tanto, la negación de seguir escuchando los sonidos de nuestra realidad.

*Byrne, David Conferencia “How architecture helped music evolve”, Ted, California, Febrero 2010

No obstante, según Les Back, autor del libro *The Art of Listening*, * “la escucha sociológica es necesaria hoy en día para admitir lo excluido, lo pasado y para permitir a lo desplazado el sentimiento de pertenecer al lugar.” (Y para dar lugar a lo desplazado)

En el libro “*Acoustic Territories/ Sound Culture and Everyday Life*”, ** Brandon Labelle explica que los movimientos difusos y desintegrantes del sonido abren la multiplicidad de configuraciones sensoriales, las redes tecnológicas y los desplazamientos espaciales. Esta dinámica auditiva nos lleva a experiencias de “zapping” en la vida actual, provenientes de los antiguos sistemas telefónicos, grabaciones radiofónicas, del cine y de la televisión. La escucha se ha vuelto un acto de proyección personal y de transferencia, ocupando a menudo una zona temporal cuando la fuente visual queda suspendida y reconfigurada según una asociación auditiva. El sonido no se centra en puntos o imágenes específicos, sino más bien, se trata de un canal, cuyas voces, ruido y música viajan en el espacio.

Brandon LaBelle en su libro *Background Noise**** hace tres observaciones acerca de la condición y de la relación dinámica del sonido con el espacio arquitectónico y el contexto social. El sonido es intrínsecamente y incuestionablemente relacional: emana, se propaga, se comunica, vibra y agita; deja un cuerpo y entra en otros; enlaza, desarticula, armoniza y traumatiza; lleva el cuerpo a moverse, la mente a soñar, el aire a oscilar. Aparentemente elude definición, mientras que produce un efecto profundo. LaBelle sugiere que el sonido está casi siempre instantáneamente en más de un lugar y que cuando se oye un sonido es el resultado del diálogo entre él y el espacio que ocupa. Está modulado por la materialidad del espacio, por su reflexión, por su absorción, por su reverberación y por su difracción. Cada vez que se escucha algo, no solo se oye el sonido, sino también el evento sonoro.

El sonido y su significado están unidos a la arquitectura, al lugar, al tiempo, a la materialidad y al contexto social. El considera que el sonido suena entre los cuerpos de la audiencia y los decodificadores del sonido. Esto hace que sea un evento social. La presencia de cuerpos modula físicamente el sonido como un elemento material dinámico, pero también el contexto social en el que se oye tendrá un efecto sobre qué y cómo se oye. Según la ocasión los cuerpos de una audiencia ocupan diferentes posiciones- delante o detrás, encima o afuera del escenario-. Un mismo sonido se oirá distinto si se emite en un aula o en un teatro.

La tercera observación que hace LaBelle sobre el sonido es que este nunca es privado. Hablar está más allá de la mente individual y, por lo tanto, escuchar es una forma de participación del sonido-evento. Esta observación podría explicar porque el sonido es un medio tan poderoso y a la vez tan efímero. Los humanos son emisores y receptores de sonido. La presencia material y las acciones sociales de estos forman el sonido que es oído, haciendo que el límite entre los mundos privados y públicos se entre crucen.

El sonido es una condición de reto para un/a arquitecto/a comprometido con la vida actual por la naturaleza temporal sonora y por la habilidad de estar en todos lados al mismo tiempo. La luz, aun siendo diurna y estacional podría ser comparada como estática que la aproxima más a la arquitectura por sus manifestaciones estáticas. La luz es predecible, mientras que el sonido es tan impredecible como sus fuentes. Estas observaciones son importantes. Entender el sonido como un evento espacial es crucial para entender el proyecto. No sólo porque establece el vínculo intrínseco que existe entre el sonido, la arquitectura y la gente, sino también porque se establece el punto de partida conceptual para la investigación: un deseo de explorar y probar las conexiones realizadas por medios arquitectónicos más escurridizas.

*Back, Les “The Art of Listening”, Ed. Berg, 2007

**Labelle, Brandon “Acoustic Territories/ Sound Culture and Everyday Life”, Ed. Continuum, NY, 2010

***Labelle, Brandon “Background Noise, Perspectives on sound art”, Ed. Continuum, NY, 2010

El espacio acústico se puede apreciar según las maneras en las que el sonido actúa para desintegrar y reconfigurar el espacio. La naturaleza temporal y evanescente del sonido imparte gran flexibilidad e incerteza a la estabilidad del espacio. El sonido no respeta las delineaciones visuales y materiales del espacio, desplazando y reemplazando las líneas entre el interior y el exterior, entre arriba y abajo. Como Edmund Carpenter y Marshall McLuhan propusieron en el libro *"Explorations in Communication"* *, el espacio acústico se crea así mismo en el tiempo, porque *"el espacio auditivo no tiene ningún punto favorito de foco. Es una esfera sin límites fijos, un espacio hecho para sí mismo, no un espacio hecho para contener algo. No es un espacio pictórico y encajado, sino un espacio dinámico, fluido, que crea sus propias dimensiones en cada momento"*.

Por ello un sonido está generalmente en más de un lugar, enfocando lo que Jean-Francois Augoyard ha denominado *"el efecto de ubicuidad"*, que expresa la dificultad o imposibilidad de localizar la fuente de sonido. El sonido en su permeabilidad distributiva y dis-locativa aparece desde todas partes; fluye como un fluido ambiental, dejando atrás objetos y cuerpos para coleccionar a otros en su movimiento. Augoyard une este efecto con el medio urbano: *"debido a las condiciones particulares de propagación que favorecen la deslocalización de las fuentes del sonido, los entornos urbanos y los espacios arquitectónicos son las localizaciones más obvias para la emergencia de un efecto de ubicuidad"* **. La ciudad, como geografía sónica particular, resalta la dinámica inherente del sonido para desintegrar y reconfigurar, que es una particularidad espacial y temporal.

Por un lado no se puede negar que el hecho que el ruido interfiere con la salud y el ambiente, por el otro, el ruido se puede registrar desde una óptica de vitalidad particular dentro de la esfera cultural y social. El ruido lleva consigo la expresividad de libertad, especialmente, si se localiza en la calle dentro del espacio público. Es como un link de comunicación tratando de pasar mensajes a veces difíciles y reptantes. Al mostrar la problemática de la sociedad, le da a los espacios arquitectónicos un movimiento dinámico y una energía temporal. El ruido se puede oír como algo que da formas a la no-forma, creando espacio para la intensidad de divergencia, lo raro y lo no familiar.

"El ruido se puede oír no como un sistema de vulnerabilidad o desorden teórico, sino como la evidencia y el catalizador ocasional del cambio dinámico cultural operativo a lo largo de la topografía urbana." ***

El espacio acústico causa un proceso que conlleva a hacer territorio acústico, en el que la desintegración y reconfiguración del espacio se vuelve también una forma productiva de tensión y un proceso político. Los territorios acústicos son tanto específicos como múltiples, con cortes en el ritmo, en las vibraciones y en los ecos, formando un discurso sónico que es vigorizante y participativo.

*Carpenter, Edmund/ McLuhan, Marshall, *"Acoustic Space en Explorations in Communication"*, Ed. Beacon, 1960

**Augoyard, Jean-Francois/Torgue, Henry, *"Sonic Experience: A Guide to Everyday Sound"*, McGill-Queen's University Press, 2005

***Wilson, Eric, *"Plagues, Fairs and Street Cries: Sounding of Society and Space in Early Modern London"* Modern Language Studies 25:3 (Summer 1995): 1-42.

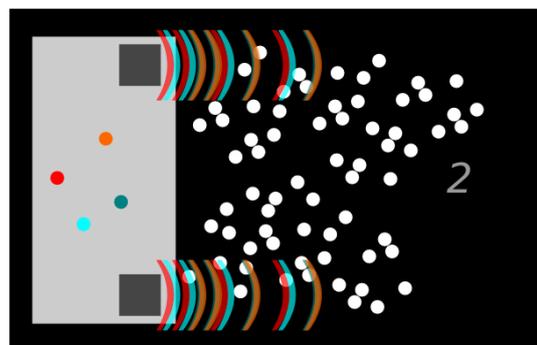
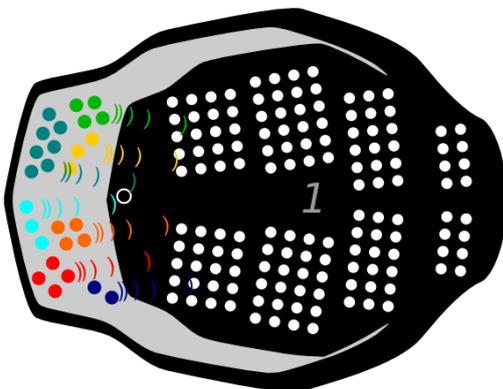
A las referencias literarias y a los escritos específicos sobre la cuestión sonora se puede añadir que se pasa de un modo emocional y poético a uno más social y político. Igualmente, se abren otras preguntas acerca de los modelos generalmente realizados para albergar grandes o pequeños auditorios. Si bien estos están bien proyectados acústicamente, todos ellos están pensados para escuchar música sinfónica, sea clásica o contemporánea, en un determinado formato. En consecuencia, el diseño espacial adquiere unas características, tanto formalmente como en acabados/materiales utilizados, que tienen estricta relación a un tipo de registro sonoro. Este registro orquestal está conformado por un conjunto mediano o grande de instrumentos acústicos diversos, que en general se interpretaran sin amplificación. Por lo tanto el diseño acústico de la sala puede estar muy bien ejecutado para estos condicionantes.

Sin embargo el diseño de un auditorio no se debería reducir a un solo registro sonoro. O analizado a la inversa: para la multitud de formatos sonoros existentes no es muy riguroso que la solución formal en el diseño pueda ser arquetípica. Dicho arquetipo responde a una composición bipartita (escena/audiencia), acompañada de una compleja envolvente que responde a una serie de cálculos acústicos para optimizar la audición (1). Sin embargo la variabilidad de registros sonoros hace que el diseño tenga que tener en cuenta otros condicionantes. En el diagrama 1 se muestra que la música interpretada en dicho espacio pueda ser diversa, a pesar de que en la mayoría de los casos responde a una interpretación de instrumentos acústicos (por lo tanto con sonido directo).

¿Pero qué sucede con otros registros sonoros?

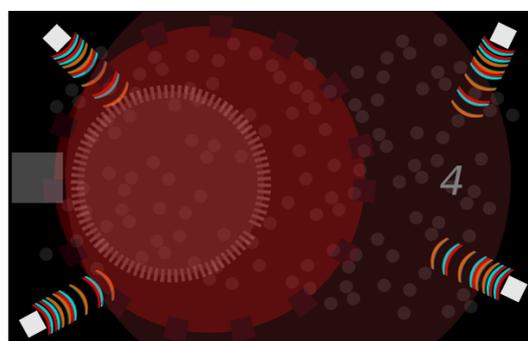
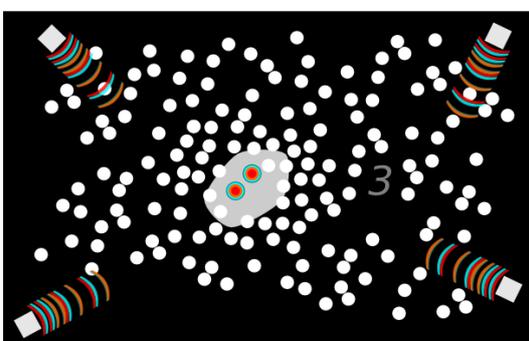
En el diagrama 2 se considera una composición bipartita (escena/audiencia) como en el caso 1, si bien responde a un registro de banda (menor número de *performers* que en una orquesta). Dicha banda podrá tener instrumentos diversos, que sin embargo en la mayoría de los casos estarán amplificados. En consecuencia el sonido instrumental directo sería apenas existente, y vendría direccionado desde torres de sonido. La emisión sonora a través de dichos altavoces o torres de sonido, comprendería la mezcla de los instrumentos sonando en escena. Dicha tipología englobaría registros sonoros como Rock, Hip-Hop, Pop, etc.

Si bien la representación de dicho tipo en el diagrama 2 se reduce a un contenedor rectangular, convendría analizar cuál es la forma más adecuada desde el punto de vista acústico para este tipo de registros. No hay que olvidar, que un sistema amplificado puede resultar muy distinto que un sistema no-amplificado, tanto en el rango de frecuencias como de amplitudes.



En el diagrama 3 se plantea una tipología estructuralmente distinta a las anteriores, por dos razones. La primera, el espacio escénico y el espacio de audiencia se han fusionado, convirtiéndose en un espacio común. Esto re-significa la dualidad escénica clásica, así como el tipo de registro desarrollado. Al desaparecer la escena y la audiencia como espacios opuestos, el frente sonoro desaparece, estableciéndose una conformación sonora perimetral. Ésta rompe el eje de emisión unidireccional convirtiéndolo en una emisión multidireccional, y en consecuencia más envolvente y menos focalizada.

La segunda razón hace referencia a la disociación instrumento-intérprete. Desde el punto de vista instrumental, si bien no es una condición necesaria, el diagrama 3 ilustra el registro más propio de la música electrónica y experimental. En definitiva instrumentación no vinculada a un solo ingrediente inequívoco. Esto significa que un único intérprete puede ejecutar múltiples instrumentos simultáneamente (varias líneas de instrumentos electrónicos centralizados desde un ordenador). Por lo tanto, la observación del instrumentista desde la audiencia no obedece a la gestualidad clásica de la interpretación de un solo instrumento. Esto produce numerosas confusiones en la *performatividad* al disociar lo que se está viendo con lo que se está escuchando. Quizás este es uno de los hándicaps que la música electrónica posee, que en los últimos tiempos está implementando, con la introducción de una mayor gestualidad para dotarla de más fuerza interpretativa.



La tipología representada en el diagrama 4 es una variación de la tipología 3, que ha optado por la eliminación de estímulos visuales. Se trataría de la representación de experiencias inmersivas* y acusmáticas. Inmersivas porque igual que en el tipo 3, el sonido es multidireccional y envolvente. Acusmáticas porque se trata de experiencias donde no importa ver el origen del sonido.



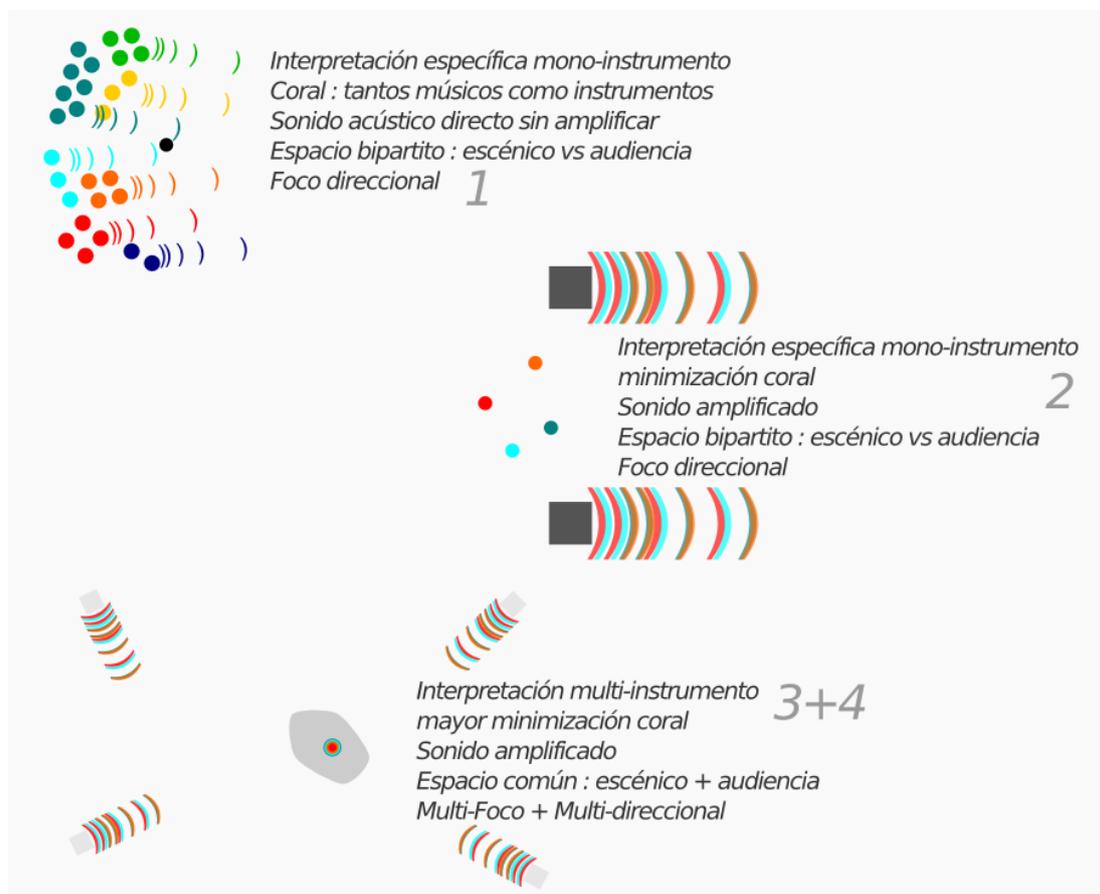
*Las performances e instalaciones inmersivas parten de experiencias donde el sonido es envolvente y multifocal, con el público y el intérprete situado en el interior del espacio sonoro. Se trata de un formato que focaliza y prioriza la percepción acústica, frente a la percepción de la actividad escénica. Imagen de la conformación espacial de la audiencia, durante un ensayo de Francisco López (2009).

Img > <http://www.planetamodular.com/francisco-lopez-%E2%80%93-camara-de-inmersion-sonica/>

En ellas la escena se ha eliminado por completo, prescindiendo de ver la ejecución del directo. En consecuencia, la experiencia se sitúa más en un plano sensorial y auditivo, con una construcción narrativa de sonidos diversos o atípicos: frecuencias sub-graves en yuxtaposición con hiper-agudas.

Los anteriores diagramas, representan distintas situaciones escénicas en función a distintos registros sonoros. En ellos se muestran diferentes casos de cómo el sonido es emitido a través del espacio. Si bien (excepto el caso 1), se han representado en forma diagramática mediante un contenedor espacial rectangular, no significa que dichos espacios deban poseer dicha concreción formal. En definitiva se trata de un análisis que expone la complejidad que supone el diseño espacial con finalidades sonoras. También visibiliza que el diseño espacial sonoro debería tener en cuenta la orientación acústica para conseguir una mayor integración en el proyecto. El modelo arquetípico de auditorio (representado en el diagrama 1), puede funcionar de una manera excelente con los cálculos adecuados en un registro de música clásica.

Sin embargo, raras veces se puede apreciar un diseño optimizado para la interpretación de música electrónica, más allá de la colocación de un equipo de alta potencia en un espacio neutro. Hay que tener en cuenta que el rango de frecuencias usado en los géneros electrónicos, electro-acústicos y experimentales tiene sus particularidades. Por ello sería muy interesante integrar en la forma de dichos espacios factores que refuercen y enfatizen la sonoridad de este tipo de registros. Por ejemplo teniendo en cuenta el uso habitual de frecuencias bajas, se podrían construir salas resonantes o galerías acústicas que podrían potenciar dichas frecuencias en función de sus geometrías. En definitiva asociar de una manera más estrecha sonido, espacio y forma, debido a su intrínseca relación como se ha mostrado en numerosas ocasiones en esta tesis.



*Realizada por Bea Goller en Rotterdam el 6 de septiembre de 2012
(transcripción de entrevista oral)*

[BG] ¿Crees que podemos construir con sonido, entendiendo el sonido como un material más de construcción, incluso si es intangible?

[EvdH] Creo que es una pregunta interesante, aunque, lo que es bueno del sonido es que es diferente de trabajar con materia física. Lo interesante también es utilizar una manera de pensamiento que viene de algo distinto y aplicarla a sonidos. Y viceversa. ¿Si empezaras a pensar sobre los elementos que utilizamos normalmente se comportaran como sonido, qué pasaría? Esto podría ser el primer paso para intentar crear el enlace. Personalmente no estoy muy interesado en la idea de unificarlo todo, pero sí que me interesan las diferencias y la exploración de ellas, encontrando también nuevas orientaciones y nuevas aperturas. Me gusta pensar en el sonido funcionando como la luz, pero sé muy bien que es completamente diferente. En mi trabajo introduzco estos juegos, pero no con el fin de integrar todo y hacer una cosa grande. Personalmente no lo necesito. Cosas buenas y simples, son más interesantes que mezclar todo junto.

[BG] ¿Qué puedes decir de tu colaboración con Lars Spuybroek? ¿Cómo y cuándo entraste colaborando en el proyecto arquitectónico, insertaste el sonido una vez estaba acabado o al principio?

[EvdH] Cuando se hizo el proyecto de "Son-O-House", Lars estaba a la mitad del diseño. Él ya había trabajado bastante tiempo, porque el encargo del proyecto se lo habían hecho a él. Estaba realmente intentando buscar la forma y como realizarla. Así que él estaba en medio del experimento cuando yo empecé a colaborar. De todas formas nunca hablamos sobre los detalles, ni la forma arquitectónica, ni tampoco la relación de la arquitectura con el sonido. Hablamos mucho acerca de mis fascinaciones, si me interesaba seguir trabajando y acerca de sus fascinaciones. Tuvimos más un intercambio de nuestros procesos, que de los detalles de nuestro trabajo.

[BG] ¿Piensas que fue un experimento?

[EvdH] Si, seguramente fue un aspecto de experimentación, pero esto no es lo me refería. Lo que intento decir es que, la arquitectura no cambió por el sonido, ni el sonido por la arquitectura, pero se acercaron mutuamente por nuestras fascinaciones y por hablar sobre nuestros procesos.

[BG] ¿Piensas que fue un proceso abierto (open process)?

[EvdH] Si, lo fue, pero indudablemente un proceso abierto tiene que hacerse concreto.

[BG] ¿Podría haber sido diferente al principio y luego, por alguna razón, acabar de un modo distinto?

[EvdH] Naturalmente, si esto no pasa entonces hay algo que no está bien.

[BG] El sonido es como un universo complejo, que no se basa en el sistema métrico (solo los parámetros de longitud de onda se pueden describir en este sistema de medidas). Este hecho hace que la transformación de sonido a arquitectura sea más complicada. El sonido conlleva el factor tiempo, sino no podría existir. Hay un salto entre el mundo tangible, el mundo que puedes tocar y la realidad intangible o capa de realidad inmaterial. De todas formas estos dos mundos se entrelazan y, de alguna forma coexisten mutuamente. ¿Si quisiéramos construir con sonido, cómo piensas que podríamos ser capaces de resolver este problema?

[EvdH] Mi punto de vista es diferente. Esto no es el problema. Nosotros percibimos las cosas desde el mundo que nos rodea a través de nuestra percepción. Es la percepción que también crea la sensación del espacio. El espacio es a mi parecer algo que está construido y no algo, que simplemente existe. Todo tiene que ver en como percibimos, como es nuestro comportamiento, como son los receptores, etc. y como se interpreta todo esto. Uno de los tópicos más importantes de mi trabajo es precisamente la percepción del tiempo. La diferencia entre el sonido y la luz es que esta última viaja tan deprisa que ya no podemos percibir su desplazamiento. El sonido, en cambio, lo podemos percibir temporalmente y, a la vez, espacialmente. En el espacio podemos escuchar las reverberaciones, los reflejos y otras cosas más. Esto nos da una percepción del espacio basada en el tiempo. El espacio y el tiempo están interrelacionados.

Esto no es nada tangible, pero si algo muy perceptible. Si nuestros órganos hubieran sido contruidos de forma diferente y si nuestros nervios pudiesen funcionar con una velocidad distinta, entonces el sonido podría ser entendido como la luz. Imaginemos que todo pudiera ir más lento. Lo que percibiríamos como sonido sería luz. Pero como el sonido es relativamente más lento en relación a nuestra velocidad de percepción, lo podemos percibir. Hay transiciones de las cosas que percibimos en función del tiempo y otras cosas que no están basadas en el tiempo, como cuando oímos un "pitch", no escuchamos la presión que nos rodea, porque está yendo hacia arriba y hacia abajo ... oímos una cosa repitiendo y empezamos a escucharlo como algo continuo. En ese momento se podría decir tal vez es similar a como vemos la luz en cierto lugar. Por otro lado a menudo pienso, que no importa el origen de la luz, nos fijamos en los reflejos, así que miramos el mundo que nos rodea, no importa si está ahí. El sonido es siempre algo que estamos relacionando con la fuente y a continuación, todavía podemos escuchar las reflexiones, pero también nos relacionamos con los reflejos de la fuente.

Así las reflexiones en el sonido siempre se relacionan con la fuente, pero, muy a menudo, cuando pensamos en la luz no nos preocupamos por la fuente. La necesitamos en general y la damos por sentado, pero hay una diferencia interesante. Me gusta jugar con las diferencias y me hago a mí mismo la pregunta ¿qué pasaría si se puede reducir la velocidad de la luz y la forma en que se percibe? Así que pensar en todo lo que se relaciona con el espacio tiene que ver en gran medida en cómo funciona nuestra percepción. No pienso en el espacio como algo que no existe. Por supuesto que existen cosas fuera de nosotros), pero su percepción no existe. Todo lo que sucede en nosotros, se refiere a nuestra percepción.

Que exista fuera de nosotros no quiere decir nada. Sólo nosotros podemos crear nuestra propia percepción, construir, compartir las cosas, comunicarnos. En ese sentido, pienso en las formas de comunicación, medios de comunicación, que transportan las cosas de un sitio a otro. En todo lo que necesitamos, sino existe el espacio, tampoco existe el sonido. Necesitamos medios de comunicación, como las ondas, partículas, etc. El sonido no existe sin un medio para que las ondas de presión viajen a través, pero la luz no necesita un medio. Luz de curso tiene este comportamiento dual, que es una partícula y, al mismo tiempo se comporta como una onda. El sonido no existe sin medio. También el sonido en el medio determina la velocidad. Así el sonido en el agua tiene una velocidad completamente diferente que en otros materiales (aire, materiales sólidos). Debido a la diferente velocidad podemos pensar en ello como si tuviera una escala diferente. El sonido en el agua es 5 veces más rápido que en el aire.

Esto significa, que el espacio, si lo tuviésemos que escuchar, sería aproximadamente cinco veces menor. Simplemente porque va cinco veces más rápido, así que todo se reduce cinco veces. Estas cosas me interesan, desde el aspecto de la percepción y de la forma en que tratamos y construimos en el espacio. ¿Cómo podemos transformar el espacio y también cómo podemos transformar la percepción que nos rodea?

[BG] Me gustaría enseñarte parte de mi tesis, tiene que ver con la cimática. He construido un dispositivo (basado en un amplificador, una pletina metálica, un transductor). Me impresionó mucho ver como se creaban formas con la sal esparcida al poner frecuencias, porque algunas frecuencias daban patrones geométricos perfectos y otras no. ¿Sabes por qué pasa este fenómeno? ¿Tiene que ver con los armónicos, o, qué es exactamente lo que crea estos patrones?

[EvdH] La onda estacionaria está en la placa, por lo que si la excitamos aquí, la onda se desplaza hasta el final, y ahí se refleja (al igual que el sonido se refleja en una pared por ser un material duro). Cualquier tipo de frontera es un reflector, lo que significa que también el extremo de la placa es un reflector. La onda va viniendo, mientras que todavía se está yendo. Las ondas son similares a una cuerda de guitarra. Igual que la vibración en una placa es un resultado, pero antes que nada, tenemos que pensar en las ondas que van rebotando dentro del material. Si tocas una cuerda, la vibración se desplaza hasta el final y vuelve, produciendo un movimiento, que va hacia arriba y hacia abajo. Subir y bajar conduce a una vibración de esta manera. Simplemente, porque esta pletina es una forma más compleja que la cuerda de una guitarra, se obtienen patrones más complejos.

Algunas frecuencias encajan en las placas, y otras no lo hacen. Esto se debe a la velocidad en el material. Si voy arriba y abajo, exactamente en ese momento esto se está recuperando y subiendo, y, por supuesto, está amplificando el movimiento. Pero podría ser que no se ajusta a ésta, la reflexión está bajando mientras ésta está subiendo y luego empieza a cancelarse. Así se obtienen ciertos lugares en la placa que vibran con mucha fuerza y otras que no vibran en absoluto. La sal permanece en la placa donde ésta no vibra. Todo tiene que ver con las ondas, la suma de la señal que está haciendo y todas las reflexiones que se producen en la placa. Así que algunas frecuencias encajan y otros no. Por supuesto, en este sentido, algunas frecuencias dan lugar a un patrón muy claro, y otras no lo hacen, porque no hay puntos claros de cancelación y de amplificación.

[BG] ¿Así que estos patrones no tienen que ver con el concepto de armonía?

[EvdH] No, tiene que ver con las frecuencias, que se producen en relación con las frecuencias resonantes de la placa. Al igual que un espacio podría ser en función de la acústica. Una frecuencia también se hace muy fuerte, porque el espacio también resuena en esta frecuencia. No tiene nada que ver con la armonía. Simplemente se refiere a la placa, a las propiedades de la placa, y lo que se pone en ella.

[BG] Debes de conocer el libro de Alexander Lauterwasser sobre la cimática, en el cual hizo un experimento con una serie de frecuencias con una placa de forma ovalada. Yo también hice el experimento, pero con una placa cuadrada.

[EvdH] Si partes de una forma diferente, entonces las formas resultantes serán distintas, porque todo afecta todo.

[BG] Las formas de los patrones dan unos resultados increíbles. Al principio los patrones son sencillos, pero luego al incrementar las frecuencias estos se hacen más complejos.

[EvdH] Esto es debido a que cuanto mayor sea la frecuencia, menor será la longitud de onda. Los puntos de cancelación son cercanos unos a otros, haciendo que algunas frecuencias obtengan patrones y otros no. El patrón que puedes ver con la sal es algo que puedes percibir en el espacio.

[BG] No sé si es cierto o no, pero pienso que puede haber frecuencias que armonicen y otras que desarmonizan. ¿Qué me puedes comentar sobre este tema?

[EvdH] No creo en frecuencias específicas, pero por supuesto, en el contexto espacial una cosa puede ampliarse mucho o viceversa. Así que, cuando tocas ciertos sonidos estos pueden llegar a ser muy fuertes debido a la resonancia. Por supuesto, nuestro cuerpo puede ser tratado a muchos niveles diferentes. El cuerpo es un resonador también. El conducto auditivo externo es en sí mismo un resonador, por lo que tiene ciertas propiedades. Si tocas algunas frecuencias alrededor de la frecuencia se inicia una especie de impacto o colisión, para que todos los diferentes tipos de efectos puedan suceder, porque somos parte del sistema. Así que hay cosas que están sucediendo en el interior del cuerpo, otras en el interior del espacio y otras más en el interior de la fuente. Es como una cadena de A se ve influida por B y C. Es por toda la cadena de las cosas y, depende de lo que hagas, tendrá el mayor impacto. Todo está interconectado, pero no creo que por ejemplo 400 Hz sea una frecuencia muy armónica y 405hz no. Aparte, en la teoría de la música se habla de armonía y consonancia y disonancia, pero siempre se trata de la combinación de tonos, no se trata de frecuencias individuales.

[BG] ¿Crees que en música existen sonidos que crean un efecto estabilizador y sonidos, que por el contrario son más disruptivos?

[EvdH] Creo que podríamos empezar a clasificar los sonidos que nos rodean (esto es más consonante / disonante / etc.), pero el potencial de la música es que las cosas son en parte relativas, y es el lenguaje interno que hace que la música comunique. De este modo la música es el arte más abstracto.

Si pensamos en la pintura partiendo de ser figurativa, el sonido puede ser también así, pero lo interesante de la música es que puede ser completamente no-referencial. Por lo tanto, no tiene que imitar nada del mundo que nos rodea. No obstante, puede imitar también, pero se comunica dentro de las relaciones. No es por hacer un sonido o una frecuencia que se comunica, es esta frecuencia en el tiempo y sus relaciones entre sí, utilizando en un sentido un cierto tipo de lenguaje musical. Esto es algo difícil de entender, porque no es algo que llevamos con nosotros. Es algo que se aprende y es difícil de ubicar donde se encuentra exactamente. Pero esto es lo que realmente me gusta de la música. Si la música es abstracta, en cierto sentido es exactamente lo que me gusta. Por supuesto, podríamos estudiar el efecto de ciertos sonidos, pero todavía no significa que una secuencia se convierta en algo musical. Estoy más interesado en encontrar maneras de cómo estructurar las cosas, más en desarrollar lenguajes musicales y utilizarlo para comunicarse.

[BG] ¿Crees que el sonido y la música tienen la habilidad de transportarte a otro lugar?

[EvdH] Si, definitivamente.

[BG] Ninguna de las otras artes tiene la misma manera y habilidad de llevarte a otro lugar. ¿Crees que es debido a que es más directa?

[EvdH] Por supuesto, el sonido puede ser muy directo.

[BG] Estamos constantemente inducidos a un ruido ambiental producido por los dispositivos electrónicos, ¿crees que hay una manera de protegernos de estas ondas electromagnéticas?

[EvdH] Yo no tengo una respuesta clara a esto, porque es increíble ver todo lo que nos rodea. Sin embargo, hay otro aspecto también, que es el enfoque y la concentración. Porque lo que sucede con la tecnología es que nos está distrayendo más. Todo está sucediendo al mismo tiempo, ya que mientras se está en un lugar, se recibe una llamada telefónica y al mismo tiempo se está enviando un mensaje. Esto es independiente de los campos electromagnéticos. La cuestión de enfoque y la distracción es una cosa importante. Aunque hay mucha más conexión, también hay una mayor desconexión.

[BG] ¿Crees que esta desconexión es lo que nos salva de estas ondas electromagnéticas?

[EvdH] No sé si lo que necesitamos es ser salvados, pero creo que tenemos que ser conscientes de los efectos. Los efectos no son sólo que estamos dentro de estos campos, sino también la forma en que nos tratamos los unos a los otros y en que nos enfocamos. No puedo decir mucho al respecto, pero lo que me sorprende, por ejemplo cada vez más en la vida diaria, es la forma en cómo nos comunicamos y cómo nos tratamos unos a otros. Esto me parece interesante y problemático a la vez. Me sorprende la frecuencia que se utilizan correos electrónicos y lo poco que algo importante se trate en discusión.

Para que haya una buena sincronización entre los que hablan, se debe de hablar de la misma cosa y dejarse inspirar por los demás. Esta manera de comunicación ya no se utiliza en los mails. Me gustan los correos electrónicos, porque son concretos y claros. Puede ser muy útil debido a la naturaleza de archivo del correo electrónico. Pero a veces, lo que veo mucho es que mucha gente se olvida de la calidad del debate y del intercambio. Si pensamos en el sonido o en los medios de comunicación, entonces también podemos pensar en el texto o el correo electrónico como un medio de crear propiedades diferentes, que no tienen que ser especiales. Se puede ser muy preciso en el texto, pero esto es otra cosa. Se obtienen algunos beneficios, pero perdemos un montón de cosas. Estoy más preocupado por este tipo de cosas. Si pensamos acerca de la ondas electromagnéticas deberíamos preocuparnos o estar conscientes de aspectos de salud. Hay muchas cosas que existen que no conocemos todavía o que quizás no las tenemos claras. Es más bien lógico pensar que habrá otros efectos de los que ni somos conscientes. Por otro lado siempre me sorprende como nos podemos concentrar en una cosa y la habilidad del ser viviente para filtrar y ser selectivo en su focalización. Todo a nuestro alrededor nos afecta y lo podemos filtrar. Pero no deberíamos estar situados en un momento donde fuésemos a sentir sus efectos. Al final, me interesa más la calidad en la cantidad de la comunicación.

[BG] Creo que nos perdemos a veces por estar constantemente conectado, porque la gente no tiene más tiempo para sentarse en una mesa y discutir ciertas cuestiones filosóficas. ¿Cómo te sientes al respecto?

[EvdH] Estamos totalmente en la transición. El mundo está cambiando muy rápidamente. Al mismo tiempo, el acceso a la información que tenemos ahora es increíble. No soy un pesimista, hay personas que son muy optimistas. Yo no soy un gran optimista, pero creo que es muy importante observar muy críticamente. Yo no soy el tipo de persona que redacte una conclusión con mucha rapidez. Creo que es importante ser un observador crítico. Al hacer esto, estoy seguro de que seremos capaces de encontrar nuevas formas y/o soluciones. En ese sentido soy también optimista, pero no pienso que el mundo esté completamente mejorado. Muchas personas no son tan conscientes, también los políticos, de cómo el mundo cambia.

[BG] Estoy de acuerdo contigo, pero esto es otra historia

[EvdH] Está cambiando continuamente, pero yo no creo que esto sea otra historia. Creo que es muy relevante, muchas cosas son muy diferentes. En ese sentido, es interesante, porque también hay muchas personas que se encuentran en un estado de confusión. Lo que es importante ahora es, ¿cuál es la referencia, cuáles son los criterios?

[BG] ¿Crees que realmente la arquitectura debe abrirse al sonido?

[EvdH] Depende. Creo que sí y no. Si se piensa en la casa Son-O-House, la calidad de Lars no está pensando en el sonido, no en absoluto.

Lars ni siquiera piensa en la función. Él está interesado en la belleza, también en los problemas dentro de la arquitectura, por lo que es autorreferencial en esencia. No digo autorreferencial como algo negativo, sino al contrario, como una manera positiva. Al igual que la música en sí es auto-referencial. Esto me gusta. Si tiene una calidad en un nivel, que no necesita tener una calidad en otro nivel, y esto puede ser suficiente. Puede ser también perfecto. Pero, sí puede ser interesante pensar en el sonido y el espacio. Algunxs arquitectxs tienen ciertas cosas de su propia calidad o tal vez no, pero espero dejar las cosas a tener su propia calidad. Las cosas pueden tener una calidad interesante si se cruzan con otras, superponiéndolas, y la pregunta es, ¿qué pasa si hacemos eso?

Sin embargo, esto no significa que todo el mundo tiene que hacer eso. Cuando para alguna gente tiene un interés especial, entonces tiene sentido trabajar en este aspecto. No lo vas a encontrar tanto en la dirección de lxs arquitectxs tradicionales, ya que están mucho más preocupados por otros problemas distintos. Esto no quiere decir que no haya otras personas que trabajan en este nivel, pero no son los que reciben asignaciones para hacer edificios, ¿es esto un problema? tal vez no, por supuesto que es un tema interesante.

[BG] He estado siempre entre las Artes y la Arquitectura. Nunca supe que me corresponde exactamente. ¿Cómo te sientes?

[EvdH] Esta es una pregunta interesante. No me cuestiono esto a mí mismo. Yo vengo de la música, estudié composición de música electrónica, pero me cuesta operar en el campo de la música. Para mí todo lo que hago es, en cierto sentido, una extensión de la música. Estoy muy interesado en la percepción del sonido y el espacio, y lo táctil (no sólo tocar necesariamente), sino en el sentido de pensar en el cuerpo que se mueve en el espacio donde se encuentran los diferentes rangos y escalas. Es algo, que la gente nunca piensa acerca de la música. Yo pienso en cómo estructurar la composición musical. En este sentido, esto se conecta con la música. No me parece que mucha gente esté en este camino. ¿Es un problema? No lo creo.

Realizada online por Bea Goller en marzo de 2013

[BG] *En bastantes proyectos (Water Pavilion, Whispering Garden, Son-0-House, etc.) has utilizado la capa de sonido. ¿Por qué te interesa introducir esta capa en los proyectos arquitectónicos?*

[LS] Es bastante extraño, pero siempre he sentido que la luz y las imágenes provienen del exterior, mientras que sonido y música vienen del interior. Estuve interesado en la música en tanto que acompañaba los ritmos internos del cuerpo, que a su vez está más conectado al tono muscular. La arquitectura refleja tanto este espacio interno como construir un mundo.

