



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# **MÁSTER UNIVERSITARIO EN ARTES VISUALES Y MULTIMEDIA**

## **TRABAJO FINAL DE MÁSTER**

**Arte, sonido, algoritmo y sociedad (ASAS):  
Sinergías entre las tecnologías, los datos masivos  
y el arte sonoro contemporáneo.**

Trabajo presentado por:  
D. Lecuona Fornes, Sergio

Dirigido por:  
Dr. Mañas Carbonell, Moisés

VALENCIA, Septiembre de 2019



1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. RESUMEN .....	5
1.2. MOTIVACIÓN.....	5
1.3. OBJETIVOS .....	6
1.3.1. Objetivos generales .....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA.....	8
2. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL .....	10
2.1. Arte sonoro y algoritmia: Una aproximación al arte computacional sonoro.....	11
2.1.1 Conceptos fundamentales, terminología y definiciones.....	11
2.1.2. Panorama de antecedentes de música algorítmica.....	19
2.2. No-linealidad. Estructuras, tiempo e interacción en la práctica artística sonora.....	25
2.2.1. Rizomas sonoros. La estructura musical del algoritmo .....	25
2.2.2. Tiempo máquina. El intérprete incansable.....	29
2.2.3. Machine Musicianship. Se abre el telón y aparecen dos algoritmos sonoros en feedback: la película es Terminator....	32
2.3. Transformación digital sonora.....	37
2.3.1. Computer Music. Música, digitalización y computación.....	37
2.3.2. Live Coding. Performance, acción y código.....	42
2.3.3. NetworkMusic. Práctica sonora deslocalizada.....	47
2.3.4. DataMusic. Escuchar de lo macro a lo micro, del “Boom” al “beep”. .....	49
3. MARCO Práctico .....	54
3.1. “Play^3” .....	55
3.1.1. Resumen.....	56
3.1.2. Propuesta.....	56
3.1.3. Descripción técnica.....	58

3.2. "NISS" .....	61
3.2.1. Resumen.....	62
3.2.2. Propuesta Conceptual .....	62
3.2.3. Descripción técnica.....	64
4. CONCLUSIONES.....	70
4.1. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	70
4.2. PROYECTO FUTURO .....	72
FUENTES REFERENCIALES.....	74
6.1 Libros Consultados .....	74
6.2 Artículos académicos. ....	75
6.3. Prensa.....	77
6.3. Multimedia.....	78
6.4. Web .....	81

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. RESUMEN**

La presente tesis de máster es un estudio teórico-práctico, introductorio, en el que se analiza cómo la música algorítmica se presenta como el resultado final de una serie de sinergias entre arte, ciencia, música y tecnología. De forma auxiliar, se revisan algunas de las influencias de la tecnología computacional, relacionadas con la música algorítmica, sobre el terreno de la música, con la finalidad de establecer una base sobre la que explorar las posibles nuevas prácticas influenciadas por los nuevos avances tecnológicos que se integran en nuestra cultura. En relación, se presentan dos propuestas motivadas por la experimentación con la música algorítmica, pero que representan ensayos artísticos con una temática interna distinta.

Palabras clave: Arte sonoro, música, algoritmo, datos, permeabilidad.

## **1.2. MOTIVACIÓN**

El motivo de la elección del tema de esta tesis de máster está planteado como toma de contacto, introducción a una posible investigación posterior de mayor envergadura (tesis doctoral) en la que se estudiarán las convergencias y divergencias, a nivel práctico y teórico, de posibles nuevos diálogos y experiencias estéticas surgidas del estudio transversal de el campo de la música algorítmica y la ciencia de datos.

El interés por este campo híbrido entre la música y los datos viene motivado por un interés del sonido como material estético. Durante nuestros estudios de grado encontramos en el Arte Sonoro la conclusión a nuestros estudios y prácticas musicales junto con las artes plásticas, que en los últimos años de este se vieron influenciados por una curiosidad creciente en el ámbito de la programación y los medios interactivos. Como consecuencia de este cúmulo de inquietudes nos vimos inevitablemente sumergidos en el actual programa de máster.

### **1.3. OBJETIVOS**

Con la siguiente investigación se pretenden cumplir una serie de objetivos generales planteados desde el inicio, y unos secundarios que muchas veces han surgido tras el estudio y/o la aplicación de los conceptos y técnicas encontrados.

#### **1.3.1. Objetivos generales**

- Entender y contextualizar el entorno en el que se desarrollan las practicas sonoras en el ámbito del arte contemporáneo y en concreto aquellas prácticas relacionadas con el arte, la ciencia y la tecnología.
- Estudiar, analizar y exponer de manera introductoria los conceptos esenciales que definen y enmarcan la denominada música algorítmica.
- Idear y generar pequeños ensayos, experiencias artísticas experimentales, donde aplicar los conceptos estudiados sobre música algorítmica.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Localizar y señalar los principales investigadores/as más destacados (pioneros y coetáneos) en el campo de la música algorítmica.
- Generar una primera taxonomía personal de la música algorítmica que nos sirva como base para ordenar, idear, generar y definir los prototipos y ensayos que se desarrollarán durante la investigación.
- Detectar y documentar referentes artísticos que mantengan una relación formal y técnica entre datos-sonido y/o redes digitales-sonido.
- Estudiar, de forma introductoria, los diálogos entre el sonido, el videojuego y la música algorítmica, así como las propuestas artísticas en referencia a ello.
- Diseñar y desarrollar una performance que establezca una relación entre los videojuegos y la música algorítmica, en prevalencia del sonido.
- Idear y desarrollar un sistema para recoger y mapear<sup>1</sup> los datos que representan el desarrollo de un videojuego, con la finalidad de generar y/o modular diferentes sonidos.
- Diseñar y programar con Max<sup>2</sup> <sup>3</sup> unos visuales reactivos que funcionen de signifiante y ayuden a la audiencia a comprender la acción.

---

<sup>1</sup> Mapear es un anglicismo que se refiere a la acción de asociar un conjunto de datos (dominio) a otro conjunto (rango).

<sup>2</sup> Max es un lenguaje de programación visual de Cycling74.

<sup>3</sup> Sitio web oficial de Cycling74. «Cycling'74» <[www.cycling74.com](http://www.cycling74.com)>

- Estudiar, de forma introductoria, la relación existente, técnica y artística, entre las tecnologías de redes digitales inalámbricas y el arte sonoro.

- Idear, diseñar y desarrollar una Interfaz Humano-Computador que sonorice la actividad de una red digital y en concreto su protocolo TCP/IP.

#### **1.4. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA**

Para llevar a cabo esta investigación se ha decidido seguir una estructura en la que primero desarrollamos un marco teórico-referencial centrado en el estudio de la música algorítmica. En este expondremos brevemente la problemática de su terminología y plantearemos una pequeña taxonomía tras su revisión bibliográfica. Seguidamente enlazaremos los distintos conceptos fundamentales en la práctica sonora algorítmica así como su perspectiva histórica hasta introducir los desarrollos actuales de la música algorítmica y las perspectivas de investigación, presentando en todo momento la conexión arte, ciencia, música y tecnología. Una vez hecho esto exploraremos ciertas singularidades de la música algorítmica y del uso de computadores en el campo sonoro. Esto nos servirá de puente para exponer distintos ejemplos de sinergías entre tecnología y música desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad.

Tras este bloque teórico, se presentará el desarrollo práctico de dos proyectos realizados a modo de ensayos derivados de nuestra investigación teórica. Describiremos el proceso de investigación en cada caso, seguido de los detalles técnicos de su producción y programación de los distintos comportamientos, que a modo de experimentos de campo,

tratan de ilustrar algunas ideas y observaciones extraídas de la investigación desarrollada previamente.

Hemos de comentar, que en la presente tesis de máster hemos decidido centrarnos principalmente en aquellos algoritmos relacionados con procesos digitales y/o de computación. Por lo tanto, vemos imprescindible hacer un breve repaso a la relación de este campo artístico con la ciencia, primero con el algoritmo y después con la tecnología de computación, cuyos avances más relacionados con la electrónica se han incorporado progresivamente a la música hasta producirse una digitalización casi total de las prácticas sonoras.

## 2. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL

El primer Capítulo consistirá en un acercamiento a las prácticas sonoras que utilizan algoritmos como pieza fundamental para su desarrollo. Haremos una introducción a modo de repaso, posiblemente superficial pero necesario, de la aparición y evolución de la música algorítmica desde la incorporación de los primeros computadores, sin perder de vista los antecedentes no computacionales. De forma paralela, mostraremos cómo diferentes autores interpretan de distintas formas los mismos términos para referirse a las prácticas sonoras algorítmicas, provocando a veces, su uso sinónimo hasta en la actualidad.

Seguidamente, procederemos a una revisión de los conceptos de linealidad y no-linealidad en relación a las prácticas sonoras. Plantearemos el concepto de no-linealidad y los paradigmas de escucha ligados a la cuestión de temporalidad y el infinito (más allá de una vida humana), inherentes a las prácticas algorítmicas.

Concluiremos con un apartado en el que presentaremos la relación entre los avances tecnológicos en computación e Inteligencia Artificial, y la evolución de las prácticas sonoras ligadas a la música algorítmica hasta llegar al contexto actual. Para concluir introduciremos terminología básica del campo de la ciencia de datos, así como los términos *Big Music* y *Data Music* para abrir el camino de una investigación basada en el estudio de las relaciones entre las practicas sonora y los datos.

## **2.1. ARTE SONORO Y ALGORITMIA: UNA APROXIMACIÓN AL ARTE COMPUTACIONAL SONORO.**

En primer lugar procederemos a definir los términos relevantes que, pensamos, ayudarán al lector a entender nuestra posición frente al tema y las propuestas que planteamos. Comenzaremos por el término “algoritmo”, que será clave para abordar la definición por contraste de Música Algorítmica y Música Generativa. Finalmente abordaremos el binomio Música - Arte Sonoro con la intención de posicionar el conjunto de las prácticas artísticas que surjan de nuestra investigación (más allá de este trabajo de fin de máster).

Para cerrar este primer capítulo, hemos considerado importante dedicar un apartado a situar las prácticas algorítmicas musicales en un contexto histórico. Hemos querido remarcar la tradición del diálogo entre arte y ciencia, música y tecnología.

### **2.1.1 Conceptos fundamentales, terminología y definiciones**

El término algoritmo viene etimológicamente ligado a las matemáticas. Su origen data a mediados del siglo IX cuando Mohammed Ibn Musa-al-Khwarizmi, un distinguido matemático y astrónomo, desarrolló fórmulas que permitieron resolver complejas ecuaciones con un número limitado de procesos (en “Al-yebr-mugabata”). A pesar de no ser el inventor del algoritmo, se considera una figura de gran relevancia por ser él, el primero en pensar de forma algorítmica al presentar un método para calcular sistemáticamente. Algoritmos que pudiesen ser usados en dispositivos de cálculo como, por ejemplo, el ábaco.

“Algoritmo”, por tanto, podríamos decir que originalmente hace referencia al conjunto de reglas aritméticas que permite resolver cálculos complejos más fácilmente. En el siglo XVIII se expandió su significado para abarcar en su definición a toda clase de procedimientos utilizados con el propósito de resolver problemas o realizar determinadas tareas. Actualmente, la RAE, en su primera acepción, lo define como “conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema”, un proceso compuesto por una serie de órdenes específicas del cual se extrae un resultado.

Acercando ahora el término a nuestro campo de interés, en *Origins of Algorithmic Thinking in Music*<sup>4</sup>, Nick Collins argumenta que las raíces de la Música Algorítmica se encuentran en el pensamiento matemático aplicado a la música, un diálogo entre arte y ciencia practicado desde la antigüedad. Encontramos ejemplos desde la Antigua Grecia (Crocker 1963:189-98), con las bases matemáticas para el cálculo de los sistemas musicales Griegos, predecesores de la escala heptatónica de la música occidentales actual. También como Curtis Roads dice, “simple algorithmic or procedural music has existed from well into the middle ages”.

Models of process are natural to musical thinking. As we listen, we absorb the sensual experience of sound while also setting up expectations—constructing hypotheses of musical process. The grail of composition—compelling and original form—is the result of a convincing process. For centuries, composers organized music compositions according to an evolving set of rules governing harmony and counterpoint. (Roads 2015:367)

Podemos decir que hay un acuerdo entre los investigadores en que existen algoritmos simples bien desde que la música se normaliza en los inicios de nuestra cultura. Sin embargo, actualmente se asocia el término algoritmo mayoritariamente con procesos de computación, puesto que, a día de hoy, dentro del nuestro imaginario colectivo, nos solemos referir

---

<sup>4</sup> Publicación incluida en *The Oxford handbook of algorithmic music* (Dean and McLean 2018).

más a “el algoritmo” cuando hablamos de los distintos programas que incluyen algún tipo de Inteligencia Artificial que analiza datos y asesora en las tomas de decisiones, como pudiera ser el simple ejemplo de las herramientas de recomendación de amigos en redes sociales, el reconocimiento de imágenes en buscadores pero también en redes sociales, los detectores de correo basura en el correo electrónico, o incluso a nivel comercial para la realización de estudios de mercado analizando datos generados por los usuarios.

Retomando ese diálogo arte-ciencia que hemos mencionado, presente entre la música y las matemáticas, decidimos definir Música Algorítmica, como un ejemplo de ello y pilar básico de nuestra investigación. Planteamos esta definición mediante su distinción con el término Música Generativa, ya que, hemos detectado el uso indistinto de ambos términos en gran cantidad de descripciones de proyectos aplicados, artículos académicos e incluso bibliografía específica. Véase el caso de Curtis Roads<sup>5</sup> en el que él mismo, consciente de este fenómeno, nos advierte del uso indistinto de los términos cuando se dispone a analizar distintos procesos algorítmicos dentro de la Música Electrónica:

Here we use the terms "formalized," "generative," and "algorithmic" interchangeably to describe any systematic rule-based approach to composition. This can include techniques that are not programmed, such as the systematic methods of Milton Babbitt, for example. (Roads 2015:368)

Collins ya había advertido esta cuestión terminológica en “The analysis of generative music programs” (Collins 2008), donde, como introducción intentará esclarecer las diferencias entre música generativa y algorítmica. Para ello, decide introducir en la ecuación, el término *Computer-Generated Algorithmic Music*. Este término nos hace pensar en una jerarquía en la que Música Algorítmica y Música Generativa permanecen en el mismo plano jerárquico, pero por encima de *Computer-*

---

<sup>5</sup> Web oficial de Curtis Roads, «Curtis Roads» <<https://www.curtisroads.net/>>

*Generated Algorithmic Music*. Entendemos pues, que Collins piensa el algoritmo de forma transversal, ya que establece naturaleza del mismo como un elemento no diferenciador.

Un año después, nos expone en otra publicación que la proliferación, en el uso del término Música Generativa, se debe a una cuestión estética. Añade que en muchos casos hace referencia a una sub-categoría de la música algorítmica.

Generative music itself is to some just a fashionable relabeling of real-time algorithmic composition" (Collins and Brown 2009:2)

Collins se refiere, sobre todo, a la influencia de la figura de Brian Eno<sup>6</sup> <sup>7</sup>, uno de los mayores promotores de la aplicación de procesos generativos, tanto en las artes visuales como sonoras, más influyente y reconocido por el público general como apuntaban Margaret A. Boden y Ernest A. Edmonds (Boden y Edmonds 2009:25). Eno es incluso más conocido por acuñar en 1978 del término *Ambient Music* y la conceptualización del mismo género, diseñado no como un simple fondo musical, sino como un entorno sonoro (Wilson 2015:115). Eno siempre se refiere a sus experimentos como arte generativo. En concreto con los de carácter sonoro “está interesado en música generada por ordenador que emerge y se desarrolla atendiendo a los principios más básicos de la biología evolutiva” (Wilson 2015:118).

Al mismo tiempo que Collins nos proponía esa clarificación de la Música Generativa, Boden y Edmonds realizan una publicación en la que intentan esclarecer qué es Arte Generativo en el que exponen que “el uso del término ha convergido en aquel trabajo que sea producido por la

---

<sup>6</sup> Web personal de Brian Eno. «Brian Eno» <<https://brian-eno.net/>>

<sup>7</sup> Artículo de una entrevista sobre la influencia de Eno. López Palacios. “Este inglés.” <[https://elpais.com/elpais/2017/07/13/icon/1499958051\\_915656.html](https://elpais.com/elpais/2017/07/13/icon/1499958051_915656.html)>

activación de un conjunto de reglas donde el artista deja a un sistema de computación tomar el control sobre por lo menos alguna de las decisiones” (Boden and Edmonds 2009:25). También encontramos la formulación de una definición breve del mismo término y de *Computer Generative Art*, que consideran una sub-categoría del primero. Lo que nos da a entender que el medio es una cuestión secundaria para resolver nuestro problema y que debemos centrarnos en las características del sistema.