[BG] *El sonido es un universo complejo, que no solo es métrico (únicamente se pueden describir parámetros de longitud de onda en el sistema ordinario de medida). Esto dificulta la transformación de sonido en arquitectura. El sonido conlleva el factor tiempo, ya que si no, no podría existir. Existe una brecha entre el mundo tangible, entre el mundo que se puede palpar, y el reino intangible o capa inmaterial de la realidad. De todas formas, estos dos mundos se entrelazan y por ello, quizás, forman un todo. En el proyecto Whispering Gardens, ¿cómo describirías la relación entre la atmósfera sonora basada en el mito de la sirena Lorelei y el diseño arquitectónico?*

[LS] Es una idea errónea que la arquitectura sea “música congelada”, como la llamó Goethe. La partitura que un músico lee en un papel, ¿es música congelada? –no lo es. La Arquitectura puede ser tocada como música moviéndose a través, por el desarrollo de eventos o por lo inesperado. Cualquier cosa puede tener arquitectura. Simplemente es otra palabra para organización.

[BG] *¿Piensas que se podría construir con sonido, entendiéndolo como otro material constructivo, incluso si es intangible?*

[LS] Pienso que no podemos. Para entender esta respuesta tendríamos que distinguir entre construcción y arquitectura, pienso que la música y la arquitectura sí tienen la misma “arquitectura”, es decir, organización. Xenakis demostró que el diagrama organizativo de *Metastasis* se podría materializar tanto en sonido, como en hormigón, tal como lo vemos en el pabellón Philips. No obstante, el orden de un diagrama no es lo mismo que una estructura matérica. La conexión material entre partes encofradas en hormigón, la manera que el cuerpo se relaciona con ella, es simplemente diferente que la conexión entre ondas de aire o bloques de sonido, aún cuando se comparta el mismo diagrama. Pienso que aún cuando coexisten, por ejemplo, al ser interpretado la música de *Metastasis* en el pabellón Philips o la música de Edwin sonando en mi propio Water pavilion, una funciona como el diagrama de la otra; así la conexión es siempre abstracta, no es algo concreto superpuesto a otra cosa concreta.

[BG] *Algunos programas de ordenador trasladan sonido a modelos 3D y viceversa. ¿No piensas que con estos procesos se podrían crear nuevas maneras de encontrar formas?*

[LS] Seguro, pero como he descrito arriba, indirectamente. El término “traslación” implica de por sí una relación indirecta. No creo que haya algo como una transmutación, donde el pan es el cuerpo de cristo mismo. Entre dos estados concretos, siempre existe abstracción.

[BG] ¿Cómo y cuándo empezó el interés en colaborar con Edwin van der Heide?

[LS] Encontré a Edwin por primera vez cuando trabajaba en el water pavilion. Él estaba colaborando con Victor Wentinck. Encontré que existían muchas conexiones, especialmente en la manera de pensar la transición de diagramas y experiencia. Cuando un compositor diseña un script de música para que se actualice durante la interacción, es muy similar a cuando un arquitecto transforma un diagrama en diseño.

[BG] Según la explicaciones de Edwin, parece ser un proceso colaborativo, donde los dos marcos de referencia (arquitectura/sonido) están superpuestos. ¿Estás considerando –en futuros proyectos y colaboraciones-, introducir de manera más profunda el marco de sonido como parámetro de composición a proyectos arquitectónicos?

[LS] No, dejé de diseñar arquitectura hace unos cuantos años. Hoy en día me dedico a escribir y a enseñar.

[BG] Parte de mi tesis trata de la cimática. Se basa en un simple dispositivo (amplificador, pletina, transductor conectado a un ordenador) y sal esparcida sobre una placa metálica. Dependiendo de qué frecuencias transmites a la placa, aparecen patrones geométricos perfectos. ¿Qué te sugiere esto en el marco referencial arquitectónico?

[LS] Sonidos que devienen forma a través de materia suelta es una idea vieja. Por supuesto, aquellas formas devienen patrones de ondas. Siempre me había interesado mucho en la formas de las ondas, hasta que encontré a Frei Otto. El me enseñó que lo importante no es tanto la relación entre movimiento y forma, sino más bien, la relación entre movimiento y estructura: elementos libres y flexibles se mueven y varían para encontrarse en estructuras colaborativas. Esta es la razón porque escribí acerca de su modelo hecho con hilo de lana (véase mi Arquitectura de Continuidad) y posteriormente acerca del estilo Gótico.

[BG] ¿El sonido y la música tienen la habilidad de transportarte a otro lugar. Crees que pasa lo mismo en arquitectura?

[LS] No, porque “otro lugar” ya está allí en la arquitectura.

[BG] Últimamente hay una teoría científica de la física, la teoría de cuerdas, que enseña la relación esencial entre la composición de la materia y el fenómeno vibratorio. Tomando esta teoría como correcta (porque todavía hay que demostrarla) y considerando que la arquitectura trabaja con materia y tectonicidad, ¿crees que este tema va a influenciar la arquitectura y como lo va a hacer?

[LS] En mi libro sobre Ruskin (The Sympathy of Things) digo que el gótico es la teoría de cuerdas de la estética. Por supuesto, resuelve la oposición entre partícula y onda.

[BG] En muchas conferencias y libros tuyos estás hablando del tema del ornamento. Estás proponiendo otro punto de vista del dictado de Loos sobre “ornamento y delito”, que ha influenciado profundamente al movimiento moderno. ¿Qué piensas de la relación de sonido y ornamento?

[LS] Es una pregunta muy interesante. Generalmente se piensa de la decoración sonora que tenemos en ascensores como ornamental. No obstante, esta música está destinada a ser subliminal, no para ser escuchada, pero para que no te sientas incómodo. Por lo tanto, creo que tiene que haber algo más. Ten en cuenta que el ornamento nunca es aditivo o aplicado,

sino una forma de estructura. Las mejores formas de ornamento son las que afectan a la forma en que un objeto se estructura a sí mismo. Esto sería muy difícil de hacer con el sonido, pero tiene que ser posible. Tal vez a través de un sistema de memoria que graba los sonidos y los reinterpreta, la forma en que lo hacemos con los sueños. O los sonidos que se derivan de las tensiones en las columnas y las vigas a través de sensores, ¿quién sabe?

[BG] Piensas que la arquitectura debería abrirse hoy en día al sonido?

[LS] Si absolutamente, pero esta cuestión no es diferente de preguntarse, por ejemplo, como se abre la arquitectura a la pintura. Ten en cuenta que las pinturas son planas y esto hace necesario una pared para colgarlas y que el sonido necesita la noción de la acústica. Yo vivo en Atlanta, con hay un centro comercial enorme (Atlantic Station), en donde suena música a través de altavoces. Es extraño y perverso, que al pasar delante de una ventana de una tienda, la música parece quedarse al principio acústicamente detrás. No obstante, cuando te acercas a la ventana siguiente, la música vuelve a estar presente, como si nunca se hubiera alejado. Pienso que la arquitectura sólo puede abrirse a la música (no al sonido) cuando las dos disciplinas comparten su estructura interna.

En las anteriores entrevistas tenemos dos ángulos de visión por pertenecer a personas diferentes, y también por pertenecer a ámbitos profesionales distintos, aunque con relativa proximidad. No obstante, se han realizado las entrevistas a Edwin van der Heide y a Lars Spuybroek, por poseer en su trayectoria distintos proyectos en que se entrelazan los campos del sonido y la arquitectura.

El marco de Edwin van der Heide se referencia al mundo creativo entorno al sonido, así como a la teoría y composición musical. Sin embargo el interés por el espacio y por la fenomenología perceptiva, lo enmarcan en una dirección distinta a la que habitualmente trabajan los músicos. En este sentido el interés se focaliza hacia la percepción, la manifestación vibratoria más allá del sonido, -como la introducción de la luz-, así como la generación perceptiva del espacio.

Como se puede apreciar en los proyectos (mostrados anteriormente) la aportación del sonido se sitúa en la construcción de un espacio perceptivo intangible, en el que experimentar sensaciones complejas. Estas incluyen no sólo el rango audible sino también el visible y el háptico mediante los cambios de presión propiciados por sonidos y sub sonidos (frecuencias por debajo de lo audible) que generan espacios dentro de otros.

Edwin van der Heide, muy interesado en la física de los fenómenos vibratorios, apunta a enfatizar que a diferencia de la luz, el sonido es mediatizado (depende de un medio para su propagación). Este tipo de medio puede generar distintas escalas espaciales que dependerán de la velocidad de propagación de cada medio. También destaca los fenómenos resonantes como aquellos en que sonido y espacio crean intersecciones. La resonancia es un fenómeno visible a través de la cimática, donde las frecuencias resonantes de la placa hacen vibrar la misma generando un patrón. La complejidad geométrica de los patrones cimáticos, viene dada por una dimensión espacial adicional que la disponible en otros elementos vibratorios más simples. En una cuerda por ejemplo, se dispone de una dimensión menos que en una placa (si se abstrae de ambas el grosor).

Otro factor importante del trabajo de Edwin van der Heide es orientar las experiencias sonoras como dispositivos de comunicación. Sostiene la visión, de que en el mundo actual sobrecodificado, existe el riesgo de perder los marcos referenciales que pueden romper los mecanismos de comunicación humana.

Lars Spuybroek trabaja en un marco experimental y de investigación. Interesado en la esencia arquitectónica como construcción de entornos complejos, la función se diluye en referencia al mundo líquido y mutante actual. Sin embargo de la entrevista realizada on-line, con ciertos problemas en la comunicación, se deduce la dificultad establecida entre su teoría y su praxis, que por otro lado, ha decidido rotundamente apartarla de la arquitectura ejecutiva, para pasar a una arquitectura teórica y ensayística.

En los últimos años, Spuybroek ha introducido desde una vertiente teórica la revisión de distintos temas que se habían quedado congelados a nivel de reflexión. Especialmente sus teorías de la continuidad, así como la revisión del concepto de ornamento desde un ángulo muy distinto al Loosiano que ha reverberado en prácticamente todo el siglo XX. Su especial visión del ornamento como una segunda capa estructural o con más precisión:

“El ornamento nunca es aditivo o aplicado, sino una forma de estructura”, desafía los postulados modernos de la consideración del ornamento como ‘delito’. En este sentido se produce una doble influencia: una, la de la arquitectura Gótica, y otra, la relación entre movimiento y estructura. Ésta última donde elementos libres y flexibles, se mueven y varían para encontrarse en estructuras colaborativas. Esta consideración es una influencia directa del arquitecto-ingeniero Frei Otto, quien, a su vez, se inspira en la naturaleza y en la experimentación.

Este aplica su búsqueda por la forma arquitectónica como método de investigación y diseño de las propiedades emergentes de los sistemas naturales. Mediante este método, se mengua el impacto del hombre en el entorno construido.

Cada experimento practicado sirve como modelo para la explicación de futuras transposiciones de fuerzas, remitiéndose al origen de la forma. Para Otto es absolutamente necesario, que la búsqueda de la forma (Form-finding Architecture) sea planteada a la vez, por arquitectos, ingenieros, biólogos, físicos y filósofos. Él considera una tarea ética, encajar cada nueva estructura en el entorno con un mínimo de materiales y consumo energético, tal que forme parte de un sistema ecológico.

Los proyectos de Spuybroek son principios transformativos, en donde la consolidación o estabilización de la estructura es un aspecto del sistema auto portante e ingenieril. Se investiga el uso de nuevas herramientas en la construcción actual del espacio. Al estar muy conectado a los procesos de fabricación y a los principios estructurales, emergen nuevas posibilidades tectónicas, así como experiencias arquitectónicas.

Las aportaciones que Spuybroek ha realizado en los últimos años en la media-arquitectura son muy interesantes y relevantes desde un punto de vista histórico y de permeabilización del contexto actual. Aportaciones que han trabajado la capa sonora y de interacción como materiales de entrelazado a lo tectónico.

Sin embargo sorprende como según sus afirmaciones, parece mostrar una cierta oposición a la compenetración de lo arquitectónico con lo sonoro. En la cuestión planteada sobre la posibilidad de construir con sonido, y por extensión con lo intangible, afirma con contundencia que no es posible, aunque sin ningún tipo de argumento. Con esa afirmación tan determinada cuesta de entender cómo se concibió un proyecto con tanta frescura en su momento como fue el Water Pavillion. Estas consideraciones podrían obedecer al hecho de no establecer relación entre fenómeno vibratorio y forma (o en términos de Spuybroek de estructura). No obstante, es una consideración que pocos arquitectos encuentran relevante, seguramente por la complejidad que supone el estudio de un campo intangible como es el sonido. Por consiguiente, por no establecer las relaciones formales que se producen entre una entidad vibratoria y una entidad tectónica.

Sí es significativa la respuesta de la cuestión sobre la teoría de cuerdas que relacionan materia con vibración, y en cómo puede esta influenciar a la tectonicidad de la arquitectura. Spuybroek sostiene que el gótico es la teoría de cuerdas de la estética, ya que resuelve la oposición entre partícula y onda, es decir en el contexto arquitectónico entre ornamento y estructura. En definitiva, de las dos entrevistas se extrae que la voluntad de ambos por haber realizado obras que entrelazan arquitectura y sonido, es modular.

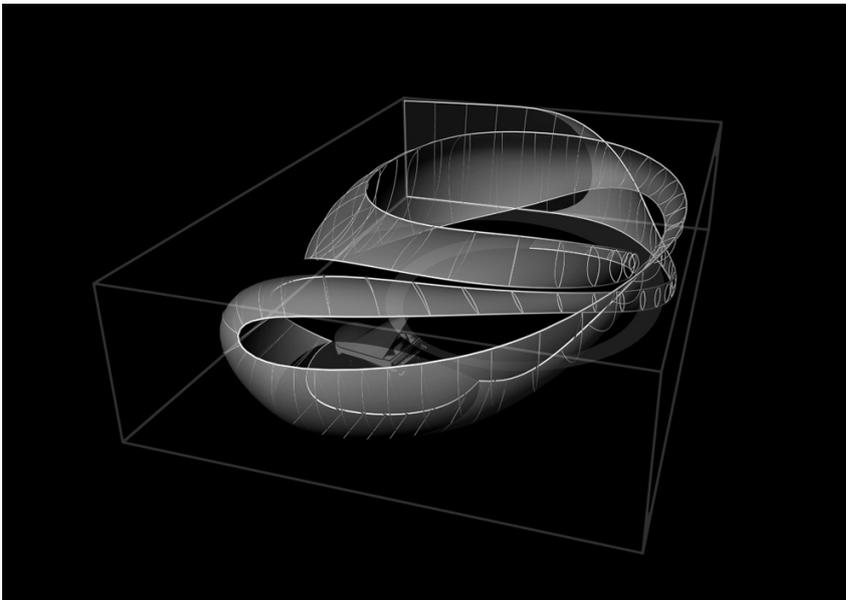
Es decir, el deseo que ambos tienen hacia construir entornos perceptivos, conformados por módulos y capas superpuestas, entre las que se encuentran la arquitectura y el sonido.

Para Lars Spuybroek las colaboraciones con Edwin van der Heide, las ha encontrado relevantes por la proximidad de los procesos en cada uno de los campos. Spuybroek sostiene que el diseño de un script que realiza un compositor de música generativa durante una interacción, es muy similar a cuando un arquitecto transforma un diagrama en diseño.

Ejemplos de intervenciones arquitectónicas con cualidades sonoras en edificios existentes

Un ejemplo de arquitectura cambiante y efímera es la sala de conciertos para el Manchester International Festival de Zaha Hadid en 2009. Una espiral de tela sujeta a un armazón de aluminio envuelve un pequeño auditorio. La forma del proyecto, una banda de tela sintética, translúcida y suspendida, traduce la relación intrínseca de las armonías de Johann Sebastian Bach a una condición espacial arquitectónica. El diseño de esta sala favorece la multiplicidad de la obra de Bach a través de una integración coherente de lógica formal y estructural. La acústica de esta sala está muy bien pensada.

Para dar óptimas condiciones de música de cámara es importante asegurar que el tiempo de reverberación no sea demasiado largo, porque puede hacer que las notas se distorsionen y que la música pierda su complejidad. Igualmente, la reverberación no debe ser demasiado corta porque esto causa que la música suene extremadamente abrupta y una falta de respuesta adecuada de los intérpretes. Por ello, se investigaron una variedad de materiales, como diferentes tejidos, metales y plásticos, para garantizar que los elementos arquitectónicos no afectaran la experiencia musical con demasiado material absorbente de sonido.



Sala de conciertos para el Manchester International Festival

Img > Luke Hayes <http://www.archdaily.com/28250/chamber-music-hall-zaha-hadid-architects/>

Llama la atención la tensión formal y conceptual entre una apuesta muy vanguardista como las que acostumbra a realizar Hadid, y la estructura adoptada escena / audiencia que obedece a la tipología clásica. En este sentido se podrían haber explorado distintas configuraciones espaciales que re-signifiquen escena vs audiencia.

Sin embargo este planteamiento postmoderno del riesgo formal asociado a la convención clásica en contenidos, sucede en numerosos casos actuales. En este sentido, vale la pena preguntarse si la innovación real debe ser conceptual y estructural, o sólo de superficie.

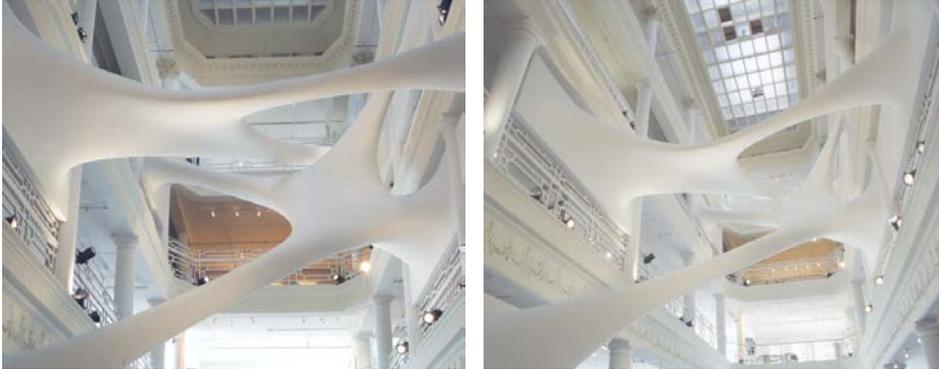
El proyecto para una instalación *Sound of a School* del despacho noruego de Haugen/Zohar en 2011 es un ejemplo, (esta vez no construido) de cómo generar una forma que permite la conexión acústica entre las cinco plantas de la escuela. La estructura es un captador de sonido que recoge el sonido de los usuarios y los materiales. Los sonidos varían desde sonidos de lluvia sobre vidrio, pisadas en el hormigón, murmullo en la cafetería, sonidos de las estaciones del año, etc. El objeto resultante se asemeja a un gran árbol suspendido en el patio central.



Sección, planta e imagen de *Sound of a School*

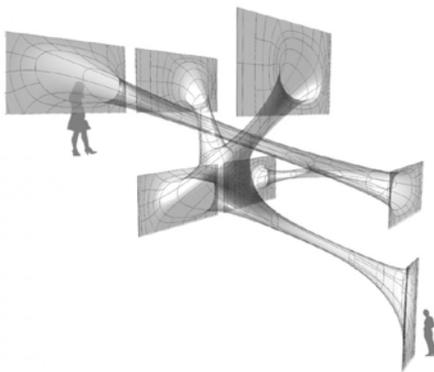
<http://www.hza.no/page.php?pid=38>

Un proyecto muy similar formalmente es el de *Elastika* del estudio de Zaha Hadid para el edificio Moore en Miami completado en 2005 en el que el diseño supuso una complementación y, a la vez, una contradicción al edificio existente construido en 1921.

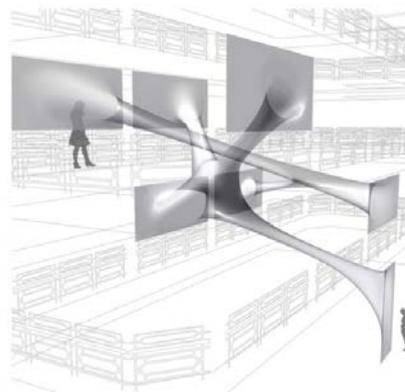


Imágenes de la intervención en el edificio Moore

El edificio existente Moore, originalmente construido para alojar un showroom de muebles, tiene dos movimientos: la circulación horizontal y la verticalidad de las columnas alrededor del atrio central. El diseño de esta instalación aumentó la tensión dinámica dentro de este esquema cartesiano existente. Como si se tratara de un material elástico, se conectan los diferentes espacios, creando una nueva comprensión de geometrías complejas y orden fluido arquitectónico. El diseño y la fabricación de la instalación sólo han sido posibles a través de los últimos avances en tecnología. Su forma se generó mediante un software de geometría compleja (usando el modelo de superficies nurb). Este diseño, a continuación, fue esculpido por CNC (Control numérico) para permitir la fabricación de fresado.



Render conceptual



Render en el atrio

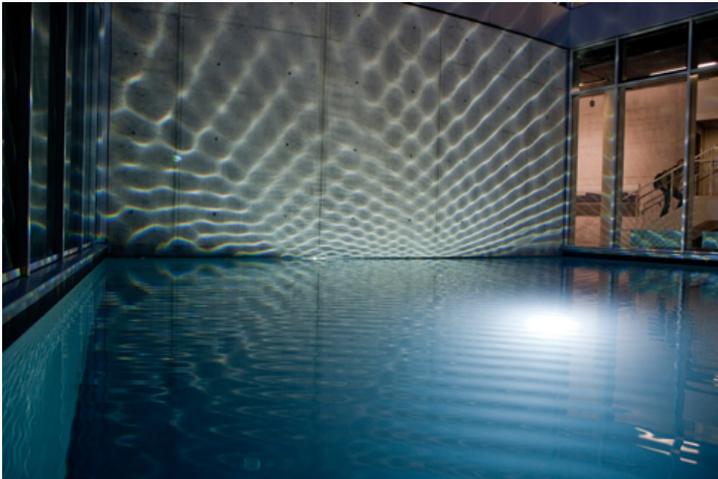
Como se puede apreciar en las imágenes superiores, parecía que los renders al principio del proyecto sugerían unos tubos vacíos que permitían la comunicación sonora. Pero esto no está presente en el proyecto definitivo, porque son tubos macizos, que solo comunican las plantas formalmente. Por lo tanto se trata de un *fake* donde la intención inicial que era bien interesante, queda bastante anulada.

Img > <http://www.zaha-hadid.com/design/elastika/>



Img > <http://www.finnbogi.com/Works/deep2010.html>

Otro proyecto interesante a nivel de intersección entre arquitectura y sonido es el del artista islandés Finnbogi Pétursson, llamado *Deep 2010*, en la Universidad de Reykjavik. Es una piscina exterior de 120m² y 4 m de profundidad emplazada dentro de un edificio. Una bombilla de 2kw refleja las ondulaciones de la superficie del agua en las tres plantas del edificio. El agua precalentada visualiza los rayos de 7.8 Hz a través del vapor. Pétursson trabaja también con el sonido en estado puro, partiendo de sus propiedades físicas naturales y capturando los fenómenos acústicos del agua. Las ondas sonoras se transmiten mediante altavoces por el agua formando reverberaciones en la superficie que a su vez son transmitidas por el foco de esta bombilla colocada bajo el agua. Las formas de las ondas son variadas y cambian siguiendo patrones geométricos, dando una cierta armonía al edificio de la universidad.



Imágenes del proyecto Deep

Img > <http://www.finnbogi.com/Works/deep2010.html>

El proyecto Lullaby Factory (Fábrica de canciones de cuna) en el Great Ormond Street Hospital de niños de Studio Wave es otro de los proyectos interesantes a mencionar en este capítulo, porque ha traído otra realidad a emerger: la arquitectura industrial de des hecho puede convertirse en sonora y hacer la estancia de niños enfermos más placentera y divertida.



El equipo de StudioWave se inspiró en el lio de tubos y sistemas de drenaje que cubren la superficie de las paredes de ladrillo. En lugar de cubrirla optaron por agregarle un amplio marco de tuberías y trombones. Se reciclaron varias piezas de una caldera de un hospital fuera de uso. Studio Weave ha transformado un espacio de servidumbre entre edificios en una Lullaby Factory (Fábrica de canciones de cuna) y en un mundo secreto que no puede verse excepto desde el interior del hospital. Tampoco puede ser escuchado, solo cuando se sintoniza su frecuencia de radio desde las salas de enfermos o de unos tubos especiales de escucha.* El proyecto es un paisaje efímero de fantasía, de diez plantas de altura y 32 metros de ancho, mezcla entre la visión romántica industrial urbana de Londres y la complejidad de instrumentos producidos artesanalmente. La fachada deviene un paisaje sonoro, al que la compositora y artista sonora Jessica Curry ha añadido una canción de cuna especial.

Img.src><http://laby/laovertherooftopsoftheworld.wordpress.com/2013/03/09/lullaby-factory-at-childrens-hospital/>



**Tubos de escucha*

[Lullaby Factory @ Great Ormond Street / Studio Weave]

Img.src><http://lullabyfactory.wordpress.com/2013/03/09/lullaby-factory-at-childrens-hospital/>

3

Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido
Sonido y Cuerpo

El sonido como interconector entre el cuerpo y el espacio***-La arquitectura es perceptiva y sensorial***

El arte de crear espacios está directamente relacionado con la percepción. La percepción es un *proceso nervioso complejo*, que permite al organismo, a través de los cinco sentidos (visión, audición, tacto, olfato y gusto), recibir, elaborar e interpretar la información proveniente de su entorno. El sentido del equilibrio, que informa al organismo de la posición del cuerpo y de los músculos, viene en gran parte determinado por el sentido de la audición. El cerebro recibe la información, a través de las terminaciones nerviosas, ligadas a las fibras musculares. El sujeto capta la información a través de esta percepción, constituyendo el primer paso en el proceso de la cognición. Esta permite formar una representación de la realidad del entorno. A través de la luz, el ser humano codifica la distribución de materia-energía en el espacio-tiempo, percibiendo los objetos distribuidos en el espacio, así como su movimiento. A través del sonido, el ser humano codifica las vibraciones de las moléculas del medio (aire, agua y gas) cuando se las mismas se mueven y chocan con las superficies de los objetos. Dichas vibraciones, generadas en los sistemas de articulación vocal de los organismos de una especie, determinan el lenguaje.



Nuestro cuerpo se rige por los sentidos básicos de la percepción. Utilizamos los sentidos de la vista y del oído, mayoritariamente, más los otros tres sentidos (tacto, gusto, olfato) utilizados en menor medida, para percibir los objetos y sensaciones que nos rodean. La audición, nos ayuda a percibir la distancia que nos separa de los objetos, haciéndonos saber si nos distanciamos o nos acercamos a ellos. Por ejemplo, si estamos a oscuras en un cuarto, o tenemos los ojos vendados, nos percatamos (a través de la audición) con más atención de todo lo que acontece a nuestro alrededor: las pisadas de otra persona en el mismo cuarto, alguien que baja las escaleras, pisadas en el piso superior o hasta el ruido de una puerta, al abrirse o cerrarse. Seremos capaces de determinar de dónde proceden estos ruidos con bastante precisión, es decir, calcularemos su localización y sabremos dónde se encuentra la puerta de la que procede el ruido. También podremos intuir la dimensión del espacio en el que nos encontramos, mediante la utilización de nuestra voz o simplemente mediante sonidos externos.

El sonido, en tanto que material temporal, fluye a través del entorno. La percepción atenta del sonido, o escucha sonora*, está considerada una experiencia sensitiva, que podría estar en consonancia con la experiencia vital del edificio. Si la arquitectura es el arte de proyectar y de construir para el ser humano, también se podrían tener en cuenta las capacidades perceptivas del mismo. De este modo, dichas construcciones estarían en sintonía con el cuerpo. Si la arquitectura genera un caparazón referenciado al ser humano, siguiendo las pautas del cuerpo, se podría decir entonces que éste funciona como una *tercera piel*. La misma proporciona cobijo ante las inclemencias del tiempo y seguridad, tanto funcional como emotivamente. El interior del cuerpo está constituido por átomos, electrones y otras partículas subatómicas, que forman los órganos, ganglios, huesos, venas, etc. El exterior de todo este complejo organismo del ser viviente es la primera piel. La vestimenta es la segunda piel. La tercera, podría considerarse como la arquitectura que contiene los cuerpos humanos.

Estas pieles o membranas, deberían ser entendidas y construidas como un ente sensorial, en el cual los cinco sentidos estuviesen de alguna forma presentes. En un principio, el ser humano debía resguardarse en una cabaña, entendiéndose esta como una capa más que envuelve su propio ser. No obstante, la arquitectura se ha ido desprendiendo de este significado inicial, para convertirse en disciplina al servicio de un ente ajeno: primeramente como templos sacralizados para los dioses y actualmente, como espacios sometidos a los valores corporativos. Además del factor económico, la arquitectura actual ha seguido los cánones de una sociedad impregnada únicamente por valores visuales. Al ser humano actual, se le define como "ser humano óptico". Se trata aquí de una sociedad autista respecto a los demás sentidos, donde la imagen se prioriza del resto. Haciendo nuevamente referencia a la arquitectura, hemos mutilado la capacidad de percibir nuestros sentidos en cuanto a ella. Como resultado, la misma ya no funciona del todo como una tercera piel. Hemos creado otra piel que envuelve nuestro cuerpo, pero que la aleja de nosotros mismos. Como si se tratase de una maqueta, la arquitectura se ha transformado en un modelo de caja aséptica e idealizada, que prácticamente sólo se puede 'ver'.

Los otros sentidos, como el sonido, el tacto, el olfato y el gusto, simplemente no son tomados en cuenta al momento de diseñar esta tercera piel, apareciendo luego, quizás y sólo por el azar, en la obra construida. En la mayoría de los casos, con la excepción de la construcción de teatros o auditorios, el carácter acústico y auditivo que posee un espacio, tiene poca relevancia en el proceso de diseño. Mientras que la luz, es un tema que los arquitectos tienen muy en cuenta, el sonido es aún el gran ausente en el momento de proyectar edificaciones y espacios arquitectónicos.

En la cultura occidental, la vista se ha considerado el sentido más predominante. El grado de inhumanidad presente en la arquitectura contemporánea y en la conformación de las ciudades, se puede entender como consecuencia de no tener suficientemente en cuenta el cuerpo y los sentidos. Esto crea cada vez una mayor alienación, e impide la capacidad de generar experiencias. La separación del medio y la soledad ocasionadas por el mundo actual son en gran parte responsables de la atrofia de los sentidos. En complemento, una visión del mundo cada vez más higienista, ha fomentado la ausencia de olor, sabor y tacto en las experiencias cotidianas. Este reducido enfoque, ha dado pie a un cierto síndrome de autismo arquitectónico, sobre todo en los edificios más tecnológicos. Si nos abrimos al mundo de la percepción, descubriremos un mundo de interacción entre los sentidos. Pensemos que nuestras primeras experiencias en la vida, han estado impregnadas de sensaciones relativas a la percepción del tacto de la piel y del sonido. Estas han servido fundamentalmente para orientarnos y hacernos conscientes de nuestro entorno.

* Se trata aquí de percibir el sonido valorando sus elementos, lo que es distinto al hecho de 'oír'.

El ojo, es el órgano de la distancia y de la separación. La visión es direccional y nos aísla del objeto. El sonido es multi-direccional y nos incluye*. El sentido de la vista alcanza lo externo, mientras que el sonido capta una experiencia más bien interior. A su vez, la percepción está relacionada a la memoria, tanto sea empírica como genética, que ayuda a la interpretación y a la formación de la representación. Recordamos los espacios, tanto desde su forma y contenido, como desde la percepción que sentimos al visitarlos. Una arquitectura que incluya todos los sentidos, será una *arquitectura sensorial*. En la última década, se han realizado investigaciones y experimentos relativos a este marco.

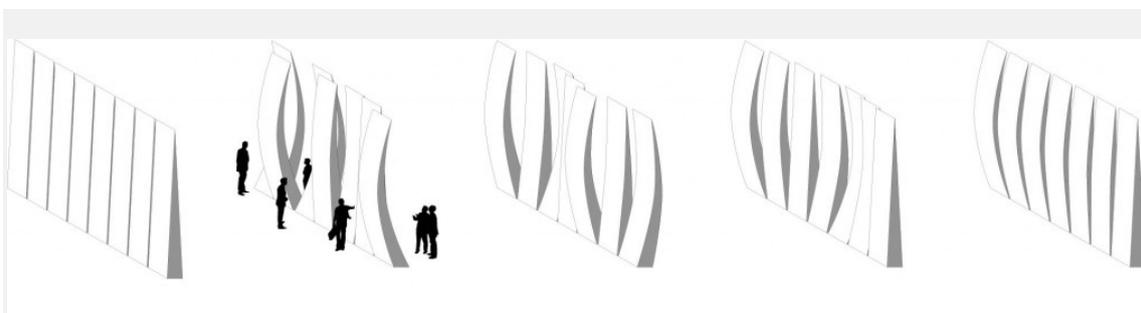
arquitectura sensorial

sentidos DE LA PERCEPCIÓN
VISTA, OÍDO, TACTO, OLFATO Y GUSTO

arquitectura como PIEL sensorial
SEGUNDA PIEL → SEGURIDAD FUNCIONAL, EMOTIVA

VALORES más HUMANOS
→ INTERACCIÓN DE SENTIDOS
VISIÓN = UNIDIRECCIONAL (nos aísla)
SONIDO = OMNI-DIRECCIONAL (nos incluye)

Un ejemplo de experimentación en arquitectónica sensorial y de interacción con personas, sería el proyecto de una pared emotiva**, realizado por Kas Oosterhuis, el grupo Hyperbody y la empresa FESTO. La pared interactiva, traduce el comportamiento de las personas que se encuentran delante, en movimiento, luz y sonido en tiempo real. De esta manera, la pared se conforma como un dispositivo de interacción con el usuario.



* Pallaasma, Juhani. 'The eyes of the skin'. (2005).

** *Festo Wall Pared interactiva*, proyecto Kas Oosterhuis, Hyperbody y FESTO AG


El mismo consiste en siete elementos individuales, que tienen una estructura con efectos de rayo de aleta (*Fin Ray Effect*), inspirado en la anatomía de la aleta de cola de un pez. La ventaja de esta estructura, es que puede ser movida y desviada lateralmente, como sistema mecánico de palancas, por medio de dos dispositivos de impulsión eléctrica. Esta estructura se mueve sobre su eje central hacia y contra el usuario, formando tanto una forma convexa como una cóncava. Un cambio pequeño de estímulo, es suficiente para conseguir esta deformación. Los segmentos individuales de la pared interactiva pueden, bien seguir un patrón controlado para producir un movimiento de onda, o bien interactuar con los visitantes mediante dispositivos eléctricos, que convierten las señales de los sensores de ultrasonido en movimiento. La estructura se aleja de las personas cuando estas se acercan al dispositivo. Sensores captan su presencia y traducen esta información en luz (con luminarias LED) y en sonido. Los momentos de sincronía, se presentan como sonido más calmado y de baja frecuencia, mientras que un comportamiento asincrónico conlleva a un sonido más intenso. Cada nodo de estas estructuras verticales, emite un acorde cuando entra en movimiento. El resultado final son patrones de acordes oscilantes y siempre cambiantes.



Vista del interior de un elemento vertical con sus nodos / Pared interactiva, de Kas Oosterhuis, Hyperbody y FESTO AG

Img > <http://brainvillage.blogspot.com.es/2009/04/festo-interactive-wall.html>

-Fenomenología y psico-percepción del ruido

Previo a cualquier indagación en relación al vínculo de cómo afecta el sonido al cuerpo, desde un punto de vista neurológico, psicológico y biológico, se hace necesaria la definición y contextualización del concepto ruido.

Desde una óptica fisiológica, se considera como ruido, cualquier elemento sonoro que en una escala de intensidad puede afectar en mayor o menor medida a nuestros oídos. Los organismos disponen de un rango de frecuencias variables, en función de sus características biológicas y fisiológicas. Los animales que pueden llegar a percibir sonidos de muy alta frecuencia son los murciélagos y los delfines. En ambos casos, se dispone de complejos sistemas de emisión de ondas sonoras que les permiten interrelacionarse con el entorno. Se trata de dispositivos de ecolocación o biosonares, que reinterpreten los ecos que generan los objetos a su alrededor, después de haber emitido pulsos sonoros. En el caso del ser humano, el rango acústico medio de la percepción, se establece entre 20Hz y 20000hz, siendo estos valores variables en función de los individuos y edades de los mismos. El concepto de ruido a nivel fisiológico, se determina mediante los distintos niveles de Intensidad acústica en dB. En la siguiente tabla, se muestran distintos eventos sonoros y su relación en escala y efecto.

Fuente	I/I₀	dB	Descripción
	100	0	Límite de audición
Respiración normal	10 ¹	10	Poco audible
Rumor de hojas	10 ²	20	
Conversación en voz baja	10 ³	30	A penas ruidoso
Biblioteca	10 ⁴	40	
Oficina tranquila	10 ⁵	50	Poco ruidoso
Conversación normal	10 ⁶	60	
Tráfico denso	10 ⁷	70	
Oficina ruidosa	10 ⁸	80	
Camión a (15 m); cataratas	10 ⁹	90	Exposición constante perjudica el oído
Tren	10 ¹⁰	100	
Ruido de construcción	10 ¹¹	110	
Concierto de ROCK	10 ¹²	120	Límite del dolor
Pilón neumático	10 ¹³	130	
Reactor	10 ¹⁵	150	
Explosión del Volcán Krakatoa	10 ¹⁸	180	Cohete en Despegue
Explosión bomba atómica	10 ²⁰	200	Explosión tipo Hiroshima/Nagasaki

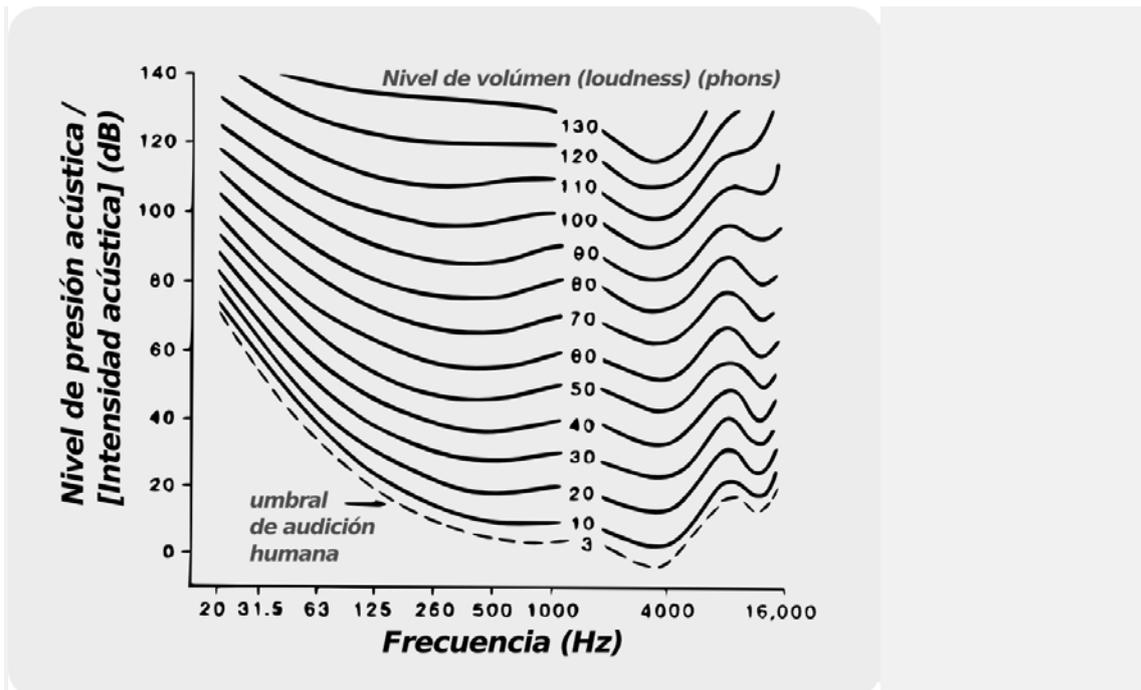
Src > 'OpenCourseware / Universitat de Valencia' // Wikipedia

Sin embargo, la relación de decibelios no es proporcional según una escala lineal. En la audición, se produce un cálculo de orden logarítmico, debido a la diferente respuesta de frecuencias de una misma intensidad. Este efecto, está relacionado directamente con la fisiología y topología de los órganos auditivos que tiene el ser humano por extensión de la capacidad audible.

En otras palabras, las bajas frecuencias (graves) necesitan más energía proporcionalmente a las medias/agudas, para obtener una misma sensación acústica. Este efecto viene dado por la interrelación entre dimensiones y frecuencias. En el caso de querer reproducir frecuencias graves, se necesitará un dispositivo vibrante (altavoz) de una determinada dimensión mínima, debido a que la longitud de onda es de orden mayor. Por consiguiente, para mover una membrana de tamaño medio o grande, susceptible de reproducir frecuencias bajas o graves, se necesitará de un sistema de amplificación con suficiente potencia, para poder hacer oscilar dicha membrana.

No sucede lo mismo para reproducir frecuencias medias y altas, pues el sistema vibratorio no necesitará tanta energía ni dimensión para oscilar. Este efecto, es fácilmente comprobable mediante unos altavoces domésticos de sobremesa. En la mayoría de los casos estos no reproducirán frecuencias por debajo de los 100Hz, por tratarse de dispositivos que no disponen de gran potencia ni gran dimensión, para reproducir en condiciones óptimas las frecuencias más graves.

La siguiente gráfica, muestra el comportamiento de la audición en función de la frecuencia. Con la misma sensación de volumen (curvas), se puede observar como la intensidad necesaria de las frecuencias medias y agudas, es menor que en las de frecuencias graves. Esta variación, se muestra más excéntrica a sus niveles bajos, mientras tiende a uniformarse ligeramente a niveles de presión acústica altos o muy altos.



Gráfica del comportamiento de la audición en función de la frecuencia

Desde una óptica psicológica, se pueden relativizar las consideraciones previas (fisiológicas). Desde un punto de vista biométrico, es evidente que las distintas intensidades sonoras ejercen una acción desencadenante del umbral de ruido.

Sin embargo, el ruido, independientemente de su intensidad, se puede considerar como cualquier elemento sonoro que en un momento determinado no deseamos escuchar/percibir. En este sentido, hablaremos de un *umbral de tolerancia* hacia los *inputs* sonoros externos.

Un ejemplo de esta consideración puede ser el siguiente caso: una determinada pieza musical que normalmente nos produce placer y emoción. Si se escucha la misma en un contexto y momento de alta concentración, por ejemplo, cuando se estudia o se lee, puede suceder que esa misma pieza cree perturbación o altere dicho contexto. Dicho ejemplo, se trataría de un evento catalogado como ruido, a pesar de que pueda tratarse de una pieza musical que convencionalmente no se considere ruido. Por lo tanto, no se trata de una consideración relativa a la *intensidad acústica*, sino de la intromisión acústica, en actividades que necesitarían ausencia acústica.

Evidentemente en el anterior ejemplo se considera un tipo de música exenta al registro del *noise** o ruidismo, en que el ruido conforma la composición musical. Dicho de otra manera: las sonoridades no convencionales se introducen para exponerlas en un plano compositivo y estético.

Existe otro elemento a considerar en el ámbito de la percepción del ruido, desde una óptica psicológica: la continuidad. Si se dispone de un evento de media o alta intensidad sonora, la percepción es distinta a que si estos eventos fuesen continuos o discontinuos. Teniendo en cuenta que la percepción sonora es continua, ya que siempre estamos escuchando, el oído se adapta mejor a sonidos continuos que a aquellos discontinuos. Esto se debe, a que la audición es uno de los mecanismos de defensa más importante del entorno, por su intangibilidad y por tener un rango omnidireccional. Dicho mecanismo, discierne más entre los cambios y singularidades que entre los flujos sónicos continuos. Cuando se escucha un estruendo de manera discontinua, la percepción es más drástica, por tratarse de un contraste con el silencio.

En cambio, si un evento sonoro es de media o alta intensidad, más continuo o prolongado en el tiempo, el oído se adapta a sus niveles acústicos, por no tratarse de accidentes que nos puedan sobresaltar, fomentando entonces estados de relajación. Este último ejemplo, es el caso de ciertas músicas como los mantras, o los drones**, que al disponer de un *continuum* sonoro de sutiles cambios armónicos o de estructura, tienden a producir un efecto relajante. Esto se debe a que el cerebro se acostumbra al evento continuo, y si el mismo es muy prolongado, inhibe los dispositivos de alerta con respecto al medio. En general, la continuidad lleva a la monotonía, relajación, etc. La discontinuidad, lleva a la alteración, agitación, estrés, hiperactividad, etc.

*El 'noise', ruido o ruidismo, es un género musical que plantea diferentes desafíos en las convenciones musicales ortodoxas. Introduciendo elementos y formas acústicas que no tienen porqué coincidir bajo una óptica analítica de armonía, melodía, estructura de tonos etc.

**El género Drone es un subgénero de la música experimental, que se basa en crear un *continuum* de sonido o soundscape, mediante la acumulación de capas sin que exista de una manera muy marcada el concepto del ritmo, bien mediante elementos percutidos, o mediante elementos cíclicos de repetición de fragmentos en la estructura global.

-Introducción del ruido en el lenguaje musical

Desde una óptica cultural, el fenómeno sonoro, considerado socialmente como ruido, se introduce a finales del siglo XIX en los elementos musicales. La influencia de las vanguardias, es determinante en este aspecto. Por un lado, se produce en ese momento una oposición a la tradición clasicista y a las visiones ortodoxas de la composición musical. Por el otro, se consideran y se introducen sonidos cotidianos, derivados de las tecnologías de la época (revolución industrial).

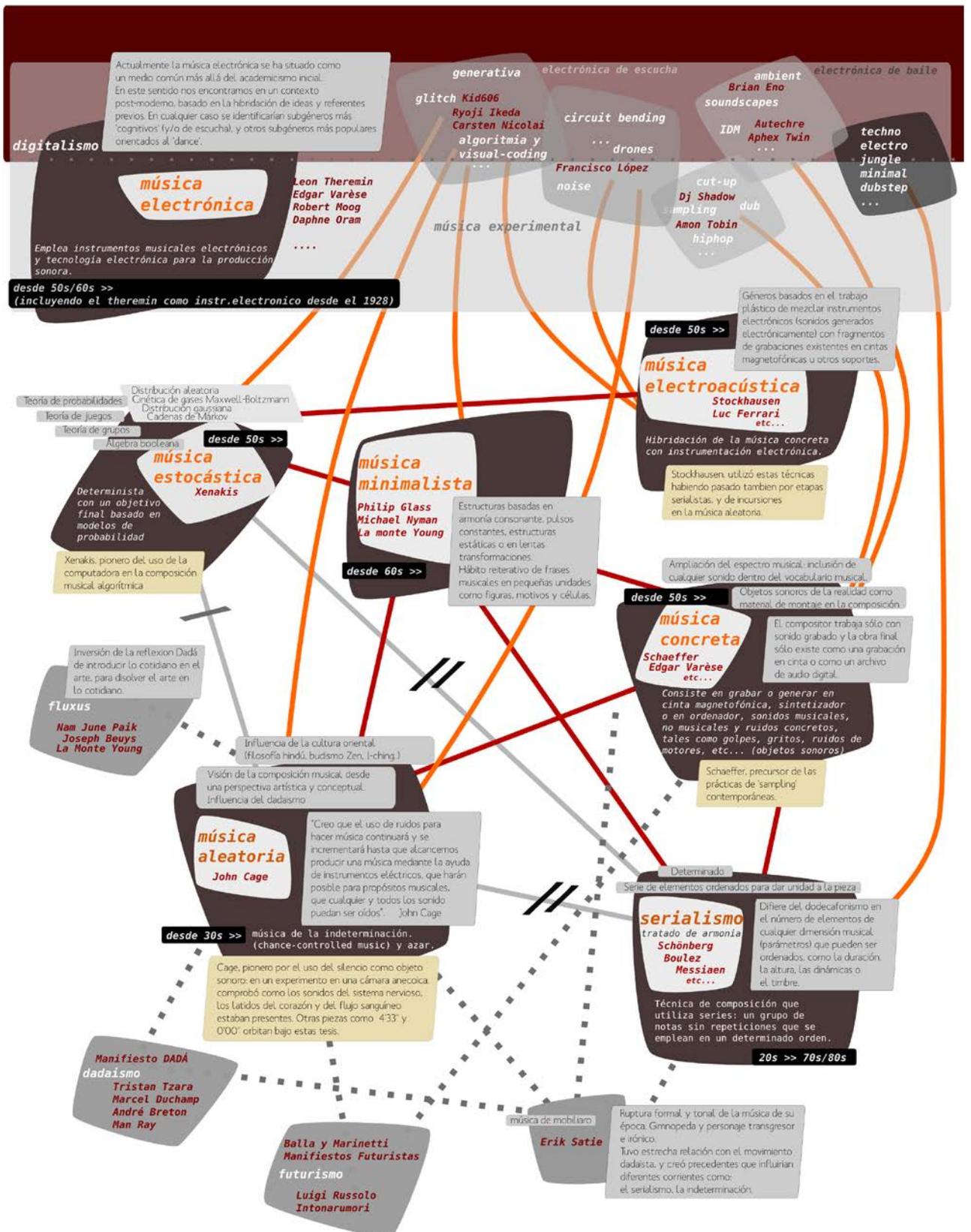
Este impacto de lo *maquínico*, también inspiró a muchos arquitectos (por ejemplo, la metáfora de la Maison Citröhan de Le Corbusier, como vivienda utilitaria construída en serie, al igual que la maquinaria). En el contexto de la historia de la música, la introducción de ruidos tales como los sonidos de cláxones, locomotoras, máquinas, etc., era una apuesta por parte de aquellos agentes de las vanguardias, quienes querían abrir el espectro formal y acústico de los cánones compositivos. En este sentido, se encuentran numerosos ejemplos de adaptación de eventos 'ruidosos', considerados en la época como no musicales: desde el *Intonarumori* de Russolo, los manifiestos Dadá, pasando por *Ur Sonate* de Kurt Schwitters mediante la investigación tímbrica de la voz humana, hasta la investigación de la música concreta de Pierre Schaeffer o Edgar Varese, mediante registros reales (concretos), grabados en soportes magnéticos, que posteriormente se insertaban en composiciones musicales. El legado de John Cage, es sin duda trascendente en este aspecto.

Mediante técnicas basadas en el azar y las teorías de probabilidad (que luego influirían a la música Estocástica de Iannis Xenakis), Cage siempre fue un gran defensor de la introducción de fenómenos sonoros, aunque estos fuesen considerados como ruido. El caso más paradigmático, es la composición *4.33'*. En esta obra, se sustituye una composición determinada por un fragmento temporal acotado a priori (4 minutos y 33 segundos), donde la pieza se desarrolla en función de los sonidos circundantes del contexto.

En *4.33'*, se opta por una composición musical de la no-acción, a través de un acto performativo. El intérprete sube la tapa de un piano con la disposición de tocar este instrumento. Durante 4 minutos y 33 segundos, se mantiene la tensión sin tocar el piano y a continuación, baja la tapa del instrumento. El espacio temporal durante toda esta acción, constituye la captura de los sonidos de la realidad circundante, de manera que esta forma parte de la obra en sí misma. El ruido, ha sido un elemento articulador en distintas fases y etapas de la música experimental (por ejm: Fluxus, música Estocástica, etc.), hasta llegar a numerosas composiciones actuales de música electrónica, en las que se ha normalizado la introducción de sonidos considerados como 'ruidos', en la composición musical.

(Véase el gráfico anexo en la siguiente página, de algunos de los movimientos que articularon la escena más experimental y arriesgada del siglo XX.)

En la próxima sección se analizarán conceptos distintos de los aquí explicados, pero que enlazan con la sección de la percepción. Son conceptos de la neurociencia que analizan con más profundidad, como percibimos el espacio que nos rodea.



La experiencia emotiva y multi-sensorial en la arquitectura, tiene una base biológica sólida, que ahora se está investigando en la neurociencia. Los datos externos, influyen sobre nuestras neuronas. Somos nosotros los arquitectos, los que tenemos en nuestras manos diseñar los edificios de nuestro entorno, y se debería pensar en como éste tiene un fuerte impacto sobre nuestros sistemas cognitivos. Cambiando la geometría de un espacio, podemos mejorar, no sólo que el habla sea inteligible, sino también que la gente sea capaz de expresarse y poder pensar con más claridad. ¿Cómo percibe nuestro cerebro los espacios en los que vivimos actualmente? ¿Cuántos de nosotros vivimos en espacios que reflejan nuestras necesidades vitales, nuestros sueños? ¿Cómo afecta todo ello a nuestro ánimo o a nuestro rendimiento? ¿Hay una relación entre cerebro y espacio?

Hace unos tres millones de años que los seres humanos poblamos este planeta. Nuestro cuerpo no ha cambiado demasiado, pero las costumbres, el marco social y económico, nuestras creencias, la ciencia, las ciudades, etc., han ido evolucionando cada vez más en el sentido científico y tecnológico, en ocasiones con ciertos logros positivos, aunque en otras hacia una sociedad básicamente de consumo, donde el tiempo y el dinero parecen abarcarlo todo. Los neurocientíficos, están comenzando a explorar la relación eurítmica de la música con la salud y el desarrollo de la mente, sugiriendo que el juego musical, epitomiza los procesos cognitivos más altos para favorecer e intensificar la complejidad de la vida emocional. Richard Neutra dijo, hace más de medio siglo, que el entendimiento espacial de una catedral medieval, era derivado no sólo de la visión, sino también del impacto de nuestros pies en el pavimento y por la reverberación de una tos distante. Señales auditivas, visuales y táctiles, se combinan en todas las experiencias arquitectónicas, o como lo describió Neutra, en una arquitectura multi-sensorial.

El neurocientífico Hugo Spiers, del instituto de Neurociencia de la Conducta Humana en la Universidad de Londres, investiga como el cerebro codifica la dirección, el lugar y la dimensión del espacio. Spiers ha estado trabajando en un proyecto con la arquitecta Bettina Vismann y el artista Antoni Malinowski, que explora la relación entre arte, arquitectura y el cerebro. El resultado de este trabajo, ha generado la muestra *Brain Art*, con la proyección de la película *Neurotopographics*, en la galería Gimpel Fils de Londres. Esta exposición muestra la relación entre el movimiento a través del espacio y la actividad del cerebro, que produce una oscilación y un patrón rítmico.

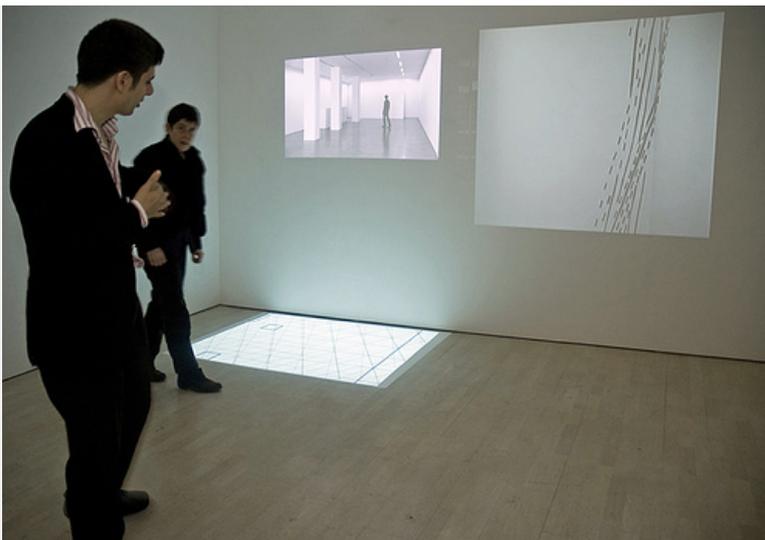


Imagen de Proyección *Neurotopographics* en la galería *Gimpel Fils* de Londres, Reino Unido (2008)
London: *Neurotopographics* Exhibition – <http://www.wellcome.ac.uk/News/Media-office/Press-releases/2008/WTX042816.htm> (traducción: Bea Goller)

Img > <http://blogs.nature.com/london/2008/01/18/neurotopographics>

Hay ciertas células cerebrales que nos proveen el *mapa mental del espacio* y el *sentido de dirección*. Tres tipos de células se han identificado por sus patrones especiales de actividad: las células de lugar, que nos proveen la señal de que nos encontramos aquí como parte de un organizado mapa mental del espacio, las recientemente descubiertas células de red, que nos señalan la distancia recorrida y las células de dirección de la cabeza, que nos proveen una brújula interna. Todas ellas nos ayudan a estar orientados y a poder movernos. Según Spiers: *“Si grabásemos estas células cuando una persona camina por un edificio, tendríamos el sentido de un mapa integrado y un sistema de brújula, representando el espacio alrededor de esta persona. La base de este descubrimiento ha inspirado esta colaboración y esta película”*. Para la instalación de la película, el modelo científico de las células de lugar, de red y de dirección de cabeza, se ha interrelacionado con la experiencia común de caminar a través de un espacio.

Siguiendo el recorrido de una persona a través del espacio, lo que ocurriría comúnmente en la galería, el actor es filmado desde dos puntos de vista: una cámara estática de gran angular, similar a la perspectiva de vigilancia (grabando su movimiento y su localización espacial) y un punto de vista dinámico, filmado desde la perspectiva del actor, grabando impresiones subjetivas del espacio y de su recorrido. Ambas vistas, se superponen con una animación en dos dimensiones, dispuesta en el suelo e indicando patrones asumidos de actividad cerebral relativos a un instante similar. Los abstractos patrones científicos, se fusionan en el suelo de la habitación, para señalar la congruencia física de la actividad del cerebro y la cognición espacial. En el fondo del espacio, aparece un ruido intermitente, producido al convertir las señales eléctricas de las células a sonido. La correlación directa de actividad de células, con el lugar que ocupa un sujeto, sugiere que un mapa del entorno se está construyendo. Esto, nos da un mejor entendimiento sobre la base científica de la percepción. *“Las células de red nos proveen el sistema métrico del mapa”*, dice Spiers (2008) . Este mapa mental, consiste en una malla de triángulos. Cada vez que una persona pasa por un nodo de un triángulo en este mapa mental, una célula de red se dispara. Esta representación topográfica del entorno, está hecha tan acuradamente, que las observaciones de la actividad celular pueden ser usadas para describir la rapidez y la distancia de una persona caminando.

Las células de lugar, activadas por una localización específica, dependen de la arquitectura. De esta manera, cuando las paredes se mueven, entonces el campo de células también cambia. Alterar el espacio en arquitectura, puede tener gran impacto en el funcionamiento de nuestro cerebro. Al parecer, el mismo codifica las dimensiones verticales de una manera distinta que las horizontales. La altura, afecta a las células de lugar y el ancho de un espacio, a las células de red. Así, un mismo espacio se codifica como dos diferentes lugares y por ello, la ausencia de puntos de referencia puede causar una desorientación.



Los avances en la neurociencia, posibilitan explicar las maneras en las que percibimos el mundo a nuestro alrededor, así como movimiento en el espacio. También explica la manera en la que nuestro entorno afecta nuestra cognición, y en consecuencia a la habilidad de resolver problemas o afectar nuestro estado anímico. Por ello, el entendimiento de los principios de la neurociencia, particularmente en el área de la percepción y la orientación espacial, puede informarnos sobre hechos ambientales que minimicen efectos negativos psicológicos, cognitivos y emocionales. Nuestra memoria y nuestro sentido del lugar están muy conectados. Crear un entorno involucra diseñar el lugar.

En el estudio *Neuroscience and Architecture: Seeking Common Ground*, la memoria y el sentido del lugar, involucran la misma parte del cerebro: el 'hipocampo':

*"Un intrigante hallazgo en la neurociencia de la memoria espacial, es la implicación del hipocampo cerebral, así como la formación y recuperación de la memoria de eventos autobiográficos. Esta relación íntima, entre memoria y sentido de lugar, es reflejada en la observación de que el hipocampo parece ser muy importante para las dos funciones. Nuestra memoria de eventos, puede depender de un sentido fuerte de lugar y por extensión, este sentido de lugar, puede ser influenciado por la integridad de memorias formadas en esta parte del cerebro. Por ello, la consideración de los factores que influyen la memoria, puede ayudarnos a mejorar los diseños arquitectónicos de edificios de investigación, hospitales o cualquier espacio ocupado por una comunidad de individuos, que intentan orientarse dentro del edificio."**

Nuevas neuronas se generan continuamente en los cerebros adultos de mamíferos y los neurocientíficos saben, que cuando se mueve un animal de un entorno gris y empobrecido a uno más complejo y estimulante, el número de estas neuronas se incrementa dramáticamente. Para Fred Gage, un neurocientífico del Instituto Salk y miembro de directores de ANFA (*Academy of Neuroscience for Architecture*), el edificio plantea la siguiente cuestión: *¿Qué pasa cuando un edificio promueve las actividades para las que está diseñado?*

Desde el punto de vista de un neurocientífico, aún no se conoce bien la respuesta a esta cuestión. Los investigadores están avanzando en ver como el espacio altera la mente, sobre todo en ratas, separando el papel de la interacción visual del entorno de las interacciones físicas. Tales apreciaciones, ayudarán a entender los procesos fisiológicos cuando un humano interactúa con el espacio y cómo afecta esto al cerebro. Hay muchas escuelas de arquitectura, ya interesadas en incorporar estos descubrimientos a sus planes de estudio actuales. Las herramientas para saber la influencia del espacio ambiental en la función del cerebro, ya se están estudiando, combinando técnicas de imaginación cerebral con programas de realidad virtual. Percibir un edificio, es un proceso complejo, que implica sensaciones como la vista, pero también otro tipo de percepciones como el oído, el gusto y el tacto. La Neuroarquitectura es una parte de la neurociencia que medir el cerebro y el cuerpo en relación a un edificio. También intenta que conozcamos el interior de nuestro cuerpo, para lograr concebir edificios y espacios en consonancia con nuestro bienestar, no sólo físico, sino también mental.

Si nuestros entornos son agradables, estamos más satisfechos, más relajados, y a la vez fabricamos más sustancias como la oxitocina (hormona clave de la confianza) y la serotonina (inhibición del enfado y de la agresión, control de la temperatura corporal, del mal humor, del sueño, etc).

* Sternberg, Esther M. and Wilson, Matthew : *Neuroscience and Architecture: Seeking Common Ground*. Cell Magazine, Vol 127, No. 2, pg. 239-242. October 20, 2006. Cell Press, Maryland Heights, EE.UU.

** ANFA, *Academy of Neuroscience for Architecture*, 1249 F Street Suite 222 San Diego EE.UU.

**Eberhard, John es el presidente fundador de ANFA y autor de los libros "Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture" y "Architecture and the Brain: A New Knowledge Base from Neuroscience"

La región cerebral que está asociada a las experiencias con la arquitectura, es el área de la circunvolución del hipocampo. Compuesta por materia gris cortical, esta región desempeña un papel importante en la memoria de codificación y recuperación de escenas. Las escenas, son más importantes que las caras de los individuos o los objetos.

Se ha descrito, que esta área se convierte en más activa, cuando los sujetos ven escenas complejas, tales como habitaciones con mobiliario, paisajes o calles de una ciudad. Sucede al contrario, cuando están mirando fotografías de objetos, caras, fachadas de edificios u otros estímulos visuales. Las consideraciones anteriores, son factores de gran importancia en otros campos, como por ejemplo el de la publicidad.

Caminando por un corredor, casi no nos damos cuenta de que los flujos ópticos y acústicos nos dan una información adicional sobre dónde estamos y si colindaremos con otros objetos. El mundo de los sentidos, comienza en la periferia de nuestros cuerpos moviéndose hacia niveles interiores y más altos de la percepción. De manera analógica, los sentidos guían la manera en la que actuamos en nuestro mundo. En resumen, el trabajo de la arquitectura es un juego de interrelación de la suma de percepciones sensoriales y de las ideas.

Una resonancia magnética, nos permite ver la actividad cerebral en seres vivos sanos cuando están experimentando sonidos o imágenes visuales y espacios. Utilizando electroencefalogramas, se pueden medir las ondas sonoras mirando como una persona responde cuando se mueve a través del espacio real o virtual. En la universidad de San Diego en California, se están desarrollando sistemas que permiten 'mapear' el cerebro entero, utilizando 250 electrodos a modo de gorro. Con tal cantidad de electrodos, se puede hacer un análisis de vectores para verificar el origen de las señales en el cerebro, así como de las frecuencias e intensidades de las mismas. También se puede ver si una persona está involucrada en lo que está haciendo o está relajada. En la actualidad, se hacen electroencefalogramas a personas en movimiento, a través de un espacio. De este estudio se desprende que los espacios más agradables son espacios en dónde hay interacción humana.



El sonido adquiere una notoria relevancia cuando se inserta en el ámbito de la psicología, tanto individual como social. Esto es debido a la importancia del sonido como mecanismo estructurador del comportamiento y/o condicionamiento humano. En la sección anterior se analizaba el sonido desde una óptica de conformación espacial. Sin embargo, el mismo no está exento de otros análisis relacionados con el cuerpo y por extensión con la psique humana. En las últimas décadas, la industria armamentística ha desarrollado diversos dispositivos sónicos, que tienen como finalidad la de intervenir en situaciones de conflicto. Se trata de armas sónicas, las cuales son capaces de producir distintos efectos de alteración en el comportamiento humano. Uno de ellos sería aquél puramente fisiológico. Las armas sónicas, son mecanismos extremadamente dañinos para la salud humana.

Existen algunos ejemplos de armas sónicas, capaces de perforar físicamente el tímpano, y consecuentemente de dañar irreversiblemente dicha parte del cuerpo. Otro efecto de este tipo de armamento sería el psicológico. Un factor importante, es el mecanismo generador de miedo. Basándose en un comportamiento esencialmente animal, generado por el instinto y sin análisis racional de la situación, el ser humano actuará evitando peligros que puedan presentarse ante él con una primera reacción. Distintamente a cualquier estímulo habitual, un gran estruendo o potencia sonora focalizada, generará de manera inconsciente un rechazo que incitará a buscar un escape. Independientemente del efecto destructor que pueda tener un arma sónica, todo efecto psico-social de miedo, generará incertidumbre e inseguridad en los sujetos víctimas de este tipo de dispositivos. El miedo es una de las emociones humanas que incitan más a la sensación de sometimiento. El poder y el dominio, se basan principalmente en controlar dicha emoción, sin que ello haya cambiado en lo absoluto desde tiempos remotos hasta la actualidad.

Otro efecto notable, sería el fomento del *desequilibrio mental conducido*, y de *estados de confusión psicológica*. Un ejemplo, sería el nefasto uso del sonido como *tortura psicológica*, que se ha implementado en distintas partes del mundo. Un caso paradigmático es el de las torturas sónicas, inducidas a prisioneros del campo de encarcelamiento de la base militar estadounidense en Guantánamo, Cuba. Las mismas consisten en confinar prisioneros a pequeños habitáculos y someterles a la exposición prolongada de sonidos de más de 24h, a volúmenes que rozan el límite del dolor. El resultado es un estado de distorsión de la realidad y de confusión mental elevada, que induce la ansiedad, estrés, alienación, etc. Existen también ejemplos de armas sónicas y dispositivos acústicos con fines disuasorios (de mayor o menor efecto destructivo), explicados en el libro *Sonic Warfare* de Steve Goodman (2010)*.



Armas sónicas usadas por el ejército Nazi en la segunda guerra mundial



Armas sónicas de tipo LRAD usadas en ataques sobre la población civil.
Efectos: lesiones irreversibles

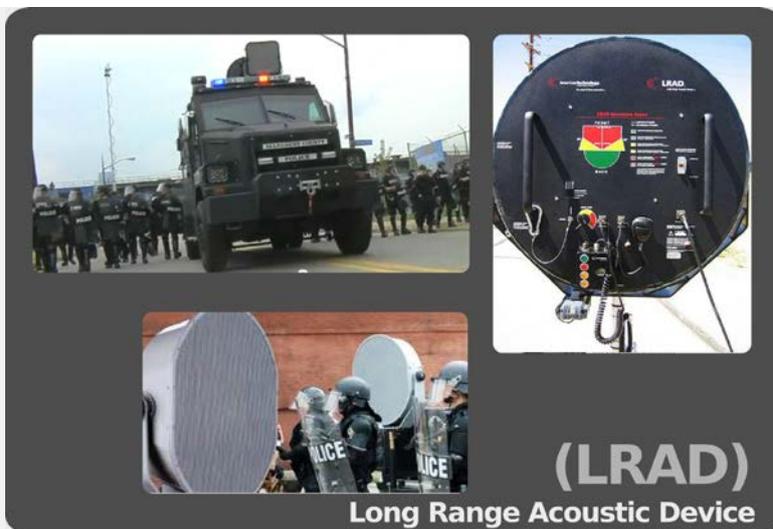


Arma sónica de autodefensa

*Goodman, Steve *Sonic Warfare, Sound, Affect, and the ecology of Fear*. Cambridge: MIT Press, 2010.

Las armas sónicas de este calibre, incluyen los utilizados dispositivos acústicos calificados como de *Long Range**, en la cumbre del G20 en Pittsburg de 2009. Los dispositivos psicoacústicos utilizados para la detención del Presidente de Panamá (acusado de narcotraficante) Manuel Noriega, por parte de la armada norteamericana, las bombas sónicas arrojadas sobre la franja de Gaza y los repelentes de ratas de alta frecuencia, utilizados contra pandillas de jóvenes en centros comerciales, son ejemplos de este tipo de armas. La industria armamentista y las grandes corporaciones, disponen de suficientes recursos para investigar las implicaciones del sonido, también a nivel de infra y de ultras frecuencias (es decir, a niveles no audibles) pero si sensitivos, capaces de producir alteraciones en nuestro cuerpo de forma a veces incluso atroz.

En la naturaleza, existe un ejemplo – la gamba-pistola** (*Pistol Shrimp*)- realmente sorprendente, en el que se utiliza una especie de arma sónica como método de disuasión, repeliendo a los depredadores. El crustáceo utiliza sus tenazas para ejercer un rápido golpe contundente, generando una burbuja de aire de alta intensidad. Esta descarga genera una onda expansiva que produce gran intensidad de energía, la que suficientemente alta, aturde y disuade cualquier amenaza de otro organismo marino.



**Las LRAD o 'Long Range Acoustic Device', son dispositivos utilizados principalmente contra manifestaciones, con el objetivo de disuadir las multitudes de permanecer en un espacio concreto. Se basan en la emisión de frecuencias medias y altas a extremada potencia, produciendo un efecto doloroso si los sujetos receptores no se distancian lo suficiente del foco emisor.*



***Imagen de la descarga de una onda sonora, desde la tenaza de una Pistol Shrimp. Img extraídas de vídeo > <http://www.youtube.com/watch?v=eKPrGxB1Kzc>*

Otro ejemplo histórico del sonido como mecanismo estructurador del comportamiento y/o condicionamiento humano, sería el paradigma de la música Muzak. En una web destinada a ofrecer servicios relacionados con la música muzak, se describe sin ocultar su propósito final:

“Una solución integrada audio-visual, mantendrá a los clientes entretenidos, ocupados y focalizados en sus productos y servicios.” (<http://www.muzak.com/>)

La música muzak (comúnmente conocida como ‘elevator music’ o música de ascensores), es todo un conjunto de arreglos de música instrumental adaptada de la música popular, que está específicamente diseñada para ser reproducida en centros comerciales, tiendas por departamentos, centros de atención telefónica, aeropuertos, consultorios médicos, etc. Se trata de un registro que produce un determinado efecto psicológico dirigido a los clientes: una sensación de ralentización y supuesto confort y comodidad, que entre otras variables, provoca la permanencia del cliente en dichos establecimientos, con el objetivo de que invierta más tiempo para buscar con tranquilidad la compra deseada, potencialmente induciendo al mayor consumo de artículos. Por lo tanto, se trata este de un registro generador de comportamiento, que fomenta el consumismo.



La música muzak está específicamente diseñada para reproducirla en centros comerciales, departamentos de ventas, atención telefónica, etc. Se trata de un registro que produce un efecto psicológico a los clientes: una intencionada vocación de generar una confortable contextualización hacia el consumo.

Un tercer ejemplo histórico del sonido, como mecanismo estructurador del comportamiento y/o condicionamiento humano, sería el caso del *gaming* o videojuegos. En este caso, se puede comprobar como la mayoría de videojuegos disponen de efectos sonoros que potencian el efecto inmersivo de la ficción jugada.

En numerosos casos, el tema recurrente es el juego bélico. El juego bélico es respaldado por exuberantes efectos sonoros para conseguir mayor grado de realismo y adicción. Sin embargo, se puede comprobar cómo los juegos de mayor éxito, son precisamente los que disponen de este tipo de registro, tales como: juegos de guerra, de competición o de tácticas con fines bélicos. Estos ejemplos, siempre van acompañados de sus sonidos enfáticos, que aumentan la representación/ficción de los mismos.

¿Pero: por qué razón este tipo de juego tiene tanto éxito?

Si se analiza con detenimiento, se podrá comprobar cómo en la realidad los desarrolladores de la industria del juego, son mayoritariamente de género masculino (construido por y para el disfrute de dicho género). Como ejemplo de este razonamiento, se puede consultar el siguiente documento:

*Los usos de Internet en las edades más jóvenes: algunos datos y reflexiones sobre hogar, escuela, estudios y juegos.**

“Efectivamente, otro de los problemas graves que se abordan en unos y otros estudios es el sesgo de género del software educativo y los juegos de ordenador, que parece que se dirigen a un público mayoritariamente masculino. En general, aparecen pocos personajes femeninos y, cuando lo hacen, están encasillados en roles tradicionales (madre, esposa, enfermera). Parte importante del problema es cuando los profesores ni los padres detectan ese sesgo de género. Los profesores dicen que las niñas son más creativas, pero los niños juegan más horas. Hasta hace poco, los juegos sólo se orientaban a niños, con mucha violencia, ruido, disparos. Las niñas les horrorizan esos juegos de guerra y violencia (matar marcianos) y especialmente la música repetitiva que los acompaña. Prefieren los juegos de identidad, de roles, de simulación de la vida real. Probablemente por ello las niñas utilizan los videojuegos en proporciones muy inferiores a los niños. El estudio del Observatorio de la Seguridad de la Información (2009) muestra que mientras que al 51,8% de los niños entre 10 y 16 años los videojuegos les gustan mucho o bastante, entre las niñas eso solo ocurre con algo más de la mitad (27,3 %). Salvando las excepciones del Wii como paradigma de juego integrador tanto de edades como de géneros, el hecho de que el dato apuntado anteriormente sea una realidad a día de hoy, sólo demuestra que este sector aún está regido por un patriarcado dominante que fomenta la conformación y perpetuación del comportamiento del individuo según unos estereotipos clásicos.”

Otro ejemplo, sería el que de manera cotidiana se usa habitualmente como elemento de control ejercido por la autoridad. El sonido como alerta de condicionamiento. Cuando un profesor da un golpe en la mesa, o un juez da con el mazo en su soporte, adquieren un significado de alerta o de finalización de una situación confusa, o de un proceso (respectivamente). Las alertas también pueden estar automatizadas para marcar unos comportamientos de orden funcional, por ejemplo las alarmas de una fábrica para indicar el inicio/fin de la jornada laboral.

* Cecilia Castaño Collado // CEE Participación Educativa, 11, julio 2009, pp. 73-93
(<http://www.educacion.gob.es/revista-cee/pdf/n11-castano-collado.pdf>):

Las armas sónicas son dispositivos que tienen como único fin, (como se ha descrito en la sección anterior), ejercer la disuasión mediante una acción muy agresiva hacia el sistema auditivo. Ya sea en manifestaciones, como en otros casos de conflictos armados, las armas sónicas son usadas como agentes perturbadores selectivos, evitando que la gente se congregue. En otros casos se usan como método generador de éxodo humano, dejando edificaciones e infraestructuras intactas y vacías. Por el contrario, los dispositivos armonizadores sónicos, podrían ser precisamente aquellos que fomenten la congregación y la sintonía humana. Podrían tener estructuras dinámicas y orgánicas, de orden mutante, que podrían concretarse en infinitas combinaciones, con gran flexibilidad y adaptación de recombinación.

Biología

Estructuras semejantes a este tipo, se encuentran ya en la naturaleza, como por ejemplo, una manada de pájaros o un enjambre de insectos (abejas, moscas, etc.) revoloteando y emitiendo su peculiar zumbido. La complejidad de estas agrupaciones, sorprende cuando se lee su comportamiento grupal o colectivo. Observando la morfología de un banco de peces, por ejemplo, un complejísimo sistema perceptivo mediante biosensores táctiles y de presión del medio, ejerce un reglaje y un equilibrio continuos, en la posición de cada uno de los individuos que componen el banco. El sistema de percepción, viene a ser en sí mismo, un dispositivo de defensa contra otros depredadores de mayor tamaño.

En este tipo de comportamientos colectivos, los organismos se están comunicando mediante sonidos codificados, y, de manera más primaria, mediante la precisión psicomotriz, que les permite tener una posición dentro del conjunto para que la estructura del mismo no colapse. Sin duda es esta una sincronización armónica, objeto de culto, más allá de las esferas de la biología. En la programación y especialmente en la programación creativa, numerosos proyectos disponen de recursos técnicos para simular este tipo de estructuras organizativas. El clásico algoritmo 'boíds', se usa comúnmente en las Ciencias de la Computación, para reproducir, analizar o extraer información, de estos complejos sistemas de agregación.

Las estructuras rígidas, tienden al inmovilismo y por consiguiente, son las menos preparadas para sobrevivir a la mutación y al transcurrir del tiempo. Por el contrario, las estructuras dinámicas y orgánicas son las más aptas para dichos cambios, debida a su intrínseca constitución variable y flexible. Es evidente, que la especie humana forma parte de toda la biosfera terrestre. Sin embargo, en sus etapas evolutivas, se ha ido distanciando progresivamente de la naturaleza misma. Tal y como existen en la naturaleza dispositivos de protección del entorno (como son en otras especies por ejemplo, los nidos o las madrigueras), la arquitectura cumplió inicialmente y únicamente ese mismo propósito.

Sin embargo, la acumulación y evolución históricas de la arquitectura, indican que ese hábitat fue separando al ser humano progresivamente de la naturaleza, como podemos comprobar en la actualidad, especialmente en los entornos más urbanos. Fue esta disociación de la naturaleza, la que provocó que la interrelación con otras formas de vida, así como la percepción acústica misma, desapareciera haciendo que nuestra especie haya sufrido un proceso de mutilación o limitación perceptiva, en comparación a otras especies. Es sorprendente cómo en la catástrofe del Tsunami, ocurrido en Asia en 2004, fueron muchos los animales que se salvaron, anticipando con muchas horas el origen de un estruendo subsónico, que los humanos fueron incapaces de percibir.