In G-art, (df.) the artwork is generated, at least in part, by some process that is not under the artist's direct control. (Boden and Edmonds 2009:31)

A very strict definition of CG-art would insist that (df.) the artwork results from some computer program being left to run by itself, with zero interference from the human artist. (Boden and Edmonds 2009:33)

Independientemente, en otra publicación anterior a estas, Rene Wooler, en *A framework for Comparing Algorithmic Music Systems* (2005) nos presenta una investigación que resulta (entre otras conclusiones) en las 4 principales tipologías derivadas de la interpretación del término “música generativa” en diferentes autores:

1. Linguistic/Structural: Music created using analytic theoretical constructs that are explicit enough to generate music (Loy and Abbott 1985; Cope 1991); inspired by generative grammars in language and music, where generative instead refers to mathematical recursion (Chomsky 1956; Lerdahl and Jackendoff 1983).
2. Interactive/Behavioral: Music resulting from a process with no discernable musical inputs, i.e., not transformational (Rowe 1991; Lippe 1997, p 34; Winkler 1998).
3. Creative/Procedural: Music resulting from processes set in motion by the composer, such as “In C” by Terry Riley and “Its gonna rain” by Steve Reich (Eno 1996).
4. Biological/Emergent: “Non-repeatable music” (Biles 2002a) or non-deterministic music, such as or wind chimes (Dorin 2001), as a sub-set of “Generative Art”. (Wooler, R. et al. 2005:2)

Las connotaciones tecnológicas de “algoritmo” han popularizado Música Algorítmica frente a Generativa, y en sustitución de su propia subclasificación “Generada por Ordenador”, tal y como más arriba Collins nos explicaba que sucedió con Música Generativa y tiempo real. Prueba de ello es, que durante nuestras búsquedas, para encontrar contenido de relevancia, nos fue necesario utilizar como términos de búsqueda “música algorítmica” y “composición algorítmica”. Nos atrevemos a afirmar que esto se debe al uso mayoritario actual de algoritmos de computación frente a otras estrategias más analógicas como el ejemplo de las campanas de viento que R. Wooler nombra (Wooler, R. et al. 2005:2).

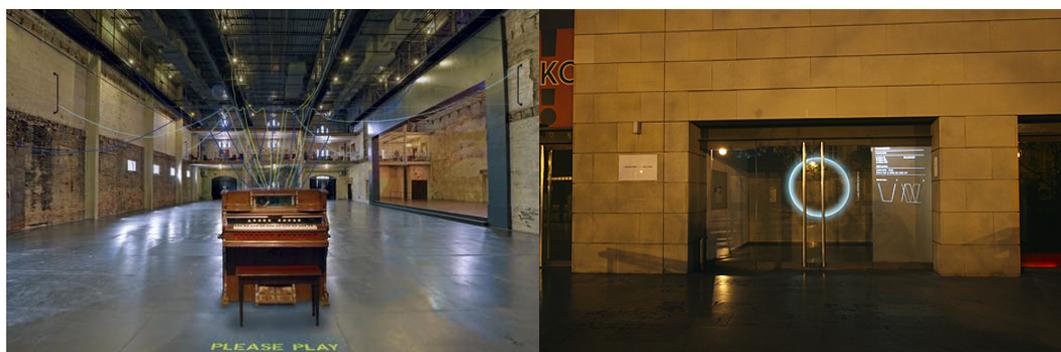
Tomando en cuenta todo lo expuesto, nos decidimos a plantear nuestra definición. Consideramos Música Algorítmica como el término general para describir toda práctica sonora cuyo producto surge de una serie de reglas, en concordancia con la inclusiva definición de Boden y Edmons que hemos expuesto más arriba. A su vez, establecemos Música Generativa como una sub-categoría, entendiendo que se trata de un tipo de Música Algorítmica cuyo producto es “generado” en tiempo real, atendiendo a la observación de Collins (Collins and Brown 2009:2). Puntualizaremos que esta sub-categoría es referente al modo de ejecución del algoritmo, si en tiempo real o no, y no al tipo de algoritmo empleado, del que hemos podido ver en la clasificación de Wooler (2005:2).

Entendemos, que el Arte Sonoro, es el campo artístico que trabaja el sonido, lo sonoro tanto tangible (objeto) como intangible (onda), como origen conceptual y/o material estético (Engström y Stjerna 2009:11). Pero, pese a que en numerosas ocasiones este epíteto es empleado para categorizar ciertas composiciones musicales, sabemos que el Arte Sonoro ha sido históricamente tratado como un campo artístico separado de la Música. Sin embargo, su tradición teórica no es tan larga. Como bien dice Miguel Molina, “la practica suele anteceder al concepto” (Molina et al.

2018:250), y es que, pese a que la labor de muchos investigadores nos ha demostrado que las practicas sonoras en el arte tienen una muy larga trayectoria, de acuerdo con Adam Licht, el término Arte Sonoro surge a principios de los años ochenta con la fundación de la SoundArt Foundation (1982), organizadores de la exposición *Sound/Art* (1983), popularizando el termino, que a partir de los noventa protagonizó un creciente número de exposiciones nacionales e internacionales (Light 2009:3). No fue hasta entonces, cuando se empezó a teorizar, crear y recuperar su historia (Molina et al. 2018:250).

No olvidamos que hasta este momento, hemos hablando de sonido y música, pero no de Arte Sonoro a pesar de que hemos tipificado nuestras propuestas dentro del Arte Sonoro. Llegados a este punto, hemos de aclarar que para referirnos al conjunto de estos dos campos, el Arte Sonoro y la música, utilizamos el término Artes Sonoras (en plural). También, pese a que en muchas ocasiones hablaremos de música algorítmica, consideramos, que este campo en el que se dialogan arte y ciencia, también es un área en el que la música y el arte sonoro se confunden y entremezclan. Sin embargo, mantendremos que todos los resultados que surjan de este trabajo de fin de grado y una futura investigación quedarán etiquetados automáticamente como Arte Sonoro.

Nos sirve como argumento que, en primer lugar, nuestras propuestas pretenden rompen con el concepto temporal estricto de la música. En primera instancia, nosotros no utilizaremos conceptos como la negra, la corchea o la fusa, pero tampoco el compás ni la subdivisión. Para nosotros existirá el segundo y el milisegundo sin restricciones de variación. Tampoco atendemos a la jerarquía de ruido, sonido y nota que la la teoría de la musical tonal establece, puesto que para nosotros en el ruido y el sonido dentro del silencio materia con la que también trabajar y no como exceso o ausencia de sonido o los conceptos de sucio y limpio.



Izq.: Fig 1. *Playing the Building*. Imagen instalación de Aria, Minneapolis. Dcha.: Fig 2. *Parlamento 1#*. Imagen de la fachada exterior del IVAMLab.

También, de acuerdo con el enfoque de la *Klangkunst*<sup>8</sup>, tienen en cuenta el espacio donde el sonido acontece, no sólo en lo relativo a la espacialización<sup>9</sup> del sonido, sino a la relación semántico-simbólica del espacio y los elementos que en este se encuentran. Para entender esto, tomamos el ejemplo expuesto por Adam Licht (Licht 2009:9), la obra de David Byrne, *Playing the Building* (2005)<sup>10</sup>, en la que se instala un órgano de madera con el que los visitantes pueden controlar distintos dispositivos que, producen distintos sonidos aprovechando la arquitectura de la sala. Licht explica que la atención recae más sobre el espectador “no-músico” tocando este instrumento que sobre la acción de escuchar los sonidos del edificio, el espacio en cuestión, por el juego semántico implícito en el órgano-controlador y ya que, en este caso, la espacialización parece más una cuestión efectista y no una forma de mostrar las características del espacio acústico. En otros casos, como podría ser *Parlamento 1#* (2017)<sup>11</sup>

<sup>8</sup> En Alemania el concepto Arte Sonoro es denominado “Klangkunst”. Resumidamente, este es entendido como las propuestas sonoras que fusionan el “Zeitkunst” y “Raumkunst”, el arte que basado en el tiempo y el arte basado en el espacio respectivamente.

<sup>9</sup> Acción y resultado de repartir las fuentes emisoras del sonido, física o virtualmente, en el espacio de escucha.

<sup>10</sup> Vídeo explicativo de la instalación. «David Byrne: Playing the Building» <<https://www.youtube.com/watch?v=Gea9SYUdJeY>>

<sup>11</sup> Web del artista donde se explica la instalación. «Parlamento 1#» <[http://hibye.org/page\\_moisesmanas/parlamento.htm](http://hibye.org/page_moisesmanas/parlamento.htm)>

de Moisés Mañas, aunque la instalación está estrechamente relacionada con el espacio, el sonido pierde protagonismo conceptual frente al medio.

Aunque esta argumentación podría considerarse como un esbozo para una definición de Arte Sonoro, reiteramos nuestra única intención de incluir en este campo nuestras propuestas dentro o adyacentes a la música algorítmica. Pues, pensamos que esa indefinición, mantener difusas las fronteras de un campo artístico, además de ser un elemento característico en las metodologías del Arte Sonoro (Voegelin 2010:8), deja espacio suficiente para la creación libre de nuevas formas sin el constreñimiento que implica una definición y características estrictas.

### **2.1.2. Panorama de antecedentes de música algorítmica**

Remontamos los antecedentes históricos de la música algorítmica a los principios de la organización de la música occidental, que es la que hemos estudiado. Nos aprovecha esta rápida revisión para recordar uno de los más tradicionales diálogos entre arte y ciencia, música y matemáticas, consistente en la aplicación de reglas matemáticas, de forma más o menos estricta, para la composición musical.

Realizamos nuestra primera parada en la Antigua Grecia, cuando la música se consideraba un conocimiento necesario para alcanzar la sabiduría. Este arte, junto con la aritmética, la geometría y la astronomía, conformaba el *Quadrivium*, las consideradas cuatro ciencias matemáticas por excelencia (Tomasini 2003:15). En la escuela Pitagórica estas se estudiaban a través del monocordio<sup>12</sup> las fórmulas para calcular y general los distintos tonos en relación a una nota de referencia u origen. Se establecieron los métodos de cálculo, las reglas, para generar los sonidos

---

<sup>12</sup> Instrumento compuesto por una cuerda tensada bajo la cual se puede deslizar un puente móvil para cambiar su afinación.

que conformarían las “Escalas Griegas”. Consideraremos este, primer hito algorítmico, no sólo como la elaboración de unos sistemas de ordenación de las notas en los que se restringe su selección para la composición de melodías, sino también, el cálculo matemático de la totalidad de las notas mediante proporciones aritméticas y, por lo tanto, una selección de entre todas las frecuencias con la que componer música.

Vamos a permitirnos dar un gran salto en el tiempo, pasando por la invención de la notación musical, tal y como la conocemos hoy, y/o el establecimiento de la música tonal, y llegar hasta a la cumbre del estilo Barroco. Resaltaremos el uso del contrapunto (del latín *punctus contra punctum*, «nota contra nota»), una técnica de improvisación y composición musical que evalúa la relación existente entre dos o más voces independientes (polifonía) con la finalidad de obtener cierto equilibrio armónico atendiendo a ciertas normas, tan practico que es estudiado y practicado en la mayoría de conservatorios de música clásica. Podemos tomar como ejemplo a J. S. Bach y su prolífica producción de piezas Corales. Usando el contrapunto, solo se necesita de una melodía

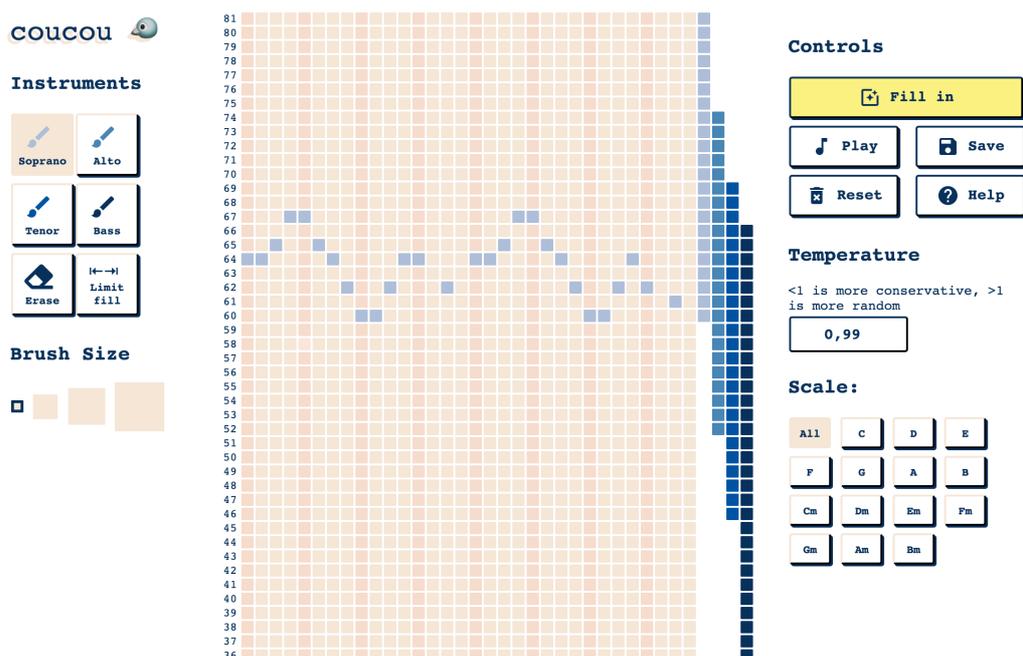


Fig. 3. Imagen de la interfaz de *coucou* donde se ha implementado una melodía inicial.

inicial, con la que después completar, siguiendo una Serie de reglas, las otras dos voces restantes y completar la polifonía. Es posible experimentar este set de reglas en forma de programa a través de *Coucou* (2018)<sup>13</sup> uno de los experimentos de *Machine Learning* del equipo de investigación de Google enmarcado en el proyecto Magenta<sup>14</sup>.

Continuando con otra popularmente conocida personalidad musical, Mozart, encontramos otro sistema de composición. Atribuido al compositor, el *Musikalisches Würfelspiel* esta basado en la toma de decisiones al azar. Consistía en un par de dados y unas tablas con fragmentos musicales predefinidos que el usuario ordenaría atendiendo al resultado de los lanzamientos. Tal y como expone Nierhaus en *Algorithmic Composition* (2009) esta clase de juegos se volvieron bastante populares hacia finales del siglo XVIII, ya que permitían a cualquier persona producir composiciones en diferentes géneros musicales sin conocimientos previos (Nierhaus 2009:46).

En la década del 1920, el compositor Arnold Schönberg, en una búsqueda por la libre atonalidad, presentó la música dodecafónica<sup>15</sup>, un método de composición que, aseguraba, garantizaba la ausencia de tonalidad mediante el trato matemáticamente igualitario de las 12 notas de la escala cromática<sup>16</sup>. Para ello, contaba la regla primordial de que no se podría repetir una nota hasta que todas las de la escala hubiesen sonado antes. Una especie de algoritmo probabilístico. El dodecafonismo se utilizó entre la denominada Segunda Escuela Vienesa, de la que Schönberg formaba parte. Tres décadas después su uso se generalizó y

---

<sup>13</sup> Acceso online a la aplicación web *Coucou*. «Coucou» <<https://coconet.glitch.me/>>.

<sup>14</sup> Web de presentación de Magenta. «Magenta» <<https://magenta.tensorflow.org/>>.

<sup>15</sup> También conocida como Serialismo.

<sup>16</sup> Escala musical compuesta por todos los tonos y semitonos que se comprenden en una octava.

muchos compositores como Anton Webern<sup>17</sup> o Olivier Messiaen<sup>18</sup> la ampliaron mediante la traslación de la misma regla a otros parámetros musicales como la duración, las dinámicas o la articulación.

Contra a las fuertes cargas deterministas del dodecafonismo, una serie de compositores como Karlheinz Stockhausen<sup>19</sup> o John Cage empezaron a experimentar con distintos métodos de aleatoriedad en sus composiciones, ya fuese al proporcionar cierta libertad al intérprete eligiendo entre un material o dejando parámetros sin definir o incluso estrategias en las que el material sonoro es imprevisible como en el caso de *Imaginary Landscape nº4* (1951)<sup>20</sup> de John Cage, en el que los instrumentos (radios) tienen alturas y timbres totalmente imprevisibles.

Atendiendo al punto de vista tecnológico, dado que, como hemos dicho anteriormente, la música algorítmica es una de las hibridaciones arte-tecnología, disponemos en primer lugar el caso de Augusta Ada King, Condesa de Lovelace (1815-1852) *aka.* Ada Lovelace. Esta reputada matemática británica pionera en el campo de la computación, es conocida como la primera programadora de la historia. Trabajó una serie de algoritmos en 1842 para un invento de Charles Babbage, el Motor Analítico<sup>21</sup>, que, puesto que Babbage no llegó a completar su invento, dichos algoritmos nunca pudieron ser implementados.

The operating mechanism can even be thrown into action independently of any object to operate upon [...] Again, it might act upon other things besides numbers,

---

<sup>17</sup> Ejemplo sonoro, *Op.22 Sehr schwungvoll* (1967). «Sehr schwungvoll. » <<https://youtu.be/IIIDzt6QiMEk>>.

<sup>18</sup> Ejemplo sonoro, *Le Merle Noir* (1952). «Le Merle Noir. » <<https://youtu.be/cwDmDTjrBNA>>.

<sup>19</sup> Ejemplo sonoro, *Zyklus* (1959). «Zyklus (1959)» [Youtube] <<https://youtu.be/J8blgrDA8-E>>.