Comunicación y Cultura

Un factor importante, de la reducción sensible del espectro audible y de la interrelación sonora con otras especies, es uno de los aspectos que más han conformado la civilización y desarrollo intelectual humano: el lenguaje. Sin embargo, este aún hoy en día, es una abstracción con limitaciones para realizar una comunicación completa y extensiva, entre dos o más personas. Otro de los elementos propios de la cultura humana es la música, que genera una capa de abstracción en la vida cotidiana. El uso de instrumentos, por ejemplo, los instrumentos de percusión, constituían eficaces dispositivos de comunicación. Los poblados remotos podrían comunicarse mediante codificaciones y secuencias complejas de dichos instrumentos percutidos. Con el tiempo, este mecanismo de comunicación, se transforma en otras funciones más complejas, implementando aspectos como el del placer o el de las emociones. En cualquier caso, esta complejidad se va incrementando, hasta llegar a una desvinculación de los códigos y sonidos, que se producen en la naturaleza.

Una de las causas de esta situación, ha sido el traspaso de la cultura oral a la escrita, que se produjo con la imprenta. En este sentido, la atención sonora se ha vuelto menos exigente, debido a la capacidad de almacenamiento y registro de la información que se puede rescatar de nuevo, a través de la percepción visual.

Nos encontramos nuevamente en otra encrucijada histórica, que supone la digitalización, ya que la cultura fijada nos viene en diversas capas de variación como sucedía con la cultura oral.

La Música en el Gótico, se considera bella y posteriormente en el Romanticismo se cataloga como algo sublime, por consiguiente, no terrenal y cada vez más desvinculado de la naturaleza. En el arte del S.XX, se considera comúnmente esta atribución a lo sublime. Quizás en nuestros días, ello se relativiza y vuelve a incorporar la fascinación de elementos mundanos y naturales, o en otras palabras, apartándose de la divinización de este tipo de creación.

Las vanguardias de principios de S.XX, tuvieron una voluntad dogmática de ruptura en desestabilizar el *status quo* preexistente. En la actualidad, se da un efecto de superposición y coexistencia de diversas realidades y tiempos históricos. No obstante, distintos géneros se estancan en sí mismos por su sucesiva especialización, no permitiendo que transgredan su propio género. Si lo hacen, se clasifican como géneros híbridos e indeterminados.

El Jazz, se asemeja más a una expresión de estructuras dinámicas y mutantes, que facilita la improvisación. Las *Jam Sessions*, son una especie de ejecución en vivo de diversos ingredientes. Cada músico, aporta su propio componente y según lo sienta, a la vez construye de manera conjunta con otros músicos la narración musical.

Sociología

En la actualidad, existe gran dificultad en el desarrollo de actividades que fomenten la congregación y la sintonía humana, debido en parte, a una limitación burocrática y legal, que dificulta mucho la generación espontánea de estos eventos.

Otro condicionante esencial, relacionado con el anterior comentario, es la progresiva privatización del espacio público. En las grandes urbes occidentales, el espacio público ha sido paradójicamente privatizado y sectorizado, haciendo que el mismo tenga una aplicación y/o explotación comercial. La utilización del espacio público está sometida a un régimen de permisos burocráticos para ejercer una determinada actividad. En la mayoría de casos, estas actividades son permitidas cuando se incluyen componentes comerciales. Cualquier utilización que se escape a este condicionamiento, podrá tener consecuencias legales y/o económicas (sanciones, multas, confiscación de mercancía, etc.). En definitiva, cualquier manifestación y expresión de vida que no esté sujeta a dichas restricciones, será censurada y/o boicoteada administrativamente.

La desvinculación de la vida y de sus manifestaciones cotidianas, dentro de un sistema productivo con objetivos puramente consumistas, ya fue detectado en los años 60s y 70s por el movimiento *Situacionista*. Este movimiento artístico y filosófico, propuso una nueva actitud en la confrontación del espacio público y por extensión, del desarrollo de la sociedad productivista, hacia una nueva manera de entender el urbanismo y el espacio público.

Mediante las llamadas derivas* y la creación de situaciones, el Situacionismo planteaba seguir las emociones y mirar las situaciones urbanas en una nueva forma radical, en contraposición al hecho de ser prisioneros de una rutina diaria. Introdujo de manera activa, una mirada hacia el espacio urbano mediante la *psicogeografía*, una estrategia que pretendía entender los efectos y las formas del ambiente geográfico, en las emociones y el comportamiento de las personas.

Las bases que proponía el situacionismo, planteaban líneas de fuga del condicionamiento establecido en la sociedad actual. Restaurar una visión más vitalista, fomentado el desarrollo libre de los individuos y por extensión, de las agrupaciones sociales entre estos. Los humanos son organismos sociales. Necesitan la comunicación e interacción con otros individuos. Ancestralmente, esta interacción fue libre, hasta que las sociedades se estructuraron en clases. En algunos casos, en sociedades compuestas por diversas de ellas pero en definitiva y en síntesis, en un sistema de clases dominantes versus clases dominadas. Por esta razón, la interacción se contaminó de un ejercicio de poder, y por consiguiente, no se desarrolló en tanto que interacción libre entre individuos.

La comunicación, se produce esencialmente en el marco sonoro (sonidos concretos, códigos sonoros que se interpretan como lenguajes, señales acústicas significantes, etc.). Eso no significa que puedan entrar otras consideraciones en la comunicación humana, como es el lenguaje gestual, aunque ese aspecto no sea determinante en este capítulo.

Una visión completa con el objetivo de fomentar espacios armonizadores, debería focalizar el sonido como vertebrador de estas experiencias perceptivas. A diferencia de la visión, que puede restringirse a consciencia (por ejemplo: podemos cerrar los ojos para no ver una determinada imagen o escena), el sonido no es restringible debido a que penetra a través del tímpano, de manera irremediable. Esta singularidad, genera una pregunta compleja: ¿qué tipo de sonidos pueden ser armonizadores, teniendo en cuenta el componente subjetivo de la percepción acústica? Sin duda, como proceso perceptivo, el oído es más poderoso que la visión, teniendo en cuenta esa direccionalidad e irreversibilidad, que se producen de manera muy distinta en ambos. En el cine, se ha utilizado extensivamente el recurso sonoro, para contextualizar una determinada escena. Una escena tétrica o de *psico-thriller*, adquiere más intensidad con un determinado *soundscape*. Este factor, es bien conocido por los directores y productores de la industria cinematográfica. De manera inversa, si la misma tétrica escena va acompañada de una música o banda sonora que asociamos a un registro cómico, la escena será percibida bajo otra situación que la anterior (es decir, la escena puede volverse cómica).

En definitiva, la introducción de un determinado *soundscape*, acompañando una ficción visual, complementará la misma con una capa de significado adicional, que en numerosos casos, puede ser más determinante que la capa visual. En otros casos, directamente servirá a la desambiguación.

* La **deriva**, es un concepto principalmente propuesto por el situacionismo. En francés la palabra *dérive* significa tomar una caminata sin objetivo específico, usualmente en una ciudad, que sigue la llamada del momento. El filósofo francés situacionista Guy Debord, quiso establecer una reflexión a las formas de ver y experimentar la vida urbana, dentro de la propuesta más amplia de la psicogeografía.

Medicina

Si las armas sónicas producen un efecto negativo en las personas, ¿porqué no invertir esta secuencia como dispositivo o entorno de generación de bienestar? En los centros sanitarios se experimenta con tratamientos para pacientes de cáncer, que incluyen sesiones de *sonoterapia*, es decir, audiciones para que el/la paciente experimente una situación más placentera. Se han realizado estudios empíricos sobre la acción de la voz y el canto, en materia de ciencias de la salud.

Según estudios de la Dra. Conxa Trallero Flix de la Universidad de Barcelona*: *“se ha comprobado que la música activa la producción de endorfinas y que la utilización de la voz es particularmente terapéutica. Una investigación reciente realizada por científicos de la Universidad de Frankfurt ha demostrado que después de cantar, los participantes en un coro no profesional habían aumentado considerablemente las concentraciones en sangre de Inmunoglobulina A (sistema defensivo del organismo). En cambio después de escuchar pasivamente la misma música, sin cantarla, los valores eran normales. Los científicos concluyeron que cantar no solamente fortalece el sistema inmunitario sino que mejora notablemente el estado de ánimo.”*

Estos experimentos, sorprenden por el hecho de enfatizar la parte activa de la música (en este ejemplo, mediante la voz humana y el canto). El efecto cualitativo, no sólo se basa en una cuestión auditiva, sino en la parte activa de la misma. Es decir, la acción de cantar, siendo esta un motor de expresividad desde el interior del individuo. Estas consideraciones, demuestran cómo cuestiones aparentemente separadas, como la creatividad y la expresión, pueden convertirse en ejes articuladores de estados de bienestar.

Nuestra sociedad, ha adquirido el hábito de disfrutar la música pasivamente. El ser humano se ha ido gradualmente disociando del sonido, creando una abstracción del mundo sonoro, ajena a él. La supremacía de la visión, ha apartado del campo de acción del individuo una forma de percepción y expresión que es innata en él. La ha relegado a un mundo aparte, quizás por ser intangible y difícil de comprender.

Sin embargo, los estudios antes mencionados, ratifican como el factor activo en el fenómeno sonoro, y la incorporación del cuerpo, sea en movimiento o como fuente acústica (voz/canto), puede transformarse en elemento troncal de la generación de espacios y estados armonizadores del organismo.

Volviendo ahora al hecho, de que toda la capa arquitectónica funciona como una tercera piel del organismo, intrínsecamente relacionada con los mecanismos del cuerpo, se debería rescatar el eslabón perdido del fenómeno sonoro. Si se aplican sonoterapias al cuerpo humano, es solo cuestión de tiempo que acciones similares (dispositivos armonizadores), se empiecen a utilizar en los edificios.

Igual que el contagio de risas es un hecho comprobado, estos dispositivos podrían ayudar a transmitir bienestar del edificio al cuerpo y viceversa. Como se ha analizado en el apartado introductorio de sonidos armonizadores, estos pueden ser de diversa índole y escala. Dichos dispositivos, se adecuarán a cada situación u contexto, en el tiempo y en el espacio.

Continuando con el pensamiento sobre espacios armonizantes, se va a analizar también las acciones que pueden transcurrir en ellos. Finalmente, es el comportamiento interactivo mediante el sonido el que dará expresión de vida, entendiendo la interacción como libre respuesta subjetiva del individuo frente a una determinada situación o acción.

Baile

Se podría ejemplificar esta última descripción mediante esta situación: En un lugar hay una celebración festiva, en la que se está realizando una sesión de música en vivo. Los asistentes podrán tener de manera voluntaria e interactiva, una reacción a la música con el propio cuerpo: el baile. Este es un evento reflejo armónico con el objeto sonante. Cuando se baila, el cuerpo está entrando en movimiento reactivo con los eventos sonoros que se describen en el tiempo. En el propio ejemplo se puede concluir que el comportamiento o disposición de los sujetos al acto de bailar, no está condicionada aunque sí que entra en relación intrínseca con el sonido.

Más allá de la disciplina profesional de la danza, el baile como mecanismo socializador y de expresión humanas, adquiere un nuevo significado, cuando se analiza el porqué de esta particular interacción entre sonido y cuerpo. Habitualmente, el sonido desencadena una serie de reacciones físicas inmediatas sobre el cuerpo. Estas se reciben a través del conducto auditivo o bien a través de la piel que envuelve todo el cuerpo. Otro sensor digno de destacar es el vello corporal, que aparte de ser originalmente un protector del medio, es también un receptor de información del entorno. También los órganos internos pueden ser susceptibles de percibir sonidos y vibraciones exteriores.



La música es conocida por estimular las áreas del placer y de la satisfacción. Estas áreas son el *córtex orbito frontal* –situado en la zona trasera de los ojos-, así como la zona llamada *estriado ventral*. La cantidad de actividad cerebral en estas zonas dependerá de la ‘cantidad’ de disfrute de una determinada música. Simultáneamente, la música activa el *cerebelo*, en la base del cerebro que es la parte de la base cerebral que se encarga de la coordinación y temporalización del movimiento. ¿Pero por qué es placentero bailar?

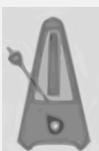
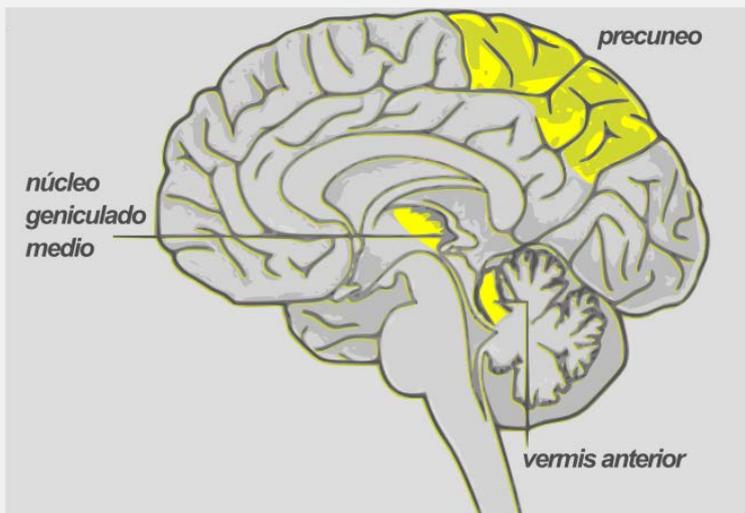
El neurólogo John Krakauer de la Columbia University expone unas cuantas razones a continuación.

Primero porque se estima que la música fue creada a través de un movimiento rítmico de alguna parte del cuerpo como acompañar con el pie. Segundo algunas áreas de satisfacción cerebrales están conectadas con las áreas motrices. Tercero hay numerosas pruebas que sugieren que somos sensibles y que nos ‘afinamos’ al movimiento de otros cuerpos, debido a que áreas cerebrales son activadas cuando ciertos movimientos son realizados y observados.

Esta última consideración abre la posibilidad a que se trate de las *neuronas espejo*. Estas son células que se encuentran en el córtex generan gran actividad en esa área, cuando una persona está realizando una acción, o también al observar alguien haciendo dicha acción. Estas son evidencias que indican que los humanos disfrutan observando a otros en movimiento, del mismo modo que estar ellos mismos en movimiento. Al añadir la capa sonora y mezclarla al movimiento, puede ser una sensación que aporte una gran satisfacción.

Coreografía Mental

Las siguientes zonas cerebrales contribuyen a la danza en maneras que van más allá del simple desplazamiento.



Vermis anterior Esta parte del cerebelo recibe el input desde la médula espinal y aparece actuar como una especie de metrónomo, colaborando a sincronizar los pasos en la acción de bailar.



Núcleo geniculado medio A lo largo del camino auditivo inferior, esta área aparece ayudar a sintonizar el metrónomo cerebral. En esta subyace la tendencia inconsciente de picar los pies o balancear respecto a la música. Reaccionamos inconscientemente porque esta región conecta con el cerebelo, comunicando información sobre el ritmo sin 'hablarse' con áreas auditivas del córtex.



Precuneo Conteniendo un mapa sensorial del propio cuerpo, el precuneo ayuda a previsualizar y trazar el percurso del camino del bailarín/a desde una perspectiva centrada en el cuerpo.

Src> <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=mental-choreography>

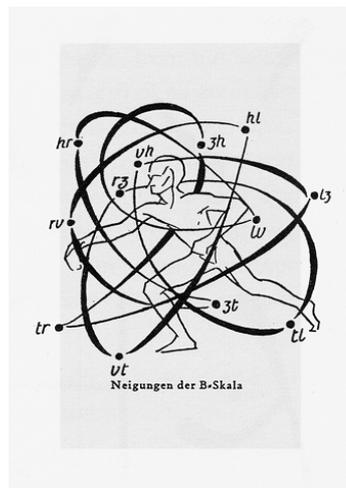
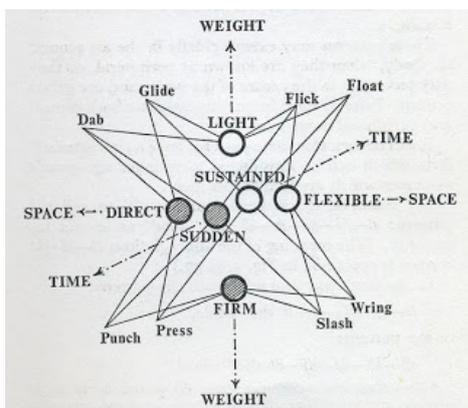
Danza y espacio

Numerosas especialidades artísticas y creativas han ido viendo su transformación en el tiempo, especialmente en el siglo XX, a partir de la ruptura que supusieron las vanguardias. Evidentemente esas tendencias rupturistas crearon un impacto progresivo y no inmediato que en numerosos casos aún reverbera en la época actual. La danza no es una excepción y también ha sufrido grandes cambios cuando se compara la danza clásica con la danza contemporánea.

Se podría sintetizar que la danza clásica fomentaba la verticalidad a parte de la alta disciplina y rigidez en los movimientos corporales. La danza contemporánea por el contrario, explora más el movimiento del cuerpo en el espacio omnidireccionalmente, focalizándolo especialmente de manera horizontal respecto a la superficie plana. Dichos ejes representan el misticismo y la ascensión en el caso de la danza clásica, y la tierra y el paganismo en el segundo caso.

En la clásica se fomenta la técnica concreta, precisa e inequívoca a través de la disciplina. En la contemporánea se fomenta la expresividad, liberación y visceralidad interior como motor de movimiento. En otras palabras se pasa de una visión más *mecánica* a una más *orgánica*. Es significativo como la evolución que se ha dado en la arquitectura pasando del paradigma maquinista al organicista, se haya producido también de manera análoga en la danza. Esta última consideración es lógica, entendiendo que la arquitectura se incluye como una manifestación humana contextualizada en un marco social, cultural y tecnológico del que ninguna dedicación, profesión o praxis se excluye.

Rudolf Laban (1879 - 1958) fue un coreógrafo y teórico que diseñó un sistema gráfico de análisis y registro del movimiento llamado '*Labanotation*'. Laban describe el área circundante del cuerpo como la *Kinesphere*. En este modelo las líneas de extensión que trazan los movimientos de los bailarines en sus posiciones más lejanas posibles, producen una representación diagramática del movimiento similar a geometrías de estructuras cristalinas. En *labanotation* la direccionalidad del movimiento corporal a través del espacio es representada por símbolos que transmiten la transición de un movimiento a otro, pudiéndose leer linealmente de abajo a arriba. El sistema permite la notación de un movimiento desde una descripción básica de cómo se mueve una parte del cuerpo, a otras notaciones más complejas, que incluyen expresiones faciales, transferencia del peso y la cualidad del movimiento.

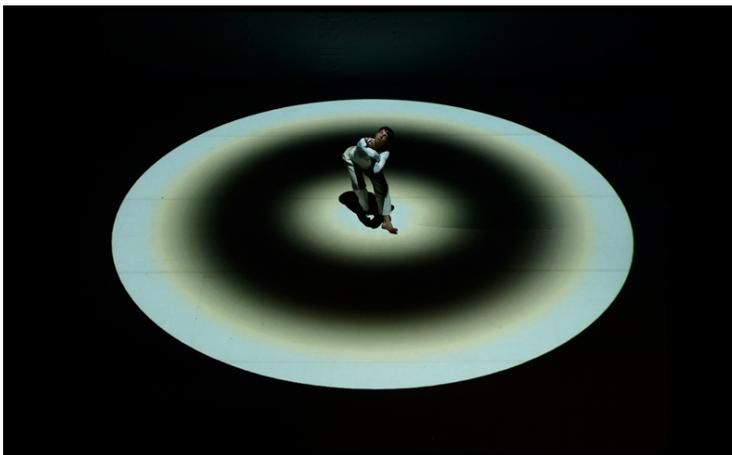


Img > http://mayanbstudio.blogspot.com.es/2012/08/mary-wigman-danza-expresionista_25.html

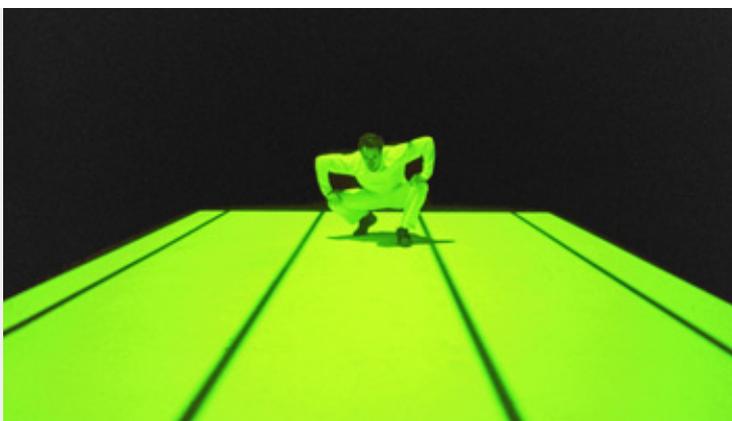
Danza e Interactividad

En el marco actual existe un subgénero de la danza contemporánea, que fusiona las cualidades e intersecciones entre sonido, cuerpo y espacio.

La *danza interactiva* o *danza aumentada* involucra la capa intangible de los datos al movimiento en el espacio, mediante tecnologías de reconocimiento de patrones y/o de visión por computador (CV). Se trata de una técnica mixta en que sonido, cuerpo, luz y espacio forman un todo entrelazado y reactivo. La luz desarrolla escenas mutantes a modo de escenografías abstractas que se superponen con los cuerpos. El sonido y la luz van íntimamente conectados, habitualmente modulados bajo los movimientos del bailarín/a a través del espacio. Esta fusión de estímulos fomenta una percepción sinestésica de gran intensidad.



Trinity de Óscar Sol + Iris Heitzinger
Img > <http://mercatflors.cat/wp-content/uploads/2012/12>



Érection Compagnie Dernière Minute / Pierre Rigal
Img > <http://www.dantzaldia.org/img/WEB1.jpg>

Dieter Vandoren, que trabajó en el equipo de desarrollo del Festo Wall (ver capítulo 0) ha desarrollado distintas aplicaciones generativas que asocian cuerpo, espacio e interacción. Integration'03 es un live performativo audiovisual controlado por el cuerpo y su movimiento. El efecto visual es conseguido por un círculo de 3 proyectores proyectando en un espacio nebuloso. Este vuelve los rayos de luz visibles creando formas y estructuras en una pseudo-holografía. El sistema audiovisual se basa en sistemas de partículas renderizando lo visible y lo audible en el espacio escénico. Los elementos están en constante movimiento mientras el performer moldea y deforma la nube mediante su cuerpo en movimiento. El objetivo es llegar a hacer el instrumento virtual lo más espacial y tangible posible. La media-arquitectura resultante es un medio expresivo del performer: un hyperinstrumento espacial.



Fragmentos de la performance *Integration'03* de Dieter Vandoren
(*Open Dans festival 2011*) <http://vimeo.com/24663187>

Gestualidad

Otras referencias más clásicas que hacen mención entre movimiento, espacio, y especialmente el gesto corporal asociado al sonido. El gesto corporal fue uno de los elementos más ausentes en el apogeo y emergencia de músicas producidas electrónicamente. En la era predigital los instrumentos musicales tenían (y tienen) formas diversas, y se tocaban mediante la acción humana directa, por ejemplo tocar complejas armonías en piano a dos manos, combinar movimientos complejos de manera rítmica con una batería, etc.

Al aparecer la mediatización que supuso la tecnología digital en el contexto musical fue enorme desde el punto de vista creativo y de posibilidades que esos nuevos medios presentaban. Con ordenadores y otras máquinas se podían extraer sonidos anteriormente no escuchados, o bien tener la capacidad tímbrica de una orquesta de cuerda en un ordenador común. De alguna manera la herramienta, expandió la praxis compositiva. En algunos casos a límites bastante insospechables y sorprendentes.

Sin embargo toda esa potencialidad quedaba limitada, o con más precisión 'amputada' si se tiene en cuenta que la mayoría de dichas operaciones se hacían (y se continúan realizando aún en muchos casos) con un mouse o una superficie táctil de tipo keypad.

Por consiguiente es de esperar que la capacidad expresiva y expansiva que se presenta al tocar un instrumento clásico, se vea claramente perjudicada cuando uno toca cuatro teclas de un laptop y 2 menús. Por esta razón y de manera crítica, se empezaron a desarrollar instrumentos que incorporaban la potencialidad del proceso digital y al mismo tiempo incluyeran la interpretación mediante interacción gestual. Como referencias interesantes e históricas, se encuentra el *Very Nervous System (1982-1991)* by David Rokeby [<http://vimeo.com/8120954>], experimentos realizados con video cameras, procesadores de imagen, computers, sintetizadores y un sistema de sonido para crear un espacio en que los movimientos del cuerpo crean sonido y/o música.

En la década de los 90s, Michel Waisvisz, desarrolló The Hands en el laboratorio de interacción STEim. The Hands es una interfaz de control y gesto para interpretar piezas electroacústicas. Waisvisz introdujo una hibridación sin duda muy interesante entre la gestualidad de dispositivos físicos y las técnicas nativas digitales como la síntesis granular.

Existen sin duda numerosas aplicaciones y obras que han trabajado en la línea de recuperar la gestualidad en la música, aunque sin duda una de las más populares en los últimos años es la Reactable, desarrollada a partir del 2003 por el equipo de investigación en interacción formado por Sergi Jordà, Marcos Alonso, Martin Kaltenbrunner i Günter Geiger del Music Technology Group en la Universitat Pompeu Fabra de Barcelona. El instrumento funciona como una mesa translúcida i luminosa que permite a los intérpretes controlar el sistema de interacción.



Very Nervous System (1982-1991) by David Rokeby
Img extraidas de [<http://vimeo.com/8120954>]



Michel Waisvisz, The Hands
Img > http://v2.nl/events/songs-from-the-hands/leadImage_preview

Una cámara de vídeo situada en el interior del dispositivo detecta la tipología de signo o patrón para que a continuación se active un determinado objeto o función (por ejemplo, estas pueden ser un instrumento generador como un oscilador, un instrumento de filtrado como un bandpassfilter, o un sampler para poder cargar un audio preexistente). La distribución de dichos elementos van actualizándose en la pantalla de manera que los objetos se hacen visibles y la música del Reactable se convierte en algo tangible.

La tecnología multitouch permite la interacción con distintas manos simultáneamente, por lo que el dispositivo se convierte en un instrumento colectivo en el que pueden tocar varias personas.



Imagen de una performance con la Reactable.

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

Img > <http://en.wikipedia.org/wiki/Reactable>

Músculo

La danza es posible gracias a los complejos procesos que suceden en nuestro sistema neuronal y nervioso. Las instrucciones y secuencias de procesos que se desarrollan en numerosas áreas cerebrales se transmiten por todo el cuerpo hasta los encargados de poder ejecutar un movimiento: los músculos.

Los músculos son esenciales en las acciones de motricidad y movimiento. En la contracción muscular se generan vibraciones y sonidos que dependerán del tamaño del músculo. En el Post 'Sounding Out Muscle Health /The noise of contraction could help to diagnose disease'^{*} de la revista digital AmericanScientist escrito por Fenella Saunders, se exponen las relaciones entre el sonido y las terapias en los tejidos musculares. El simple acto de doblar un tobillo requiere la coordinación de más cuerdas que las que se encuentran en una orquesta. Cada célula muscular está constituida de multitud de ínfimos filamentos de proteínas. Cuando el músculo se contrae las fibras cambian de forma y se deslizan entre sí, creando vibraciones. Karim Sabra ingeniero mecánico del Georgia Institute of Technology, está realizando mediciones de ruido y sonido en músculos sanos, con la intención de que información de base pueda ser usada en el futuro para ayudar a diagnosticar enfermedades musculares o lesiones.

..‘es como pinzar una cuerda, y el sonido te dirá sobre las propiedades elásticas del músculo.’...

..‘el sonido viaja más rápido a través de músculos tensos y tonificados, y más lento en músculos blandos.’...

Durante siglos los científicos han medido el sonido que viaja a través de los músculos desde una fuente externa, cuando estos son inducidos a contraerse por estimulaciones eléctricas.

Recientemente doctores han usado ultrasonidos y resonancias magnéticas como fuentes sonoras.

*..‘Las señales musculares generan por sí mismas estas vibraciones al contraerse ’...**

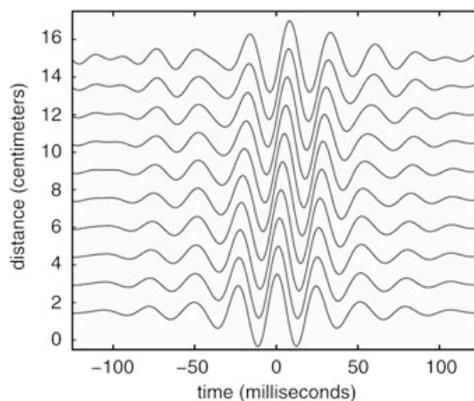
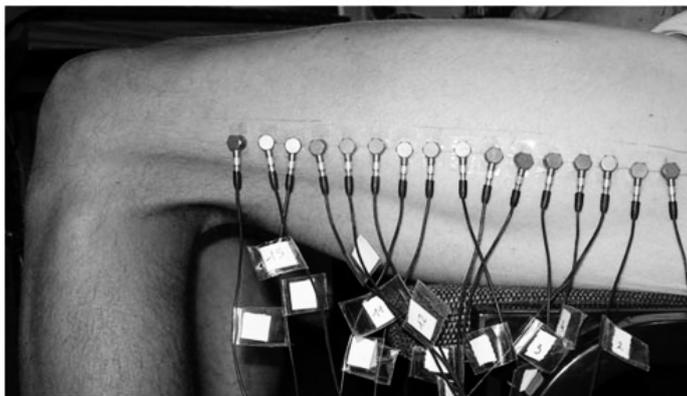
Este ruido pasivo randómico es usado para hacer mediciones en otros campos, como la sismología, la ingeniería mecánica y la oceanografía. La actual investigación de Sabra está orientada a proveer una base sólida a músculos sanos. La frecuencia depende del tamaño del músculo.

Su investigación también estudia patrones mediante sensores para una mejor comprensión de la propagación de la vibración, y está mirando otros músculos como los bíceps y los gemelos.

Una ventaja de estas mediciones pasivas es que el paciente no se somete a la exposición de radiaciones. Esto significa que podría usarse para monitorizar los músculos en enfermedades degenerativas como el Parkinson, así como para poder setear las frecuencias ‘óptimas ‘en músculos sanos...‘El tipo de fibra está vinculada con el sonido. Hay fibras lentas y fibras rápidas, de manera que es una manera no invasiva de analizar la composición de las fibras’...

Esta información podría ser útil en atletas de específicos deportes, como el ciclismo o la maratón.

Más allá de consideraciones biológicas, el músculo se incluye como elemento conceptual de la Arquitectura en algunos trabajos de investigación. La oficina ONL (Oosterhuis_Lénard] y el Hyperbody Research Group [HRG] en la TU Delft realizaron un prototipo de trabajo del proyecto Trans-ports, llamado MUSCLE (músculo). Los edificios programables pueden reconfigurarse a sí mismos mental y físicamente, probablemente sin considerar completamente su propio desplazamiento como el Walking City de Archigram del 1964.



**<http://www.americanscientist.org/issues/pub/sounding-out-muscle-health>*

Los edificios programables pueden cambiar de forma por la contracción y relajación de músculos industriales.

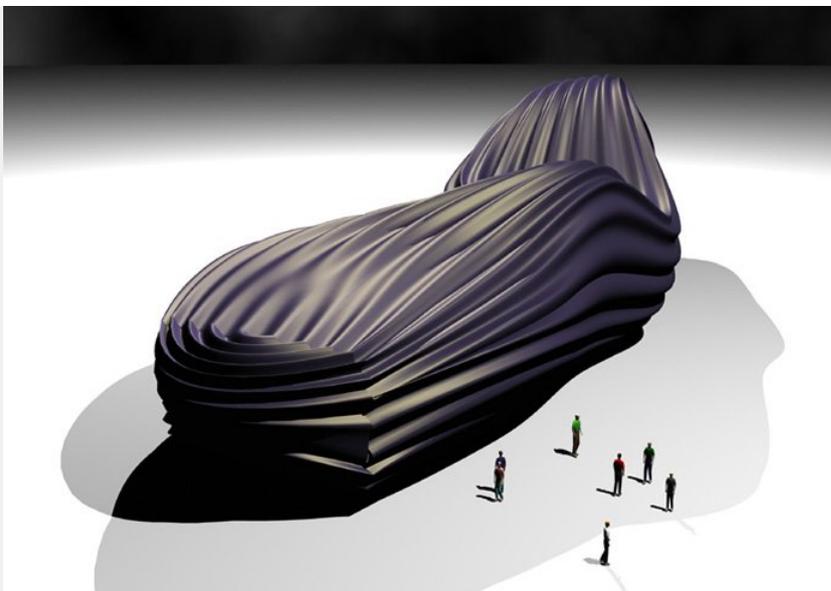
El edificio programable MUSCLE es un volumen blando presurizado envuelto en una malla de músculos tensiles, cuyos cambios de longitud, altura y anchura varían en función de la presión del aire inyectado al músculo. Estos prototipos se expusieron en la exhibición *Non-Standard Architecture*, en que el público en un juego colectivo explora los distintos estados del músculo.

El público interactúa con el MUSCLE entrando e interactuando el espacio sensorial circundante al prototipo. Este componente invisible de la instalación se implementa como un sensor de campo creado por la colección de sensores. Los sensores crean un juego de distintas formas en el espacio que aunque invisibles al ojo, pueden ser monitorizadas aportando información al cuerpo del edificio. El cuerpo siente la actividad de la gente e interactúa con los jugadores de una manera multimodal.

El público descubre cómo el MUSCLE se va comportando en sus acciones, y pronto descubren un objetivo en el juego. Esta interacción sin embargo es impredecible, debido a que el músculo está programado para que tenga su propio comportamiento, siendo este más pro-activo que obediente.

El cuerpo programable es 'jugable' por los usuarios, con reacciones, atracción y repulsión entre los jugadores involucrados. Sensores a distintos rangos de proximidad (6m. / 2m. y de superficie) entran información dinámica que es procesada por algoritmos generativos tanto de actuadores que controlan las estructuras tensadas de los MUSCLES como de los soundscapes generados en el ambiente. Una proyección con la interacción completa que se está ejecutando completa el *setup* de la escena.

En definitiva la musculatura es la encargada de transferir la energía desde moléculas combustible transformándolo a la compresión y tensión de las fibras musculares.



Trans_PORTs project (2001)
Img.src><http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=167>

La propiocepción es el sentido que informa al organismo de la posición de los músculos, es la capacidad de sentir la posición relativa de partes corporales contiguas. La propiocepción regula la dirección y rango de movimiento, permite reacciones y respuestas automáticas, interviene en el desarrollo del esquema corporal y en la relación de éste con el espacio, sustentando la acción motora planificada. Otras funciones en las que actúa con más autonomía son el control del equilibrio, la coordinación de ambos lados del cuerpo, el mantenimiento del nivel de alerta del sistema nervioso y la influencia en el desarrollo emocional y del comportamiento. A diferencia de los seis sentidos de exterocepción (visión, gusto, olfato, tacto, audición y sistema vestibular) por los que percibimos el mundo exterior, la propiocepción es un sentido de interocepción por el que se tiene conciencia del estado interno del cuerpo.



MuscleBody



2003 Muscle NSA | Paris

Img.src><http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=552>

El sonido mejora nuestra forma de percibir y comprender el espacio. En la ciudad, lo hace conectando el ámbito del espacio público al espacio privado e íntimo de nuestras mentes. El sonido da identidad a cualquier espacio, interior o exterior y es una importante herramienta de navegación y orientación. El sonido y el espacio, refuerzan mutuamente nuestra percepción. Las cualidades de un espacio afectan cómo percibimos un sonido y las cualidades de un sonido afectan cómo percibimos un espacio. El sonido y el espacio, están indisolublemente vinculados a nuestra experiencia vital. Pensando en sonido, se fuerza al arquitecto/a a considerar lo fugaz y cambiante, aquello que no se puede dibujar, pero también le recuerda que los seres humanos no viven en silencio. Los arquitectos/as, han tendido a trabajar siempre con la capa visual. No obstante, no es la impresión visual del edificio lo que deja una huella profunda y duradera en la mente de quien lo percibe, sino más bien, la sensación y la experiencia que se nota en el cuerpo.

El término 'armonía' deriva del griego ἁρμονία, que significa 'acuerdo, concordancia' y éste del verbo ἁρμόζω: 'ajustarse, conectarse'. En general, armonía es el equilibrio de las proporciones entre las distintas partes de un todo, y su resultado a menudo connota belleza. El concepto de belleza es una noción abstracta, ligada a numerosos aspectos de la existencia humana y se define como la característica de algo que, a través de una experiencia sensorial (percepción) da una sensación de placer o un sentimiento de satisfacción. La percepción de la 'belleza', a menudo implica la interpretación de alguna entidad que está en equilibrio y armonía con la naturaleza, y puede conducir a sentimientos de atracción y bienestar emocional. Debido a que constituye una experiencia subjetiva, a menudo se dice que "la belleza está en el ojo del observador".

En su sentido más profundo, la belleza puede engendrarse a partir de una experiencia de reflexión positiva, sobre el significado de la propia existencia. La armonía en composiciones clásicas, venía dada por las proporciones de los elementos, en general de orden estático. Una de estas proporciones es la *sección dorada*, que está en estrecha relación con las medidas antropométricas, basadas en patrones de la naturaleza. La ciencia aún no había descubierto que la materia está compuesta por elementos ínfimos (partículas atómicas: electrones, protones, neutrones, bosones, etc.), los que están en continuo movimiento o vibración.

La armonía actualizada viene a establecer un orden dinámico, en el que la naturaleza va en continuo movimiento. Millones de años de evolución han creado formas estables y al mismo tiempo dinámicas. A pesar de estar en continuo movimiento, la naturaleza se consolida en determinadas formas de estabilidad que permanecen esencialmente mutantes y dinámicas. Existen otros estados de vibración, que no se consolidan en unas formas concretas. Como se ha visto con los experimentos cimáticos, existen frecuencias que aglutinan formas estables, y otras que no.

La armonía, viene dada por un sistema relacional de todas las partes compositivas. Un sistema donde se encuentran una serie de elementos, que establecen relaciones específicas entre ellos (dimensionales, de medida, de ritmos, de frecuencias, de longitudes de onda, etc.) resultará en un sistema armónico. Sin embargo, estas relaciones armónicas no tienen por qué ver con una determinada cuantificación o numeración a priori. Por ejemplo, si se establece un sistema de tonos (por ejemplo: un instrumento que tenga 6 sintetizadores, que establecen relaciones entre ellos) aunque no estén afinados respecto a la escala dodecafónica temperada (Do, Re, mi, Fa, Sol, La, Si), por ejemplo, un tono puro a 300hz. A continuación entramos en relación tonos puros de 150hz, 600hz, 900hz, 1200hz y 1500hz (es decir $1/2x$, $2x$, $3x$, $4x$, y $5x$). El sistema resultante, aunque no sonará afinado respecto al marco de referencia de la escala cromática convencional, será un sistema armónico, dado que las partes se interrelacionan por proporciones y medidas a una base inicial.

* "Musicoteràpia: els efectes de la música en situacions de dolor Crònic"
<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/11517/1/EFFECTES%20DE%20LA%20M%C3%A9SICA%20EN%20SITUACIONS%20DE%20DOLOR%20CR%C3%92NIC.pdf>

La naturaleza tiende a vibrar en armonía, desde sus conformaciones más ínfimas e invisibles a nuestros ojos, hasta el sistema cósmico. Desde tiempos remotos, el ser humano trata de explicar este orden armónico del universo, formado por *partículas en continua vibración*. Esta energía de vibración, se organiza en diferentes ritmos y ciclos, que se repiten en un orden consecutivo y dinámico. Los ciclos, involucran el funcionamiento de cada partícula, como por ejemplo, las etapas de nacimiento, crecimiento, madurez, vejez o muerte, las estaciones del año, el ritmo cardíaco, de respiración, de sueño y vigilia de los organismos vivos, etc. La introducción de sonidos armonizadores, puede aportar beneficios tanto al cuerpo humano como también al espacio arquitectónico, ante posibles enfermedades o desequilibrios medioambientales. El uso de sonidos armonizadores será de gran utilidad en contextos de saturación de elementos sonoros perturbadores. En este sentido, la adición de esta capa equilibrará el desorden, o disminuirá su entropía*. Se puede pensar en el sonido como una barrera sónica contra los ruidos molestos del tráfico de vehículos terrestres/aéreos, o ruidos mecánicos de fábricas colindantes. El agua en movimiento, produce una cierta relajación del sistema nervioso. Poner fuentes en lugares estratégicos de la trama urbana, ayuda a descontaminar los ruidos de la sociedad altamente industrializada, descritos en el capítulo anterior. Este tipo de barrera sónica, se podría considerar como introducción de sonidos armonizadores en ambientes con ruidos caóticos y tóxicos para la audición humana.

La distinción entre los posibles factores causantes de sonidos armonizadores sería la siguiente:

- Naturaleza como fuente de sonidos armónicos.
- Interacción entre la arquitectura y las personas para obtener un medio armónico.
- Materiales inteligentes capaces de asumir el rol del sonido como equilibrador de los espacios.
- Integración de sonidos armonizadores como parámetros en el proceso de diseño.

Naturaleza como fuente de sonidos armónicos

El primer punto es la incorporación de sonidos naturales para lograr espacios armónicos. La arquitectura islámica, por ejemplo, la Alhambra de Granada, es un claro modelo de arquitectura con una armonía resultante de la interacción entre el agua y la construcción. El sistema hidráulico de la Alhambra, viene suministrado por la Acequia del Sultán, que desde el río Darro, se encauza hasta la parte alta del Generalife. Posteriormente, mediante un acueducto, entra el agua en la Alhambra a través de la Escalera del Agua, por los canales de sus muros. Los sonidos del agua forman parte del diseño arquitectónico. Los patios, corredores, salas y jardines, son espacios en los cuales el agua borbotea, reverbera, crea un eco contra las paredes, resonándolas de todas las formas posibles. El agua de la acequia, se utilizaba tanto para regadío agrícola, como para el placer del espacio arquitectónico.

El ámbito del uso del agua, tenía que ver en un cien por cien con el uso de las líneas de plantas y raíces. De esta forma, el fluir del agua se *armonizaba* directamente con los jardines. Las líneas de plantación de vegetación, siguen el ritmo del agua y reflejan la potencia de esta. Finalizan justo donde el agua llega hasta las paredes del edificio, en la estructura donde se deposita y donde comienza el espacio íntimo, principal o intermedio, de los palacios o casas árabes. Los constructores árabes conectaban linealmente la naturaleza simbólica con el ritmo y sonoridad de las aguas. En esta conexión, incluían la expresión de la familia y la vida.

*Aumenta la entropía en un sistema, cuando crece el desorden en el mismo. Y a la inversa: si en un sistema disminuye la entropía, significa que disminuye su desorden

El problema de hoy en día, es que el agua es un bien preciado y a menudo escaso. En la actualidad, por cuestiones de sostenibilidad, se recomienda un uso restringido del agua. El uso indiscriminado del agua, puede suponer una anomalía, teniendo en cuenta que no toda la población (especialmente en regiones meridionales), tiene acceso a este bien común y esencial. Para afrontar este reto, en el contexto actual, se deberían superar dos obstáculos importantes: el primero es el del abastecimiento acuífero desde una autogeneración o autoabastecimiento. Es complicado y supone un derroche de recursos, tener que llenar grandes tanques de agua, teniendo en cuenta su evaporación.

Sin embargo, sistemas de acumulación de agua como cisternas de recogida de la lluvia, o sistemas más complejos de captación de la humedad del rocío, podrían solucionar el uso del agua, para el autoconsumo.

El segundo, sería el del abastecimiento continuo sin pérdidas energéticas. En otras palabras, el que los sistemas utilizados para generar cortinas de agua, fuentes, sumideros, etc. posean sus propios mecanismos de autoabastecimiento. En este sentido se podría aprovechar la energía potencial, usar la tensión superficial, u otras propiedades físicas de la dinámica de fluidos. Todas estas consideraciones, responden a requerimientos de funcionamiento autónomo de los sistemas hidráulicos. Los mismos, se han utilizado históricamente en la arquitectura, como si de un tejido de abastecimiento fluido llegase a todas sus células. La cultura romana, tenía claro el uso hidráulico a niveles energéticos, de transporte y salud. No en vano, fue la primera cultura de construcción, no sólo de sistemas de abastecimiento sino también en sistemas de evacuación. Los acueductos figuran como uno de sus emblemas ingenieriles que desafían las fuerzas de la naturaleza. Del mismo modo, siendo una cultura muy preocupada por el sistema de evacuación, dotó a las ciudades con complejas infraestructuras de conducción de aguas residuales.

Complementario a estos usos, esta cultura le dio al agua un uso terapéutico, lúdico y hedonista, mediante la instalación habitual de termas en sus asentamientos. Este uso del agua como elemento terapéutico, se repite en otras culturas de manera directa o indirecta. En la alhambra de Granada, del mismo modo que sucede en las construcciones mozárabes con las mezquitas, el agua adquiere un protagonismo especial. A nivel ritual, obedece a una preparación al culto: antes de la oración y de la intercomunicación con lo trascendente, se requiere estar puro y limpio. El agua pues, adquiere un significado de limpieza e higiene.



Vistas de la presencia del agua en los jardines y patios de la Alhambra de Granada.



Vistas de la escalera del agua, en la Alhambra de Granada.

Otra faceta, es la del agua en relación con la arquitectura y con el clima. Tal y como sucede en la Alhambra, un conjunto de instalaciones hidráulicas (fuentes, acequias, cascadas, láminas de agua, etc.), contribuyen a una mejora ambiental, por la subida proporcional de humedad ambiental y por consiguiente, de una reducción de la temperatura, en algunos casos ayudado por la acción del viento, y en otras por la inercia térmica que posee el agua misma. Pero: ¿a qué se debe el que la continuidad de flujos acuíferos produzcan un efecto relajante? El agua, en cascada de grandes dimensiones, se asemeja al efecto del llamado ruido blanco. El ruido blanco, es el producto sónico de todas las frecuencias simultáneas.

El efecto generado por una cascada, especialmente si esta es de grandes dimensiones, se compone de una multiplicidad de partículas y acumulaciones de agua. Debido al impacto e interacción entre estos grupos de partículas u otros elementos, se producirán multitud de eventos sonoros. Cuando existen múltiples grupos, los sonidos reflejados tienden a resonar y superponerse unos a otros, produciéndose un efecto parecido formalmente al ruido blanco.

Por el contrario, cuando los saltos de agua son pequeños, se produce el efecto sonoro de una determinada partícula o grupo de partículas, en un espacio determinado, mediante el impacto a una superficie, y por lo tanto, se trata de sonidos puntuales con su correspondiente efecto resonante en el espacio. El efecto de relajación que producen los saltos o puntos de agua, se debe en especial al crear ellos un campo acústico de fondo o *background*, así como por la continuidad del sonido producido, como se ha explicado en la sección 'Fenomenología y psico-percepción del ruido', en este capítulo.

Por consiguiente, este tipo de eventos sonoros, inducen a un confort acústico, si este no tiene una presencia (amplitud) elevada. Los entornos urbanos, son contextos de alto índice de actividades. A mayor número de actividades simultáneas, se genera más contaminación acústica, la que normalmente no estaría presente en un contexto, más pausado y tranquilo. En entornos urbanos, es por lo tanto más fácil y reiterada la sobreacumulación sonora. En muchos casos, esta puede llegar a niveles de alta contaminación, que interrumpen o alteran la vida cotidiana. Superponer capas de flujos hidráulicos, contribuye a amortiguar otros sonidos existentes y a producir un efecto armonizador con el paisaje sonoro circundante. Sin embargo, nos encontramos en un momento histórico, en que cualquier dispendio extra de recursos puede no sólo ser cuestionado, sino renovado en un discurso respecto al marco de la sostenibilidad energética. Consecuentemente, no sólo se trata de producir dispositivos generadores de flujo hidráulico, sino de estudiar los mecanismos de su producción y cómo estos pueden entrar a resonar con otros criterios esenciales de generación energética. Se podrían contemplar dispositivos multifunción, que cumplan ambas partes. Por ejemplo, un dispositivo que extraiga el agua del rocío o de la condensación, para poder acumularlo en depósitos, mediante pequeños flujos. Estos pueden ser combinados con depósitos recolectores de agua de lluvia. En climas áridos, el agua puede ser un bien escaso, aunque se disponga de espacio suficiente para acumularla.



Vistas de las fuentes de agua en los jardines y patios de la Alhambra de Granada.

En este dispositivo pueden coexistir, elementos de acumulación y elementos de generación de energía a microescala. Imaginemos que este dispositivo es multipuntual o distribuido, es decir que los saltos de agua sean menores pero más repartidos en el espacio. Esto, a priori, puede suponer una no optimización de recursos, sin embargo se plantea como un sistema distribuido de pequeñas células productoras de recursos. En este sentido, cada célula puede alimentar una fracción concreta de un sistema complejo de requerimiento de recursos energéticos (electricidad, agua corriente, etc.).

No obstante, hay otros sonidos, aparentemente desagradables, como es el caso del viento, azotando fachadas y cubiertas, y el de la lluvia, rociando con agua y salpicando gotas, que pueden ser sonidos calmantes y armonizadores, según cómo y donde se utilicen. Son sonidos de la naturaleza, que al superponerse al ruido existente y molesto, pueden amortiguarlo y también crear una atmósfera apacible.

Interacción entre la arquitectura y las personas para obtener un medio armónico

El segundo punto de distinción a analizar, sería la interacción entre la arquitectura y las personas para obtener un medio armónico. La voz y los sonidos, son un medio de comunicación del ser humano. Pero no es el único. La comunicación también se produce por el tacto y por los gestos de las personas. La *interactividad*, se basa en un sistema en el que se producen unas determinadas reacciones programadas o diseñadas, resultantes de acciones iniciadas habitualmente por la mano humana.

Se distinguirá *reactividad* de *interactividad*, como una simple orden y ejecución en el primer caso, y como diálogo de instrucciones en el segundo. Los sistemas interactivos pueden ser *activos* o *pasivos*. Los sistemas activos, serán los que responden a determinados estímulos a través de sistemas cibernéticos más o menos complejos, en los que habitualmente se dispone de sensores, cerebro (CPU) y actuadores. Los pasivos, serían aquellos sistemas en que la interacción viene dada como producto de un buen diseño. No es imprescindible, para esta tipología, que se disponga de un sistema cibernético. Se puede haber realizado un buen proyecto arquitectónico, teniendo en cuenta materiales, energías, la distribución de estas, los recursos hidráulicos, la gestión de residuos y su aprovechamiento para producir energía, etc. En este caso la arquitectura, deviene un sistema pasivo de organización de flujos y ciclos vitales, que se realimentan y por consiguiente, interaccionan con la habitabilidad. Hasta no hace mucho tiempo, se tendía a ver como artificial la inclusión de una capa cibernética en la gestión de los sistemas de interacción. Sin embargo, en unos pocos años este tipo de tecnologías podrían ser muy extendidas, teniendo en cuenta como las tecnologías libres y *Low Tech*, no suponen un gran coste, pero sí suponen grandes ventajas por ser tecnologías asistidas a acciones cotidianas. En este sentido, sistemas que puedan ser realizados con *Arduinos*, *Raspberry Pi*, u otro tipo de sistemas electrónicos sencillos y abiertos, pueden dotar a un proyecto de multitud de funciones reactivas e interactivas de manera muy económica.

Esta visión Low-cost / Low-tech, se beneficia de su capacidad de adaptar fácilmente con mucha particularidad e intención, las necesidades requeridas para un determinado sistema de interacción. Estos dispositivos, pueden incluso fácilmente ser alimentados por pequeñas placas solares, con lo que se pueden disponer de estaciones autónomas de la red eléctrica, distribuidas en un gran espacio o territorio. Esta visión de pequeñas células de interacción, sin duda se mimetiza con el modelo de un organismo, en el que habitualmente se dispone de un gran conjunto de sensores, para que un sistema tenga propiedades de interacción complejas. Por ejemplo, cada vez está más extendida la aplicación de estos dispositivos como asistencia a mecanismos domóticos o en la producción agrícola de pequeña extensión, como autómatas de autoriego, en función de los parámetros climatológicos que se suceden en el tiempo. Los sistemas de interacción, conformados por sensores y actuadores, pueden servir como detectores de diferentes intensidades de sonido, por ejemplo, una pared cambia de color o se deforma, según la cantidad de personas que estén intercambiando sonidos verbalmente, risas, llantos, etc. Los sensores captan las diferentes atmósferas y la transmiten a otro medio. Es como un sistema de alerta en el sentido que, al alcanzar una sobrecarga de elementos estresantes o inarmónicos, el sistema te avisa de lo que está ocurriendo.

Otros ejemplos de interacción de sistemas pasivos (desprovistos de la capa cibernética), pueden ser dispositivos u otros elementos arquitectónicos que posean una propiedad acústica, dualmente con otra funcionalidad. Por ejemplo, se puede imaginar una escalera que posea las cualidades tonales de un piano, es decir, que al subir se produzca un ascenso de *pitch* o tono, debido a las propiedades resonantes del material utilizado en cada escalón.

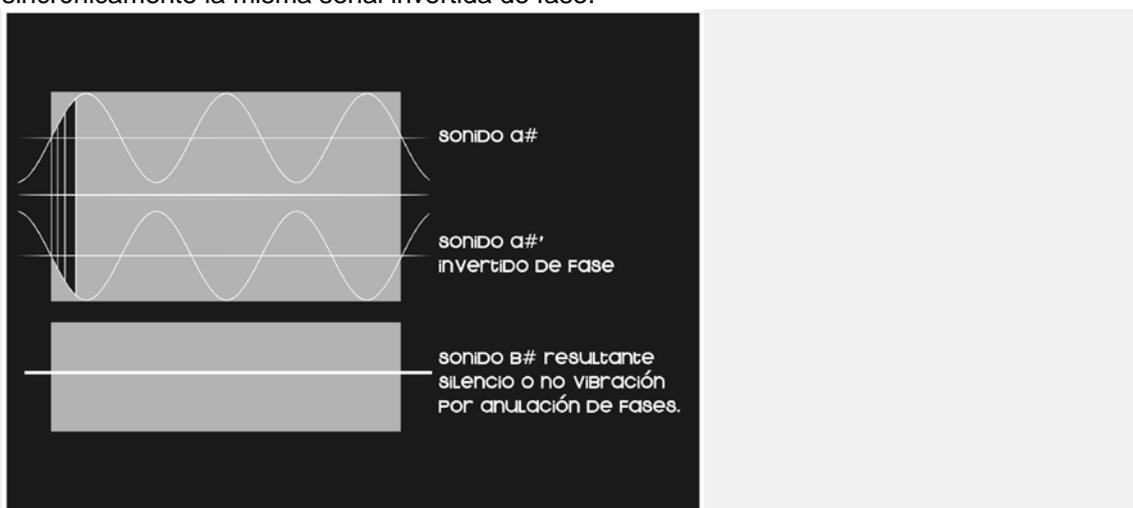
De esta manera, al ascender por la escalera, se podrá disfrutar de un efecto sonoro de acompañamiento al movimiento del cuerpo por el espacio. Otro ejemplo de interacción acústica pasiva, puede ser el de la resolución de juntas de dilatación y de materiales en estructuras transitables, por ejemplo en carreteras, puentes o viaductos. Habitualmente, la disposición de las juntas sólo obedece a una consideración puramente técnica o económica, pero raramente se consideran otras posibilidades. Una alternativa interesante, sería la de distribuir las juntas según unos criterios de composición sonora, bajo la cual, al circular con el vehículo, a velocidad estable, se producirían unos patrones rítmicos que se podrían diseñar con precisión e intención previa, para que la experiencia del tránsito sea agradable, curiosa y particular.

Los ejemplos anteriores, la escalera y el viaducto, producirían un efecto empático en las personas que las usasen. Introducir el efecto de simpatía y buen humor en la arquitectura, es también desproveerla de la rigidez, que la seriedad y el rigor disciplinar, tiende a convertirla en objeto no comunicante y aséptico.

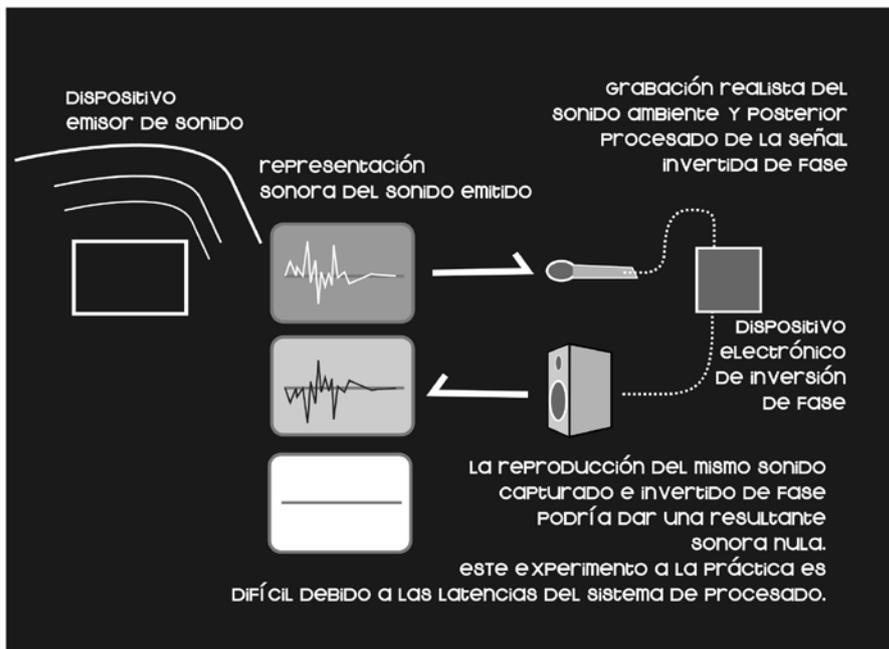
Materiales inteligentes capaces de asumir el rol del sonido como equilibrador de espacios

Este punto se trata del más hipotético, al tratar con materiales que tuviesen propiedades inteligentes de autogeneración – tal como se vio en el Anexo del capítulo 0 en la sección '*Arquitectura Generativa*'. Hipótesis: Los espacios se agrandan según la necesidad. Si en el espacio hay demasiadas personas las paredes se prolongan hasta establecer la armonía perdida. Según la ductilidad del material, las capacidades sónicas que se desarrollarán serán distintas. Los materiales blandos amortiguan los impactos generando más suspensión, propagando las frecuencias bajas, y atenuando las frecuencias altas.

De manera inversa, los materiales duros reflejan los impactos propagando las frecuencias altas. Por consiguiente se podría definir que en general el grado de dureza de un material, queda vinculado de manera directamente proporcional a la transmisión de frecuencias. Es decir a mayor dureza de un determinado material, mayor resultante de frecuencias agudas. En la sección de Smart materials del capítulo 0 se citaban las propiedades de los materiales en función de la su rendimiento de absorción acústica. Se mostraban como en algunos casos con materiales de tipo de piezoeléctrico, se podrían diseñar sistemas inteligentes de cancelación o atenuación sonora. La cancelación sonora queda descrita en las siguientes imágenes al disponer de una señal acústica inicial que se anula mediante su forma-de-onda-espejo (mirror-waveform). En definitiva una determinada señal acústica puede anularse si se reproduce sincrónicamente la misma señal invertida de fase.



Aunque resulte interesante esta consideración, aplicable en la eliminación de polución sonora ambiental, existe el problema de la latencia o retraso en dicho proceso. En la siguiente imagen, se puede comprobar que, para aplicar dicho proceso, se debería registrar el sonido inicial que se desea eliminar, e invertirlo de fase, para después reproducirlo. Como se puede suponer, existen dos problemas: el primero es que el sonido procesado de fase, se enviará al espacio con una latencia o retraso (*delay*), por muy rápida que sea la operación realizada. Por consiguiente, la cancelación por inversión de fase no es inmediata. El segundo sería que el sistema reproductor del sonido cambiado de fase, nunca reproducirá el sonido 'real', entendiéndolo como el sonido acústico y distribuido de manera compleja en el espacio. En definitiva, se trata de un método que tendría un margen de error. Sin embargo, el sistema de análisis determinaría frecuencias medias y reproduciría distintos rangos frecuenciales, para reducir o atenuar el sonido inicial.



Los materiales piezoeléctricos se están investigando para aplicaciones de mecanismos reductores de ruido. Ver más información en el capítulo 0 en la sección 'Smart Materials'.

Como se ha visto en el primer capítulo de *Sonido y forma*, la integración de parámetros e información sonora, es una posibilidad cada vez más en auge, dentro de procesos digitalizados. Una posibilidad, es la de integrar dichos parámetros en estos procesos de forma intrínseca, de manera que la incorporación del sonido responda a criterios conceptuales, plásticos y estéticos. Otra posibilidad, es la de integrar la fenomenología sonora que fomente una armonización en los ambientes, tal y como sucede en los *soundtracks* que acompañan a los films. Por ejemplo, un sonido natural de agua, lluvia y tormenta, puede ser sintetizado y reproducido para recrear una atmósfera de bienestar y armonía. Dependiendo de cómo y dónde se coloquen estos puntos de emisión, y de la intensidad de los mismos, los resultados pueden ser más o menos exitosos. Los sonidos armonizadores, no son ni una ciencia exacta ni una definición fija. La variabilidad de estos sonidos, puede ser muy extensa, de manera que se tendrán que entrelazar en el proyecto con el *feedback* de otros elementos, conceptos, personas u otros condicionantes.

Desde 1979, los investigadores de Cresson*, han desarrollado conceptos útiles acerca de los efectos sonoros cotidianos en contextos arquitectónicos y urbanos. En el transcurso de este apartado, se exploran estudios e investigaciones de R. Murray Schafer, Jean-François Augoyard, Henry Torgue, y participantes de los encuentros Iberoamericanos sobre Paisajes Sonoros. Entender que el sonido es una condición integrante del diseño arquitectónico y urbano, relacionada al lugar, sugiere un acercamiento transdisciplinario en la investigación. En el contexto actual, se hace necesario introducir la idea de sostenibilidad sonora, independientemente de la sostenibilidad energética. Este aspecto es fundamental a tener en cuenta, debido a que los criterios de diseño arquitectónico, son cada vez más dinámicos e indeterminados, en respuesta a los cambios de uso en espacios y edificios. La dificultad de esta idea, es precisamente su contraposición con las leyes del mercado, que se basan en diseñar espacios de la manera más rápida y económica, optimizando materiales y dispositivos específicos de atenuación sonora y aislamiento acústico.

Jean-François Augoyard y Henry Torgue, en su libro *Sonic experience, a guide to everyday sounds*, dan una guía de efectos sónicos en los campos de la ciencia social, el urbanismo y la acústica, que pueden significar una herramienta cualitativa de estas disciplinas. Dicen que: *“el efecto sónico es paradigmático, porque en lugar de definir las cosas de manera precisa, este abre el campo a una nueva clase de fenómenos, dando solo alguna indicación de su naturaleza y de su estado”*...[...]...*“El efecto sónico es probablemente una de las herramientas más sutiles en proyectos y diseños arquitectónicos. La falta de concienciación de los diseñadores, viene seguramente por un bloqueo mental causado por la cultura y la educación visual.”***

El paisaje sonoro (*Soundscape*), consiste en sonidos compuestos por el medio ambiente, tanto naturales, sonidos de animales, vocalización de seres humanos y el clima y también por sonidos creados por actividades humanas, como el trabajo y la tecnología industrial. Todos estos sonidos, pueden llevar a una contaminación acústica, que hace necesaria la investigación del control de ruido y de la ecología sonora. Para ello, se han ido haciendo multitud de grabaciones de sonidos, que a veces incluso, se incorporan a las actuaciones musicales. Existen toda una serie de librerías adjuntas a programas de ordenador, con sonidos ya grabados, que se pueden obtener y posteriormente incorporar como *samples* a una composición musical. Pauline Oliveros, compositor de música electrónica, define el paisaje sonoro como:

*“todas las formas de onda transmitidas fielmente a nuestra corteza de audio por el oído y sus mecanismos.”****

El término ‘paisaje sonoro’, fue acuñado por el compositor canadiense y ambientalista R. Murray Schafer. Según este autor, un paisaje sonoro, consiste en los eventos oídos, no en los objetos vistos. Existen tres elementos principales en el paisaje sonoro:

* Cresson forma parte de la escuela de arquitectura de Grenoble

** Augoyard, Jean-François y Torgue Henry: *Sonic experience, a guide to everyday sounds*. Montreal: McGill University Press, 2005. (Traducción cita: Bea Goller)

*** Oliveros, Pauline: *Sounding the Margins: Collected Writings 1992-2009*, Lawton Hall, ed., Kingston, New York: Deep Listening Publications 2010

- 1) Sonidos de Keynote, término musical que identifica la clave de una pieza, no siempre audible. Según Schafer: *"Los sonidos principales no siempre se pueden escuchar conscientemente, pero describen el carácter de las personas que viven allí"*. Son sonidos creados por la naturaleza y por el hombre (geografía y el clima): viento, agua, bosques, llanuras, pájaros, insectos, animales. En muchas zonas urbanas, el tráfico se ha convertido en el sonido principal.
- 2) Las señales de sonido, que se escuchan de manera consciente; ejemplo de ellos serían los dispositivos de advertencia, campanas, silbatos, bocinas, sirenas, etc.
- 3) Soundmark, que es un sonido único para un área.

En su libro: *The Soundscape, Nuestro ambiente sonoro y la afinación del mundo* (1977), Schafer escribió: *"Una vez que un Soundmark ha sido identificado, merece ser protegida, por marcas sonoras que hacen que la vida acústica de una comunidad sea única"*. Al principio de este libro, el autor se cuestiona si el paisaje sonoro del mundo es una composición indeterminada, sobre la cual no se tiene control, o si nosotros, como compositores e intérpretes, podemos ser responsables de darle forma y belleza*. A lo largo del libro, Schafer trata el mundo como si fuese una composición musical macrocósmica. El universo sónico, es la nueva orquesta, y los músicos, todo lo que suena, sean seres vivos u objetos. En una de sus más contemporáneas definiciones, John Cage explicó que la música eran sonidos, sonidos alrededor nuestro, tanto si estamos dentro o fuera de una sala de conciertos. Soundscape, representa la reafirmación de la música, como una búsqueda para armonizar los sonidos del mundo.

En general, habría que pensar en edificios sostenibles, tanto energética como acústicamente, dotados de una piel inteligente. Esta piel, diferenciaría los sonidos molestos de los beneficiosos para una comunidad y utilizaría estos últimos, para crear armonía en los espacios habitados. Si bien se podría eliminar, tanto los ruidos exteriores molestos, como aquellos producidos desde el interior, también se podrían incorporar sonidos que facilitasen y aumentasen el goce de nuestra vida. La razón estriba en que, en el marco actual, el ser humano está mutando en relación a la capa tecnológica que le envuelve, y en cómo esta genera constantemente cambios de interrelación con el medio.

Dejar el mundo sonoro, únicamente de mano de la acústica o relegarlo a ingenieros de sonido, propicia específicamente este autismo del que habla Juhani Pallasmaa, en su ya mencionado libro *Los ojos de la piel*. Si los/as arquitectos/as imaginamos, diseñamos y construimos un espacio, que en un principio es intangible, y posteriormente es virtual y por último se hace tangible, sería aconsejable tomar el concepto del sonido, como un parámetro más del proyecto a desarrollar: como una capa más, la que se le añadiría al proceso de configuración arquitectónica. Según Juhani Pallasmaa, por un lado la desaparición del mundo audible, sólo está propiciando una pérdida del sentido básico de nuestra vivencia, comparable a una casa deshabitada. Los ecos de los interiores de las viviendas, son absorbidos y censurados. Esto se debe a que los ruidos molestos nos agobian mucho y la única vía que conocemos la de eliminarlos.

Por otro lado, la música grabada y programada, que escuchamos en las grandes superficies comerciales, va eliminando la posibilidad de percibir el volumen acústico del espacio y nuestros oídos se vuelven ciegos. El sonido, provee conjuntos de información cognitiva, tanto relacionados con los procesos mentales de conocimiento, percepción, razonamiento, memoria, opinión, como con sentimientos y emociones. Al percibir el espacio, no somos conscientes del complejo proceso en el que se implican diversos sentidos, siendo el sentido de la audición un importante protagonista. El sonido, aún siendo parte del entorno en el que está inmerso, también afecta a este contexto y forma parte de los datos que adquirimos al leer entornos espaciales. Pero no es sólo saber leerlos, sino poder diseñarlos con una propuesta sonora.

* Schafer, R. Murray: *The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World*. Rochester: Destiny Books, 1977. (Traducción cita: Bea Goller)

Los espacios cambian con el sonido. Este los puede hacer parecer más amplios, más estrechos, más alargados o más cortos, etc. Según cómo y dónde se localice el/los foco(s) de emisión, se crean espacios alternativos muy marcados. Véase el capítulo anterior de *Sonido y espacio*. Nuevos materiales, tales como los *Smart Materials*, son materiales inteligentes, que podrían ser utilizados en la construcción con fines de auto reparación (véase anexo al capítulo 0). Mediante el uso de la voz o de ciertos sonidos, estos podrían cambiar la estructura de los átomos para generar una mayor interrelación con el medio ambiente. Estos materiales, forman parte de la nanotecnología y están todavía en fase de experimentación, pero se cree que en un futuro no muy lejano, llegarán a constituir un poderoso avance en la arquitectura.

Los materiales, han estado siempre al servicio de sus usos más obvios, consecuentemente, si los primeros pueden transformarse, también lo pueden hacer los últimos. Se ha pasado de los tradicionales usos estables a una dinámica de usos en constante cambio. El sonido, podría convertirse en una herramienta valiosa para inducir nueva diversidad de usos. La sostenibilidad sonora, no sólo implica eliminar ruidos molestos, sino pensar que los sonidos pueden dar un equilibrio y bienestar al usuario, a nivel físico o psíquico. Podemos utilizar la información cognitiva sonora para facilitar la comunicación e interacción de las personas, así como utilizar el sonido en interrelación con la capa tecnológica y arquitectónica.

Al relacionar sonido, espacio y tiempo, se plantea una actualización del concepto del espacio integrando la dimensión tiempo y en concreto, el tiempo no lineal. Simultáneamente, esta actualización se entrelaza con la capa intangible telemática de la vida cotidiana actual. Es significativo que el tiempo contenido en un determinado fragmento sonoro, posee unas cualidades que no tienen otras tipologías creativas como las obras pictóricas, las obras escultóricas, u otras que no se presentan enmarcadas por el factor tiempo. Una determinada pieza musical fijada en un soporte, posee per se, de una determinada acotación en el tiempo, desarrollándose en la duración propia de la composición, que el/la compositor/a haya creído conveniente en su formalización. Sin embargo, ese tiempo posee unas propiedades particulares que merecen ser destacadas. Entre estas propiedades se da la *relatividad de la cuantificación temporal*. Imaginemos que la pieza en cuestión tiene una duración de 3'03" (3 minutos y 3 segundos). Esa duración y acotación en el tiempo es perceptivamente variable en función de la actividad y contexto en que se realiza la escucha. Evidentemente siempre son 3 minutos y 3 segundos, sin embargo no siempre se dispone de la misma percepción temporal. Sin duda, todo el mundo ha podido experimentar esta sensación alguna vez. Otra propiedad que conviene mencionar, es la *singularidad espacio-temporal*. Cuando se escucha la pieza del ejemplo anterior en un determinado lugar, se construye un espacio-tiempo que es distinto y único. A pesar de que la pieza sea la misma exactamente (y por consiguiente su duración), nunca se dispondrá de la misma sensación perceptiva por producirse en momentos distintos, en los que implican cambios espaciales, cambios personales o emocionales y cambios de contexto social.

Al margen de los ejemplos anteriores, también se produce un *efecto de compresión temporal* que no sólo es propio de la música o sonido, sino especialmente propio de una obra fijada en un determinado soporte. En este sentido se incluye la obra musical y sonora, pero también la obra audiovisual u otras en que sea necesario un determinado tiempo (el propio de la duración) para su completa asimilación y percepción. La compresión temporal se produce cuando se compara el tiempo de producción respecto al tiempo de performance. Es decir, en el ejemplo anterior: la pieza de 3 minutos 3 segundos, quizás la escuchemos realmente en ese tiempo (a pesar de las posibles deformaciones en el tiempo comentadas previamente). Sin embargo el tiempo de producción para realizar dicha pieza excede en mucho a la duración de la misma.

También las obras performativas poseen una referencia explícita al tiempo, en cuanto a que son formatos que suceden en directo. Existen numerosas piezas de este registro que hacen referencia expresamente al concepto tiempo, por trabajar con uno de los elementos que le da significado a una performance en directo: el tiempo real. El arte de acción o 'Life as Art', como lo llamó Allan Kaprow*, es definido bajo esta consideración: no existe más allá de la pieza misma (con excepción de su documentación). En definitiva una tipología artística, en que lo efímero toca a su límite debido a que la duración relativa en el tiempo, es exclusiva de la acción que sucede, sin extensión alguna. La reconocida *performer* Esther Ferrer** tiene una pieza que reflexiona sobre el concepto tiempo para desarrollar la acción. Durante 1 minuto marcado por una señal acústica responde a una determinada pregunta o cuestión que desarrolla con una alta expresividad en la oratoria, hasta que se acaba el tiempo en dicho discurso. La acotación rígida en el tiempo le da una tensión a una articulación espontánea y libre que incluso es auto-referenciada recurrentemente en sus disertaciones. A continuación se va a analizar otro de los factores importantes en la relación sonido, espacio y tiempo, que es precisamente el ritmo.

* Allan Kaprow (1927 –2006) es un artista americano y pionero del concepto del 'performance art' desarrollando el 'Happening' en los años 50 y 60, tanto en la práctica como en la teoría. Fluxus, el performance art y las instalaciones estuvieron influenciados por su obra. <http://www.vdb.org/titles/allan-kaprow-interview>

** Esther Ferrer (1937) es una artista inter disciplinaria basada en el arte performativo. 1966, Esther se une al grupo Zaj, conocido por sus acciones radicales. Zaj, es disuelto en 1996 por uno de los miembros fundadores Walter Marchetti.

El ritmo es un flujo de movimiento controlado o medido, sonoro o visual, generalmente producido por una ordenación de elementos diferentes del medio en cuestión, pudiendo ser uniforme, alterno, decreciente o creciente. En música, el ritmo se define como la organización en el tiempo de pulsos y acentos que perciben los oyentes en una estructura compositiva. Esta sucesión temporal se ordena en nuestra mente, percibiendo de este modo una forma tonal. El ritmo tiene mucho que ver con definir el compás, que a su vez define el acento y las figuras musicales de la composición. El ritmo no se escribe en el pentagrama, sólo se define con la figura musical de la duración del pulso. Este está intrínsecamente relacionado con el tiempo, dependiendo el uno del otro. Si al pentagrama se le agregan notas musicales aparece el sonido. Al sumar los acentos, figuras y un compás definido por el ritmo, surge la melodía. En otras palabras, el ritmo se apoya en los acentos, dando la estructura. La melodía da forma a todo esto. El tiempo es una variable; esto significa que es relativo o depende de otros factores. Definiendo la variable como una variable de tiempo es una fracción asociada a un compás, que está situado en posiciones contiguas, y su valor puede cambiar durante la ejecución de una obra. El ritmo en la música también está muy asociado a los estados de ánimo, porque las ondas sonoras penetran el cuerpo humano inevitablemente y directamente a través de los canales auditivos e, incluso, por los poros de la piel. Se puede observar como los ritmos estáticos y continuos producen cierta homogeneidad que en función del contexto pueden producir monotonía, o bien en otros casos pueden ser el desencadenante hacia la inmersión a otros estados perceptivos, teniendo en cuenta que el ritmo estático deviene intangible, ya que el cerebro se acostumbra a esa continuidad de información. Por el contrario, con un ritmo discontinuo, dinámico y mutante, donde los accidentes cobran singularidades y tensiones con bastante intensidad, nos transporta a una percepción más nítida de la realidad donde cada detalle es relevante. Consecuentemente, deviene en un estado perceptivo de atención e interacción con el medio de manera más intensa. En definitiva, el primero tiende a relajar y transportar por su ausencia de nuevos estímulos, el segundo tiende a elevar la atención por su elevado índice de estímulos.

En arquitectura el ritmo se aprecia en la secuencia y repetición de elementos dispuestos tanto en el eje horizontal como en el vertical. Para que exista un ritmo, deberán existir por lo menos dos elementos distintos que interactúen formando una secuencia. El término de ritmo se utiliza mucho en arquitectura para describir la disposición particular y la periodicidad de la aparición de elementos, que visualmente darán un cierto movimiento a algo inmóvil. Si la repetición y la distancia de elementos son uniformes dará la apariencia de un ritmo equidistante, quizás monótono o de reposo. Si por el contrario la reincidencia y el intervalo de una misma forma, no son uniformes, puede aparentar un cierto movimiento. Desde tiempos remotos, la arquitectura se ha considerado como un ente estático y perdurable. En una visión más actualizada, la arquitectura es percibida más como un organismo, dejando de ser un ente sin vida y transformándose en un ente pulsante. El espacio se hace más dinámico y, consecuentemente, se podría adaptar mejor a nuestras vidas y a nuestros estados de ánimo. Así mismo, esta arquitectura más orgánica y pulsante seguirá el ritmo de la naturaleza, presente en las infinitas actividades que gobiernan la existencia de todo ser vivo. Dichas actividades están muy relacionadas con los procesos rítmicos de los fenómenos geofísicos como las mareas oceánicas, el día solar, el mes lunar y los cambios de estaciones. No solamente los elementos estructurales tienen un carácter repetitivo de forma periódica, también las funciones se desarrollan en ritmos, en ciclos regulares y en procesos seriados. Pensemos en las pulsaciones del corazón, la respiración, las vibraciones en el músculo del esqueleto contraído, la rítmica autónoma de la musculatura del intestino, las oscilaciones de las arterias y los fluidos seriados de las vías de los nervios. Vemos que el ritmo, tanto en la música como en la arquitectura, viene en función del pulso de acentos y de sus pausas. En el libro *Pulsation in Architecture*, de Eric Goldemberg, se define el término pulsación de la siguiente manera:

“Pulsación en arquitectura destaca el papel de diseño digital como el catalizador de una nueva sensibilidad espacial relacionada con la percepción rítmica. Propone una nueva crítica de la arquitectura computacional basada en la capacidad de diseño digital para ir más allá de la mera herramienta e involucrar centralmente los aspectos básicos de la disciplina: el motor generativo de arquitectura digital revigoriza un discurso por parte de todas las relaciones a través del efecto rítmico.”

“Hay un cambio de paradigma en la percepción espacial debido al intenso uso de técnicas de computación y la capacidad de trasladar enormes cantidades de datos a patrones espaciales; el ritmo juega un papel fundamental en la articulación de la topología de edificios, generando el carácter atmosférico que induce a estados de ánimo y palpitando sensaciones en el espacio. Pulsación introduce la capacidad fundamental de animar la forma de vida y cambia la forma de nuestra percepción del espacio arquitectónico a través de las múltiples escalas de un proyecto, desde su creación digital para fabricación. Un hilo emergente de sensibilidad rítmica vagamente enlaza un estudio sobre las prácticas de diseño contemporáneo.”