<sup>20</sup> Reproducción de la composición de Cage. «Imaginary Landscape nº4» [Youtube] <<https://youtu.be/yV-kWU1Z5u8>>.

<sup>21</sup> Traducción literal del nombre original, “The Analytical Engine”.

[...] and which should be also susceptible of adaptations to the action of the operating notation and mechanism of the engine. Supposing, for instance, that the fundamental relations of pitched sounds in the science of harmony and of musical composition were susceptible of such expression and adaptations, the engine might compose elaborate and scientific pieces of music of any degree of complexity or extent. (Menabrea 1843:694)

Al margen de este hito tecnológico, el aspecto que más nos interesa es su carácter visionario. Ya que en sus notas añadidas a la traducción que ella misma realizó de *Sketch of the Analytical Engine* (Menabrea 1843:691-731) y de las cuales podemos leer un extracto en la cita anterior, especula con la posibilidad de que la máquina podría ser incluso capaz de programar música de forma autónoma, que con el algoritmo correspondiente, la máquina podría componer piezas musicales de cualquier naturaleza a voluntad del programador.

Para concluir esta trayectoria, no podemos olvidar nombrar una figura local cuya aportación pasó lamentablemente desapercibida en su tiempo, Juan García Castillejo. Encontramos de él una publicación de Miguel Molina<sup>22</sup>, especialista en arte sonoro y vanguardias históricas. Nos sorprende cómo el cura valenciano, desde el medio rural y en un contexto de postguerra, estaba tan enterado de las últimas investigaciones y avances tecnológicos que se estaban produciendo fuera del país y que cita en *La telegrafía rápida, el Triteclado y la música eléctrica* (1944). Entre todas sus patentes e inventos publicados entre 1939 y 1943, en esta publicación que mencionamos, nos presenta el funcionamiento de su *Electrocompositor*, un artefacto que se adelanta dos décadas a las experimentaciones con música y azar de Stockhausen y John Cage entre otros, y que define como “un aparato productor de música o por mejor decir, de un aparato compositor” (Castillejo 1944:264).

---

<sup>22</sup>Molina M. “Rastros del arte sonoro.” en Molina M. et al. (2017) *¡Chum, chum, pim, pam, pum, olé!*, 250-71. Weekend Proms: Lucena.

Es cierto que nadie da lo que no tiene; y es cierto que el aparato tiene un cúmulo inmenso de notas eléctricas o sonidos eléctricos [...] así salen tales notas o sonidos, porque el azar les preparó su salida. (Castillejo 1944:267)

La máquina en sí, teóricamente funciona mediante selectores al azar que van determinando las alturas y duraciones de las notas. Castillejo demuestra tener un amplio conocimiento de teoría musical y ya nos anuncia que la máquina en sí no crea de la nada. No se trata de que haya una composición previamente introducida, sino de un conjunto de reglas que atienden a teorías de composición de armonía tonal.

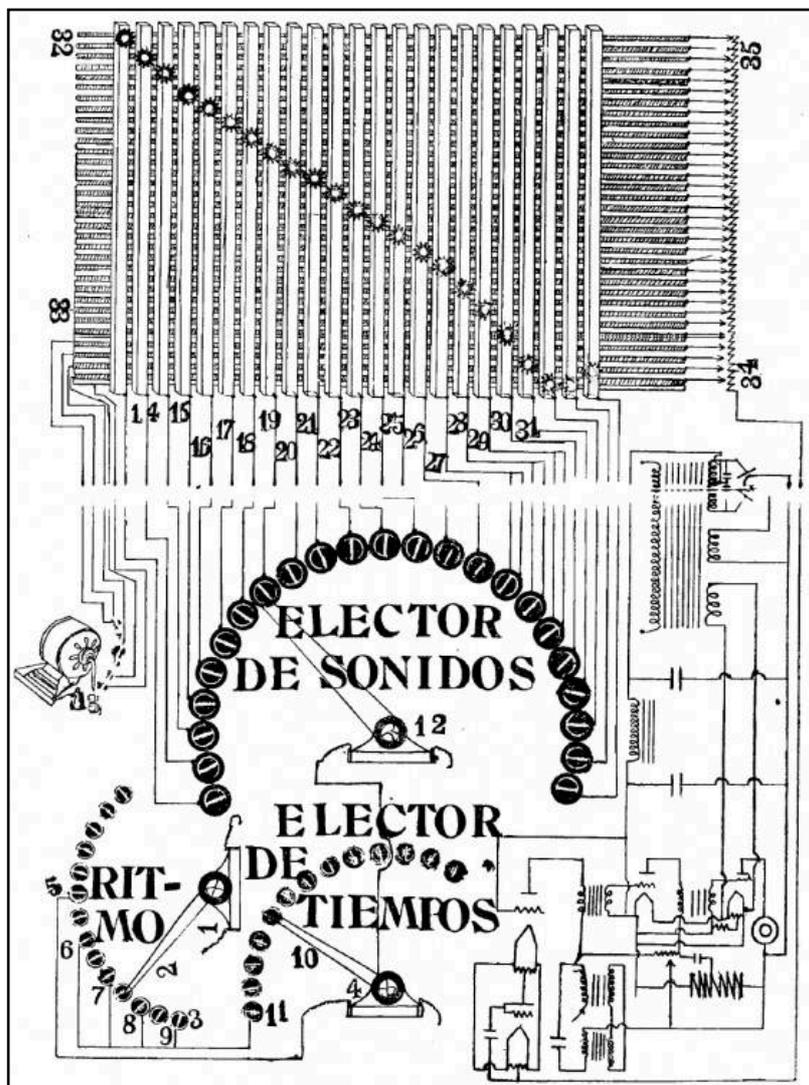


Fig. 4. Fragmento de la figura 151. de *La Telegrafía Rápida, El Triteclado y La Música Eléctrica* (1944) en la que se puede apreciar parte del esquema del *Electrocompositor*.

## **2.2. NO-LINEALIDAD. ESTRUCTURAS, TIEMPO E INTERACCIÓN EN LA PRÁCTICA ARTÍSTICA SONORA.**

En este segundo capítulo, nos centraremos en un aspecto de las composiciones sonoras mediante el cual fácilmente los teóricos clasifican y distinguen las diferentes formas musicales: la estructura. Para ello, explicaremos el concepto de no-linealidad aplicado a las prácticas sonoras en contraposición a los esquemas lineales de la música, denominémosla, estándar. Luego plantearemos una serie de prácticas que aportan nuevos paradigmas de escucha e interpretación que traspasan los límites temporales de la vida de una persona, y por lo tanto de la estructura musical empíricamente comprensible, mediante la creación de piezas algorítmicas de larguísima duración que difícilmente puedan ser notadas de forma tradicional. Para concluir el capítulo, comentaremos la posibilidad de introducir el algoritmo en las prácticas sonoras en vivo.

### **2.2.1. Rizomas sonoros. La estructura musical del algoritmo**

A film should have a beginning, middle, and end, but not necessarily in that order. (Godard 1966)<sup>23</sup>

El término narrativa no-lineal se presenta un tanto escurridizo cuando lo aplicamos a medios que se basan y desarrollan en el tiempo, como en nuestro caso, el sonido. Esto se debe, principalmente, a que la música es un producto que generalmente percibimos como una sucesión de sonidos. Podemos entender fácilmente que la música y el sonido tienen un desarrollo lineal, por lo que, a simple vista puede parecer paradójico concebir una no-linealidad.

---

<sup>23</sup> Tal y como es citado por Curtis Roads en *Composing Electronic Music* (20015:358).

"Linear" and "nonlinear" are ambiguous metaphors with multiple meanings.  
(Roads 2015:358)

En el décimo capítulo de *Composing Electronic Music: A New Aesthetic* (2015), Roads repasa los diferentes conceptos que surgen de la narrativa del sonido, entre otros, la narrativa no-lineal. Argumenta que la complejidad de este planteamiento surge de, como hemos mencionado anteriormente, la concepción de la música como una progresión secuencial del tiempo y un sentimiento de causalidad (Roads 2015:359), características que para Roads definen la narrativa lineal. Como en la literatura, cuando escribimos la música, tomamos unas decisiones estructurales y decidimos el orden de los sucesos, melodías y cadencias en nuestro caso. Entendemos pues que, cuando vemos una partitura, la composición tiene un principio y un fin, y que las melodías y sonidos están dispuestos un orden concreto y “correcto” para que al escuchar la sucesión de cadencias, puntos de tensión y resolución, tengan un sentido final. Entendiendo que esta estructura de sucesión lógica y carácter cronológico es una narrativa lineal, Curtis Roads, introduce estratégicamente en su argumentación el término sinónimo “narrativa variable” para salir de esta trampa (Roads 2015:358).

Contrast this with what is often called nonlinear interactive media, where each participant can choose their own path through a network. (Roads 2015:358)

Es clave entender que el concepto de no-linealidad recae en la percepción de la “obra”, siempre distinta. Llevado a un extremo teórico, según la psicoacústica<sup>24</sup> toda experiencia sonora es siempre distinta a cada individuo y diferente en cada reproducción. Encontramos como ejemplo el caso de un concierto del artista sonoro LaMonte Yung durante la *Dokumenta 5* (1973)<sup>25</sup>, que citamos a continuación.

---

<sup>24</sup> El estudio científico sobre la percepción humana del sonido.

<sup>25</sup> *Dokumenta* es un festival de artes celebrado quinquenalmente en las ciudades de Kassel (Alemania) y Atenas (Grecia) de forma simultánea.

He stopped the performance to berate two people who had begun to move with the music and explained [...] You see any movement in space moves the air and moves the frequency. And we're trying to get the frequencies in tune and they're moving the air, so we can't hear. (Kahn 1999:244)

Es por esto, por lo que podemos entender que, aunque los sonidos se desarrollen en un medio lineal (tiempo), el concepto clave que nos ayudará a comprender es la capacidad de variabilidad del sonido o mutabilidad.

Quizás, aplicado al sonido, este término sea más complicado de asimilar que en otros medios temporales como el vídeo o la danza. A diferencia de la música, estas dos disciplinas artísticas son de naturaleza visual, un sentido direccional y más perceptualmente limitado que el sonido. Somos incapaces de ver dos sucesos separados de forma simultánea. Con la vista nos vemos obligados a alternar nuestra atención entre dos elementos. Tal es el caso de la película *Time Code* (2000), en el que se presenta la acción narrativa en orden cronológico, pero simultáneamente desde cuatro puntos de vista distintos por medio de una pantalla dividida. El espectador va saltando con su mirada de escena en escena, decidiendo a qué fragmento o línea argumental prestar atención, y en cierto modo eligiendo su propio montaje de escenas. Observar se convierte en interacción, una elección sobre qué ver. Extrapolado al ámbito sonoro, escuchar es también sería interacción (Voegelin 2010:5). Sin embargo, pero sin contradecir la afirmación anterior, el oído es un



Fig. 5. Fotograma extraído de *TimeCode*.

sentido algo diferente. Nuestra percepción auditiva no es direccional como la vista. El oído es omnidireccional, nos permite percibir distintos eventos sonoros de forma simultánea y espacializarlos, entender la posición del foco de sonido. En

este sentido, cuando encontramos una polifonía musical somos capaces de escuchar en paralelo diferentes narrativas (como líneas melódicas), o podemos escuchar en un concierto la actuación y las voces del público. Es por eso por lo que es complejo explicar algo que es tan naturalmente percibido.

Using digital media, sounds and images can play in any order, including backward, sped up, slowed down, or frozen. (Roads 2015:359)

Así pues, entendida la no-linealidad como una ruptura de la secuencialidad y/o multiplicidad de secuencias, en el límite de esa variabilidad que Roads nos introducía, encontramos todas las alteraciones temporales imaginables, y que, interpretando sus palabras, serían los medios digital los que más posibilidades nos brinda para ello. Podríamos extraer también que, en el contexto de su libro *Composing Electronic Music: A New Aesthetic* (2015), la no-linealidad se trata como una característica presente en la música electrónica y que ciertamente encontramos de manera evidente en la cultura de remix y cantidad producciones musicales. Podemos encontrar cantidad de fragmentos o *samples* en la canción *Kiara* (2010)<sup>26</sup> del artista Bonobo o más evidente aún en *Porcelain* (1999)<sup>27</sup> de Moby, en la que para empezar el primer bucle de sonido ya consiste en una grabación de un conjunto de cuerda reproducida de forma inversa. Y es así, que en el límite de de esta variabilidad no podemos evitar ver a la música algorítmica.

---

26 Enlace de escucha. «Kiara.» <<https://youtu.be/L-kyRh7N-kE>>

27 Enlace de escucha. «Porcelain» <<https://youtu.be/13EifDb4GYs>>

## 2.2.2. Tiempo máquina. El intérprete incansable

I too think it's possible that our grandchildren will look at us in wonder and say:  
You mean you used to listen to exactly the same thing over and over again? (Eno  
1996:346)

Revisando las reflexiones de Brian Eno que podemos encontrar en *A Year* (1996), nos damos cuenta de cómo la Música Algorítmica abrió un nuevo paradigma en cuanto a la escucha musical, al que hacemos referencia con la cita anterior. Nos referimos a la concepción de piezas sonoras que buscan llevar al límite la cualidad de variabilidad. Como resultado surgen composiciones de larguísima y/o infinita duración en las que no existe repetición alguna, teóricamente. Pero ciertamente, consideramos de más relevancia esta cuestión, cuando leímos *Infinite Length Pieces: A User's Guide* (Collins 2002), artículo en el que se explica cómo se ha tratado el concepto de infinito y las temporalidades extendidas en las artes sonoras.

Collins nos explica que ya con la experimentación del radicalismo americano ya apunta a estas cuestiones en piezas tan conocidas como *4'33"* (1952) de John Cage o *Poem for Chairs, Tables, and Benches, Etc.* (1960)<sup>28</sup> de La Monte Young, en las que no se determina una duración total, y *Well-Tuned Piano* (1964)<sup>29</sup> que Young mantiene como eternamente inacabada o sin fin al establecer "1964-83-81 - Presente" como fecha de producción. Sin embargo, también argumenta que todas estas prácticas estaban limitadas por los medios de almacenamiento del sonido y, más críticamente, por las restricciones físicas de la interpretación humana, a no ser que consiguiera automatizar de alguna manera o realizar un trabajo de equipo con turnos de sueño (Collins 2002:1).

---

<sup>28</sup> Reproducción de la pieza. «Poem for Chairs, Tables, and Benches, Etc.» <<https://youtu.be/CNQFz0QL3Gc>>

<sup>29</sup> Versión grabada de la pieza. « Well-Tuned Piano. » [Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/sfWV4rNB6KE>>

Entendemos, entonces, que son las máquinas las que marcan un punto de inflexión en esta búsqueda, ya que estas permiten anular todos estos impedimentos físicos de los que hablábamos, hasta el punto de sobrepasar la duración de una vida humana. Por supuesto, podría sobrepasar la vida del propio compositor, que no llegaría a escuchar concluir su obra. Ejemplo de esta cuestión, destacado por Collins, es

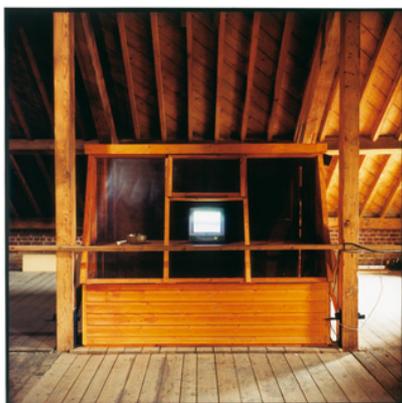


Fig. 6. Foto del puesto de escucha de *LongPlayer* en el Faro, Trinity Buoy Wharf, 2000.

*LongPlayer* (2000)<sup>30</sup> de Jem Finer, una pieza digital compuesta para durar un milenio sin repetición alguna. Comenzó a sonar con la inauguración de nuestro actual milenio y desde entonces no ha dejado de reproducirse. Puede escucharse una retransmisión en directo de la pieza desde una radio digital descargable en la página web de la organización “longplayer.org”. En su programación, sin embargo, no podemos hablar de un sistema novedoso. El propio

Finer nos explica detalladamente los principios de la composición y data la idea del sistema en 1995. Aunque no se referencie, no podemos evitar ver el mismo sistema que se utilizó en *Discrete Music* (1975)<sup>31</sup>, la primera obra generativa de Brian Eno, un conjunto de dos melodías simples grabadas en bucles de distinta duración que se repiten separadamente, permitiéndose así, que se superpusiesen una sobre la otra de forma arbitraria (Eno 1996:344).