Este libro revela como los conceptos y técnicas de fabricación más innovadores, conectados a la producción del diseño arquitectónico, están cambiando la manera de concebir y proyectar arquitectura y abriendo también la conciencia hacia el poder del diseño digital. La pulsación rítmica en arquitectura es entendida como generador de identidad, variación y diferenciación. Es una capacidad fundamental y animada de las formas vivientes. Esta capacidad hace nacer formas transitorias, que son sistemas abiertos, flexibles, movibles y modificados según la necesidad de la sociedad y el entorno cambiante. La pulsación en la arquitectura es un cambio de paradigma en la percepción espacial debido al uso intensivo de técnicas computacionales, así como la posibilidad de transformar cantidades masivas de datos a patrones espaciales. El ritmo interpreta la articulación topológica de los edificios, generando un carácter atmosférico que induce estados de ánimo y sensaciones palpitantes en el espacio. El término ‘pulsation’ o pulsación, introduce la capacidad animada y fundamental de la forma, reformateando nuestra percepción del espacio arquitectónico a través de múltiples escalas de un proyecto, desde la concepción digital a su fabricación. Los últimos avances de la física y el digitalismo también han abierto la posibilidad de hacer partícipe la capa sonora de las formas sólidas en la arquitectura. Las formas son cada vez más dinámicas y los materiales que la componen empiezan a ser estudiados a nivel nano escalar. En un futuro, no muy lejano, quizás se podrán incorporar los materiales intangibles, como el sonido, y tratarlos como cualquier otro material.

La arquitectura clásica habitualmente se estratificaba con mucha claridad la relación interior/externo con una separación formal y de elementos arquitectónicos. En las últimas décadas, y a pesar de las distintas líneas estilísticas y de actuación, que la posmodernidad llevó desde su traslación teórica de otras disciplinas, se interconectan capas de realidad superpuestas. En muchos casos estas pueden incluso devenir contradictorias, pero, en definitiva, son utilizadas desde un ángulo crítico e intencionado para generar tensión espacial o formal en el proyecto arquitectónico. Uno de los hilos recurrentes en este sentido se trata de la ausencia de separación entre interior y exterior que se iniciaría de manera sutil con algunos ejemplos del modernismo, por ejemplo Mies van der Rohe, Le Corbusier o la influencia de la arquitectura tradicional japonesa en ciertas líneas recurrentes de aquella época. En etapas más recientes se trata no solo del difuminado entre interior y exterior, sino también de la expansión de los límites contextuales en los proyectos arquitectónicos con claras referencias a estructuras influenciadas por la naturaleza, tanto a nivel micro con estructuras articuladas y exoesqueletos, como a nivel macro con las influencias de la geología. En estos últimos casos, el elemento ritmo no tiende a presentarse mediante estructuras modulares y su repetición, sino por la transformación de elementos en el espacio emulados del comportamiento natural de los seres vivos.

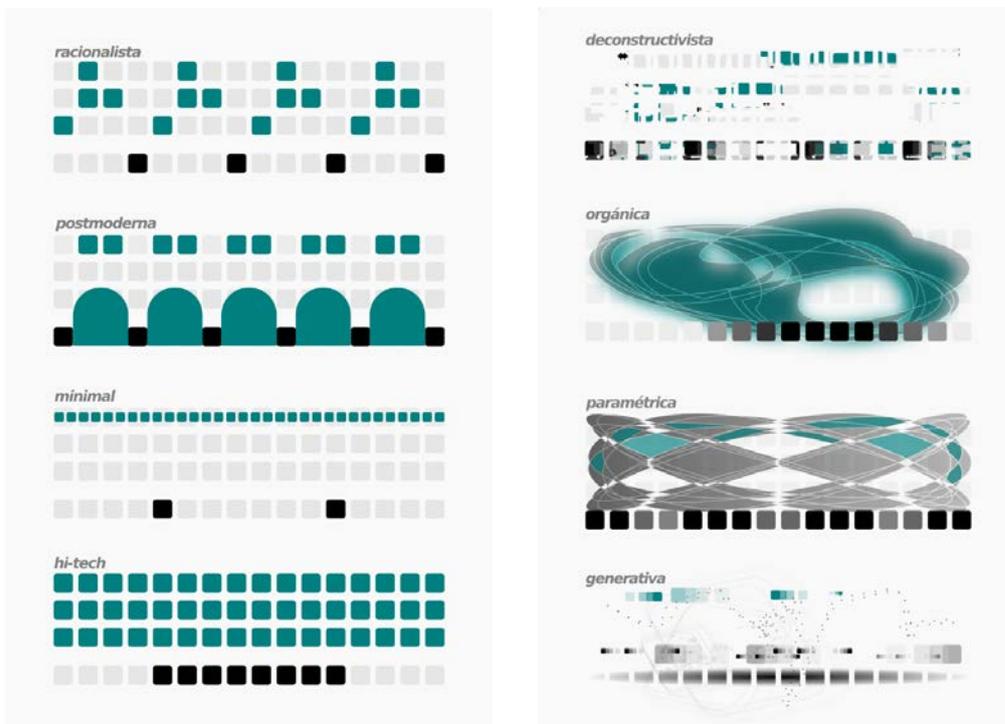
Desde algún tiempo se hace referencia al concepto de la arquitectura líquida. Ya en el año 2001 en su artículo ‘Arquitectura Líquida’ Ignasi de Solà-Morales se preguntaba: * *¿Existe una arquitectura materialmente líquida, atenta y configuradora no de la estabilidad sino del cambio y, por tanto, habiéndose con la fluidez cambiante que ofrece toda realidad? ¿Una arquitectura cuyo objetivo sea no el de ordenar la dimensión extensa sino el movimiento y la duración?*

*Solà-Morales, Ignasi de. "Arquitectura líquida". DC. Revista de crítica arquitectónica, núm. 5-6, 2001

Con estas cuestiones Solà-Morales pronosticó una emergente vía de entender los cambios que iban a acontecer en la arquitectura. En la pregunta de si hay una arquitectura del tiempo más que del espacio, tuvo quizás más en consideración la parte filosófica del momento que la científica. La ciencia busca demostrar la parte física de nuestro mundo al máximo detalle. Los descubrimientos científicos han demostrado, por un lado que el espacio no es separable del tiempo, por otro, la revolución informática ha dado un giro a la arquitectura, como modelo de la capacidad humana para construir entornos artificiales. Uno de estos modelos sería el ciberespacio, subsidiario de los ordenadores y las redes informáticas, quienes traducen la metáfora urbana en una arquitectura netamente inmaterial, de datos, conformada por rutas y accesos, nodos y autopistas informáticas. Igual que el espacio es maleable y mutable, así la materia estable, es substituida por el concepto variable de interacción, y ésta depende completamente de la noción de tiempo.

Marcos Novak, en 2005 comentaba que el patrón constructivo del ciberespacio es la arquitectura líquida. Esta es una arquitectura que respira, pulsa, salta en una forma y cae de otra. Según él, 'La arquitectura líquida es una arquitectura cuya forma es contingente al interés del usuario; una arquitectura que se abre para acogerme y se cierra para defenderme; una arquitectura sin puertas ni pasillos, donde la próxima habitación está siempre donde la necesito y es como la necesito'.

En las imágenes se representan algunos de los registros estilísticos más representativos en la arquitectura del siglo XX y actual. Los diagramas muestran patrones generados por las aberturas y por la estructura (en verde y negro respectivamente). Por consiguiente se trata de visualizaciones orientativas respecto al tipo de patrón rítmico que se genera en función de un determinado estilo. Se puede comprobar -como también se mostrará en los diagramas relativos a la música- que la tendencia pasa de una rigidez formal, a una mayor organicidad y dinamismo rítmico. Este proceso coincide en evolución temporal, ya que en los primeros diagramas se representan estilos de la primera mitad del s. XX, y en los últimos se referencian las tendencias más recientes.



En los estilos más genuinamente computacionales, como son la arquitectura paramétrica y la arquitectura generativa, el rol del/la arquitecto/a incluye la generación de la función a parte del diseño respecto a esta.

La arquitectura generativa incluye la construcción y diseño de la función a priori, estableciéndose en muchos casos como un diseño sin encargo, más propio de prácticas de arquitectura de investigación. En este sentido la construcción del algoritmo -o sistema generador- como práctica de meta-diseño, es común en la arquitectura y también en la música. En esta última, también hay más tendencia a la construcción de los instrumentos como método de proceso creativo, debido a una mayor *customización* del resultado obtenido. En definitiva esto significa –tanto en arquitectura como en música-, una reducción de recursos y de intermediarios, tanto en los procesos de producción como de creación. Esta optimización y reducción de procesos en ambos marcos, empuja a nuevos desafíos de entrelazado con otras áreas del conocimiento. Los algoritmos son estructuras y métodos que pueden sin duda colaborar y ayudar en muchas partes del diseño. Sin embargo diseñar con algoritmos puede llevar a una excesiva complejidad y sobre-codificación, que en ocasiones puede hacer perder de vista el objetivo inicial. Esta consideración puede ser compleja y no exenta de riesgo como lo que plantea Kevin Slavin en una presentación TED*, donde comenta cómo los algoritmos financieros están fuera de control y supervisión humana, con el fin de conseguir las transacciones en el menor tiempo posible (microsegundos) con las máximos beneficios con técnicas de ‘swarming’**.

La arquitectura, tiene un componente distinto en el momento en el que el tiempo de percepción de las estructuras está en función del nivel de movimiento del cuerpo en el espacio, y esto no depende de la estructura en sí. En el marco sonoro, sí que sucede que la estructura formal se desenvuelve en un tiempo linealmente progresivo, desarrollándose y transportándose en el mismo futuro inmediato o presente continuo. Esta diferencia en materia estructura-temporal constata que la percepción de un determinado ritmo arquitectónico resulta distinta al del marco sonoro, en función del movimiento del cuerpo en el espacio. En otras palabras, el ritmo que se puede percibir en un pasaje, pautado por elementos arquitectónicos ordenados bajo una cierta cadencia y secuencia, será distinto si el observador está en ese espacio de manera estática, o lo está recorriendo dinámicamente.

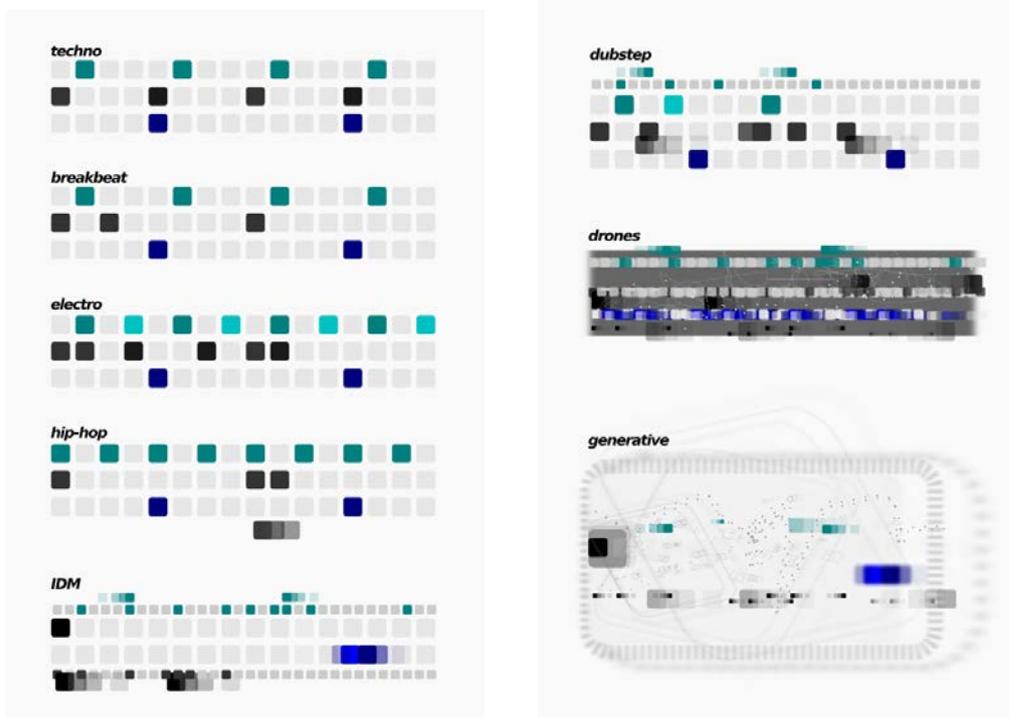
En la arquitectura clásica existía un ritmo entre los espacios de reposo y los de circulación, tanto formal como visualmente. La tendencia hacia una continuidad elimina este ritmo tan marcado de antes. Los espacios de reposo aparecen esporádicamente en un único espacio multifacético. Si se mira el tiempo de uso de las actividades en un único espacio continuo se podrá comprobar cómo existe una superposición de dichas actividades. Este hecho ocasiona una no focalización de los elementos por la sobre codificación de información, que hace que la arquitectura tienda a estar más desenfocada y con los límites más difuminados. Si no hay nitidez en la visión, se hace más difícil la posibilidad de observación del ritmo. Los límites formales que tradicionalmente articulaban el ritmo se desdibujan. Esto no quiere decir que no existiera el ritmo en arquitectura, sino más bien, que se ha modificado este concepto en algo que es más dinámico y constantemente cambiante. En la música ocurre algo similar sobre todo a partir de la música experimental del siglo XX, en donde las vanguardias abren el campo de actuación a la libertad rítmica, tonal y armónica. La deconstrucción de estos límites, generó una nueva visión de la música y por extensión del concepto ritmo. También en paralelo a la investigación formal y teórica de las vanguardias, emergía un nuevo escenario expresivo que como en otras etapas de la historia dependía de un tipo de tecnología concreta. La introducción de herramientas electrónicas, que en primeras etapas fueron sintetizadores analógicos modulares, fue convirtiéndose en herramientas digitales (softwares).

*'Cómo los algoritmos configuran nuestro mundo' // Kevin Slavin

http://www.ted.com/talks/kevin_slavin_how_algorithms_shape_our_world.html

Unos algoritmos descomponen un enjambre en sub componentes, y posteriormente otros algoritmos los vuelven a recomponer en la acumulación de activos y operaciones financieras macroeconómicas. En este sentido es sorprendente y preocupante cómo el futuro de la humanidad dependa de este tipo de operaciones.

** Las técnicas de ‘swarming’ se basan en descomponer un conjunto muy grande en partículas elementales, tal como sucede con un enjambre en que multitud de individuos conforman la globalidad del enjambre. Esta metáfora es utilizada en el mundo financiero para poder obtener más beneficios al ocultar la envergadura global de una inversión Macro.



El auge de la música electrónica ocasionó una de las mayores revoluciones en la historia de la música. Estos procesos popularizaron y democratizaron la producción musical, simplificando la cadena productiva que se había desarrollado especialmente en el siglo XX. Evidentemente, cualquier música producida actualmente tiene su parte de producción electrónica de manera implícita, aunque el producto sonoro no sea electrónico. Por ejemplo un grupo de jazz que quiera grabarse en un soporte fijado, deberá de utilizar unas técnicas de intermediación que constituirán procesos electrónicos. Sin embargo más allá de esta consideración, la música electrónica se caracteriza como la organización de patrones y ritmos en el tiempo. Inicialmente los instrumentos electrónicos se constituyeron como aquellos que fueran capaces de reproducir cualquier sonido en la naturaleza (sintetizadores), que en una segunda fase se incorporaron como organizadores de la sección rítmica en la composición musical. Numerosos instrumentos electrónicos de los años 80s eran cajas de ritmos, que virtualmente eran estructuras de percusión asistida y programable. Por esa razón existen numerosos estilos electrónicos que se basan en la organización de patrones según un determinado orden. En los esquemas de las páginas siguientes, se han representado unos cuantos arquetipos de estructuras electrónicas, en función del desarrollo de instrumentos en el tiempo (normalmente uno o dos compases). Los gráficos son metáforas aproximadas de cómo unos ingredientes o instrumentos concretos (representados por colores) generan estilos diversos en función de su posición y distribución en el tiempo. En las primeras etapas de la música electrónica los ritmos se establecían de manera más estática y estable como se puede comprobar en la representación del *techno*, *breakbeat*, *electro* y *hip-hop*. No es casual que estos géneros se iniciaron con máquinas analógicas en las que la construcción rítmica venía condicionada por una serie de intervalos discretos fijados*. Posteriormente el desarrollo de herramientas digitales en complemento a las analógicas y o electroacústicas, expandió las posibilidades en cuanto a complejidad rítmica. Los softwares altamente especializados empezaron a aparecer en la década de los 90s, dejando en su camino una de las vertientes artísticas y musicales más relevantes en las etapas electrónicas.

*Las cajas de ritmos de los años 80s tenían normalmente entre 8 y 32 steps o pasos en los secuenciadores.

Los géneros *IDM*^{**}, *Glitch*, y *Clicks and Cuts* se inspiraron en teorías filosóficas de las anteriores décadas, la física cuántica y otros conceptos extra-musicales, introduciendo un interesante puente entre las músicas experimentales más abstractas y las músicas de baile más populares. En las imágenes de las siguientes páginas, se puede comprobar cómo los géneros IDM, dubstep, y Generative, parten de construcciones rítmicas más complejas, dinámicas y mutantes en el tiempo. En la última –Generative- la composición se considera de manera algorítmica, programada para generar bucles, accidentes, singularidades y secuencias variables en el tiempo que se expanden de manera única en cada ejecución (o interpretación algorítmica).

La música generativa establece relación con su precedente la música Estocástica que principalmente inició Iannis Xenakis. Esta se basaba en la generatividad y crecimiento de estructuras. Xenakis introducía la rotura de la composición 'racional', para dejar una serie de elementos y grupos derivarse en nuevas formas y estructuras a partir de combinatoria y probabilidad. En el extremo de la no-rítmica, se situaría el drone como ejemplo de organización en el tiempo de diferentes elementos donde los ritmos van a una velocidad tan elevada que se transforman en flujos continuos de sonido más o menos texturados.

^{**}IDM acrónimo de Intelligent Dance Music

En los últimos años se han extendido las tecnologías portátiles de uso múltiple, telefonía, reproductores sonoros, cámaras, etc. Una de las más populares es la reproducción sonora portátil. Si nos remontamos a su historiografía, veríamos como los populares Walkman de los años 70s, introdujeron un concepto rompedor que con el paso de los años ha mutado en cuanto a dispositivos y soportes* pero no en cuanto a esencia.

El principal avance de estos dispositivos, no reside únicamente en su faceta tecnológica, sino especialmente en la percepción y disfrute de una determinada banda sonora. Cualquier momento del día, independientemente de su localización, es apto para poder escuchar música. Este efecto de '*environment*' o espacio acústico individualizado, permite un aislamiento relativo del paisaje sonoro circundante, creando otra membrana acústica más próxima a los oídos. El principal objetivo de estos dispositivos reside en tejer una escucha personalizada mientras realizamos otras acciones cotidianas (hacer deporte, desplazarnos por la gran ciudad, etc.). El ámbito sonoro, por así decirlo, provoca múltiples realidades y tiempos históricos superpuestos. El sonido es una realidad paralela que existe simultáneamente a la realidad topológica espacial. Sin embargo, esta práctica tiene dos riesgos importantes, que deberán ser controlados por el sujeto que haga un uso habitual de este tipo de dispositivos. El primero es la acción individualizada, ya que un aislamiento excesivo puede resultar en un aislamiento de la real social, al no poder/querer interactuar con la sociedad circundante. La segunda es una acción continuada a nuestros oídos a volúmenes normalmente medios o altos. Esto puede derivar en patologías de la percepción auditiva.

Esta práctica, por otro lado, contiene usos determinados que pueden ser muy beneficiosos. Es de sobras conocida la capacidad de transporte mental que tiene el sonido y la música. Dicho transporte es interesante de experimentar aplicado a una determinada acción cotidiana, como conducir, caminar, ir en metro, etc. En este sentido se produce un efecto beneficioso al escuchar una determinada elección sonora en que nuestra realidad circundante se yuxtapone. Mediante este hábito, dotamos de un efecto cinético a la escucha sonora. En tanto que el tiempo en el sonido y la música se refiere al elemento esencial de su construcción, se puede percibir un efecto de asociación temporal entre los ritmos percibidos acústicamente y los ritmos percibidos visualmente, dotando a la experiencia de una cualidad sinestésica.

Por ejemplo: Una persona viaja en tren. El trayecto es medianamente largo: una hora y media. El trayecto lo realiza de manera rutinaria. Mediante un dispositivo móvil, y unos auriculares, escucha de manera aislada -respecto a sus compañeros de viaje-, una lista de canciones o *tracks* favoritos. En su mente el paisaje circundante y mutante del trayecto, adquirirá otra lectura, fomentando la capa sensorial del sonido en superposición al paisaje. Si la concentración y escucha es activa, la experiencia adquirirá un resultado estimulante que le hará cambiar sustancialmente la sensación en el viaje. ¿Por qué sucede este cambio sustancial en el trayecto cuando se añade la capa sonora?

En primer lugar, esta pregunta requeriría una investigación exhaustiva al tratarse de temas no sólo sonoros, sino también psico-perceptivos, sociológicos, psicológicos, etc. Sin embargo se pueden extraer varias conclusiones. La primera, es que el sonido tiene la propiedad de transporte espacio temporal cuando se trata de lenguajes culturales asociados al sonido o a experiencias previas del sujeto oyente. Una segunda reflexión es que la escucha de una sesión implica una sucesión de eventos sonoros en el tiempo.

*Dispositivos que han pasado de ser reproductores de cinta magnética (cassette), pasando por contenedores semi-digitales como el minidisc, hasta las memorias digitales de estado sólido que poseen los reproductores actuales.

Cuando se viaja sucede algo parecido: van apareciendo elementos y accidentes en el paisaje mientras el tren va desarrollando su recorrido (casas, pueblos, árboles, etc.). Se puede interpretar pues que una narración espacio temporal entra en relación sincrónica con la otra, y esa superposición construye un viaje sensorial distinto. Es esa construcción la que tiene potencialmente efectos de cambios de estados anímicos, u otro tipo de cambio en la percepción de la propia consciencia.

La música constituye un vector hacia otros estados de consciencia. En el trayecto o viaje con el tren del ejemplo, la escucha se superpondrá con la capa sonora de base que implica la circulación y viaje ferroviario (sonidos de aviso, cláxones, traqueteo de las vías, etc.). Véase como sin una escucha activa la situación base puede desencadenar según unas condiciones (tren no masificado por viajeros) un efecto de relajación que en algún caso puede llevar a fases de consciencia de baja actividad (sueño), fomentado por las bajas frecuencias inherentes en el movimiento del tren, así como por su continuidad y monotonía. Los estímulos sonoros que se desarrollan en el tiempo con repetición y rutina, adquieren efectos de relajación debido en parte a la ausencia de estímulos no lineales o de accidentes imprevistos.

Comparando las artes visuales con las artes sonoras se podría decir, que el factor primordial separador entre las dos es la mediatización. Las artes visuales crean un primer impacto, generando sensaciones y, mucho después, se realiza un análisis intelectual y, a veces, racional. El objeto a contemplar es en muchos casos (pintura, escultura, fotografía, video, etc.) una mediatización o representación de la realidad. En las artes sonoras, el proceso de captación siempre es directo y a tiempo real. No es una representación visual de la realidad. Es mucho más abstracta y, por tanto, no mediatizada. Oír, en lugar de ver, puede significar un transporte espacio-temporal a otra realidad individualizada. Cada cual se puede imaginar encontrarse ante una situación diferente según su estado emocional, incrementado por la escucha. Además, este sentimiento de percepción es directo, porque no hace falta analizarlo con el intelecto para obtenerlo.

A lo largo de la historia, en cambio, las artes visuales han representado simbólicamente la comunicación de historias o leyendas. A partir del renacimiento, los cuadros o las esculturas captan situaciones concretas y fijadas. Con la música pasa algo distinto. Puedes determinar más o menos el periodo en el que fue compuesta, pero no la puedes fijar en un momento y un lugar concreto.

Con el *soundart* ocurre algo intermedio entre las artes visuales y las sonoras. Por ejemplo, en el proyecto para una estación de Bill Fontana, es el sonido el que va a recrear una estación real en un solar bombardeado y durante años abandonado. Es el sonido de trenes que te va a transportar del lugar en ruinas de una antigua estación de ferrocarril en Berlín a la estación de Colonia actual. Es curioso como el sonido, siendo el arte más abstracto, tiene el potencial directo de llevarte a un espacio y a un tiempo distinto del actual. El mundo sonoro te transporta a otro lugar no funcional e invoca otras realidades y otros mundos fuera de nuestra escala. Además, implica una reacción perceptiva directa, -gusta o no-, a la primera sensación. La razón reside en su estructura dinámica y cambiante. Si esta estructura generativa o variable también está entrando poco a poco en la arquitectura, aunque difiera en las maneras de entender la forma en que lo hace, ¿se podría asumir un acercamiento cada vez mayor entre estas dos formas de expresión, la del mundo sonoro y la del arquitectónico? Esta pregunta abre un interesante cuestionamiento en nuestra visión de la arquitectura actual, en la que parece haber la aparición de nuevos factores mutantes debidos a la tecnología, al concepto del espacio en general y a los condicionantes humanos. Como se ha visto en el capítulo de sonido y forma, el sonido puede utilizarse como motor para generar formas. En el capítulo de sonido y espacio ha quedado claro que el sonido crea espacios, y en el último capítulo de sonido y cuerpo, se han descrito algunas implicaciones directas e indirectas de las ondas sonoras sobre la estructura corporal humana. Consecuentemente, es obvio que, si con la arquitectura se pretende dar un mayor confort y mejorar nuestra calidad de vida, el sonido no debería quedar excluido. El mundo sonoro nos puede abrir otras dimensiones, que nos guiarán en nuestra búsqueda hacia estados de consciencia más elevados. A continuación se exponen algunas de las conclusiones a las que se ha llegado a través de la exposición y desarrollo de los capítulos anteriores.

Los dos primeros ejes desarrollados en Espacios Sónicos, son conceptos más o menos abstractos (forma y espacio), sin embargo no sucede lo mismo en el último eje. El hecho de analizar y relacionar el ser humano con el sonido, adquiere una dimensión altamente compleja debido a la variabilidad de casos que se puedan presentar. Dicho análisis no sólo se adentra en el territorio de las ciencias físicas y biológicas, sino que intersecciona con el campo de las ciencias sociales. En el presente capítulo, se han expuesto una serie de temas en relación al sonido que atañen al cuerpo humano. Algunos de estos temas inciden en cuestiones fisiológicas, otros en cambio exponen la complejidad del estudio del cuerpo en determinados contextos. Estos pueden abordarse desde una óptica más técnica (como los estudios de neurociencia), o desde una óptica más sociológica (dispositivos sonoros de control social, habilitación de espacios armoniosos, etc.).

En definitiva se han planteado una gran diversidad de cápsulas explicativas, que interrelacionan cuerpo con sonido en una escala más pequeña. En escalas ínfimas, existen multiplicidad de relaciones aparentemente no visibles. Se trata de una aproximación más molecular y atomizada, que requiere un análisis desde distintos ángulos, en el que entran diferentes elementos aparentemente inconexos. En este sentido no hay que perder de vista que dicho análisis también incluirá elementos de escala mayores, (en este caso mayores que el ámbito del cuerpo) que dotará al conjunto de un entramado analítico más complejo. Como se ha planteado anteriormente en esta tesis, en el modelo organismo, las últimas investigaciones apuntan hacia soluciones anteriormente inexploradas en la arquitectura como son la implementación del crecimiento o de la regeneración arquitectónica. Si bien aún en fases muy experimentales estas ideas apuntan a que la arquitectura a parte de enmarcarse bajo un modelo biológico, tienden vínculos hacia otra idea a priori paradójica, como la arquitectura dinámica o móvil. ¿Pero cómo es posible una arquitectura dinámica (literalmente) si la ortodoxia constructiva apunta hacia precisamente lo contrario? Nos encontramos en un momento histórico muy especial en el que el conocimiento humano aumenta exponencialmente. Las especialidades se recombinan a una velocidad jamás vista, por lo que se deberá tener en consideración este tipo de visiones transformadoras.

El proyecto SoProto* realizado en el Design Research Laboratory de la AA explora estos territorios. Bajo un concepto orgánico atomizado y celular, se crean unos habitáculos basados en las geometrías de un pentágono flexible, evocando la forma de una estrella de mar. Estos habitáculos pueden crecer y modificarse formalmente, por lo que literalmente se trata de dispositivos arquitectónicos que implementan el crecimiento en su concepción. Más allá de esta consideración, el proyecto se plantea en conjunto como un crecimiento celular o coralino, en el que la ordenación territorial no resulta predefinida. Los condicionantes climatológicos (viento, corrientes marinas, etc) son los que generan la misma composición y agrupación de los módulos.



SoProto

Architectural Association School of Architecture

Design Research Laboratory

Theodore Spyropoulos, Miguel Miranda, Said Fahim Mohammadi, Katharina Penner, Yifan Zhang

SoProto es un experimento dentro del urbanismo generativo, que es una declaración de intenciones. Éstas se manifiestan no sólo desde el punto de vista medioambiental, sino también desde el cuestionamiento de la ordenación territorial humana. Así mismo este proyecto apunta hacia una aproximación arquitectónica modular en una escala más adecuada al cuerpo. Esto daría lugar a entender la arquitectura como una tercera piel –tal como se ha apuntado anteriormente en este capítulo-.

La tercera piel, se podría analizar con la metáfora de las matrioskas o muñecas rusas. Sin embargo dicha metáfora expone una paradoja. Las sucesivas matrioskas son elementos recursivos y análogos. En consecuencia la tercera piel debería ser lo más parecida a la composición humana, incluyendo la capacidad motriz que posee el ser humano (y la mayoría de seres vivos).



Esta tercera piel está más ligada al concepto de modelo orgánico, por su esencia misma de mutabilidad, transformación y capacidad de adaptación. En estos procesos de cambio está implícito el movimiento que implica por extensión el sonido. En este sentido, si la arquitectura crece y/o se mueve, genera un sonido propio.

En los organismos una de las partes encargadas del movimiento corporal es el tejido muscular. Los experimentos de Kas Oosterhuis con la introducción del músculo, plantean unas arquitecturas ‘blandas’ (soft bodies), que se articulan, mueven e interactúan.

El espectador interactúa con este soft body. Esta interacción se manifiesta a través del sonido, otorgando una característica más humana entre cuerpo y dispositivo. Las cualidades de comunicación que se establecen con el sonido enfatizan la proximidad y conexión con el dispositivo.

Como se vió en el capítulo introductorio de esta tesis, el sonido es omnidireccional mientras que la visión es direccional. Esta consideración se enmarca en la respuesta sensorial respecto al medio exterior. Sin embargo, si se analiza el cuerpo se puede comprobar que su interior también suena. Este es un punto de distinción respecto al sentido visual, que actúa externamente al cuerpo. Por lo tanto el límite del cuerpo (piel), en el caso del sonido establece una frontera más plástica y permeable. También hay que tener en cuenta que la percepción sonora no sólo se produce a través del sistema auditivo, sino también a través del mismo cuerpo. Existen registros sonoros –especialmente las frecuencias bajas-, que se entran en el cuerpo a través de la piel, debido a que el sistema auditivo no es capaz de percibirlos.

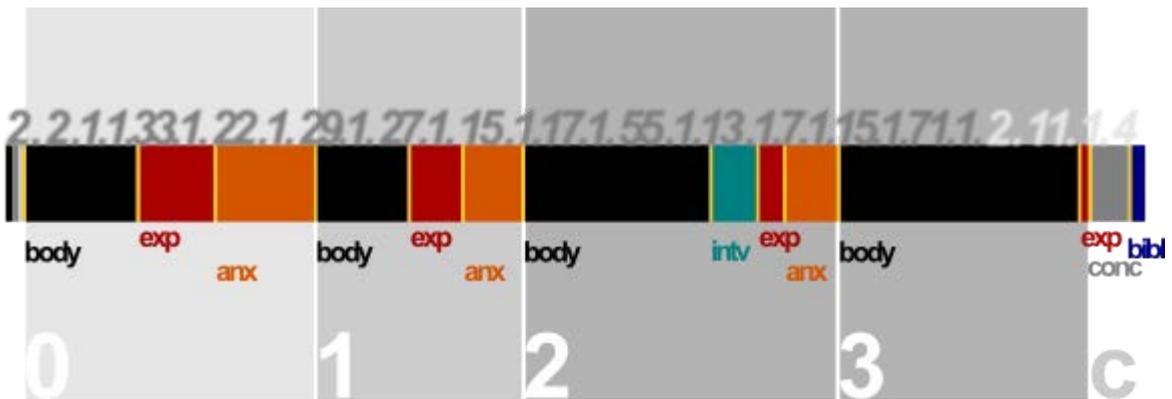
Todos estos factores facilitan el intercambio entre interioridad y exterioridad, que pueden trasladarse a la relación entre cuerpo y arquitectura. Consecuentemente, el medio es el sonido.



Espacios Sónicos

Intersecciones entre Arquitectura y Sonido

Apéndice



La visualización anterior representa la estructura de la tesis '**Espacios Sónicos**'. Cada capítulo está estructurado en un cuerpo principal discursivo/expositivo (**body**), experimentos (**exp**) y un anexo misceláneo (**anx**), en el que cada capítulo se resitúa y relaciona algunos de los fragmentos expuestos en el cuerpo. Eventualmente, en el capítulo dos se incorporan las entrevistas (**intv**), realizadas a Edwin van der Heide y a Lars Spuybroek, como extensión a los ejemplos históricos de diversos trabajos u obras que relacionan sonido y espacio arquitectónico.

Se puede apreciar como los distintos capítulos, referenciados numéricamente -en función de la cantidad de páginas-, poseen estructuras internas similares, creando un patrón con cierta analogía en cada uno de los bloques. Sin embargo, en cada uno de los casos se ha desarrollado un carácter propio, desarrollando dichos bloques según fuese conveniente. La última parte de la visualización representa las conclusiones (**c**).

La visualización se realiza de manera no procedural (no automatizada), representando un diagrama en el que los datos numéricos de la paginación de la tesis, articulan el grosor de las barras. (ver imagen superior).

En definitiva, se trata de una representación con cierto grado de abstracción que ilustra la estructura misma de la tesis Espacios Sónicos.

¿Pero, para qué sirve? Se trata de una visualización gráfica de la tesis, que sin duda ofrece una lectura de su estructura, la que normalmente no se puede apreciar al leer un libro o publicación (quizás sólo al leer su índice).

En definitiva, el gráfico anterior no es más que una visualización de datos. En este caso, la extensión de cada una de sus partes, referenciadas mediante un código de colores, a razón de 1 píxel de ancho por página. Esta técnica permite una mejor comprensión y comunicación de objetos y construcciones complejas.

Sin embargo, estos datos no son simplemente un gráfico o una imagen mediante un código de colores. Se trata de una visualización de información y datos, que por encontrarse en el dominio intangible de lo digital, deviene mutable potencialmente y por esencia. Por esta razón, esta representación visual puede convertirse también en un patrón rítmico, o en una melodía. En este caso se trataría no de una visualización de datos, si no más bien de una sonificación de los mismos.

Este segundo caso, es el que se ha realizado posteriormente a la visualización de datos.

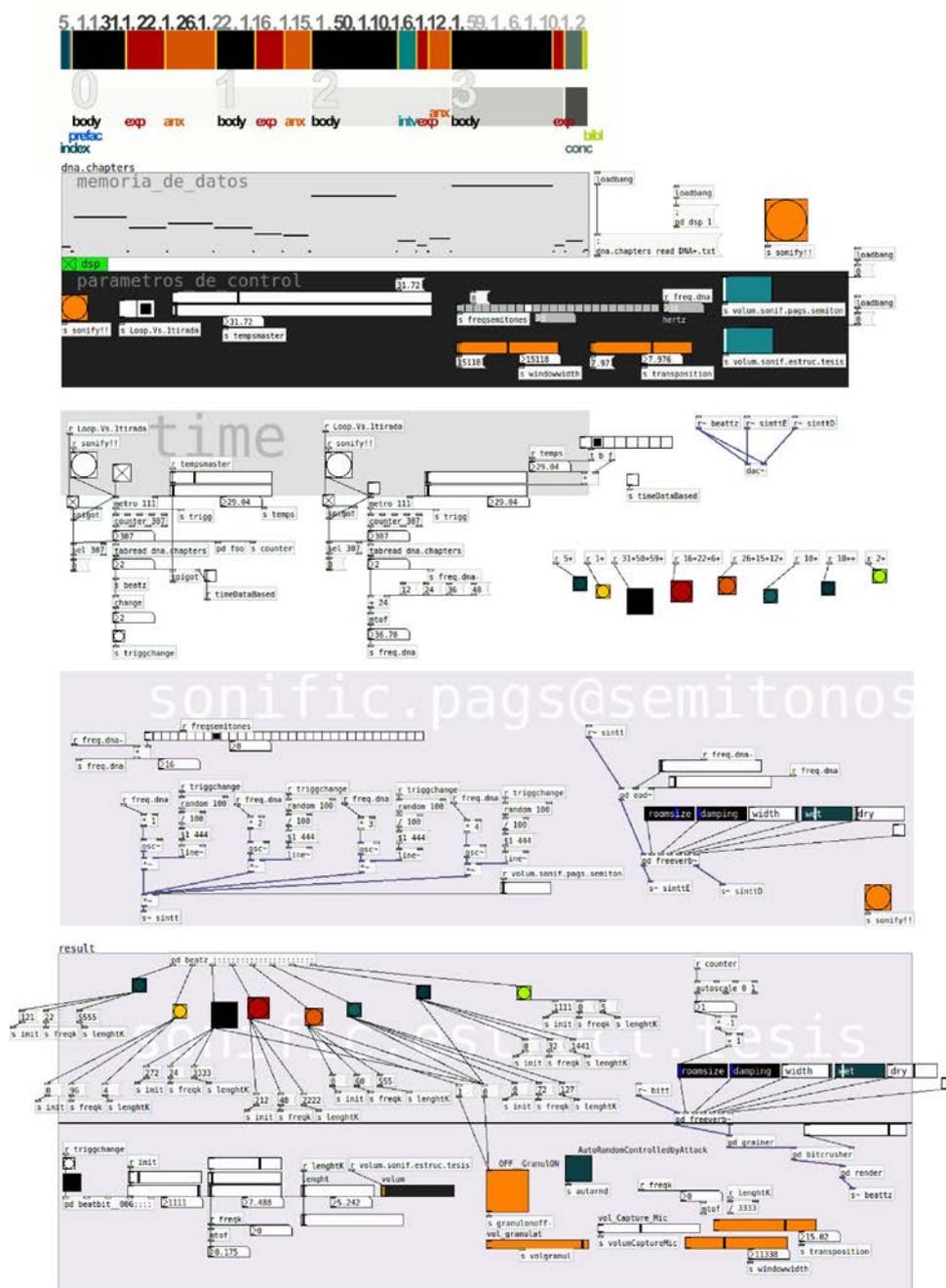
El procedimiento de la sonificación se realiza de la siguiente manera:

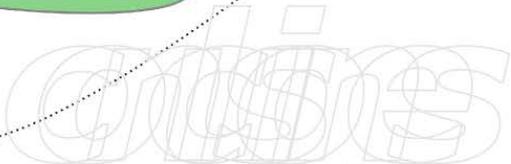
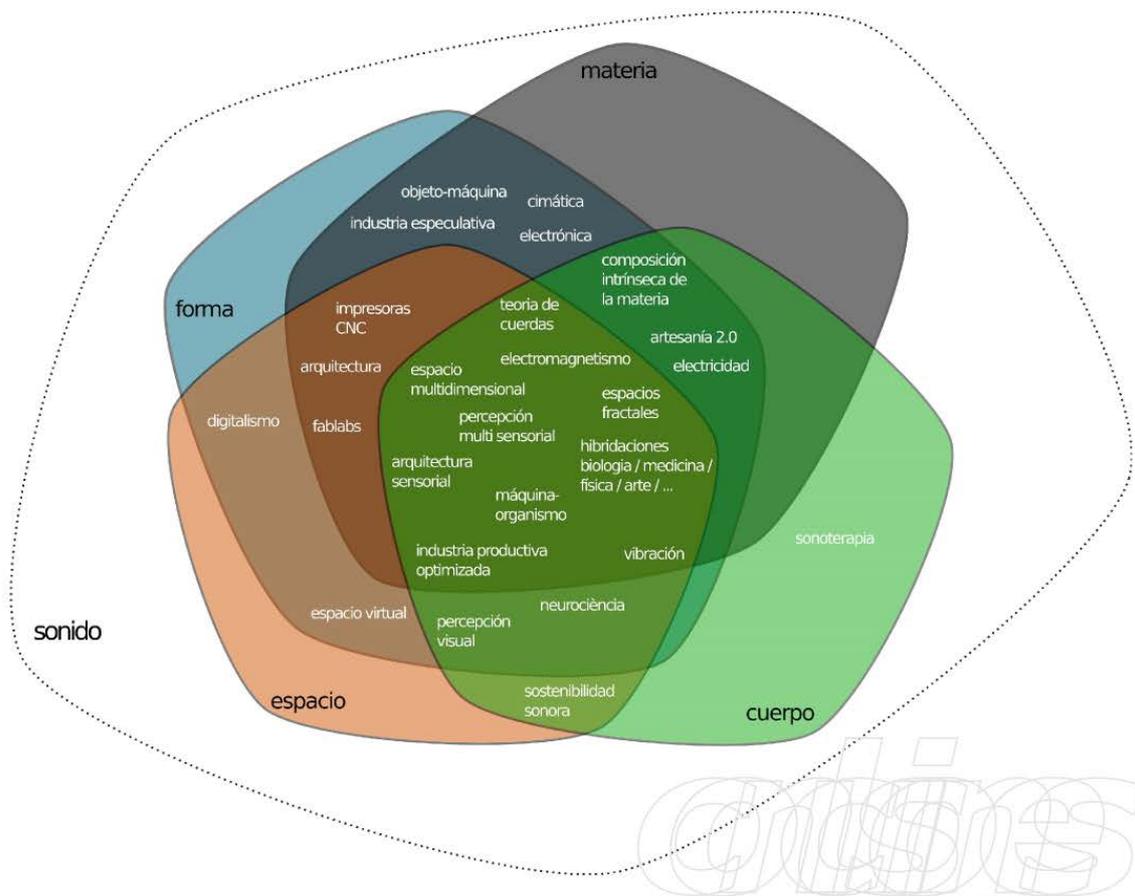
- 1) Se cuantifica el número de páginas por cada bloque.
- 2) Dichas cuantías se escriben en lista en un archivo e texto, con un dato numérico por línea.

3) Para realizar la sonificación, los datos numéricos se introducen en una memoria de datos en una aplicación programada con el lenguaje Pd (Pure-data) (ver imagen de página siguiente). Estos sirven para realizar la sonificación en dos niveles. El primero interpreta los valores numéricos y los traduce a semitonos de la escala cromática (en concreto a valores MIDI que es el estándar de referencia en el marco sonoro digital para la conversión a semitonos). El segundo interpreta la estructura en función de su duración y entidad. Para cada clasificación de los capítulos se asocia a distintos sonidos percusivos. El resultado es una fusión de una secuencia melódica, acompañada de unos microritmos. La escucha de los microritmos da una información de la estructura parcial y global de la tesis. Del mismo modo, en la secuencia melódica unos tonos más altos implican mayor número de páginas y viceversa. El resultado acústico está disponible aquí:

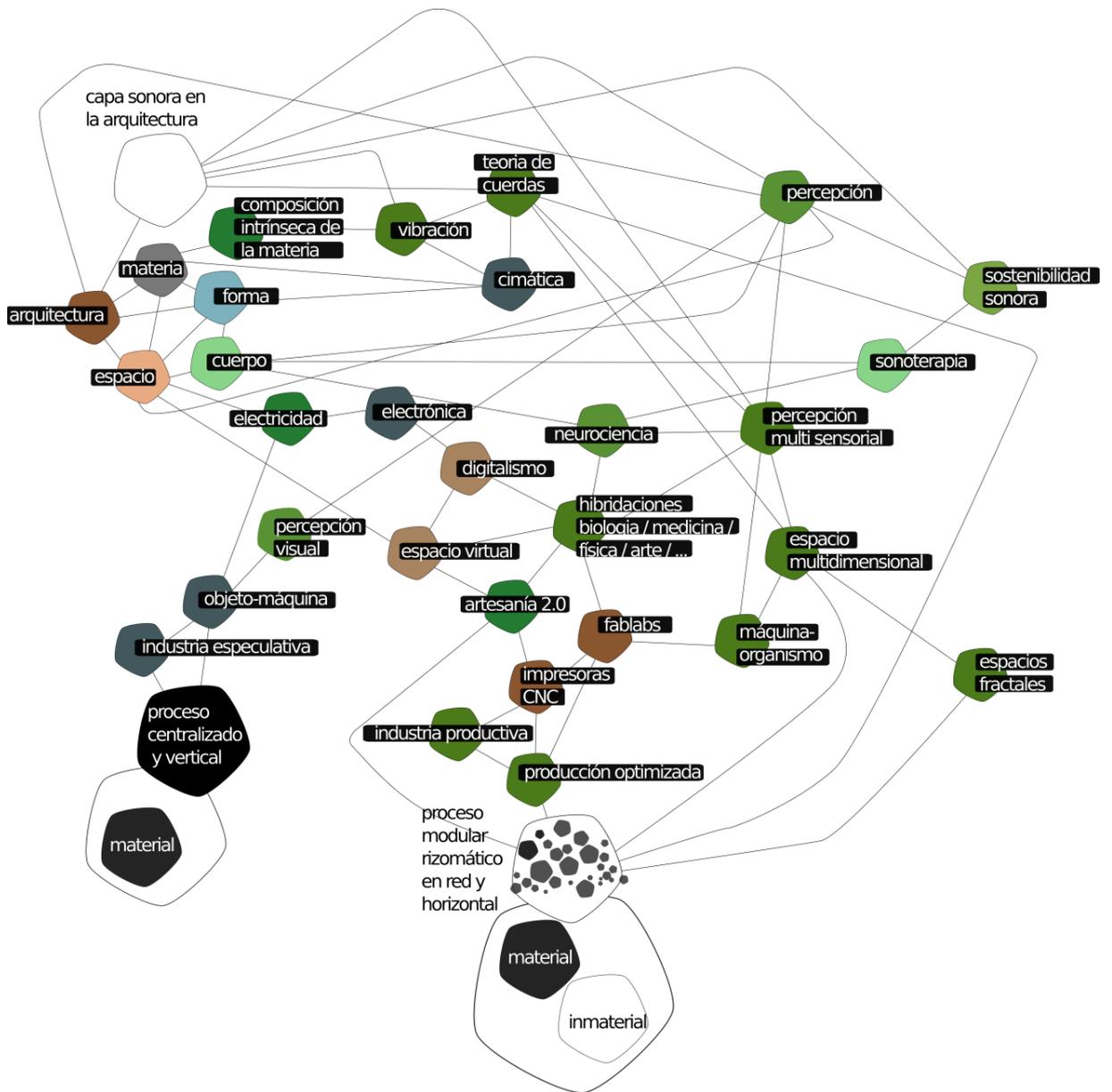
https://ia601200.us.archive.org/32/items/SonificationThesisEspaciosSonicos/Sonification_Thesis_EspaciosS%C3%B3nicos.mp3

<https://archive.org/details/SonificationThesisEspaciosSonicos>





Conclusiones
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido



"Without music life would be a mistake"
Friedrich Nietzsche

La tesis *Espacios Sónicos* se ha desarrollado en tres ejes, con el sonido como vertebrador conceptual del conjunto. Cada eje se ha desarrollado formalmente como un capítulo, conformándose como *Sonido y Forma / Sonido y Espacio / Sonido y Cuerpo*. Estos capítulos, son una secuencia de las intersecciones entre arquitectura y sonido a distintas escalas de actuación y análisis, en orden decreciente: La Forma, como entidad escalar mayor que supondría la morfología de un conjunto arquitectónico, el Espacio, como entidad escalar contigua incluida dentro de la envolvente de la forma (y el que puede coexistir con diversos espacios) y el Cuerpo, como el lugar subjetivo de la experiencia perceptiva y cognitiva de los anteriores.

El presente texto, expone algunas de las conclusiones a las que se ha llegado a través de la exposición y desarrollo de los capítulos anteriores, así como de conceptos entrelazados y/o reverberados. Se trata aquí de conclusiones no absolutas y definitivas, que sirven como punto de partida para próximas investigaciones, ideas, sugerencias o futuros desarrollos. La experimentación, como método empírico de comprobación de teorías a priori, ha supuesto uno de los pilares para cada uno de los ejes de la tesis. En los tres capítulos de la misma, se han realizado distintos experimentos, para poder determinar la validez de temas y técnicas poco convencionales, o bien poco explorados en el marco de la arquitectura. Hasta no hace muchos años, la asociación de la arquitectura con el sonido, se tendía a exponer desde una óptica poética. En la situación actual de la arquitectura como entidad orgánica y dinámica, se debería incluir una nueva aproximación de la relación anterior, entendiéndola también que la música, desde las vanguardias ha ido cambiando sustancialmente. Se puede constatar como mediante el digitalismo estas dos disciplinas se aproximan cada vez más por poseer herramientas comunes. Por ello, la famosa cita de Goethe que proclamaba que 'La arquitectura es música congelada', requiere una cierta actualización.

La música es algo más que una simple secuencia tonal. En ella se integran cada vez más espacio, percepción, interacción u otros parámetros y cualidades que anteriormente no se consideraban musicales. Al inicio de esta tesis, el punto de observación era externo al universo del sonido. La observación se situaba bajo este inexplorado cosmos y lo miraba con un cierto distanciamiento, por desconocimiento. Una investigación con más detenimiento, ha confirmado que éste no era un universo independiente, ya que los distintos puntos que veía como destellos estelares, pertenecían a constelaciones interrelacionadas con otros aspectos del ser humano, como son las formas, el espacio y el cuerpo.

La tesis *Espacios Sónicos* representa una visión sobre la temática arquitectura / sonido, con la voluntad y deseo de que permita el inicio de nuevas investigaciones para dar otro ángulo de visión al ámbito arquitectónico, entrelazándolo con otras disciplinas. *Espacios Sónicos*, supone una investigación de temática actual. Esto representa la dificultad de llegar a informaciones especializadas, legítimas y con validez desde un punto de vista científico. En numerosos casos se trata de teorías que se generan a partir de la ciencia, pero que necesitan aún estadios de comprobación y verificación. La escasa cantidad de tratados sobre este tema, ha 'empujado' un desarrollo conceptual, teórico y empírico, más experimental de lo que habitualmente se presenta en investigaciones doctorales tradicionales. En definitiva, se trata de un trabajo donde se han producido superposiciones, injertos y fusiones con otros ámbitos del conocimiento, más allá de la arquitectura. Esto implica un cierto camino complejo y abstracto, donde los límites no quedan tan dibujados y nítidos.

A diferencia de otras investigaciones más concretas, las conclusiones de *Espacios Sónicos* se plantean de manera más amplia y expandida. Más allá de encontrar unas verdades absolutas, la investigación pretende abrir todo un nuevo campo de estudio acerca de cómo incorporar la capa sonora a los proyectos arquitectónicos. Además la metodología investigativa aplicada, hace que el proceso termine siendo más importante que la conclusión.

La audición y la visión poseen atributos distintos cuando se refiere a la fenomenología perceptiva. En cierto modo, la visión es un mecanismo perceptivo en el cual los objetos percibidos poseen una concreción, o fijación de límites.

Esto se refiere claramente a una determinación del objeto percibido. Por ejemplo, al observar un vaso o un altavoz, estos objetos son inequívocamente entidades concretas. Su especificidad, hace que se puedan definir como objetos independientes, y que no se puedan transmutar. A pesar de que formalmente pudiesen parecerse entre ellos: uno es un vaso y otro es un altavoz.

La audición es distinta a la visión: los objetos percibidos no poseen dicha concreción o fijación de límites. En muchos casos, la identificación de la fuente del fenómeno acústico no es clara. Por otro lado, e independientemente del origen, la variabilidad acústica es tan diversa que puede suceder que un determinado sonido no posea la concreción de su fuente de origen. Al no poseer concreción tanto espacial como formal, difumina los límites del objeto acústico percibido.

Por ejemplo, un determinado sonido se reproduce en una sala. Se trata del sonido de un pájaro, o perceptivamente algo parecido. Sin embargo, puede producirse de diversas maneras:

- Puede ser un sample de una grabación concreta de un pájaro.*
- Puede ser un sintetizador mediatizado y filtrado para que el sonido resultante se asemeje con precisión a un pájaro.*
- Puede ser alguna persona imitando el sonido del pájaro de manera realista.*
- Puede ser un pájaro realmente.*
- etc.*

En definitiva, se constata como el mismo sonido puede tener diversos orígenes, de manera que se genera una ambigüedad entre la concreción formal y objetual. Puede darse el caso de que suceda algún tipo de proceso similar mediante la percepción visual, como sucede con ciertas ilusiones ópticas. No obstante, es en el territorio de lo audible donde esta variedad se produce recurrentemente. La simultaneidad de posibilidades que nos muestra el fenómeno audible respecto a un evento concreto, conecta sin duda con la multiplicidad y la superposición de eventos que plantea la sociedad actual. Esta simultaneidad también ha sido planteada por las teorías de la física cuántica. En cierto modo, la influencia de la física cuántica en la fenomenología sonora, afecta desde un punto de vista conceptual más allá de otras conexiones puramente físicas.

En la actualidad, nos encontramos en un contexto donde la tecnología humana ha evolucionado en su precisión de ejecución. La precisión, a la que hacía alusión Le Corbusier en 'Précisions', se refería a la arquitectura-máquina, que como un mecanismo debía ensamblarse cada parte con otra. Del mismo modo, era ello un guiño al momento histórico del avance industrial y técnico.

Esta precisión se ha prolongado en el tiempo, aumentándola con los procesos digitales. Es una precisión que tiende al determinismo. A pesar de dicha tendencia, al mismo tiempo nos encontramos en un momento histórico singular, donde el conocimiento se expande exponencialmente siendo estimulado especialmente por las tecnologías de la comunicación. Introducir el sonido en una praxis arquitectónica cada vez más precisa y digitalizada, representa la posibilidad de aumentar dicha praxis con cápsulas conceptuales de indeterminación. Por consiguiente, la consolidación de la arquitectura-organismo integraría la complejidad, variedad, experimentación (ensayo y error) y optimización, con la que funcionan los sistemas orgánicos.

Otro factor importante, es el replanteamiento de la arquitectura como organización de procesos complejos acotados en el tiempo. De manera clásica, esta acotación en el tiempo se definía en una escala de cierta dimensión (décadas, siglos, etc.). Sin embargo, en una contextualización más actualizada y bajo las consideraciones previas, una de las aproximaciones hacia una arquitectura dinamizadora, sería la más próxima al formato del evento.

El evento, es un proceso complejo de superposición de actividades, secuenciadas y acotadas en el tiempo. El evento, efímero por definición, posee las cualidades de los sistemas orgánicos, al constituirse y desarrollarse en el tiempo presente. Un evento, superpone actividades y espacios que pueden generarse entre lo predefinido y lo espontáneo, entre lo pautado y lo orgánico.

En esta complejidad multicapa, la arquitectura renuncia a su predominio y se convierte en el marco espacial de desarrollo de las distintas actividades que componen el evento. Bajo este nuevo rol, el objeto arquitectónico se aleja de ser comprendido como unidad, para pasar a entenderse como un nodo permeable hacia otras conexiones e interacciones en su estructura/red de referencia. Ejemplos concretos de este tipo de propuestas se muestran en el capítulo introductorio en la sección 'Arquitecturas no convencionales' del anexo.

El evento y el fenómeno sonoro comparten la condición efímera. En ambos el tiempo está acotado y es el que los define. Esto no implica la desaparición de los dispositivos arquitectónicos generadores de dichos eventos. En este sentido es normal que se adapten a otros lugares y contextos para poder generar nuevos eventos. Esta capacidad que posee la arquitectura efímera, conecta con el comportamiento de la arquitectura generativa. Esta puede mutar en estados diversos en función de los requerimientos del contexto. La condición de mutabilidad en la arquitectura es un factor emergente que entra a reconsiderar la estabilidad y durabilidad en el tiempo.

Una Arquitectura generativa y orgánica implica movimiento. En consecuencia, el fenómeno sonoro estará integrado de manera implícita. Es por esta razón que el sonido es una capa muy importante en este tipo de planteamientos emergentes. En la industria aeronáutica y automovilística la ingeniería se ha aplicado en la atenuación del sonido/ruido. Sin embargo en la arquitectura dinámica antes descrita, el sonido podría ser una capa enfática de información y percepción. El sonido podría aumentarse para manifestar precisamente el movimiento, sin tener que atenuarlo.

Espacios Sónicos, quiere abrir una puerta a un espacio abstracto, imaginativo e intangible, en el que el sonido se transforma en una capa más del proceso arquitectónico. De esta forma, se aumentaría el campo de actuación, implementando el sonido en la función del "algoritmo" arquitectónico. Espacios Sónicos, establece una investigación actual y cruzada con otros campos del conocimiento, con la intención de que pueda regenerar tanto la praxis de la arquitectura, así como posteriores investigaciones emergentes. Por consiguiente, la conexión es muy amplia, sin que existan fórmulas definidas. El sonido se puede introducir en la morfogénesis arquitectónica, articulando espacios sonoros, para que estos sean no sólo dimensionales y volumétricos por el efecto de la luz.

En las últimas décadas, la comunidad científica ha ido divergiendo entre las posiciones más pragmáticas y contrastables empíricamente, versus otras posiciones más arriesgadas y (aún) poco contrastables. Estas en algunos casos, se acercan más a conceptos metafísicos que a conceptos científicos clásicos. Las primeras teorías, las pragmáticas (principalmente la relatividad General y la Física cuántica), son muy precisas científicamente, pero con contradicciones entre escalas aún sin resolver. Las segundas (como las teorías unificadoras), son teorías arriesgadas científicamente, para poder explicar las compatibilidades entre la nano-escala y la macro-escala (compatibilidad entre cuántica y relatividad general). Sin embargo, estas últimas son aquellas que han inspirado de gran manera Espacios Sónicos, por poseer una visión sencilla, minimalista y elegante de la realidad, a pesar de su altísima complejidad. En concreto, la teoría de cuerdas, con una elevada elegancia, explica la interrelación ínfima entre materia y vibración. Existen otras demostraciones, que se han realizado en el ámbito de la alta investigación científica, como las mostradas en el capítulo de introducción, en los apartados: 'Convirtiendo luz a sonido en sistemas cuánticos frío' e 'Identifican los sonidos de acordes moleculares'. En ellas se plantea otro interrogante similar al que surge con las teorías de cuerdas, debido a que se trata de demostraciones de cuestiones técnicas, pero que por su reducida escala se hace difícil constatar su validación. En ambos casos, la validación nos es dada, a priori, por la sugestión que se nos ofrece al tener delante información avalada por altísimas instituciones, como el MIT, las revistas Nature, Science, etc.

Es evidente, que una duda absoluta de todo llevaría a un cul-de-sac conceptual e ideológico en el cuál nunca se avanzaría en ninguna materia. Por consiguiente e independientemente de las instituciones implicadas en las investigaciones, una visión constructiva de las teorías e ideas que se desarrollan en distintos ámbitos, es sin duda su interrelación e interconexión conceptual. De la misma manera en que los sistemas neurales establecen mediante la sinapsis, la transmisión de estímulos e información.

Espacios sónicos, abre desde un espíritu entusiasta, un campo inexplorado que da la posibilidad a nuevas conexiones. Por consiguiente, su totalidad o alguno de los fragmentos analizados y mostrados, pueden ser objeto de estudios a posteriori, incluso pueden expandirse en nuevas tesis doctorales. En este sentido, se podría considerar como un avance en la propia disciplina, incorporando y entrelazando otras. Nos encontramos en una situación, la actual, muy complicada.

La profesión de la arquitectura ha sido una de las más impactadas por la crisis, en el contexto global y especialmente en el Estado Español. En este se produjo una burbuja financiera e inmobiliaria simultánea, debido a que la construcción era uno de los pilares económicos. Esto precipitó aún más dicha crisis financiera. Consecuentemente, la profesión requiere una actualización. Esta, no sólo incluiría las visiones más pragmáticas, sino especialmente, aquellas que incorporen un espíritu de investigación. La investigación y el desarrollo (I+D) son conceptos que en los últimos años se han popularizado en los ámbitos productivos, tanto industriales como de servicios. En la arquitectura, la investigación no debería estar al margen de estos procesos productivos. De esta manera se lograrían avances comunes que puedan reverberar entre especialidades, actualizando estas con mayor riqueza.

En la tesis, se ha visto algún ejemplo como los mostrados por Neri Oxman del MIT, o el grupo Hyperbody de TUDelft con Kas Oosterhuis, que demuestran que en la actualidad resulta no sólo útil sino casi imprescindible, dedicar todo este tipo de líneas investigativas que puedan actualizar la praxis de la profesión.

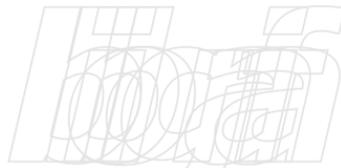
Investigación de materiales, nanotecnología, crecimiento, biotecnologías, autosuficiencia energética, interacción, neurociencia, física cuántica, fabricación digital, entre otras, aportan interesantes referencias conceptuales y de desarrollo en la investigación arquitectónica. La fenomenología sonora presenta por sus propiedades de vincular forma, espacio, cuerpo y tiempo, un área experimental de la que esta tesis es un ejemplo.

La arquitectura se podría beneficiar del sonido de varias maneras: introducirla como elemento perceptivo más allá de la hegemonía visual vigente. Es posible introducir frecuencias no audibles en el comportamiento de los materiales arquitectónicos, tanto en su ejecución como en su mantenimiento y reparación. El sonido puede intervenir de manera muy eficaz en la adecuación de los espacios para que estos dispongan de mayor confortabilidad. También, mediante la traslación directa en el entorno digital de un determinado sistema sonoro a uno formal, por ejemplo la traducción de un sonido a un proyecto arquitectónico. El proceso de esta traslación vendría a ser un nuevo método en la búsqueda de la forma (form finding).

Otra aplicación más experimental a desarrollar consiste en trabajar límites arquitectónicos con dispositivos sonoros direccionales. Por ejemplo barreras sonoras de delimitación de un ámbito acústico. Esto supondría la inclusión de elementos invisibles para la conformación espacial, que dotaría a la arquitectura de atributos más intangibles. En consecuencia, el sonido podría constituir un material de construcción invisible e intangible pero no por ello inexistente.

En una de las secuencias finales de la película Prometheus, uno de los protagonistas reproduce una secuencia melódica con un particular instrumento de viento. La interpretación de la misma secuencia, activa un complejo sistema de máquinas y dispositivos para poder lanzar una nave espacial. La idea de que ciertas melodías pueden generar simultáneamente distintas combinaciones de instrucciones en sistemas complejos, resulta muy sugerente. De alguna manera este proceso se podría entender como una sonificación inversa. Es decir, partiendo de una determinada información sonora se generarían una serie de instrucciones en cadena a través de la interpretación y análisis de datos. Esto significaría que en un sistema complejo podrían existir varias secuencias melódicas que realizarían tareas diversas, o combinaciones de ellas. Evidentemente es una ficción, pero se trata de una idea con un alto potencial en futuras investigaciones.

*Si con la arquitectura efímera el límite temporal se ha relativizado, con la arquitectura sonora, el límite tectónico quizás también lo haga. Espacios Sónicos, es un **work-in-progress**, con el objetivo de expresar una mirada entusiasta y sugerente en el complejo panorama actual. El sonido es un toque imprevisible que nos puede hacer despertar.*



Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido
Diccionario de Términos

Acorde: Un acorde consiste en un conjunto de tres o más notas diferentes que suenan simultáneamente y que constituyen una unidad armónica. Formalmente, un acorde consta de entre tres y siete notas de las doce que componen una octava; pudiendo pertenecer a la misma o a diferentes octavas. Los acordes pueden presentar un tono fundamental o nota tónica que determina su tonalidad.

Acusmática: Las experiencias acusmáticas son en el marco perceptivo, aquellas que disponen del sentido de la audición sin poder ver o reconocer la fuente sonora de origen. En consecuencia, son experiencias auditivas puras, sin una asociación al ámbito visual. El origen proviene del griego, en alusión al modo de transmisión de conocimientos Pitagórica. Los discípulos escuchaban las lecciones de Pitágoras sin verlo, con la idea que se concentraran en los conceptos a través de su voz y no de su imagen. Recurso utilizado eventualmente en la música experimental (por ejemplo en numerosas performances de Francisco López), focaliza la escucha por encima de cualquier otro estímulo sensorial para obtener una mayor nitidez de la complejidad narrativa expuesta.

Algoritmo: Término original proveniente del matemático persa Al-jwarizmi. Secuencia de instrucciones u operaciones simples bien definidas, que permiten realizar una actividad mediante pasos sucesivos de manera inequívoca. Dados un estado inicial y una entrada, siguiendo los pasos sucesivos, se llega a un estado final y se obtiene una solución.

Altura (del sonido): Es el resultado de la frecuencia (o frecuencia dominante), que produce un evento sonoro. La altura es el parámetro que definirá si un sonido es grave, medio o agudo, disponiendo de una altura baja, media y alta respectivamente.

Amplitud: Parámetro vinculado a la cantidad de energía mecánica que desarrolla una determinada vibración. Comúnmente se utiliza el término volumen como sinónimo.

Arduino: Plataforma de prototipado electrónico open-source, que permite la construcción de sistemas interactivos. Consiste en una pequeña placa electrónica que se conecta al ordenador para poder programar el comportamiento interactivo en su memoria. La programación se realiza mediante el entorno Arduino-IDE que es análogo al lenguaje de programación simplificada Processing. Una vez escrito el código, éste se introduce en el procesador de la placa como *firmware* que articulará las instrucciones necesarias de interacción. A su vez, la placa dispone de distintos puertos de comunicación que permiten implementar la relación con el mundo físico a través de sensores y actuadores.

Armas sónicas: Dispositivos de ataque/defensa basados en la emisión de un flujo de sonido a alta intensidad. A pesar de ser catalogadas como armas no letales, pueden causar daños fisiológicos irreversibles.

Armónicos: Los armónicos son los estados vibratorios resultantes de una frecuencia fundamental que describirá relaciones enteras en frecuencias superiores o inferiores. Por ejemplo, para una frecuencia fundamental de 220hz, las frecuencias 440hz y 880hz son armónicos. Un cuerpo vibrante (como una cuerda), emite una determinada frecuencia a la que esté afinada que dependerá de su longitud, espesor y material. La cuerda vibrará en sucesivos múltiplos (armónicos) que corresponderán a la mitad, tercio, cuarto, quinto, etc. de la longitud de la cuerda. La presencia de mayor o menor grado de los armónicos son los que definirán el timbre o el color.

Arquitectura generativa: Rama experimental de la arquitectura que explora las posibilidades de la generatividad como proceso integral que incluye forma, estructura, función y programa.

Artesanía 2.0 : Actualiza el concepto de artesanía en distintos campos de actuación mediante herramientas tecnológicas. La artesanía 2.0 replantea las bases de la producción industrial al 'por mayor', estableciendo unas bases más adecuadas para la optimización de los proyectos y desarrollos. Las técnicas CNC (*Cutters* y 3D Printers) usadas en los *Fablabs*, o la construcción de instrumentos electrónicos (*Luthiers* electrónicos), se incluyen en esta clasificación. En ellas, se eliminan procesos intermediarios, convirtiendo la producción de una manera más directa y específica.

Audición (comportamiento logarítmico de la): La audición humana se sitúa en un espectro que va desde los 25Hz a los 16.000Hz, llegando en algunos casos hasta los 20.000Hz. La audición tiene una respuesta variable a determinadas frecuencias. Para frecuencias entre la franja de los 2000Hz y los 4000Hz, el umbral de audición humana se sitúa en una presión de 20 MicroPascuales. Por encima y por debajo de esa franja la presión requerida es mayor. Eso significa que para una misma intensidad o amplitud, el sonido tendrá más presencia en la franja anteriormente citada y menos presencia (llegando a ser imperceptible), a bajas y altas frecuencias. El comportamiento logarítmico del sistema auditivo, se constata con el siguiente ejemplo: la apreciación subjetiva de un oyente será que hay la misma distancia entre un tono de 200 Hz y otro de 400, que entre uno de 1000 Hz y otro de 2000 Hz, pues en ambos se ha aumentado una octava al mismo tono. Sin embargo la 'distancia' en frecuencia es distinta (200 Hz y 1000 Hz respectivamente).

Aural: Relativo a la audición o al aparato auditivo.

Binaural : Técnica de grabación y/o síntesis diseñada para crear una sensación de sonido 3D, localizado en el espacio acústico. En el caso de la grabación se utilizan dos micrófonos. Para una completa reproducción binaural, será necesaria una escucha con cascos, debido a la precisión y balanceo que se produce en los dos oídos, sin estar mediatizada mediante un espacio físico. Este puede producir rebotes o asimetrías que desfigurarían la intención y cálculo binaural.

BPM (Beats per minute) : cuantificación de la velocidad o tempo de reproducción de un determinado sonido articulado con pausas, acentos o ritmos. La velocidad de un determinado patrón rítmico cambiará en función del estilo musical. Por ejemplo, el Hip-Hop se sitúa entorno a los 90bpm, o el Techno entorno a los 130bpm.

Boids : Programa de vida artificial desarrollado por Craig Reynolds en 1986, que simula el comportamiento grupal de un enjambre de pájaros (birds like objects). Boids es un ejemplo de comportamiento emergente, en el que su complejidad surge de la interacción de agentes individuales en un conjunto de reglas simples. Dichas reglas comprenden parámetros como la separación, la alineación y la cohesión.

Caja de ritmos : Instrumento electrónico de secuenciación de patrones rítmicos. Análogo al concepto 'batería electrónica', normalmente se compone de una serie de instrumentos individuales –pregrabados o sintetizados-, que se corresponden al sonido de cada una de las partes de una batería (bombo, caja, charles, cowbell, etc.). El resultado es una secuencia en bucle, que articula una serie de patrones predefinidos y configurables. Las cajas de ritmos iniciaron un nuevo fenómeno en las bandas de los 80s, en los que se sustituía la batería por la caja de ritmos como organizador de los patrones percusivos. Así surgieron el Techno Pop, el Synth Pop el Industrial, el EBM, entre otros estilos. Modelos de culto como las Roland TR606 TR707 o TR808, crearon estilos como el Acid House o el Techno, generando un nuevo paradigma en la música electrónica, que la conectó conceptualmente con el mundo ancestral de los rituales tribales conducidas con música repetitiva y mántrica.

Calabi-Yau : La teoría de cuerdas no es posible comprobar empíricamente con la tecnología actual, a pesar de que mediante un complejo aparato matemático adquiere sentido y validez matemática. En este sentido se hace necesaria la introducción de nuevas dimensiones distintas de las empíricas cartesianas (XYZ) y el tiempo. La aparición de estas dimensiones son posibles mediante cambios escalares de extensísimas proporciones. El Calabi-Yau es la representación formal de esta complejidad cuántica dimensional en el espacio.

Ciberespacio : El ciberespacio es el territorio conformado por la globalidad de las redes telemáticas (ordenadores, dispositivos móviles, etc), resultantes de la interacción de los usuarios desde el espacio físico. El término proviene de la novela de ciencia ficción Neuromante (W.Gibson) influyendo en distintas teorías y creaciones actuales. Inspirado en dicha ficción, John Perry Barlow realizó en 1996 la '*Declaración de independencia del ciberespacio*', como reacción a medidas legales restrictivas en los dominios telemáticos. El texto es una reivindicación que critica las interferencias de los poderes políticos que afectan a la telemática e Internet, defendiendo la idea de un ciberespacio autónomo y soberano.

Cimática : Técnica de visualización analógica, de los patrones resonantes del sonido en una determinada superficie, mediante micro partículas. Dicha superficie está conectada a un transductor que emite un determinado sonido (habitualmente frecuencias puras). El cambio de dichas frecuencias, cambian la forma de organización de los patrones.

Circuit bending : Del inglés, circuito partido o quebrado. Técnica de manipulación en directo de circuitería y componentes electrónicos. El *circuit bending* es el mismo concepto que el *live coding*, si bien el soporte en lugar de ser digital e inmaterial es normalmente analógico y físico. Consiste en la (de) construcción de instrumentos sonoros mediante manipulación de hardware y circuitería electrónica preexistente (juguetes, máquinas antiguas, consolas, etc.). El resultado performativo incluye el proceso de soldado, ensamblado de la circuitería, así como la disrupción entre componentes durante el mismo directo.

CNC : El Control Numérico Computerizado(CN) es un sistema de automatización de dispositivos y máquinas-herramienta, operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, (sea una unidad de procesamiento autónoma o mediante un ordenador). Las herramientas usadas en los Fablabs, disponen de este tipo de sistemas que conectan la creación de modelos digitales con su construcción física.

Código binario : El código binario es el sustrato que articula la cibernética y el mundo de la computación. Mediante una codificación minimalista de 0s y 1s, las expresiones complejas que contienen los programas para poder funcionar, convierten las instrucciones semánticas y operacionales a cambios de voltaje. Los programas se pueden escribir en multitud de lenguajes de programación que constituyen un nexo entre el humano y la máquina. Estos lenguajes se acaban sintetizando mediante compiladores y ensambladores, que 'destilan' las instrucciones indicadas en los programas, a través de series de 0s y 1s. Este es el nexo entre el mundo inmaterial de los lenguajes humanos y el mundo físico de los circuitos electrónicos. Los 1s y 0s se constituyen literalmente como puertas lógicas físicas, dejando pasar o no respectivamente, la corriente por los circuitos electrónicos constituyentes de un ordenador.

Customizado : del inglés custom (a medida), define cualquier posibilidad de adaptación y personalización de un producto.

Delay : Filtro de proceso de una señal que trabaja con el tiempo del mismo, produciendo un doblado que en función de su índice de retroalimentación puede provocar un efecto de pauta sostenida y repetida. Normalmente se realiza con la captura de un determinado fragmento en una memoria (inicialmente magnética y en la actualidad digital) que es reproducido posteriormente superpuesto al sonido en curso (delay = retraso). El delay es un filtro muy utilizado en la música electrónica y electroacústica hasta el punto que ha desarrollado géneros debidos al mismo. Por ejemplo el Dub jamaicano, que en esencia es música Reggae procesada con filtros de delay.

Deriva : Concepto propuesto por el situacionismo. Una Dérive significa caminar sin un objetivo específico, ejercitando la atención e interactuando a los estímulos del momento, tejiendo otro tipo de relación con el entorno urbano. El filósofo francés Guy Debord planteó la reflexión a las formas de ver y experimentar la vida urbana dentro de una propuesta más amplia. Por lo tanto, en vez de ser prisioneros de una rutina diaria, planteaba seguir las emociones y mirar a las situaciones urbanas de una forma radical y distinta.

Drone : Terminología recientemente utilizada como dispositivos volantes no tripulados, sean de uso militar o civil. En el marco de la fonología y la musicología, la definición de drone se refiere a un subgénero de la música experimental. Este se caracteriza por la ausencia de pautas rítmicas en la narración sonora. Por lo tanto se trata de un continuum de flujo sonoro, donde la narración viene determinada por cambios tonales, tímbricos, armónicos, de texturas y densidades.

Electroacústico : La electroacústica es la parte de la acústica que se ocupa del estudio, análisis, diseño de dispositivos que convierten energía eléctrica en acústica y viceversa, así como de sus componentes asociados. Entre estos se encuentran los micrófonos, acelerómetros, altavoces, excitadores de compresión, audífonos, calibradores acústicos y vibradores. En música el término electroacústico hace referencia al género que fusiona la instrumentación electrónica clásica (primeros dispositivos de música electrónica), con la música concreta.

Entropía : La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos. La palabra *entropía* procede del griego (ἐντροπία) y significa evolución o transformación. El universo tiende a distribuir la energía uniformemente; es decir, a maximizar la entropía. La entropía puede interpretarse como una medida de la distribución aleatoria de un sistema. Se dice que un sistema altamente distribuido al azar tiene alta entropía.

Espacialización : Conjunto de técnicas digitales de distribución del sonido por distintas fuentes (altavoces, o transductores). La espacialización permite mover un determinado sonido a través del espacio, generando cambios sustanciales en la percepción del espacio acústico.

Espacio no euclidiano : La geometría Euclidiana basa la concepción espacial y geométrica desde un marco bidimensional. En este marco se considera que las líneas paralelas se conectarían en el infinito o la suma de los ángulos de un triángulo es de 180°. La geometría no euclidiana se basa en substituir el axioma de las paralelas, introduciendo curvaturas en el espacio que desarrollaría que las reglas euclidianas no se cumplen (por ejemplo, los ángulos de un triángulo ya no sumarían 180°).

Fablab : Laboratorios de fabricación. Espacios de experimentación con tecnología digital asistida por hardware de producción física, como impresoras 3D, cortadoras CNC laser, entre otras. Su particularidad viene dada por una visión creativa, compartida y expandida de un laboratorio de fabricación, creando sinergias con comunidades de investigación y educativas, en un marco de ejecución experimental.

Fase : En terminología física, la fase hace alusión al desplazamiento de una determinada vibración respecto a una vibración homóloga e idéntica pero ejecutada en un tiempo diferente (antes o después).

Feedback : Efecto físico de retroalimentación sonora que se manifiesta con la presencia de acoples. El sonido saliente por un emisor (altavoz) es introducido en el sistema nuevamente mediante micrófonos u otros dispositivos que a la velocidad del sonido vuelve a salir por el altavoz repitiendo el proceso hasta que la señal introducida en el ciclo, no sea anulada.

Fonón : Es una versión mecano-cuántica de un tipo especial de movimiento vibratorio, por el cual cada parte de una red oscila con la misma frecuencia.

Fordismo : Término proveniente de la producción en cadena de automóviles (Ford) como expresión del modelo productivo que se desarrolló a continuación de la revolución industrial a principios del s.XX. Basado en la producción masiva de bienes con el objetivo de reducir los costes de la misma producción, se relaciona directamente con un sistema de generación de deseo por el consumo, con el objetivo de que el producto pueda venderse a un precio relativamente bajo en relación al salario medio. (normalmente en economías occidentales).

Fotón : Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, (rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, luz visible (espectro electromagnético), luz infrarroja, microondas y ondas de radio). El fotón tiene una masa invariante cero y viaja en el vacío con una velocidad constante C (velocidad de la luz), y presenta tanto propiedades corpusculares como ondulatorias ('dualidad onda-corpúsculo').

Frecuencia : magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico. La unidad es el Hertz (o ciclos/s).