Volviendo a la figura de Brian Eno, y retomando la cita con la que comenzábamos este apartado, es este quién concibe la música generativa como una nueva especie de género musical en el que no

---

<sup>30</sup> Enlace web donde encontrar información detallada del proyecto: «Long Player» <<https://longplayer.org/>>

<sup>31</sup> Enlace de escucha. «Discrete Music. » [Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/tLZtnadL1s0>>

existe la repetición, planteando un hipotético futuro en el que las personas no escuchen canciones repetidas, sino fragmentos de una música que se auto genera, proporcionando siempre un material nuevo al oyente. Y aún así, Eno nos cuenta que esta idea surgió de Edgard Wind en sus conferencias de Reithque en 1963, en las que comparaba cualquier escucha de una grabación, como escuchar una especie superior de reloj musical (Eno 1996:346). Sin embargo, no es hasta tres décadas después, en 1995, cuando Eno vislumbra un nuevo medio para hacer esta idea realidad gracias a los ordenadores que simbolizaría una nueva era en música (Eno 1996:345). Mientras la industria de la computación ve en los ordenadores máquinas para gestionar datos, él se centra en su capacidad generativa (Eno 1996:345), y más un, critica el empleo “arcaico y desastroso” del CD-ROM como contenedor masivo de información, proponiendo su uso para la distribución de algoritmos que generen música (Eno 1996:360). Visto de otro modo, tal y como Roads critica que la música electrónica ha de abandonar la imitación de las composiciones “clásicas” para buscar su propio camino y posibilidades (Roads 2015:), Eno encuentra en la cualidad generativa de los ordenadores la singularidad que diferencia este medio del resto. Un proceso que estos pueden realizar a gran velocidad, con la mayor eficiencia y, lo que consideramos más importante y motivo de este capítulo, durante un intervalo de tiempo mayor. Así pues, inspirado tras componer junto con Peter Chilvers la banda sonora generativa del Juego *Spore* (2008)<sup>32</sup>, esta idea se materializó en *Bloom* (2008), *Trope* (2009), *Scape* (2012) y *Reflection* (2017), el conjunto de aplicaciones sonoras generativas que Eno y Chilvers han lanzado hasta la fecha<sup>33</sup>.

La cuestión se mantiene abierta y es si este formato sonoro llegará algún día a popularizarse, y por tanto, si la cita con la que abríamos ese

---

<sup>32</sup> Videocaptura del inicio de una partida. «Spore. »<<https://youtu.be/b5D-rgXWFEc>>

<sup>33</sup> Página oficial donde se encuentran las aplicaciones: «Generativemusic.com» <<http://www.generativemusic.com/index.html>>

apartado dejará de ser ficción y se establecerá como *App-Music*. ¿Es la música algorítmica de las canciones sin fin el formato sonoro del futuro? Lo que si que podemos percibir a medio camino de este fenómeno, es que actualmente existen tendencias a lo hora de elegir música para acompañar tareas o estados de ánimo y que podemos ver en recopilaciones automáticas como las que hace y recomienda Spotify o retransmisiones online que podemos encontrar en Youtube con títulos como *Beats to relax/study to*<sup>34</sup> o *Calm Piano Music 24/7*<sup>35</sup> en las que podemos escuchar un hilo musical de un estilo continuo habitualmente relacionado a un estado mental como relajación o concentración, y por ese motivo nos atreveríamos a ponerle nombre de *Mood-Music*<sup>36</sup>. Pensamos podrían ser fácilmente sustituidas por un algoritmo parecido a los que mencionábamos más arriba.

### **2.2.3. Machine Musicianship. Se abre el telón y aparecen dos algoritmos sonoros en feedback: la película es Terminator**

Estamos pasando de la estética del mensaje a la estética de la interactividad.  
(Lévy 1999)

En la película de ciencia ficción *Terminator* (1984) una máquina y un humano viajan al pasado con una misión. Uno lo hace para cumplirla, el otro para frustrar la de su “compañero”. El humano juega con la máquina. Diez años después (en la trama) llega *Terminator 2* (1991), y la historia se repite, pero esta vez quienes viajan, o mejor deberíamos decir, “lo que viaja” ! son dos máquinas ! La máquina juega con la máquina, interactúan entre sí.

---

<sup>34</sup> Enlace de escucha. «Beats to relax/study to. » <<https://youtu.be/hHW1oY26kxQ>>

<sup>35</sup> Enlace de escucha. «Calm Piano Music 24/7. » <[https://www.youtube.com/watch?v=XULUBg\\_ZcAU](https://www.youtube.com/watch?v=XULUBg_ZcAU)>

<sup>36</sup> *Mood*, cuya traducción del inglés es “estado de ánimo”.

No muy lejos de las escenas de película podemos encontrar experimentos. A día de hoy, con todos los avances en ciencia computacional, concretamente en la velocidad de procesamiento de datos, somos capaces de concebir una interacción puramente entre máquinas como una realidad plausible y no como pura ciencia-ficción. En el campo sonoro, con la comercialización de las interfaces de audio y su mejora hasta la reducción del tiempo de procesamiento al milisegundo en modelos asequibles para el consumidor medio.

En el ámbito sonoro podríamos entender un primer paso como la conjunción del intérprete y el instrumento en un mismo dispositivo, con el que el usuario es capaz de interactuar. En la actualidad esta fusión está más que extendida desde la aparición y comercialización de los *DAW*<sup>37</sup> (software de composición musical) en los que el usuario es capaz de notar ritmos, melodías, así como diferentes parámetros de articulación y expresión, que el ordenador utilizará para controlar distintos instrumentos virtuales. Conceptualmente, el ordenador se convierte en un intérprete al modo de un preciso y versátil hombre orquesta que sobrepasa todas las limitaciones humanas, un virtuoso digital.

Machine Musicianship is both an exploration of the theoretical foundations of analyzing, performing, and composing music with computers (Rowe 2001:14)

Ya en el 2001, Robert Rowe publicó un libro que titula *Machine Musicianship*, parecería que siguiendo el término *Machine Learning*, y que apunta más allá del supuesto que citábamos de Ada Lovelace de enseñar a una máquina un conjunto de conocimientos teóricos musicales esenciales en forma de algoritmo (Menabrea 1843:694). Pero a la teoría musical y de interpretación de la fórmula de Lovelace, Rowe añade la escucha (Rowe 2001:14). Con esto, apunta en dirección a todos los experimentos en inteligencia artificial aplicada al sonido y la música que

---

<sup>37</sup> Software como Logic, ProTools, AbletonLive, Cubase, Reaper, entre muchos otros.

han resultado en un nuevo campo de investigación, *Computer Audition* o *Machine Listening*, como se le llama actualmente (Collins 2006:7). Podríamos decir, que *Machine Musicianship* tiene como tres pilares base el análisis, la interpretación y la composición musical.

*Machine Musicianship* es un concepto que amplía la tradición de los autómatas tan populares en el S XVIII. Podemos recordar el enigmático caso del *Turco Mecánico* (1769), que en la música se ve traducida a ejemplos basados en la pianola. Estas son esculturas mecanizadas cuyos movimientos programados en distintos mecanismos imitan la interpretación humana. Podemos encontrar como ejemplos *La Timpanista*



Fig. 7. Vista trasera de *la Timpanista* en la que se puede apreciar su mecanismo y el cilindro programado.

(1772)<sup>38</sup> o *La Organista* (1774)<sup>39</sup>.

En estos caso vemos siempre una persona que, ya sea manualmente o mediante unas ordenes programadas, controla el mecanismo. Así pues, sólo uno de los tres pilares de la *Machine Musicianship*, la habilidad interpretativa, está cubierta.

De forma introductoria, Rowe nos explica algunas estrategias para crear programas que vayan más allá de los DAW, aplicando estrategias de análisis basadas en la teoría musical. Pero no para llegar a nuestra escena final de

---

<sup>38</sup> Vídeo explicativo sobre *La Timpanista*. «Joueuse de Tympanon. » <<https://youtu.be/75CXFwgsIsY>>

<sup>39</sup> Video que incluye una muestra de *La Organista*. «Automata by Jaquet-Droz» <<https://youtu.be/S0RnT4JBuEI?t=121>>



Fig. 8. Imagen de *MusicVae* integrado en una instalación presentada durante el Sónar 2018. Se puede apreciar la retícula de patrones MIDI en el suelo.

maquinas intercomunicadas improvisando, sino para una máquina en el papel de asistente de compositor, tal y como se presentaba el proyecto *MusicVae* (2018)<sup>40</sup> de Magenta durante el festival multimedia Sónar 2018. Este consistía en un programa que a partir de dos melodías del usuario, genera un numero concreto de patrones melódicos intermedios. Otro ejemplo más reciente y de repercusión global, fue el *Doodle*<sup>41</sup> del pasado marzo que conmemoraba el día del nacimiento de J. S. Bach que incluía el modelo de *Machine Learning* llamado *Coconet* (2019)<sup>42</sup> cuya función es completar una polifonía al estilo del famoso compositor dada la melodía del usuario.

Hemos descrito practicas muy alejadas de la interacción musical, normalmente en tiempo real. Aunque este factor no se considera decisivo en la definición de *Machine Musicianship*, nosotros pensamos que debería, siendo esencial en la práctica del campo sonoro. Pese a las partituras y guiones, cada actuación es siempre distinta, y en el caso de

---

<sup>40</sup> Enlace al artículo online de Magenta sobre Music Vae. «MusicVAE. » <<https://magenta.tensorflow.org/music-vae>>

<sup>41</sup> Elemento gráfico, normalmente interactivo, que suele sustituir al logotipo de Google en su página del buscador, para conmemorar algún suceso.

<sup>42</sup> Enlace al artículo online de Magenta sobre Music Vae. «Coconet. » <<https://magenta-staging.tensorflow.org/coconet>>

las agrupaciones, el músico ha de estar atento al resto del conjunto y saber reaccionar a los sucesos. Interpretar no es reproducir, pero además, la música es interacción: con el instrumento, con otros músicos y con el público. Por eso Rowe, en el resto del libro, intenta explicar los pequeños software realizados con Max, que implementan análisis de sonido como detección de tempo, y teoría musical en forma de bases de datos que almacenan acordes y notas de escalas, acercándose a esa respuesta en tiempo real.

*Machine Musicianship*, apunta hacia entidades musicales mecánicas o virtuales que sean capaces de interactuar con y al mismo nivel que una persona sobre el escenario. En esta línea, actualmente encontramos un ejemplo muy representativo en *AI DJ Project* (2016)<sup>43</sup>. En esta propuesta performativa, una DJ cuenta con la asistencia de una inteligencia artificial en cabina que se dedica a seleccionar las siguientes canciones atendiendo a la música que ya está sonando y a la actividad del público. Una vez seleccionadas, prepara la pista para que la DJ humana sólo tenga que introducirla ahorrándole el proceso de *beat matching* que consiste en hacer coincidir el ritmo de ambas canciones para que no se produzca ningún corte o contraste rítmico durante la actuación.



Fig. 9. Representación de la IA junto con un DJ, durante una actuación de *AI DJ*.

<sup>43</sup> Web explicativa del proyecto *AI DJ*. «AI DJ Project. » <<http://aidj.gosmo.jp/>>

## **2.3. TRANSFORMACIÓN DIGITAL SONORA**

En el primer capítulo ya mencionamos algunos ejemplos sobre la antigüedad de las sinergías y puntos de encuentro entre la artes y las ciencias. En este, hacemos hincapié en la influencia de los distintos avances tecnológicos, relacionados con la digitalización de los medios sonoros, que han hecho posible que podamos concebir las prácticas sonoras como la *Computer Music*, el *Live Coding* o el *Network Music* de las que hablaremos a continuación. Buscamos que sinergias entre arte, ciencia, música y tecnología se están desarrollando, para poder apuntar nuestra futura investigación hacia las novedades sonoras de la era del dato, proponiendo como marco de estas el término *Data Music*.

### **2.3.1. Computer Music. Música, digitalización y computación**

Entendemos el fenómeno de la digitalización aplicada al campo sonoro como el proceso en el cual la música comienza a generarse, pero también a organizarse y/o componerse, mediante unidades de computación, hasta el punto en que todos los procesos necesarios para la producción de una pieza sonora son realizables con un computador como única herramienta. Gracias a la proliferación del audio digital y, más tarde, la virtualización del estudio de sonido, junto con la innovación en ciencias de la computación, es posible procesar el sonido en cualquier modo imaginable y desde un solo dispositivo. Actualmente podemos realizar grabaciones o generar sonidos desde el computador, que con gran facilidad pueden ser organizados y reproducidos ininidad de veces, modificando incluso su dirección y velocidad de reproducción. Podemos generar cualquier sonido y combinación de sonidos imaginable, dejando atrás las limitaciones físicas humanas, en ejecuciones que superan la interpretación humana, y las tímbricas principalmente de los instrumentos

tradicionales, pero también de otros más tecnológicos como los sintetizadores analógicos como Alva Noto nos cuenta en una entrevista (XLR8R 2018). Irónicamente<sup>44</sup> con computadores tenemos la posibilidad generar sonidos más orgánicos y ricos por su cantidad de matices y variabilidad de tímbrica en el tiempo.

Encontramos un ejemplo de esto en el desarrollo de la síntesis granular, tal y como bien observa Curtis Roads (Roads 2015). Este método de síntesis de sonido, apareció por primera vez utilizando tecnología analógica en un dispositivo llamado *Tempophon*, comercializado por la compañía alemana Springer en 1955. Este dispositivo permitía cambiar la velocidad y altura de grabaciones realizadas en cinta electromagnética para su uso en estudios de grabación y realización de efectos especiales. Sin embargo, esta tecnología no permitía realizar saltos ni cambios de dirección en la grabación puesto que utilizaba una cinta electromagnética sin fin y el material tenía que ser automáticamente borrado tras su reproducción.

Nicolas Collins explica en el capítulo *Live electronic Music* en *The Cambridge Companion to Electronic Music* (2017), la experimentación con la tecnología sonora más popularizada del momento, la cinta magnética, permitió la ruptura de los viejos modos de composición tonal, basados en la organización de los sonidos en tonos-semitonos y los ritmos en duraciones determinadas, liberando la música de las partituras, abriendo de nuevo las puertas a la indeterminación y nuevas estructuras musicales. Collins se refiere a la corriente experimental denominada Tape Music que se desarrolló entre los 40 y los 60, con figuras destacadas del arte sonoro como Pierre Schaefer, Pauline Oliveros o Steve Reich y piezas como *I am sitting in a room* (1981)<sup>45</sup>, pero cuyos ecos, ahora en forma de arqueología de los medios, se escuchan en obras como *Disintegration*

---

<sup>44</sup> Por el hecho de que algo “orgánico” surja de una máquina.

<sup>45</sup> Enlace de escucha. «I am sitting in a room. » <<https://youtu.be/fAxHILK3Oyk>>



Fig. 10. Toma de un directo del *Open Reel Ensemble*.

*Loops* (2002)<sup>46</sup> de William Basinski, el *Open Reel Ensemble* (2009)<sup>47</sup> o *Game of Skill 2.0* (2015)<sup>48</sup> de Christine Sun Kim.

Encontramos en la cinta electromagnética un ejemplo de cómo una tecnología inventada para el almacenamiento de audio es también aplicada el campo de la computación, un ejemplo de la permeabilidad tecnológica de la que hablamos. Coetáneo al *Tempophon* podemos encontrar un uso similar de las cintas electromagnéticas en la síntesis granular primitiva en los primeros ordenadores. Estos equipos avanzaban y retrocedían a ciertos puntos de diferentes cintas electromagnéticas para ejecutar una u otra tarea, leyendo, almacenando y procesando datos. Una limitación considerable era que, el proceso de acceder a un punto concreto de la memoria, podía tardar segundos en comparación los

---

<sup>46</sup> Enlace de escucha. «Disintegration Loops» <<https://youtu.be/mjnAE5go9dl>>

<sup>47</sup> Vídeo documental sobre el proyecto. «Magnetic Punk.» <<https://youtu.be/d2c0P4iZ2VY>>

<sup>48</sup> Web ode la artista donde se describe la instalación. «Game of skill.» <<http://christinesunkim.com/work/game-of-skill-2-0/>>

posteriores llamados Discos Duros (HDD) y más recientes Memorias Flash (en SSDs). Pero esta limitación, constituyó un reto de ingeniería frente al cual se han logrado grandes avances. Tal es el punto, que las unidades de tiempo utilizadas se ven desplazadas del segundo a microsegundo, como se ve en el intercambio de datos en los mercados de stock<sup>49</sup>. Así pues, siendo la permeabilidad un fenómeno que no ocurre en una dirección única, esta relación entre música y matemáticas de *la música de las esferas*<sup>50</sup> llevó al primer sonido generado por ordenador en la década de los 50 en el CSIRAC<sup>51</sup>. Se inauguró un nuevo género híbrido entre arte, ciencia y tecnología: *computer music*.

El ordenador y sus posibilidades modificaron las dinámicas de producción musical y prácticas sonoras singulares a la *computer music*, tal y como la experimentación con cintas propició las nuevas sonoridades y ejercicios de la *tape music*. Previamente un proceso de mimesis de los medios de composición y reproducción musical anteriores, acercan el nuevo medio a un nivel de consumidor, que le permitirá experimentar primero desde lo conocido. Vemos en los instrumentos virtuales comúnmente llamados *VST (Virtual Studio Technology)*<sup>52</sup> interfaces gráficas con elementos inspirados o extraídos de instrumentos clásicos como teclados de piano o mástiles de guitarra, pero que poco a poco se van sustituyendo por interfaces más minimalistas con elementos de interfaz como botones, potenciómetros o luces, y parámetros del sonido más relacionados con los sintetizadores como *Attack, Decay, Sustain* y

---

<sup>49</sup> Video-visualización de los movimientos del mercado de stock durante 10 milisegundos. «Trading in Merck. » <<https://youtu.be/L5cZaIZ5bWc>>

<sup>50</sup> Teoría de la Antigua Grecia por la que se entendía que cada cuerpo celeste emitía un sonido afinado en relación a las distancias planetarias y a unas proporciones armoniosas que rigen el universo.

<sup>51</sup> Video sobre el CSIRAC. «CSIRAC» <<https://youtu.be/yxDQSluWaMs>>

<sup>52</sup> Interfaz que permite conectar sintetizadores y plugins de efectos digitales a programas de grabación, edición y secuenciación de audio.



Fig. 11. Aspecto de la interfaz de Ableton Live 10.

*Release*. Ocurre lo mismo con las interfaces gráficas de los propios DAW<sup>53</sup> (*Digital Audio Workstation*) virtuales, que aunque muchos nos recuerdan a la notación de musical y a las masivas mesas de audio comunes de los estudios de grabación, existen propuestas como la de Ableton Live<sup>54</sup> que nos presenta una interfaz que no atiende a la horizontalidad de la partitura y la superposición vertical de las líneas instrumentales, a favor de una retícula de botones a los que asociar distintos sonidos, y, propiciando unas dinámicas de trabajo pensadas en la reproducción y combinatoria de sonidos que rompe con la concepción lineal de la música tradicional. Podemos encontrar un paralelismo histórico en el desarrollo de la música electrónica de los sintetizadores y grabaciones de cinta hasta mitad del siglo XX, pero que a partir de finales de los sesenta, tras la aceptación por el público general de los sonidos de síntesis en discos como *Switch-On Bach* (1968)<sup>55</sup> o *Music to Moog by*

<sup>53</sup> Equipo electrónico o software utilizado para la grabación, edición y o producción de archivos de audio.

<sup>54</sup> Sitio oficial de la empresa Ableton. «Ableton» <<https://www.ableton.com/>>

<sup>55</sup> Enlace de escucha. «スイッチト・オン・バッハ» <<https://youtu.be/Yn0HAWX1TSA>>

(1969)<sup>56</sup>, surgen grupos como *Tangerine Dream*<sup>57</sup> o *Ash Ra Tempel*<sup>58</sup> que experimentan con la identidad propia del sonido de síntesis.

The electronic music instruments of the pre-World War II period tended to mimic traditional instruments. They were played, for the most part, within the context of established genres. (Roads 2015:4)

Vemos un ejemplo en los *Chiptunes* o *8-bit Music*, un género musical que crea y adapta composiciones utilizando los característicos sonidos de la segunda generación de videoconsolas de los años 80, pero también las no-limitaciones o posibilidades rítmicas características de un computador. En este caso no son ordenadores sino estaciones de juego las que se convierten en sintetizadores, caracterizados por la limitación de sus microprocesadores de 8 bits. Para ello, normalmente suelen ser hackeadas, como las *Nintendo NES* y *Nintendo GameBoy* del grupo neoyorquino *Anamaguchi*<sup>59</sup>, para utilizarse en directo como un instrumento más, pero también sampleadas y/o imitadas para crear instrumentos virtuales o plugins como *Magical 8Bit Chiptune*, VST programado y distribuido gratuitamente por el trío japonés de música *YMCK*<sup>60</sup>.

### 2.3.2. Live Coding. Performance, acción y código

Otro resultado del desarrollo tecnológico en ingeniería de computación es la reducción del tamaño de los equipos y su abaratamiento hasta un precio asequible para el consumidor general. En

---

<sup>56</sup> Enlace de escucha. «Music to Moog by.» <<https://youtu.be/CWbR4kweaFk>>

<sup>57</sup> Enlace de escucha. «Tangerine Dream.» <<https://youtu.be/4w8pbGz7E8c>>

<sup>58</sup> Enlace de escucha. «Ash Ra Tempel.» <<https://youtu.be/pcUlogjkcto>>

<sup>59</sup> Sitio oficial de la banda Anamaguchi. «Anamaguchi» <[www.anamaguchi.com](http://www.anamaguchi.com)>

<sup>60</sup> Sitio oficial de la banda YMCK. «YMCK» <[www.ymck.net](http://www.ymck.net)>



Fig. 12. Banner en el que se puede apreciar el tamaño de una Raspberry Pi 4.

un ejercicio de reducción extrema, podemos llegar a encontrar opciones como las placas *RaspberryPi*, *Jetson (NVIDIA)* o *Tinker Board (ASUS)*, de un precio relativamente bajo, que cabiendo en una mano son capaces de procesar audio, video y ejecutar algoritmos de Inteligencia Artificial. Hemos de admitir que estas están enfocadas a un público muy concreto interesado en la cultura *maker*<sup>61</sup> y la programación, pero para el resto existe todo un mercado de ordenadores portátiles, que permiten ser fácilmente transportados en una mochila y con una autonomía suficiente para ser manejados en cualquier lugar. El aumento exponencial de las prestaciones, de acuerdo con la *Ley de Moore*<sup>62</sup>, así como su consecuente disminución en el precio, han facilitado su democratización. Es entonces con esta facilidad de adquirir una unidad, que podríamos llamar de síntesis digital portable, cuando gran cantidad de músicos electrónicos que tienen que pasar muchas horas de viaje en giras y/o carecen de un espacio de trabajo fijo cuando se comienza a extender el

---

<sup>61</sup> Movimiento cultural contemporáneo que representa una extensión basada en la tecnología de la cultura DIY que se cruzada con la cultura hacker, y que se fundamenta en la creación de nuevos dispositivos y en el replanteamiento de los ya existentes.

<sup>62</sup> Ley presentada por Gordon Moore que afirma que cada dos años duplica el número de transistores en cada microprocesador, utilizada para expresar la mejora exponencial de la tecnología.

uso de los equipos portátiles como centro de producción musical, como es el caso del álbum *The Fall* (2010) de Gorillaz, del que se asegura se grabó y editó enteramente en una tablet, y finalmente también usado como un instrumento más en el *setup*<sup>63</sup>.

Es muy común a día de hoy ver en un escenario musical uno o varios ordenadores portátiles, reproduciendo sonidos, mezclándolos o procesando audio en tiempo real. Gran cantidad de DJ ya no transportan una caja de vinilos o de CDs, sino que almacenan todos sus archivos de audio en su ordenador y utilizan software como *Traktor*, *Ableton Live* o *Mixxx* junto, opcionalmente, con una Controladora MIDI<sup>64</sup> que les permite navegar, lanzar y modificar más fácilmente los audios. Por otra parte, músicos como Alva Noto<sup>65</sup>, sintetizan y controlan el sonido de sus actuaciones también utilizando principalmente un ordenador, y es que estos pueden en muchos casos procesar sonidos que un equipo analógico no es capaz, como asegura Alva Noto en una entrevista:

I also use these instruments for making sounds. Nibo made a piece of software that allows me to make sounds outside of what a synthesiser can do. These sounds are mathematically possible but not possible with a normal synthesiser. (XLR8R 2018)

Hemos entrado, pues en un subgénero llamado “Laptop Music” pese a la definición de Blackwell y Collins que lo definen más como una característica de la práctica de la música electrónica contemporánea (Blackwell and Collins 2005:13). Esta nos lleva inevitablemente a hablar de una práctica sonora performativa que aprovecha las características portabilidad y programabilidad de los equipos portátil frecuentes en el mundo de la música, el *Live Coding* (Blackwell and Collins 2005:11).

---

<sup>63</sup> Configuración y conjunto de herramientas utilizadas en directo por un/a artista.

<sup>64</sup> MIDI es un protocolo de transferencia de datos diseñado y utilizado para el control de eventos musicales entre distintos dispositivos musicales.

<sup>65</sup> Enlace de visualización. «Alva Noto. » <<https://youtu.be/EIMiJ1MY2eo>>



Izq.: Fig. 13. Escritorio de McLenan en Slub durante una sesión. Dcha.: Fig. 14. Apariencia de *Yig, Father of Serpents* en funcionamiento.

LA práctica del *Live Coding* parte de la concepción del código de programación como instrumento y se establece como el mecanismo de interacción más directa con los propios algoritmos (Collins and McLean 2017:356). Rechaza los software de composición musical y sus interfaces prediseñadas, para en su lugar interactuar con el ordenador directamente a través del código de programación en un ejercicio de exaltación de un *computer music* real más cercano al potencial real de la máquina (Collins et al 2003:322). Así pues, en vez de DAWs, asociado a este género encontramos un listado de lenguajes de programación que van desde los más crudos con C++ y SuperCollider, pasando por la programación gráfica de PureData y Max, hasta piezas de software personalmente programadas que pueden llegar a incluir una interfaz gráfica de usuario, como los programas de Slub<sup>66</sup> (Collins et al 2003:323) basados en Pearl y RealBasic, o *Yig, the Father of Serpents* (McKinney and Collins 2012:6) basado en SuperCollider. En contraste con estos dos últimos ejemplos, las actuaciones de *Live Coding* están caracterizadas por utilizar como acompañamiento visual, la propia pantalla de trabajo en directo, de forma que la audiencia puede ver la evolución del código en un ejercicio de diferenciación estética de otros géneros de música electrónica (Collins and McLean 2017:356).

<sup>66</sup> Dúo de Live Coding formado por Alex McLean y Adrian (Ade) Ward.

Cercano al contexto de nuestro máster, encontramos en el grupo de investigación Laboratorio de Luz<sup>67</sup> la aplicación Mosaic<sup>68</sup> desarrollada por Emanuele Mazza. Mosaic se presenta como una aplicación de código abierto para *LiveCoding* y programación visual basada en Open Frameworks (Mazza and Martinez de Pisón 2019:8). En su vídeo de presentación, vemos que el diseño visual y las posibilidades se adaptan a las necesidades de una actuación de *Live Coding*, y que además facilita notablemente la experiencia, mediante la ordenación y fácil acceso de los distintos módulos en una librería desplegable, la integración de la monitorización del flujo en los distintos módulos, la facilidad con la que se

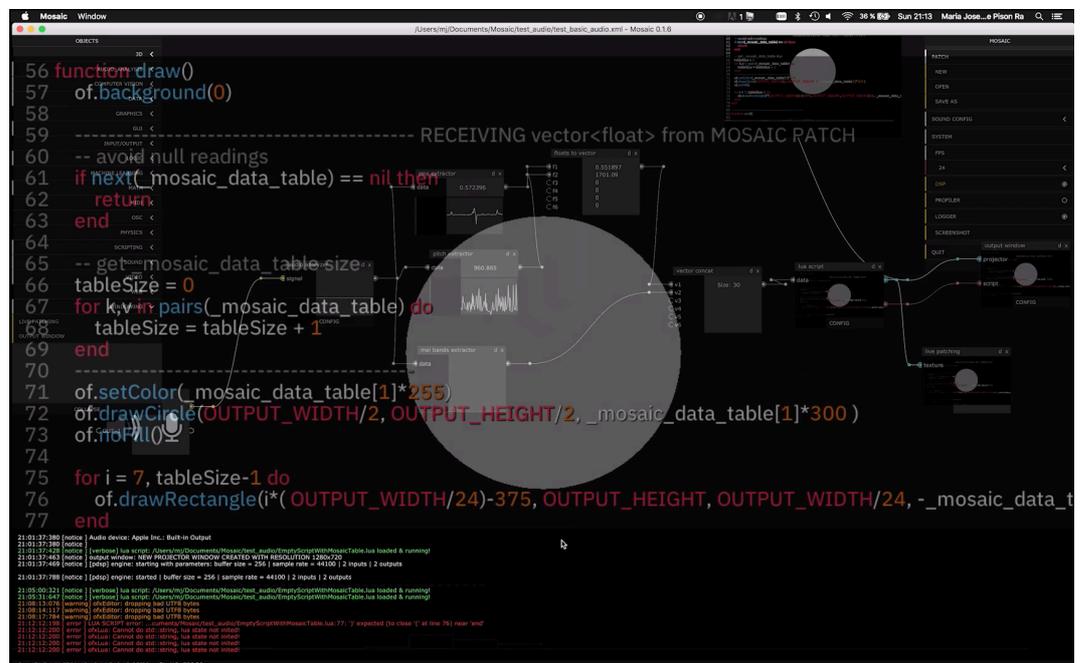


Fig. 15. Patch de Mosaic en el que se ha introducido un script y el escritorio como elementos gráficos en directo.

<sup>67</sup> Sitio del grupo de investigación. «Laboratorio de luz.» <<https://laboluz.webs.upv.es/>>

<sup>68</sup> Sitio oficial de la aplicación. «Mosaic.» <<https://mosaic.d3cod3.org/>>

pueden integrar scripts (Python y LUA) de programación interactiva<sup>69</sup>, pero sobre todo, y no menos importante, en el aspecto visual. Por una parte, la interfaz oscura ayuda a crear las atmósferas oscuras y características de las “algoraves”, eventos audiovisuales donde el *Live Coding* una de las prácticas más relevantes, según nos muestran Collins y McLean (Collins y McLean 2017:4). Pero por otra parte, añade la posibilidad de trabajar el aspecto visual de las performances. Estas, tradicionalmente, consisten en enseñar los cambios que suceden en pantalla, mostrar el código mismo y la interacción directa con el algoritmo, nos explican Collins y McLean (Collins and McLean 2017:5). A esta práctica, Mosaic añade la posibilidad de utilizar el fondo de la interfaz como si de una pantalla se tratase, sobre la que programar (también en tiempo real) diferentes diseños visuales, pero también utilizar los códigos de los scripts integrados como imagen con la que trabajar. Mosaic facilita la colaboración entre artistas multimedia en el *Live Coding* no sólo sonoro, sino también visual.

### **2.3.3. NetworkMusic. Práctica sonora deslocalizada**

Por otra parte e históricamente relacionado con la práctica del Live Coding, el uso generalizado de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación), en particular la red de Internet, así como las mejoras en las infraestructuras de transmisión de datos , establecen nuevos paradigmas en la practica musical del siglo XXI, principalmente ligados a una cuestión espacio-temporal de la actuación.

Pese a que no fueron estrictamente un grupo de *Live Coding*, el conjunto *The Hub*, era una agrupación de programadores y compositores

---

<sup>69</sup> Interactive Programming means programming with immediate feedback, eliminating compilation and transforming the process into a continuous loop (process of coding) (Mazza and Martinez de Pisón 2019:10).

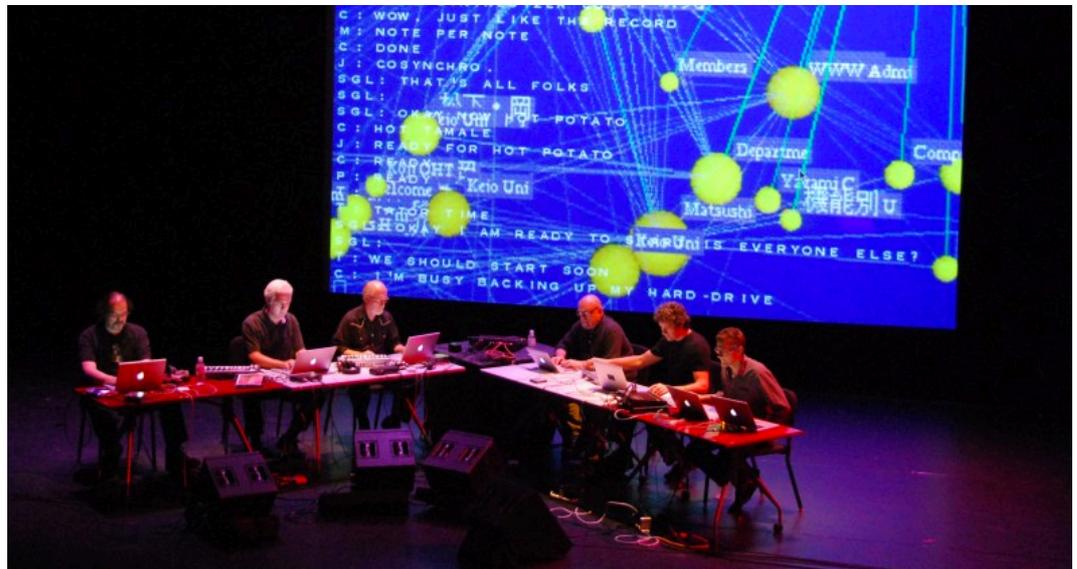


Fig. 16. Actuación de The Hub en el Network Music Festival 2014.

de la década de los 80' dedicados al *computer music*. Reconocida como el primer grupo de *Network Music* (Blackwell and Collins 2005:4), también se considera un antecedente directo en el terreno de *Live Coding*, por el carácter de sus ensayos preparatorios (Collins et al. 2003:322).

Las prácticas sonora que se agrupan en el *Network Music* no atienden a un estilo musical, podríamos decir, como en el caso del *Laptop Music*, que este se rige por el uso característico de una red mediante la que se comunican los distintos dispositivos que participan en la actuación. Lo más novedoso de esta práctica es que esta red puede ser inalámbrica y no plantea ningún límite de distancia entre los distintos equipos, planteando una ruptura con la concepción del espacio performativo único, fragmentándolo. La primera ocasión en que se pudo ver una actuación de estas características fue en 1987 cuando el grupo *The Hub* se dividió en dos emplazamientos distintos, presentando dos sub-redes, de tres equipos cada una, comunicadas entre sí vía módem de línea telefónica (McKinney and Collins 2012:6).