Frecuencia fundamental : En un sonido complejo compuesto por una sucesión de armónicos, la frecuencia fundamental hace referencia a la frecuencia dominante de la que el resto de armónicos son partes proporcionales en cantidad de vibración. Por ejemplo, en un sonido compuesto por las frecuencias 220hz, 440hz y 880hz con amplitudes 0.9, 0.5, y 0.3 respectivamente, la frecuencia dominante resultará la de 220hz por tener una mayor amplitud o presencia.

Frecuencia pura : Frecuencia sintetizada electrónica o digitalmente que se caracteriza por no existir en la naturaleza de manera autónoma. Los sonidos naturales son complejos, es decir son una superposición de frecuencias múltiples a distintas intensidades. Una frecuencia pura se modela mediante una oscilación sinusoidal.

Generatividad : Técnicas de programación inspiradas en los procesos biológicos en cuanto a formas de organización, crecimiento, y autosuficiencia. Un sistema generativo se estructura en árboles de posibilidades, dejando al mismo sistema la capacidad de replicación, generación y variación. Los sistemas generativos son muy utilizados en instalaciones de arte electrónico / performativo para generar sistemas expositivos autónomos.

Gestualidad : Término referido a la capacidad háptica (táctil) y de expresividad corporal, en la interpretación de instrumentos musicales. La música electrónica propició una abertura sin precedentes en materia de posibilidades, registros sonoros y de organización en el tiempo. Sin embargo, pese a toda esa potencialidad, perdió sustancialmente en gestualidad respecto a los instrumentos tradicionales. En los últimos años, las tecnologías musicales han ido recuperando dicha pérdida, con la intención de que el cuerpo vuelva a formar parte de la interpretación y ejecución sonora, independientemente de si es procesada digitalmente. Proyectos como The Hands de Michel Waisvisz, o la popular Reactable del Music Technology Group de la UPF de Barcelona, son ejemplos de instrumentación electrónica que recuperan la gestualidad asociada a la interpretación en directo.

Hapticidad : Háptica, designa la ciencia del tacto, por analogía con la acústica (oído) y la óptica (vista). El significado de la palabra 'háptica', se extiende por exclusión a todo el conjunto de sensaciones no visuales y no auditivas que experimenta un individuo.

Hardware : En complemento al software, el hardware es todo aquel dispositivo de soporte físico de la capa intangible de la información. El hardware sin software es un conjunto de piezas ensambladas que no realizarán ninguna tarea asignada.

Hertz (Hz) Hercios : Unidad de medición de la frecuencia, en el que se desarrolla un ciclo completo vibrante en una unidad de tiempo. Por ejemplo, 440Hz son 440 ciclos completos en un segundo.

Holofónico : Hologramas sonoros. Conformación de espacios y sub-espacios únicamente mediante el sonido y la ingeniería aplicada a dicho fenómeno. Las técnicas de Wave Field Synthesis, definen espacios holofónicos sin necesidad de articular elementos materiales de articulación de dichos espacios.

IA Inteligencia artificial : Especialidad de las ciencias de la computación, que define sistemas complejos de comportamiento y aprendizaje, de manera autónoma y progresiva. Inspirado en inteligencias avanzadas como la humana, la IA supone la adaptación contemporánea del clásico Robot de la literatura de ciencia ficción, si bien una IA no posee necesariamente de corporeidad. El matemático Roger Penrose, definió dos categorías de IA: la HardIA y la SoftIA, como dos tipologías separadas, no por sus características técnicas, sino por sus implicaciones conceptuales y filosóficas. La primera (HardAI) afirma que la tecnología podrá llevar una inteligencia superior que supere a la humana. La segunda plantea la inviabilidad del anterior planteamiento con la siguiente paradoja: '*¿Cómo es posible de construir una inteligencia superior a la humana, cuando aún en la actualidad se desconoce cómo funciona con precisión el cerebro, la cognición o las emociones?*'

Inmersivo : Las experiencias inmersivas son aquellas en las que el punto de vista perceptivo (generalmente visual y auditivo), no es unidireccional sino omnidireccional. Por ejemplo una obra de teatro clásica sería unidireccional en cuanto a que el foco de atención está situado en el espacio opuesto a la audiencia. En las experiencias inmersivas la audiencia está distribuida por el espacio independientemente del foco. Normalmente esto supone un sistema de amplificación del sonido distribuida en diversas fuentes sonoras perimetrales que apuntan al interior del espacio o auditorio.

Intangible : Relativo al mundo inmaterial e incorpóreo y que necesita de un elemento mediatizador para que pueda devenir tangible. Se utiliza habitualmente en el contexto de la información, los datos, la economía financiera, los procesos informáticos, etc.

Interactivo : Un sistema interactivo es aquel que está programado mediante un conjunto de instrucciones que reacciona a estímulos externos, que al procesarlos puede generar distintas acciones en función de la complejidad de la programación asignada en el mismo sistema.

Larsen (efecto) : Efecto de retroalimentación de la señal acústica que se produce cuando una fuente de sonido amplificado (como un altavoz), se encuentra próximo a un receptor (como un micrófono). El sonido emitido por la fuente es recibida por el receptor, que amplifica y la retransmite a la fuente generando un ciclo en el que sucesivamente se re-amplifica si no es cortado alguno de los pasos del ciclo.

Lenguaje de programación : Los lenguajes de programación son análogos a los lenguajes humanos, es decir herramientas de comunicación entre dos partes, si bien una de las partes es una máquina. Existen multitud de lenguajes de programación, y se catalogan como lenguajes de alto o de bajo nivel, en función de la proximidad al humano (más cercano a un lenguaje humano) o a la máquina (más cercano al lenguaje binario) respectivamente.

Led : del acrónimo inglés **LED (Light-Emitting Diode)**: 'diodo emisor de luz'. Componente electrónico utilizado como monitorización lumínica de ciertas funciones. Debido a su bajo consumo, se utiliza también como sistemas lumínicos de baja intensidad, o en superficies luminosas, pantallas, etc.

Live coding : Programación audiovisual en directo. Rama experimental de la música electrónica que conjunta la artesanía 2.0 con las artes sonoras y performativas. En estas prácticas el músico adquiere el carácter del luthier, no sólo construyendo el instrumento, sino también llevándolo hasta la misma exhibición: la propia construcción del instrumento, es el mismo directo. En el Live Coding los instrumentos son digitales, contruidos directamente como códigos e instrucciones que generan in situ lo que vaya a suceder a nivel Audiovisual e interactivo.

Locative Media : Media digital aplicado a espacios reales y a sus interacciones sociales. Próximo y relacionado a la realidad aumentada y a la ubicuidad, los proyectos de Locative Media concentran y focalizan su atención a la interacción social a través de la tecnología en un determinado contexto geolocalizado. Habitualmente este tipo de proyectos, implementan contexto, crítica y memoria social.

Longitud de Onda : Unidad de medición del desarrollo de una oscilación completa. Estrechamente relacionada con la frecuencia tiene una relación inversa con la misma, es decir a mayor frecuencia menor longitud de onda y viceversa.

Low tech : Término utilizado como opuesto a High Tech que relaciona tecnología con artesanía, DIY/DIWO (Do it Yourself/Do it with others), reciclaje y minimización de costes. En la actualidad este tipo de prácticas devienen muy útiles en materias de aprendizaje, experimentación e investigación por tratar con materiales y técnicas asequibles, que al mismo tiempo hibridan e incrementan diversas áreas de conocimiento.

LRAD : El Dispositivo Acústico de Largo Alcance (del inglés Long Range Acoustic Device: LRAD) es un arma sónica definida como 'arma no letal'. Principalmente tiene dos usos: la emisión de mensajes y la emisión de sonidos dolorosos. Se usa en situaciones de conflicto bélico, y para el control disuasorio de concentraciones o manifestaciones. La versión LRAD 1000 (año 2008) puede emitir un sonido de 151 dBA en una distancia de un metro, sobrepasando el límite técnico de lesiones auditivas irreversibles. La exposición regular a 110dBA a más de un minuto arriesga la pérdida de audición permanente (el umbral del dolor se sitúa en 120dBA, siendo 130dBA la emisión de un martillo neumático o 150dBA el despegue de un avión a reacción).

Mecánica Cuántica : La mecánica cuántica (también conocida como física) es una rama de la física que se ocupa de los fenómenos físicos a escalas microscópicas, donde la acción es del orden de la constante de Planck. La mecánica cuántica describe, en su visión más ortodoxa, cómo en cualquier sistema físico existe una diversa multiplicidad de estados, que habiendo sido descritos mediante ecuaciones matemáticas por los físicos, son denominados estados cuánticos.

Metaverso : Contracción de meta y universo (más allá del universo). Los metaversos son entornos donde los humanos interactúan social y económicamente como avatares, en un ciberespacio que actúa como una metáfora del mundo real, pero sin las limitaciones físicas de este último. Uno de los ejemplos paradigmáticos de este tipo de entornos fue hace unos años, el proyecto Second Life.

Multitouch (Multitoque) : las tecnologías multitouch o multitoque son las que permiten el uso háptico (táctil) de interfaces de control, al mismo tiempo que incluyen los gestos y toques en más de un punto (a diferencia de un ratón, que es monopunto).

Música estocástica : Promovida e iniciada por el arquitecto y compositor Iannis Xenakis, se basa en la introducción de teorías de probabilidad matemática en la música, como motor de causalidad a los efectos sonoros en masa. Prestando el término del matemático Jacques Bernoulli 'estocástico', se refiere a la etimología griega de 'tendencia hacia una meta'. En definitiva, música indeterminada en sus detalles pero que, sin embargo, se dirige hacia un final definido. Xenakis no sólo introdujo modelos matemáticos sino también utilizó las teorías de juegos, grupos, conjuntos y el álgebra Booleana, para profundizar en las estructuras de organización y composición no sólo musicales sino también arquitectónicas.

Música Electrónica : la música electrónica hace referencia a todas aquellas técnicas musicales que utilizan algún tipo de dispositivo electrónico generador de sonido. Aunque habitualmente se refiere a la música realizada con ordenadores, su origen proviene del uso de dispositivos que convierten electricidad en cambios de señal acústica. En este sentido, el Theremin de principios de s.XX fue el primer instrumento electrónico. Posteriormente en la década de los años 50s se empezaron a introducir sintetizadores analógicos, que influyeron sustancialmente en la música experimental de la época (Minimalismo, Concreta, Post-serialismo, M.Estocástica). Con la aparición de los ordenadores y del dominio digital, la música electrónica expandió sin precedentes sus posibilidades, estilística, expresiva, social y técnicamente.

Muzak : La música muzak (comúnmente conocida como 'elevator music' o música de ascensores), es todo un conjunto de arreglos de música instrumental adaptada de la música popular, que está específicamente diseñada para ser reproducida en centros comerciales, tiendas por departamentos, centros de atención telefónica, aeropuertos, consultorios médicos, etc. Se trata de un registro que produce un determinado efecto psicológico dirigido a los clientes: una sensación de ralentización y supuesto confort, que entre otras variables, provoca la permanencia del cliente en dichos establecimientos. El objetivo es de invertir más tiempo para buscar con tranquilidad la compra deseada, induciendo a un mayor consumo de artículos.

Neuroarquitectura : Disciplina que cruza los conocimientos de la Neurociencia y de la Arquitectura con el objetivo de introducir técnicas y métodos de mejora en la arquitectura en base al proceso cognitivo y perceptivo del reconocimiento del espacio, y de la interrelación emocional con el mismo.

Octava : En música, una octava es el intervalo que separa dos sonidos cuyas frecuencias fundamentales tienen una relación de dos a uno. Ejemplo de octava: el la_4 de 880 Hz está una octava por encima respecto a la_3 de 440 Hz. En la notación occidental cada octava se articula en 7 tonos (do-re-mi-fa-sol-la-si), y 5 semitonos (do#-re#-fa#-sol#-la#).

Onda electromagnética : Al contrario que las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no requieren un material para propagarse, ya que no consisten en la alteración de las propiedades mecánicas de la materia (aunque puedan alterarlas en determinadas circunstancias).

Onda mecánica : es una perturbación de las propiedades mecánicas de un medio material (posición, velocidad y energía de sus átomos o moléculas) al propagarse por un determinado medio. El sonido es el ejemplo más conocido de onda mecánica.

Optimización : sistema complejo auto-regulado hasta un nivel equilibrado que consiga todas sus funciones de la mejor manera (la más óptima posible). Un paradigma de optimización es la misma organización y estructura de los seres vivos.

OSC/OpenSoundControl : Protocolo de comunicación y de transferencia de datos, entre aplicaciones distintas en un mismo ordenador o en una red de ordenadores.

Oscilador : Dispositivo electrónico que convierte un pulso eléctrico a una señal acústica constituida por una frecuencia pura. Por consiguiente se trata de la mínima expresión en un determinado evento sonoro. Los osciladores pueden emitir ondas sinusoidales, triangulares, cuadradas y de diente de sierra. Estas serían las que caracterizan una determinada forma de onda ('*waveform*'). En el entorno digital existen distintos softwares de síntesis que pueden recrear este tipo de ondas puras, como por ejemplo Pure-data, Supercollider, etc.

Patrones Chladni : patrones formados por una sustancia granular sobre una superficie plana vibrando en un modo propio. En la superficie plana se producen ondas estacionarias que tienen la particularidad de presentar zonas de vibración nula (nodos) y zonas de amplitud máxima (valles o vientres). El experimento original, realizado por el físico alemán Ernst F.F. Chladni (1756-1827) se fijaba la placa mediante un eje central para producir el efecto estacionario, produciéndose la vibración mediante un arco de violín.

Performance : Interpretación o ejecución en directo de una determinada acción. En el contexto artístico hace referencia a todas aquellas prácticas creativas que se generan en directo como la música o las artes escénicas. El término también incluye una especialidad artística que define al 'arte de acción'.

Piezoeléctrico : Los materiales piezoeléctricos generan voltaje al ser deformados. Son utilizados en micrófonos de contacto y otro tipo de sensores por poseer dicha propiedad. Pertenecientes a la generación de los 'Smart materials', los materiales piezoeléctricos pueden ser de cerámica (cerámica PZT) o de un solo tipo de cristal (fosfato de galio, cuarzo, o turmalina).

Pitch : Concepto análogo a la altura de un sonido, complementado con la velocidad de ejecución. Al acelerar la reproducción de un determinado sonido, la altura del mismo aumentará (Por ejemplo al subir el pitch en un plato de Dj).

Post-situacionista : Secuelas de la corriente situacionista en el contexto post-moderno. Debido a su re-contextualización, se trata de corrientes inspiradas en las líneas situacionistas, implementando otras visiones teóricas yuxtapuestas.

Principio de incertidumbre (Heisenberg) : El principio de incertidumbre de Heisenberg de 1927, afirmaba que cuanto mayor es la certeza en determinar la posición de una determinada partícula, menos se conoce su velocidad o cantidad de movimiento.

Propiocepción : La propiocepción es el sentido que informa al organismo de la posición de los músculos, así como la posición relativa de partes corporales contiguas. La propiocepción regula la dirección y rango del movimiento, permite reacciones, respuestas automáticas, interviene en el desarrollo del esquema corporal y en la relación de éste con el espacio, sustentando la acción motora planificada. Otras funciones en las que actúa son el control del equilibrio, el mantenimiento del nivel de alerta del sistema nervioso y la influencia en el desarrollo emocional y del comportamiento. A diferencia de los seis sentidos de exterocepción (visión, gusto, olfato, tacto, audición y sistema vestibular) por los que se percibe el mundo exterior, la propiocepción es un sentido de interocepción por el que se tiene conciencia del estado interno del cuerpo.

Psicogeografía : La psicogeografía es una propuesta principalmente del situacionismo en la cual se pretende entender los efectos y las formas del ambiente geográfico en las emociones y el comportamiento de las personas. Una de las estrategias más conocidas de la psicogeografía, es la deriva.

Post-fordismo : Evolución del modelo fordista, llevado a las últimas décadas en que se han cambiado algunos elementos de la producción fordista. La producción en serie fordista, se ha substituido por la segmentación del producto, en función de un perfil de consumidor. En este modelo se generan estructuras productivas más flexibles, para poder realizar cualquier cambio circunstancial de las expectativas de mercado. La globalización ha sustentado esta nueva fase del neoliberalismo, al des-localizar la cadena de montaje y poder abaratar costes en remoto, explotando indiscriminadamente países con menos recursos.

Pure-data : Pd o pure-data es un lenguaje de programación visual Open Source, que permite la construcción de herramientas multimediales en el que poder implementar interactividad. Su lenguaje modular y funcional, permite la construcción de estructuras complejas partiendo de elementos programados previamente en lenguajes de bajo nivel como C o C++. El origen de este lenguaje parte del trabajo de investigación que realizó el programador y músico Miller Puckette en las instalaciones del IRCAM de Paris, en los años 80. Partiendo del mismo embrión genealógico, el software se bifurcó en dos ramas o 'forks': una rama privativa y comercial (MAX/MSP~) y una rama Open Source (PD).

Raspberry Pi : Microordenador de pequeñas características (1Ghz de procesador con una memoria RAM 512Mb) especial para prototipar e implementar aplicaciones interactivas e instrumentos electrónicos. Creado en el marco open-source, se basa en el uso de tecnologías libres como su sistema operativo (existen distintas distribuciones de Linux que se instalan en el disco duro en estado sólido), así como su integración con otras placas open-source como arduino, y otras implementaciones electrónicas. Del mismo modo, y al pertenecer a un marco open-source, la comunidad desarrolla diversos proyectos y variaciones que posteriormente son reutilizadas para poder construir proyectos posteriores. Se trata de un fenómeno que como sucede con Arduino, y al no estar controlado industrialmente, permite una mayor diversidad y riqueza de proyectos que si estuviera distribuido unidireccionalmente desde una única empresa.

Reactivo : Un sistema reactivo es aquel que está programado mediante un conjunto de instrucciones que reacciona a estímulos externos. Similar a un sistema interactivo, el reactivo no requiere de reintroducción de nuevos datos para segundas reacciones, por lo que se trata de una cadena acción –reacción más simplificada que en los sistemas interactivos.

Realidad Aumentada : Hibridación entre espacio físico y sistema interactivo, cuyo resultante es una mediatización del espacio físico material, aumentado con una capa de datos vivos yuxtapuestos a la percepción del espacio material.

Remix : El remix es análogo al sampling en cuanto a utilización de fragmentos preexistentes. La diferencia viene dada por la utilización de una unidad compositiva completa (por ejemplo un tema sonoro y no sólo uno de sus ingredientes), para realizar una composición ‘hija’ de la inicial que pueda devenir en otra pieza singular, reconociendo y usando algunos de los rasgos más característicos de la inicial. Desde un punto de vista más amplio, el remix re-significa la originalidad como un ‘continuum’ de referencias creativas y conceptuales que se retroalimentan.

Resonancia : Conjunto de fenómenos relacionados con los movimientos periódicos o casi periódicos en que se produce reforzamiento de una oscilación al someter el sistema a oscilaciones de una frecuencia determinada. En acústica, la resonancia es el reforzamiento de ciertas amplitudes sonoras como resultado de la coincidencia de ondas similares en frecuencias.

Ruidismo : Género de la música experimental atonal que experimenta con la construcción de accidentes sonoros que tejen una narración incorporando cualquier tipo de sonido posible, sea concreto o sintetizado que difiera estructuralmente de los instrumentos tonales clásicos. El ruidismo se inició con el movimiento futurista italiano, creando un precedente en que la música podía expandirse más allá de la instrumentación tonal y armónica de la tradición.

Timbre : El timbre constituye un parámetro de identidad de un sonido análogo (de igual frecuencia e intensidad), debido a las diferencias de intensidad en los armónicos resultantes. Por ejemplo, un La (440Hz) suena ‘distinto’ al hacer sonar una guitarra que una flauta. Esta diferencia se produce al contener distintos armónicos resonantes en función del instrumento. En consecuencia, se trata del parámetro que podremos reconocer si esa misma nota proviene de un instrumento u otro, a pesar de que la amplitud y la frecuencia sean idénticas.

Transductor : Dispositivo electrónico análogo a un altavoz que no dispone de una membrana en contacto con el aire, sino que la dispone en el interior del mismo dispositivo. Por consiguiente, se trata de dispositivos que asociándolos y fijándolos a una determinada superficie (mesa, puerta, panel, etc.), convierten a estos en dispositivos emisores de sonido del mismo modo que un altavoz.

Teoría de cuerdas : Las grandes teorías físicas aparecidas en el s.XX, (la relatividad general y la mecánica cuántica), explicaron con mucha precisión el comportamiento de la naturaleza y el universo. Sin embargo su rango de acción era bien distinto: una estudió los fenómenos del universo a nivel Macro (relatividad general) y la otra a nivel Micro (mecánica cuántica). Ambas teorías son válidas de manera independiente, sin embargo al superponerlas aparecen contradicciones recíprocas de una a la otra. Por esta razón en las últimas décadas, la comunidad científica está trabajando en lo que denominan teorías unificadoras, de las que la *teoría de cuerdas* constituye una de ellas. La teoría de cuerdas propone que todo en el universo – incluyendo las partículas de materia y fuerza- se constituye con infinitesimales cuerdas vibrantes. Cada una de estas cuerdas es idéntica. La única diferencia entre una cuerda y otra, es su patrón resonante, o como vibra.

Sampling : Del inglés sample (muestra), el sampling es un procedimiento en el marco de la música electrónica y/o digital consistente en el almacenado de fragmentos sonoros para su posterior reproducción, secuenciación y/o modificación. Numerosos géneros electrónicos han incorporado el recurso del *sampling* como mecanismo de composición. A su vez desde el punto de vista creativo se inspira en técnicas precedentes como el *collage*, en el que la composición viene dada en gran parte por fragmentos de otros objetos o creaciones preexistentes.

Schrödinger (gato de) : Experimento hipotético del físico austríaco Erwin Schrödinger para exponer una de las consecuencias menos intuitivas de la mecánica cuántica. Parte de la situación de un gato encerrado en una caja opaca, en la cual se encuentra un dispositivo tóxico que es activado en un determinado momento. La constatación de si el gato está vivo o no, no será posible hasta el momento en que se pueda abrir la caja. El experimento ilustra la incapacidad de conocer con certeza la concreción entre dos estados posibles. En consecuencia el experimento ilustra la descripción como sistema de superposición de los dos estados posibles antes de su verificación empírica.

Sección dorada (o Áurea) : El número áureo surge de la división en dos (a y b) de un segmento guardando las siguientes proporciones: La longitud total $a+b$ es al segmento más largo a , como a es al segmento más corto b . Se representa por la letra Phi y su valor es 1.61803398... por lo que es un número irracional. La relación áurea está presente en multitud de ejemplos de la naturaleza, por ejemplo en los nautilus, plantas, hojas, frutos, etc. En arquitectura y otras artes creativas, se ha utilizado históricamente en distintas épocas y fases, con el objetivo de conseguir formas equilibradas que transmitieran el ideal de belleza y perfección.

Señal analógica : Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Habitualmente se refiere a la señal acústica que puede circular por diversos dispositivos analógicos y digitales interconectados.

Síntesis Granular : Técnica de síntesis sonora, nativa digital. Inspirada en la física cuántica y su descomposición en *quantums*, la síntesis granular descompone el sonido en granos a partir de una muestra preexistente. En consecuencia se trata de una técnica de re-síntesis (o síntesis a partir de un audio preexistente), con un carácter muy particular, pudiendo trabajar estructuras, texturas y agrupaciones de granos por densidad, aleatoriedad, velocidad entre otros parámetros.

Sintetizador : Dispositivo electrónico o virtual que permite la superposición o agregación de un conjunto de osciladores, que mediante técnicas de filtrado y procesado de la señal devienen en sonidos complejos que potencialmente pueden emular cualquier sonido de la naturaleza.

Sistema Operativo (OS) : Conjunto de aplicaciones (o softwares) interdependientes para poder disponer de una estructura-base donde poder ejecutar cualquiera de los softwares integrantes del mismo. Hay numerosos sistemas operativos, que pueden ser variables en tamaño, funciones y licencias. En general se clasifican como los sistemas operativos abiertos (Open source) en contraposición a los sistemas operativos privativos. Esta clasificación no viene dada por las características, complejidad y tamaño de dichos sistemas, sino en el modelo de organización y crecimiento de los desarrollos y técnicas establecido mediante licencias. Los sistemas operativos abiertos han influido en numerosas ramas del conocimiento más allá de la informática (cultura, ciencia, leyes, investigación, ciencias sociales, etc.), debido a que el modelo de organización se basa en una estructura en red, más propia de la sociedad de la información actual.

Situacionista : Corriente de pensamiento, cuyo planteamiento central es la creación de situaciones. El situacionismo propone la generación de momentos de la vida construidos concreta y deliberadamente para la organización colectiva de un ambiente unitario y de un juego de acontecimientos.

Smart Materials (materiales inteligentes) : Materiales de última generación en los que se han investigado algunas propiedades físico-químicas asociadas a los mismos, deviniendo en materiales inéditos y con propiedades particulares que pueden abrir campos no sólo en la investigación sino también en la arquitectura y el diseño.

Software : Sinónimo de programa o aplicación. Sistema de algoritmos programado para realizar una o un conjunto de acciones concretas. Los softwares están escritos con lenguajes de programación. El conjunto completo de estas instrucciones escritas constituyen el código. Una vez escrito el código, será necesario compilarlo para que el software sea funcional en un determinado sistema operativo. El proceso de compilado incluye una transcripción de un lenguaje más o menos formal realizado por humanos (enssembler), a una secuencia abstracta de 0s y 1s que devendrán el comportamiento lógico de los circuitos, dejando pasar la electricidad o no (0 cerrado/1 abierto). Este proceso es esencial para poder conectar la semiótica y comunicación humanas con las operaciones electrónicas embebidas en la circuitería, y de este modo poder desarrollar acciones y tareas concretas en el marco digital (por ejemplo cualquier acción en un laptop).

Sonificación : Técnicas digitales de conversión de datos a sonido. Del mismo modo que las visualizaciones de datos (o dataviz) interpretan diversos conjuntos de datos en imágenes y gráficos, las sonificaciones traducen a tiempo real determinados datos vivos en secuencias sonoras.

Sonic boom : Se denomina (Sonic boom) o explosión sónica, al componente audible de la onda de choque provocada por un objeto cuando sobrepasa la velocidad Mach 1. La explosión sónica sucede porque, al ser la velocidad de la fuente próxima a Mach 1, los frentes de onda que genera comienzan a solaparse el uno contra el otro. Si la velocidad de la fuente supera la velocidad del sonido se producirá una "conificación" de las ondas detrás de ella. También se generará una explosión, debido a que al ser vencida por la aeronave, la barrera del sonido estalla sin afectar la estructura molecular de la aeronave ni del aire. Los estampidos sónicos disipan enormes cantidades de energía, lo que produce un ruido muy semejante al de una explosión. (puede exceder los 200 decibelios.)

Sonoterapia : Técnicas terapéuticas que utilizan el sonido como medio de transformación de las patologías. Práctica relativa a las terapias alternativas, implementa cómo el sonido, la música y el baile son capaces de liberar sustancias en el organismo, y de cómo estas pueden ser saludables.

Soundscape : término referido a los registros que trascienden el concepto y definición musical, debido a la introducción de numerosos elementos y accidentes sonoros en una determinada grabación o registro. En este sentido, el término *soundscape* o paisaje sonoro, puede integrar fragmentos musicales, ruidos ambientales, grabaciones de campo, interferencias electromagnéticas, y en definitiva cualquier registro del espectro audible disociado necesariamente de las categorías musicales.

Swarming : Del inglés swarm (enjambre), define los comportamientos grupales y de conjunto de individuos, estudiando las interacciones entre estos, tanto a nivel de organización como de movimiento y coordinación.

Telepresencia : es referida a un conjunto de técnicas y tecnologías que permiten conexiones en remoto de otras personas en un mismo espacio común, (generalmente fusionando un espacio telemático con un espacio físico).

Teselación : Un teselado o teselación es una regularidad o patrón de figuras, que cubre o 'pavimenta' completamente una superficie plana con el requisito de que no queden espacios sin cubrir y al mismo tiempo no se superpongan las figuras. Se crean usando transformaciones isométricas sobre una figura inicial.

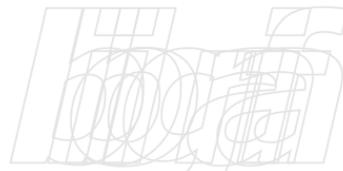
Threshold : Traducción inglesa de umbral o límite.

Transmedia : Narraciones donde intervienen distintos soportes (textual, video, web, etc), y donde la comunidad interviene en la misma. Al complementar los distintos soportes, el resultado de estas narraciones adquiere nuevos vínculos entrelazados entre los mismos soportes.

Ubicuidad : De su etimología latina ubique, significa estar en todas partes. En el contexto tecnológico se refiere a la capacidad de interconexión, independientemente del lugar.

Virtual : En el contexto de las ciencias de la computación, virtual se refiere al espacio simulado en un sistema informático. La virtualidad establece una relación distinta en el uso de las dimensiones espacio y tiempo respecto el mundo tangible. Simultáneamente la capa de datos e información se integra en dichos entornos, superando en volumen las posibilidades de interacción respecto al dominio físico.

Wave Field Synthesis (WFS) : La WFS es una compleja técnica utilizada en instalaciones sonoras para conseguir efectos sonoros tridimensionales definidos y acotados en subespacios sonoros. El resultado es una percepción real de hologramas sonoros (o holofónicos) que articulan un recinto determinado, en subespacios sonoros de manera inmaterial es decir sin necesidad tectónica de partir dichos espacios. La sectorización y delimitación del espacio, viene dada por complejos cálculos de física del sonido, en cuanto a cancelaciones de fase y otros parámetros, que permiten que un determinado sonido pueda sonar en un área determinada y ser imperceptible al salir de la misma. Estos dispositivos cuentan con un alto número de altavoces (del orden de 200) para poder definir todas las regiones del espacio sonoro con una alta precisión.



Espacios Sónicos
Intersecciones entre Arquitectura y Sonido
Bibliografía

Libros consultados:

Augoyard, Jean-François / Torgue, Henry. *Sonic experience: A guide to Everyday Sounds*. Québec, MQUP, 2009

Jean-François Augoyard, Barry Blesser, & Linda-Ruth Salter, Charles Curtis, Douglas Kahn, Brandon LaBelle, Armin Schaefer, Sven Sterken, Emily Thompson, Raviv Ganchrow, Julia Kursell. *OASE 78: Immersed: Sound and Architecture*. Rotterdam, 2009

Bachelard, Gaston. *The Poetics of Space*. Boston, Beacon, 1964

Bachelard, Gaston. *The poetics of Reverie*. Boston, Beacon, 1971

Blesser, Barry/ Salter, Linda-Ruth "Spaces Speak, Are You Listening? Experiencing Aural Architecture". Cambridge, Paperback edition, The MIT Press, 2009

Barber, Llorenç. *El placer de la escucha*. Madrid, Árdora Ediciones, 2003

Campos, José Arturo. *Las voces de Gaudi*. Barcelona, Edicions UPC, 2002

Campos García, José Luis. *Cuando la música cruzó la frontera digital*. Madrid, Biblioteca Nueva, 2008

Carpenter, Edmund/ McLuhan, Marshall. *Acoustic Space and Explorations in Communication*. Boston, Beacon, 1960

Cook, Theodore Andrea. *The curves of life*. London, Dover, 1979

Curtis Roads. *Microsound*. Cambridge, MIT Press, 2004

Daumal Domènech, Francesc. *Arquitectura Acústica. Poética y Diseño*. Barcelona, Educions UPC, 2002

Deutsch, David. *La estructura de la realidad*. Barcelona, Anagrama, 2002

Eberhard, John Paul. *Brain Landscape, the coexistence of Neuroscience and Architecture*. New York, Oxford, 2009

García Quiñones. *La Música que no se escucha: aproximaciones a la escucha ambiental*. Barcelona. Orquesta del caos. 2008

Goldenberg, Eric. *Pulsating in Architecture*. Fort Lauderdale, J.Ross, 2012

Goodman, Steve. *Sonic Warfare*. Cambridge, MIT, 2010

Greene, Brian. *El Tejido del cosmos. Espacio, tiempo y la textura de la realidad*. Barcelona, Crítica Dracontos Bolsillo, 2011

Greene, Brian. *El Universo Elegante: Supercuerdas, Dimensiones Ocultas y la Teoría Final*. Barcelona, Crítica Dracontos Bolsillo, 2009

- Hegarty, Paul. *Noise/Music: A history*. New York, Continuum, 2008
- Holl, Steven / Pallasmaa, J / Pérez-Gómez, A. *Questions of Perception: Phenomenology of Architecture*. San Francisco, William Stout, 2007
- Jenny, Hans. *Kymatik, Wellenphänomene und Schwingungen*. München, AT, 2009
- Kaku, Michio. *Hiperespacio*. Barcelona, Crítica, Drakontos Bolsillo, 2009
- Karkoschka, Erhard. *Das Schriftbild der neuen music*. Celle, Hermann Moewke, 2004
- La Belle, Brandon. *Background Noise, Perspectives on sound art*. New York, Continuum, 2010
- La Belle, Brandon. *Acoustic Territories/Soundculture and everyday life*. New York, Continuum, 2010
- Lauterwasser, Alexander. *Wasser Klang Bilder*. München, AT, 2008
- Lauterwasser, Alexander. *Wasser Musik*. München, AT, 2005
- Levitin, Daniel. *This is your brain on music*. London, Atlantic Books, 2008
- Lindley, David. *Uncertainty: Einstein, Heisenberg, Bohr and the struggle for the soul of science*. New York, Anchor Books, 2008
- McLuhan, Marshall. *El medio es el mensaje*. Madrid, Paidós, 2010
- Martin, Elizabeth. *Architecture as translation of Music*. New York, Princeton Pamphlet Architecture 16, 1994
- Mallgrave, Harry Francis. *The Architect's Brain*. Oxford, Wiley-Blackwell, 2010
- Merrick, Richard. *The Venus Blueprint: Uncovering the Ancient Science of Sacred Spaces*. Berkeley, Erol, 2012
- Moreno Soriano, Susana. *Arquitectura y Música en el siglo XX*. Barcelona, Fundación caja de arquitectos, 2008
- Murray Schafer, R. *The Soundcape*. Vermont, Destiny, 1977/1994
- Neubauer, John. *La emancipación de la música*. Madrid, Visor, 1992
- Rasmussen, Steen Eiler. *Experiencing Architecture*. Cambridge, MIT, 1964-2000
- Oliveros, Pauline. *Sounding the Margins: Collected Writings 1992-2009*, Lawton Hall, ed., Kingston, New York: Deep Listening Publications 2010
- Oosterhuis, Kas. *Towards an E-motive architecture*. Basel, Birkhäuser, 2003
- Pallasmaa, Juhani. *The Eyes of the Skin, Architecture and the Senses*. Sussex, Wiley, 2009

- Pardo, Carmen. *La escucha oblicua: una invitación a John Cage*. Valencia, UPV, 2001
- Penrose, Roger. *La nueva mente del emperador*. Barcelona, Nuevas Ediciones de Bolsillo, 2006
- Picon, Antoine/ Ponte, Alessandra. *Architecture and the Sciences: Exchanging Metaphors*. Princeton Architectural Press, 2003
- Perelló, Josep. *en Resonància: Noves Fronteres de la Ciència, l'Art i el Pensament*. Barcelona. Col.lecció Santa Mònica. 2009
- Reid, John Stuart. *The special relationship between sound and light*. Journal of Subtle Energies & energy Medicine, Vol. 17, nº3
- Rossing, Thomas D. *Física de los Timbales*. Acústica Musical. Barcelona, Prensa Científica, 1989
- Schaeffer, Pierre. *Itinéraires d'un chercheur*. Cerps. Montreuil. 1995
- Schaeffer, Pierre. *Polychrome Portraits*. Paris. Institut national de l'audiovisuel. 2009
- Schulz-Dornburg, Julia. *Arte y Arquitectura: nuevas afinidades*. Barcelona, GG,
- Sternberg, Esther M. and Wilson, Matthew A. *Neuroscience and Architecture: Seeking Common Ground*. Cell 127, Elsevier Inc. October 20, 2006
- Verhagen, E., Deléglise, S., Weis S., Schliesser A. & . Kippenberg T. J. *Quantum-coherent coupling of a mechanical oscillator to an optical cavity mode*. Nature 482, 63–67 (02 February 2012)
- Yúdice, George. *Nuevas tecnologías, música y experiencia*. Barcelona. Gedisa. 2007
- Xenakis, Iannis. *Música Arquitectura*. Barcelona, Antoni Bosch, 1976
- Zumthor, Peter. *Atmósferas*. Barcelona, GG, 2011

Páginas consultadas en la web:

<http://www.math.utsa.edu/~yxk833/pinker.html>

<http://arstechnica.com/science/2012/02/converting-light-to-sound-in-cold-quantum-systems/>

http://www.cymascope.com/cyma_research/physics.html

<http://www.mpg.de/550859/pressRelease20071116>

http://www.world-science.net/othernews/080206_molecule-sounds.htm

<http://www-users.york.ac.uk/~dmh8/cymatic/icmpcdf.pdf>

<http://www.twylah.com/medialab/tweets/291268586318749696>

http://img1.mlstatic.com/piezoelectrico-trigger-de-bateria-27mm-alesis-roland_MLA-O-3321192367_102012.jpg

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

http://elpais.com/diario/2006/08/12/babelia/1155337575_850215.html

<http://vivirdelcuento.blogspot.com.es/2007/03/un-mundo-para-los-cinco-sentidos>

<http://micahfrank.com/tagged/junction>

<http://audiolab.wordpress.com/guimaraes>

<http://audiolab.wordpress.com/summeroflabseh/sonificacionssoleu>

http://medialabprado.es/article/multi_channel_diffusion_and_wind_space_architecture_the_illusion_of_repetition

<http://www.coop-himmelblau.at/site>

http://www.bplusu.com/project_detail.php?type=2&project=11

<http://www.pliatech.com/SoundPlot.aspx>

<http://web.media.mit.edu/~pliam/res/efolio/resources/sdpt1.htm>

<http://www.bplusu.com>

<http://puredata.info/downloads>

<http://www.arduino.cc/>

<http://static.ddmcdn.com/gif/augmented-reality-1.jpg>

<http://narrativasespaciales.wordpress.com/serendipia/>

<http://noconventions.mobi/unpack/>

<http://www.bernhardleitner.com>

http://www.christian-moeller.com/display.php?project_id=6

<http://www.edu.vrmmp.it/vep/debouw.html>

http://evdh.net/spatial_sounds

http://evdh.net/pneumatic_sound_field

http://evdh.net/water_pavilion/

<http://lab-au.com/projects/tessel/texts/presentation/#/projects/tessel/>

<http://www.pauldevens.nl>

<http://vimeo.com/18172238>

<http://www.ryojiikeda.com/project/testpattern/>

<http://www.wellcome.ac.uk/News/Media-office/Press-releases/2008/WTX042816.htm>

<http://blogs.nature.com/london/2008/01/18/neurotopographics>

<http://www.educacion.gob.es/revista-cee/pdf/n11-castano-collado.pdf>

<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/11517/1/EFECTES%20DE%20LA%20M%C3%9ASICA%20EN%20SITUACIONES%20DE%20DOLOR%20CR%C3%92NIC.pdf>

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=mental-choreography>

<http://www.americanscientist.org/issues/pub/sounding-out-muscle-health>

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=experts-dance>

<http://www.theguardian.com/books/2002/jul/13/featuresreviews.guardianreview5>

Páginas consultadas en Diarios y revistas:

Zabalbeascoa, Anatxu a Pallasmaa, Juhani. *"La arquitectura de hoy no es para la gente"*
elpais.com/ babelia 2006/08/12