Hemos de tener en cuenta el contraste de las limitaciones en cuanto a velocidad de transferencia de datos de aquel momento, 10 Mbps mediante conexión Ethernet, frente a los 10 Gbps que promete la

conexión de red inalámbrica 5G<sup>70</sup>. Esto, junto a la creación de plataformas online de transferencia de datos y redes sociales, han desembocado en fenómenos como los conciertos virtuales aprovechando entornos como Second Life, retransmisión en directo de eventos vía Youtube e Instagram, o plataformas dedicadas como Twitch.

#### **2.3.4. DataMusic. Escuchar de lo macro a lo micro, del “Boom” al “beep”.**

Antendiendo a Rob Kitchin, hace cinco años, existía cantidad de indicios para asegurar el advenimiento de un fenómeno que cambiaría la forma en que se crea conocimiento, se gestionan lo negocios y se administran los gobiernos, él lo denominaba “la revolución de los datos” (Kitchin 2014:24). Nos comparaba como tradicionalmente, la generación, análisis e interpretación de datos ha sido una labor que requería de una inversión de tiempo y trabajo considerable. Pero que en contraste, a causa del actual estado de las TICs en una erupción de dispositivos electrónicos interconectados que dominan cada vez más actividades de nuestra vida diaria, asistimos a un diluvio ininterrumpido de datos de bajo coste.

Este fenómeno, conduce al popular pero poco claro término *Big Data*, que John D. Kelleher y Brendan Tierney definen sintéticamente mediante tres “V” : volumen extremo, variedad de tipos, y velocidad de procesamiento de datos (Kelleher and Tierney 2018:25). Tres características que dicen únicamente se pueden aplicar juntas al medio digital y a ningún anterior medio de gestión de datos.

---

<sup>70</sup> Artículo online de *Xataka*. «5G. » <<https://www.xataka.com/basics/que-5g-que-diferencias-tiene-4g>>

Eso no implica borrar de la ecuación el término menos conocido, pero cuyo concepto es anterior ,el *Small Data*. El término era innecesario hasta que no surgió el *Big Data* ya que no se precisaba de un nombre específico para los flujos de datos más discretos en relación a los del *Big Data*. Así pues encontramos dentro de este concepto los conjuntos de datos de producción tradicional cuyos procesos, tras la digitalización, son amplificados y relacionados entre sí.

The secret language of statistics, so appealing in a factminded culture, is employed to sensationalize, inflate, confuse, and oversimplify. (Darrell 1954:7)

Es importante recordar qué es exactamente el dato en relación al conocimiento. Existe la errónea sensación de que cuantos más datos se generen y acumulen, más saber acumularemos. Hay tanta verdad en decir que los datos son saber, como en que la madera es fuego. Una cosa puede provocar la otra, pero para ello es necesario un largo proceso de transformación. Hace falta aplicar una energía. Hay que procesar la materia. Queda muy bien reflejado en el modelo conocido en inglés como

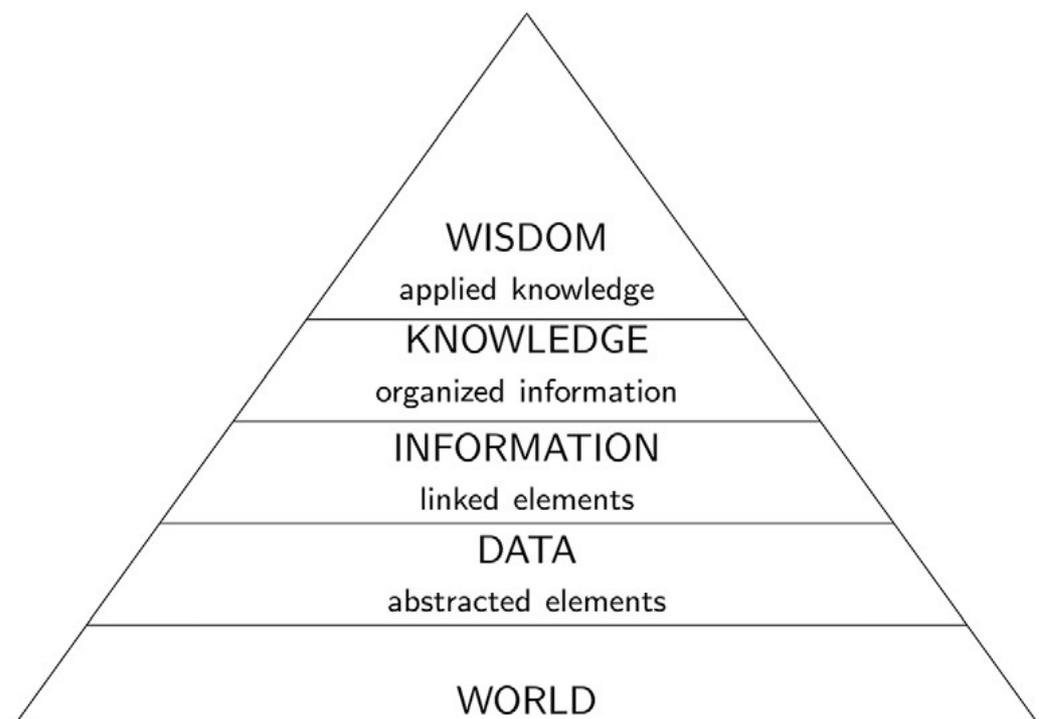


Fig. 17. Pirámide DIKW.

“la pirámide DIKW” que encontramos explicado por Kelleher y Tierney (Kelleher and Tierney 2018:71). El mundo real es la base de la cual se extraen los datos, abstracciones y mediciones. Estos, una vez dispuestos en contexto o estructurados, cobran sentido para los humanos y se transforman en información concreta, que cuando se organiza, contrasta y es comprendida resulta en un conocimiento. Finalmente, la correcta aplicación de ese conocimiento supone el saber, la cima de la pirámide. Entre la segunda y la tercera transición que mencionábamos, diríamos es el área de investigación de la ciencia de datos. La meta de este campo es extraer información de los datos, utilizarlos para comprender mejor aquel que sea el objeto de estudio (Kelleher and Tierney 2018:70).

El fenómeno del *Big Data*, obliga a la ciencia de datos a investigar nuevas estrategias para procesar gran cantidad de datos, donde encontramos tres prácticas: *Data Mining*, *KDD* (*Knowledge Discovery in Databases*) y *Machine Learning*. Las dos primeras, en realidad describen el mismo concepto. Ambos son campos enfocados en el análisis de datos estructurados. Sin embargo, mientras que *Data Mining* suele relacionarse con los negocios y finalidades comerciales, *KDD* tiende al ámbito académico (Kelleher and Tierney 2018:32). Por otra parte *Machine Learning* es el campo de la ciencia de datos que se encarga de buscar algoritmos para automatizar los procesos de análisis de datos que extraigan patrones potencialmente interesantes y útiles (Kelleher and Tierney 2018:31). En otras palabras, resaltar mediante algoritmos estadístico, información de forma automática.

Tomamos las palabras del artista multimedia R. Luke DuBois, la historia de la música es la historia de la tecnología (Bryant 2014), y como él nos expone, la música es una manifestación artística basada en datos y algoritmos. De esta forma podemos entender que la observación de Kitchin que enunciábamos al inicio de este bloque, junto con sus

consecuentes avances tecnológicos, han permeado al ámbito musical y sonoro.

Cada vez más, vemos modificados nuestros hábitos de escucha, en contraste con los que podríamos encontrar en las décadas anteriores. Podríamos resumir este acontecimiento en el término de Marinós Koutsomichalis, *Big Music* (Koutsomichalis 2016:25). Este se centra en la cantidad de música disponible. Por una parte, se refiere las colecciones de archivos de audio normalmente demasiado grandes como para ser almacenadas en un único contenedor o para ser escuchados en una cantidad de tiempo razonable. Pero, también hace referencia a las interfaces a través de las cuales dicho contenido musical podría ser descargado y/o retransmitido. En el caso de estos últimos cabe recordar la aplicación de los popularmente denominados “algoritmos de recomendación” que sugieren al usuario más y nueva música que escuchar.

Por otra parte, en el campo académico, se investiga la mejora de los algoritmos de Machine Learning a través de la música. Que se acercan cada vez más a la *Machine Musicianship* total en experimentos que mejoran el análisis de audio y la generación de música simbólica<sup>71</sup>, tras ser mezclada, arreglada y producida por personas resulta en canciones como *Daddy’s Car* (2016)<sup>72</sup> por FlowMachines o *The Age of Amazement* (2018)<sup>73</sup> por AIVA. También, aunque menos común, se realizan experimentos de síntesis musical cuyos resultados se pueden escuchar actualmente en las dos radios en directo de Dada Bots<sup>74</sup>.

Como conclusión, proponemos Data Music como término que engloba el conjunto de prácticas sonoras, comprendidas dentro del

---

<sup>71</sup> Música anotada, normalmente en protocolo MIDI.

<sup>72</sup> Enlace de escucha. «Daddy’s Car» <[https://youtu.be/cTP0Sr\\_ehmY](https://youtu.be/cTP0Sr_ehmY)>

<sup>73</sup> Enlace de escucha. «Age of Amazement» <<https://youtu.be/lROo4norCG0>>

<sup>74</sup> Enlace de escucha «Neural Network Livestream» <<https://youtu.be/k8f6HyKPt4k>>

género de computer-music, que utilizan las tecnologías derivadas de la ciencia de datos. Sin embargo, se nos plantea el reto de diferenciar Data Music de una sonificación al uso. Mientras que una sonificación tiene una finalidad pragmática, aprovechar las ventajas perceptivas del sonido para facilitar el análisis de datos variables, Data Music no debería tener dicha ni ninguna otra finalidad pragmática dada su naturaleza musical. Pensamos que debería presentarse o como una experiencia estética sonora cuya variabilidad esté basada en el desarrollo de uno o varios conjuntos de datos, o como un metadispositivo como podría ser paralelamente *Traders* (2013)<sup>75</sup> en el campo visual. A nivel estilístico, probablemente no podamos distinguir fácilmente ambas prácticas, pero entendemos que la principal diferencia se encontraría en el plano temático-conceptual. Una posibilidad, sería plantearlo con una nueva representación de la realidad influenciada por el punto de vista que hemos adoptado a través de los computadores. La música y los géneros musicales se ven reducidos a una combinación de valores y parámetros subjetivos como los que Spotify<sup>76</sup> presenta en sus bases de datos entre los cuales encontramos “bailabilidad”, “energía” o “instrumentalidad”. Como Kitchin afirma, el mundo en el que vivimos es cada vez más mediado y capturado por tecnología basada en datos (Kitchin 2014:24).

---

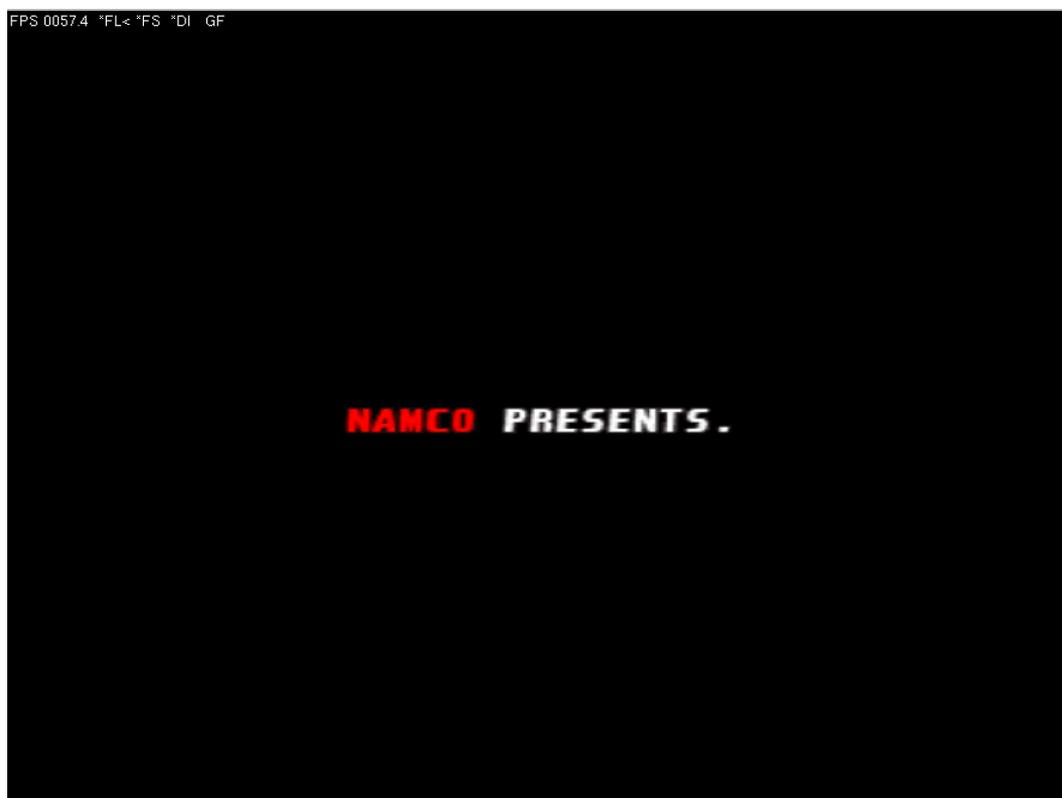
<sup>75</sup> Video de la instalación audiovisual. «Traders» <<https://youtu.be/CkmKVVzgdNE>>

<sup>76</sup> La plataforma de streaming de audio Spotify pone a disposición de los desarrolladores la base de datos resultante del análisis de todas las canciones disponibles en: «Spotify for Developers» <<https://developer.spotify.com/>>

### **3. MARCO PRÁCTICO**

Dentro del contexto teórico que hemos expuesto en los anteriores capítulos, hemos seleccionado dos de los experimentos que surgieron de la aplicación de nuestra línea de investigación a dos conceptos distintos. Presentaremos el desarrollo de ambos y su origen dentro de nuestra investigación.

### 3.1. “PLAY^3”



Nombre	Play^3
Año	2019
Descripción	Performance audiovisual
Materiales	Dos intérpretes, estación de videojuego emulada, mandos de videojuego, controlador launchpad MIDI, proyección/pantalla, computador.

Arriba: Fig. 18. Fotograma inicial de los visuales de *Play^3*. Abajo: Fig. 19. Ficha de la propuesta *Play^3*.

### **3.1.1. Resumen**

Play<sup>3</sup> es una performance audiovisual en la que dos personas juegan absortos a un videojuego competitivo mientras la audiencia percibe unos visuales basados en el juego, pero un sonido totalmente descontextualizado. La acción comienza con la configuración de ajustes de juego y acaba tras finalizar dos partidas.

### **3.1.2. Propuesta**

La propuesta explora las relaciones entre lo lúdico y lo productivo desde el terreno del arte sonoro, más concretamente entre los distintos usos y significados de la palabra jugar, tocar (un instrumento) y actuar, agrupadas bajo el mismo término en idiomas como el inglés o el alemán.

Inicialmente, es una propuesta que surge de la experimentación sonora, de la búsqueda de estrategias para producir una propuestas sonoras generativas de estructura no-lineal. En este caso, abordamos el aspecto generativo desde un sistema “biológico” (Wooler et al. 2005:1), en el que los jugadores, generan el sonido con su interacción, pero no con una predisposición musical, sino centrándose en el componente lúdico del videojuego. Por otra parte, planteamos el juego, su desarrollo como partitura libre no escrita, rizomática, en la que no se determinan unos tiempos ni una relación de notas o alturas, sino una estructura general predeterminada por las fases del juego y su desarrollo a lo largo de este.

En la pieza se representa la escena de dos personas jugando con una consola a un videojuego comercial competitivo, sin embargo se escucha una pieza sonora de Noise Art que nada tiene que ver. Las acciones de los jugadores, así como el desarrollo del juego, son utilizados para generar en directo la composición sonora y para distorsionar la



Fig. 20. Montaje en el que se solapa una imagen de los visuales resultantes sobre la imagen de los performers

retransmisión de “la partida”, para el público. no existe la improvisación, sólo el suceso y la acción.

Durante nuestra estancia Erasmus en Linz, presentamos esta performance audiovisual frente al público el pasado enero, en una jornada de carácter anual llamada “Musique Chapelle” organizada por Enrique Tomás (Tangible Music Lab) en “Unten Club”, una sala de conciertos del centro de Linz.

Planteamos la acción lúdica de jugar a videojuegos como eje de una composición generativa y la ruptura de las estructuras lineales en la música. Para ello, por una parte, la partitura musical era sustituida por el desarrollo de las narrativas en un juego de carácter competitivo entre dos jugadores. Por otra parte, las distintas interacciones en el juego generaban el material sonoro y se veían reflejadas en unos visuales que se solapaban con los gráficos originales del videojuego. La puesta en escena consistió en recrear la situación de dos niños jugando a una

consola sentados en el suelo frente a una enorme televisión de rayos catódicos, en un acto de nostalgia personal.

### 3.1.3. Descripción técnica

En Play3, la extracción de datos se realiza principalmente mediante la monitorización de los controladores de juego, dos *Joystick Bluetooth* de *PlayStation3*, que los dos jugadores utilizan. Sin embargo, también se realiza una monitorización humana que atiende a la evolución del juego y cuya función es la de modificar las fuentes de sonido y los fragmentos que configuran la base sonora durante toda la performance. Hemos de aclarar, que toda performance tiene un guión más o menos cerrado, y que nuestro caso no es distinto. “Play3” tiene un guión de cambios predeterminado a modo de estructura general, pero cuyos tiempos no están determinados. De la misma forma, así como hay unas pistas de audio pre-programadas, que constituyen un colchón musical, los sonidos que los jugadores generan, están únicamente predeterminados en el sentido del instrumento o el rango de timbres que pueden producir. El material está predeterminado, pero no sus posibles combinaciones.

El software utilizado en play3 es: Max para extraer, y procesar los datos generados y modificar el audio y para generar y procesar en tiempo real parte del contenido visual, el DAW AbletonLive para generar y gestionar el material sonoro, un emulador de PlayStationX “PCSXR” junto con un ROM de “Tekken3”, y Syphoner, un programa que nos sirve para introducir la imagen del juego dentro de Max. En combinación con una pareja de *Joystick* inalámbricos de *PlayStation3*, que los jugadores utilizan para interactuar con el videojuego, y un controlador midi estilo *launchpad*, Akai *APCmini*, manejado por uno de los actores para modular el sonido con cada fase del juego y dependiendo de su desarrollo.

El uso del emulador “PCSXR” y la elección del juego, atiende a, en el primer caso, la mejor opción compatible con iOS y que la consola de videojuegos que simula es popularmente conocida que, sus mandos son sencillos de conseguir en versiones más actualizadas, pero igualmente compatibles, y que tiene de un amplio repertorio de videojuegos clásicos y con mecánicas distintas. Como videojuego finalmente elegimos el popular y gran éxito de ventas Tekken3, por ser volumen más famoso y aclamado de la saga y porque pensamos que su jugabilidad y naturaleza competitiva nos aportaría una cantidad y ritmo de datos interesantes.

Programamos en Max una aplicación para, inicialmente, recoger todos los datos posibles de ambos mandos de juego, y con la que seguidamente, realizamos experimentos sonoros sobre el juego con el objetivo de comprender qué acciones y botones deberían generar qué tipo de sonidos. Resolvimos en que cada jugador controlaría dos instrumentos, proporcionando una nota al azar, dentro de una escala y octava, cada vez que se pulsasen los botones que observamos de acción más frecuentes. Con los botones restantes y que raras veces eran pulsados, el jugador modificaría el rango de notas que puede generar aleatoriamente. Así pues, la aplicación genera una serie de mensajes MIDI con la interacción de los jugadores, que son enviados a distintos instrumentos en AbletonLive.

Por otra parte, la variación del sonido, que se hace mediante el APCmini a lo largo de la actuación, no se realiza directamente en AbletonLive. Necesitábamos que la experiencia de juego no se viese interrumpida por esta acción. Por eso, decidimos prescindir de la programación nativa del controlador midi, y crear un módulo dentro de nuestra aplicación para programar distintos grupos de mensajes MIDIControll que serían disparados simultáneamente con cada botón de la interfaz. Procuramos naturalizar al máximo estas variaciones

programando tiempos de espera e incrementos y disminuciones progresivas de valores.

En cuanto a la parte visual, aunque al principio nos aferramos a la idea de que el público sólo debería percibir el audio, puesto que era lo principal y el videojuego debía quedar en un plano de fondo, tras discutir la propuesta, optamos por realizar un trabajo gráfico que ayudase al espectador a entender el origen del sonido en la interacción de los dos jugadores. Para ello utilizamos Max y abrimos otro módulo dentro de nuestra aplicación, con la procesaríamos el vídeo. Introdujimos, utilizando la aplicación Syphoner, en la propia imagen de la experiencia de juego y la proyectamos virtualmente sobre un plano inclinado. En primer lugar, aplicamos a esta imagen un efecto de fusión de fotogramas, mediante el cual, cuanto más variabilidad de píxeles produjesen los jugadores en pantalla con sus movimientos, más borrosa se volvería la imagen. Pero también, incluimos modelos tridimensionales de los botones de la interfaz de juego, aprovechando que sus formas (equis, triángulo, círculo y cuadrado) son ampliamente. Estos, cuando son presionados, caen en cascada, tintados de azul o rojo atendiendo a los colores tradicionalmente aplicados a los dos primeros jugadores en videojuegos, y se amontonan en la parte inferior de la pantalla, en una estética que se funde con la rudeza del juego original.

### 3.2. “NISS”



Nombre	NISS
Año	2019
Descripción	Instalación sonora interactiva
Materiales	Timbres de recepción intervenidos, monitor activo de audio, mini-computador, hardware controlador manufacturado, sensor de presencia.

Arriba: Fig. 21. Plano medio de NISS en ARS Electronica Campus 2019. Abajo: Fig. 22. Ficha de la propuesta *NISS*.

### **3.2.1. Resumen**

NISS (Network Interaction Sound Sniffer) es un interfaz sonoro reactivo al los intercambios de datos efectuados a través de una red inalámbrica, concretamente un punto de wifi. Este dispositivo, presentado en formato de instalación sonora, trata de hacer perceptible los diálogos continuos entre dispositivos. Sonoriza los procesos e interacciones entre máquinas que, aún ocurriendo de forma continuada en nuestros entornos cotidianos, escapan a nuestros sentidos.

Presentamos NISS como una la composición algorítmica de un paisaje sonoro, cuya reproducción se activará con la presencia del visitante, tanto en el espacio físico, expositivo, como en el virtual, generado en la red inalámbrica. La instalación, compuesta por el sonido de 8 timbres de recepción y un monitor de audio, transmitirá, de forma abstracta, información sobre los distintos paquetes de datos que se intercambian en tiempo real, encriptada en los distintos materiales sonoros.

### **3.2.2. Propuesta Conceptual**

En el contexto del *Máster AVM* (UPV), desarrollamos la propuesta de "NISS", aún inédita, pero que será presentada públicamente el próximo septiembre durante el festival *Ars Electronica*. Esta consiste en una instalación sonora que hace sensibles, auditivamente, las interacciones invisibles entre dispositivos las redes wifi del entorno. Una interfaz sonora humano-computador. Esta Desde el punto de vista sonoro, está planteada como un dispositivo generativo que produce un paisaje sonoro utilizando como datos de entrada los comportamientos de los distintos agentes



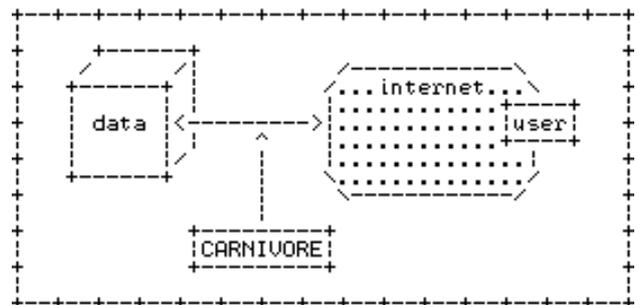
Fig. 23. Detalle de NISS en ARS Electronica Campus 2019.

digitales. Pero de la misma forma, se pretendía establecer un nuevo diálogo mediante la aplicación de este concepto clásico en el arte sonoro a las nuevas realidades que producen las últimas tecnologías cuando ya se han integrado y normalizado en nuestra sociedad.

Encontramos el origen de la idea, durante las lecturas previas a este trabajo de final de máster. Nos llamó la atención el contraste semántico entre el término “Biológico”, que Rene Wooller plantea en su taxonomía de sistemas algorítmicos. Concretamente fue el plantearnos la posibilidad de que a día de hoy esta tipología pudiera ser aplicada a los comportamientos de una máquina o red de máquinas, lo que motivó el planteamiento de esta propuesta, a realizar experimentos en los que las interacciones entre dispositivos fuesen la fuente de datos para alimentar nuestros algoritmos de producción sonora.

No podemos dejar de mencionar el especial uso de una adaptación, a una librería de Processing, del software “CarnivorePE” de Radical Software Group (RSG). CarnivorePE se inspiró en “DCS1000”, popularmente conocido como “Carnivore”, y del cual tomó su nombre.

Este era un software utilizado por el FBI para realizar escuchas a través de los medios digitales durante el final de los 90 e inicio de la década siguiente, cuando su uso fue destapado por los medios. Así pues, cuando RSG presenta CarnivorePE en 2001, lo plantea públicamente como un proyecto artístico en red compuesto, por una parte, una aplicación que extrae los paquetes de datos de una red local específica y genera un flujo de datos personalizado en base a estos. Por otra parte, se completa con un número ilimitado de aplicaciones que utilizan este flujo de datos para interpretarlo de distintas formas creativas y que pueden ser creadas por los usuarios.



Izq.: Fig. 24. Logotipo del proyecto Carnivore. Dcha.: Fig. 25. Esquema explicativo sobre el funcionamiento de CarnivorePE.

### 3.2.3. Descripción técnica

El sistema de NISS está compuesto por la comunicación entre un programa elaborado con Processing, “data-jam”, que extrae datos de la red, y otro basado en Max, “NISSx8”, que se encarga de recibir y procesar los datos para crear el sonido digital y controlar un hardware externo, “S-Controller”, que gestiona un conjunto de 8 timbres hackeados.

El programa “data-jam” consiste en una rutina que utiliza una adaptación del proyecto “Carnivore” a una librería de “Processing” para extraer los datos necesarios de la red y enviarlos a “NISSx8” mediante mensajes OSC.

En primer lugar, para el correcto funcionamiento, el programa comprueba que el equipo sea capaz de monitorizar la red inalámbrica a la que está conectada. de no ser así, el programa esperará hasta que sea posible. Para ello la interfaz wifi ha de ser compatible con el “modo verbose” (normalmente lo son todos los ordenadores estándar) y estar este activado. Este modo de configuración de la tarjeta de red, al comprometer la seguridad del equipo, por defecto viene desactivada y ha de ser modificada manualmente mediante un comando de terminal.

Tras esto es necesario invocar y configurar una clase que se encargará de recoger los datos interceptables de la red de los cuales nosotros sólo utilizaremos paquete de datos va dirigida, y los datos sin desencriptar, que utilizaremos para estimar el volumen de datos transferidos. Estos serán automáticamente introducidos y enviados en mensajes OSC al programa “NISSx8”, donde será procesado.

Decidimos elaborar “NISSx8”, la aplicación que procesa todos los datos, con Max. Como con Play^3 ya habíamos trabajado con buenos resultados utilizando Max, que en este caso pensábamos generar el audio directamente, sin recurrir a programas terceros, la facilidad con la que se puede crear una interfaz visual para ajustar y controlar el funcionamiento del programa, y finalmente por afinidad personal con el entorno de programación, pensamos que Max sería la mejor opción.

Para entender más fácilmente el funcionamiento del programa, podemos diseccionarlo en cuatro módulos distintos que explicamos a continuación: “OSC”, “Serial”, “Sinte” y “Solenoides”.

Diseñamos “NISSx8” para, que en primer lugar y programando dentro del módulo “Serial”, el programa espere a que el dispositivo “S-controller” esté conectado y se haya podido establecer una conexión serial con él. Así pues, este módulo se encarga de comunicar con “S-controller”, tanto para enviar las ordenes de activar y desactivar los

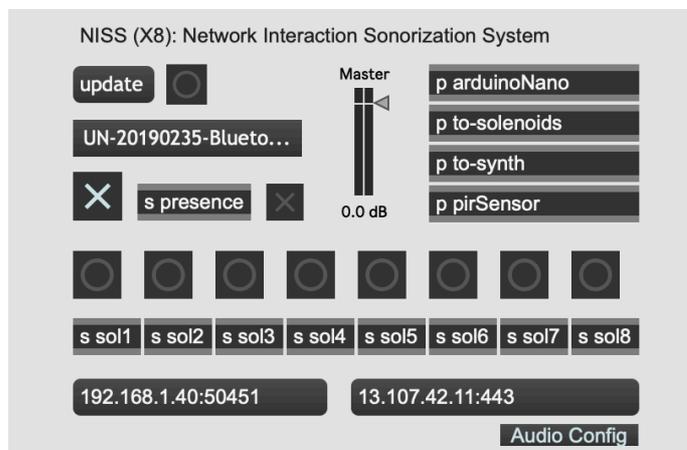


Fig. 26. Interfaz de NISSx8.

distintos solenoides al controlador, como para recibir el estado del sensor PIR informando de presencia en la sala y, que en consecuencia, dejará de enviar ordenes al controlador.

El estado del PIR también sirve para bloquear la generación de sonido de síntesis dentro del módulo “Sinte”, haciendo que la instalación permanezca en silencio cuando no haya presencia en el espacio expositivo. Así pues, como ya podrán intuir, en este módulo que acabamos de mencionar, se encuentra el algoritmo de síntesis sonora. Este consiste en un sintetizador polifónico que utiliza dos de los cuatro octetos que componen una dirección IP y el cálculo simbólico del tamaño del paquete para generar un sonido digital que recuerda a ruidos de artefactos sonoros e interferencias. Decidimos que fuese polifónico, porque este tipo de sintetizador permite la generación y procesamiento simultáneo de distintos sonidos que utilizan el mismo algoritmo. Esto nos permite que el sonido de distintos paquetes interceptados en un intervalo breve de tiempo se solape, para sonorizar en cada momento la mayor o menor saturación de la red. Entonces, el sintetizador toma la IP para establecer las frecuencias de los distintos osciladores, otorgando un timbre distinto a cada paquete de datos según su dirección de recepción, pero también utiliza el tamaño del paquete para determinar las características del filtro ADSR que hará que el sonido tenga una

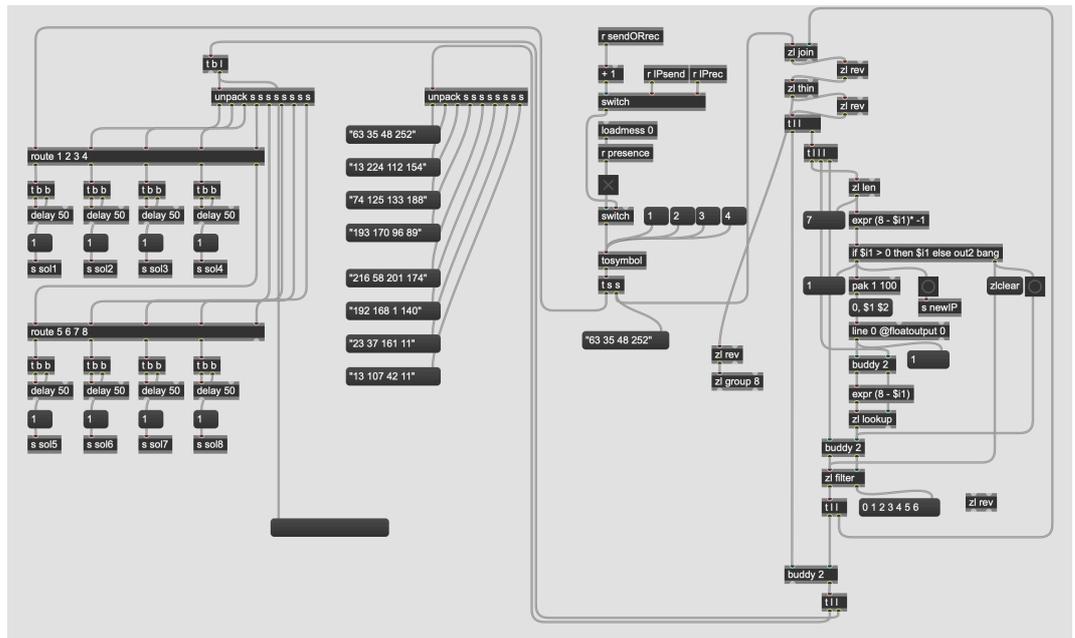


Fig. 27. Vista del módulo “solenoides” de NISSx8.

intensidad mayor o menor y tarde más o menos en extinguirse (como siempre, dentro de unos límites ya programados).

Habiendo cubierto el materiales sonoro digital, el módulo “Solenoides”, se encarga del control y producción del sonido producido por los timbres. Este módulo, recibe las direcciones IP a las que los paquetes van dirigidos dependiendo de cual, activa uno de los solenoides que percutirá uno de los timbres. El algoritmo de asociación de una dirección a un timbre es algo complejo, dado que era absurdo y físicamente imposible asociar una IP a cada timbre. Por una parte, hay demasiadas direcciones IP posibles, y por otra, la intención del dispositivo no es sonificar, sino, sonorizar, por lo que no era necesario hacer un mapeado 1:1 de los datos. Así pues, encontramos una solución creativa, estableciendo una lista variable de las 8 IPs más frecuentes y mantenemos una dirección asociada a un timbre hasta que esta deja de utilizarse o es sustituida por otra con una frecuencia de uso mayor. De esta forma, aunque provocamos que algunos paquetes quedan fuera de la sonorización, nos preocupamos por que permanezcan los que más actividad generan y por lo tanto más ayuden a percibir la densidad de la red.

Por último, "OSC", el módulo más sencillo pero no menos importante, es el encargado de recibir y retransmitir a los módulos "Sinte" y "Solenoides", los fragmentos necesarios de los mensajes osc que "data-jam" envía.

Por otra parte, un aspecto que nos preocupaba mucho, era la facilidad de instalación e inicialización de la instalación. Para ello, desde el punto de vista espacial, la disposición de los elementos es altamente variable y adaptable al espacio de exposición. Pero desde la puesta en funcionamiento del dispositivo, simplemente hace falta conectar todos los componentes y encender el ordenador en el que previamente se ha instalado el paquete de contenidos y una rutina de inicio que al iniciar se una sesión en el equipo, ejecuta los comandos de terminal para activar el "modo verbose", inicia "data-jam" y finalmente "NISSx8".

En lo referente al aspecto físico de la propuesta, optamos por una estética sobria que realizase el protagonismo del aspecto sonoro sin recurrir a ocultar elementos. Únicamente, optamos por integrar los solenoides dentro de los timbres como solución óptima para su percusión. Estos, desde dentro, empujan el péndulo metálico que percute la campana, evitando que esta quede ensordecida por cualquier posible retroceso lento del pistón, y a la vez visualmente hacen descender el botón del timbre, generando un aspecto visual de máquina automática que recuerda a una pianola. Por otra parte, decidimos agrupar todos los elementos electrónicos en una pila de: altavoz, ordenador y controlador, y el resto, los timbres modificados, disponerlos distribuidos por el espacio disponible evitando crear un foco único de sonido y procurando diferenciar los timbres con frecuencias más cercanas alejándolos físicamente entre sí.

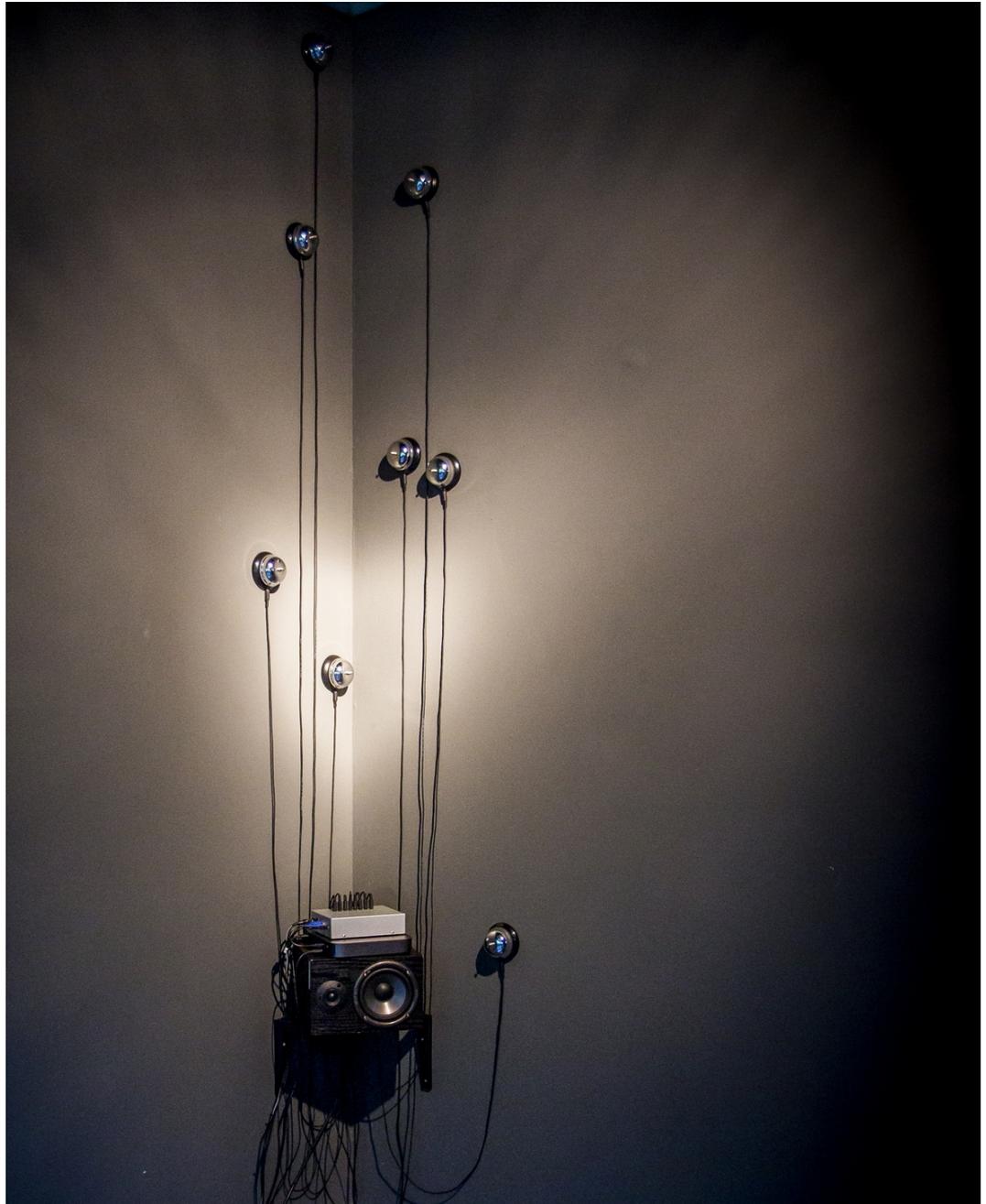


Fig. 28. Instalación de NISS en ARS Electronica Campus 2019.

## **4. CONCLUSIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Tras la finalización de este trabajo final de máster, podemos decir que hemos esclarecido gran cantidad de interrogantes, ya sea porque hemos encontrado teóricos que las han formulado y resuelto antes que nosotros o por que hemos encontrado sus respuestas en el avance de nuestras lecturas.

A pesar de que en el proceso de investigación vimos que la hipótesis inicial que motivó este trabajo ya había sido estudiada por Curtis Roads cuatro años antes, y que también hemos podido comprobar, que dicha no-linealidad es un concepto ya teorizado y sobradamente aplicable a un número creciente de prácticas sonoras desde incluso antes de los años sesenta, esto nos motivó a buscar nuevas perspectivas con las que abordar nuestro tema y a replantear la estructura de nuestra investigación prestando finalmente más atención en el desarrollo futuro de las practicas artísticas sonoras.

También, nos ha servido para aclarar más nuestra cartografía de las practicas sonoras contemporáneas, que relacionan arte y ciencia, pero sobre todo, para reafirmar el origen de estas en los avances tecnológico que permean desde el terreno de la investigación y la innovación en el tejido socio-cultural, pero también en la dirección contraria. Porque si ya bien dábamos por sentado este hecho, tratado reiteradas veces durante el periodo de estudios de máster, el repaso a las prácticas sonoras desde el plano instrumental nos ha permitido entender los nexos entre ambos campos y sobre todo comprender la importancia de ese pensamiento transversal en la investigación. Como, por ejemplo, el pensamiento creativo puede transformar una limitación técnica en un punto de inflexión y búsqueda de alternativas, o aplicar una técnica a un campo distinto para

el cual fue concebida. ¿Quién hubiese pensado hace una década que software de modelado tridimensional sería utilizado para labores de investigación como la arquitectura forense? o grupos de investigación utilizarían videojuegos o música para estudiar y mejorar algoritmos de inteligencia artificial?

Por otra parte hemos tenido la oportunidad de recopilar una bibliografía introductoria y fundamental sobre el tema. Hemos construido una base sobre la que comenzar un estudio más detallado (tesis doctoral), compuesta por un núcleo bibliográfico específico dedicado a la música algorítmica, alrededor del cual hemos recogido literatura más enfocada a otros campos, como la ciencia de datos, la informática o la estética y cultura audiovisual, que pensamos están asociados a nuestro tema o su vinculación podría aportar nuevas perspectivas.

En referente a las prácticas presentadas, hemos podido explorar dos situaciones en las que enfrentarnos de forma alternativa a una composición. Planteamos su resultado como una investigación en campo de las artes audiovisuales y en concreto del arte sonoro. Esta experiencia, nos ha llevado a repensar la figura del compositor como compositor algorítmico, tras enfrentarnos a los principales retos que esta práctica conlleva y la magnitud de una composición algorítmica. Así pues, nos hemos visto implicados no solo en un proceso de diseño sonoro, que es el principal resultado final perceptible, sino que también, hemos estudiado la naturaleza de los datos que utilizábamos así como su vinculación con el sonido resultante. En un caso hemos tenido que estudiar superficialmente los comportamientos y características de los protocolos TCP/IP para entender cómo se suceden las interacciones entre máquinas a través de la red inalámbrica Wifi. En otro, tuvimos que estudiar elementos de interacción del videojuego, y sobre las relaciones existentes entre este y el sonido, pero sobre todo, a nivel técnico, cómo extraer los datos más relevantes. Por otra parte, tras nuestros pequeños ensayos, hemos

ganado una alta fluidez en el uso del lenguaje de programación gráfica de Max. Hemos explorado la generación y manipulación de audio y video, la integración y ejecución de bloques de código externos y la estructuración de datos entre otros. Estamos especialmente satisfechos de haber alcanzado un nivel que nos ha permitido automatizar los procesos relacionados con el encendido y configuración de los dispositivos, pensando en el momento de su presentación.

#### **4.2. PROYECTO FUTURO**

Recordando el carácter introductorio de esta investigación, y dado nuestro interés personal, era nuestro plan continuar nuestra investigación en esta materia. Nuestra intención es sobre todo en los conceptos que se introducen en el último capítulo del marco teórico-referencial. Queremos profundizar en la relación datos-sonido y experimentar con las prácticas sonoras que podamos extraer de ellas. Tenemos claro que los primeros pasos que daremos consistirán en reforzar nuestros conocimientos en cuanto al campo de la ciencia datos, y los lenguajes de programación junto con las estrategias necesarias para su extracción. Por otra parte, procederemos a la concepción de nuestra propia base de datos sobre obras que encajen en la Data Music, pero sin perder de vista los referentes no sonoros.

Continuando la dinámica de crear pequeños experimentos a modo de ensayos, nos planteamos una investigación principalmente experimental, que fluya desde las prácticas de laboratorio en dirección a la teorización de los conceptos ya la inversa en una retroalimentación continua entre los modos teórico/prácticos. Así pues, en estos nos gustaría llevar a término en primer lugar algunas de las ideas surgidas de

las últimas fases de redacción de este documento. Propuestas que van desde las instalaciones sonoras más tradicionales basadas en emisión de audio espacializado, hasta la experimentación con la manipulación de flujos de datos en directo con la intención de aportar elementos distintivos en las nuevas prácticas de *Live Coding*. Nos gustaría, por ejemplo, retomar el concepto de la Muzak, una de las fuentes de inspiración de la *Ambient Music*, y aplicarlo a la música algorítmica generada por IA, en la creación de *App Music*. Tenemos también mucho interés en explorar las posibilidades estéticas del *Machine Listening* y poner a prueba el reconocimiento sonoro, y criticar así la deificación de las máquinas, haciendo resaltar los BIAS en este caso sonoros, una de las grandes problemáticas que los creadores de las bases de datos han de afrontar. Y a propósito de bases de datos, ya que empezamos a explorar las bases de datos musicales de Spotify, experimentar con aquellos parámetros cualitativos que las empresas transforman en datos cuantitativos.

## FUENTES REFERENCIALES

### 6.1 LIBROS CONSULTADOS

Castillejo, Juan García. La Telegrafía Rápida, El Triteclado y La Música Eléctrica. Valencia, Spain: Talleres Tipográficos B. Gavilá, 1944.

Collins, Nick, y Julio d'Escrivan. The Cambridge Companion to Electronic Music. New York, NY: Cambridge University Press, 2017.

Darrell, Huff. How to Lie with Statistics. 31st ed. New York: W W Norton & Company INC, 1954.

Dean, R. T., y Alex McLean, eds. The Oxford Handbook of Algorithmic Music. Oxford Handbooks. New York, NY: Oxford University Press, 2018.

Eno, Brian. A Year with Swollen Appendices. London: Faber and Faber, 1996.

Kahn, Douglas. Noise, Water, Meat: A History of Sound in the Arts. Cambridge, Mass: MIT Press, 1999.

Kelleher, John D., y Brendan Tierney. Data Science. London: The MIT Press, 2018.

Kitchin, Rob. The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences. London: SAGE Publications, 2014.

Molina, Miguel, et al. . ¡Chum, chum, pim, pam, pum, olé! Segunda edición revisada y Ampliada. Lucena: Weekend Proms, 2017.

Nierhaus, Gerhard. Algorithmic Composition: Paradigms of Automated Music Generation. Viena: SpringerWienNewYork, 2009.

Pierre, Levy. ¿Qué es lo virtual?. Barcelona: Paidós, 1999

Roads, Curtis. Composing Electronic Music: A New Aesthetic. New York: Oxford University Press, 2015.

Rowe, Robert. Machine Musicianship. Cambridge, Mass: MIT Press, 2001.

Voegelin, Salomé. Listening to Noise and Silence: Towards a Philosophy of Sound Art. New York: Continuum, 2010.

Wilson, Scott. Stop Making Sense Music from the Perspective of the Real. London: Karnac Books, 2015. <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=2001236>.

## **6.2 ARTÍCULOS ACADÉMICOS.**

Blackwell, Alan, y Nick Collins. «The Programming Language as a Musical Instrument», 2005, 11.

Boden, Margaret A., y Ernest A. Edmonds. «What Is Generative Art?» *Digital Creativity* 20, n.o 1-2 (junio de 2009): 21-46.

Collins, Nick. «Infinite Length Pieces: A User's Guide», 2002, 4.

———. «The Analysis of Generative Music Programs». *Organised Sound* 13, n.o 3 (diciembre de 2008): 237-48.

Collins, Nick, y Andrew R. Brown. «Generative Music Editorial». *Contemporary Music Review* 28, n.o 1 (1 de febrero de 2009): 1-4. <https://doi.org/10.1080/07494460802663967>.

Collins, Nick, y Alex McLean. «Algorave: Live Performance of Algorithmic Electronic Dance Music». *Journal of Electronic Dance Music Culture*, febrero de 2017, 4.

Collins, Nick, Alex McLEAN, Julian Rohrer, y Adrian Ward. «Live Coding in Laptop Performance». *Organised Sound* 8, n.o 3 (diciembre de 2003): 321-30. <https://doi.org/10.1017/S135577180300030X>.

Crocker, Richard L. «Pythagorean Mathematics and Music». *Journal of Aesthetics and Art Criticism* 22 (abril de 1963): 189-198 325-335.

Engström, Andreas, y Åsa Stjerna. «Sound Art or Klangkunst? A Reading of the German and English Literature on Sound Art». *Organised Sound* 14, n.o 01 (abril de 2009): 11. <https://doi.org/10.1017/S135577180900003X>.

Koutsomichalis, Marinos. «From Music to Big Music: Listening in the Age of Big Data». *Leonardo Music Journal* 26, n.o 26 (diciembre de 2016): 24-27. [https://doi.org/10.1162/LMJ\\_a\\_00962](https://doi.org/10.1162/LMJ_a_00962).

Licht, Alan. «Sound Art: Origins, Development and Ambiguities». *Organised Sound* 14, n.o 01 (abril de 2009): 3. <https://doi.org/10.1017/S1355771809000028>.

Mazza, Emanuele, y María José Martínez de Pisón. «Mosaic, an OpenFrameworks Based Visual Patching Creative-Coding Platform», 2019, 8.

McKinney, Chad, y Nick Collins. «Yig, the Father of Serpents: A Real-Time Network Music Performance Environment». En *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*, 101-6, 2012.

Menabrea, Luigi Federico. «Sketch of The Analytical Engine invented by Charles Babbage, Esq.» En *Scientific Memoirs*, traducido por Ada

Lovelace, 3:666-731. London: Taylor and Francis, 1843. [https://iiif.lib.harvard.edu/manifests/view/drs:433014300\\$1i](https://iiif.lib.harvard.edu/manifests/view/drs:433014300$1i).

Tomasini, María Cecilia. «El fundamento matemático de la escala musical y sus raíces pitagóricas», 2003, 14.

Wooler, R, A R Brown, E Miranda, R Berry, y J Diederich. «A Framework for Comparing Algorithmic Music Systems.Pdf». Creativity and Cognition Studios Press, 2005.

### 6.3. PRENSA

ABC Science. 2015. «CSIRAC» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/yxDQSluWaMs>>

Bryant, Eric. R. *Luke DuBois on Google, Britney Spears, and What's Wrong With the Term "New Media"*. Artspace, Feb 7 de 2014. [Consultado: Jul 10, 2019 ] <[http://www.artspace.com/magazine/interviews\\_features/luke\\_dubois\\_at\\_the\\_ringling.>](http://www.artspace.com/magazine/interviews_features/luke_dubois_at_the_ringling.>)

López Palacios, I. *Este inglés ha definido buena parte del pop del siglo XX sin tocar ni un instrumento*. ICON, Ago 1, 2017. [Consultado: May 25, 2019 ] <[https://elpais.com/elpais/2017/07/13/icon/1499958051\\_915656.html](https://elpais.com/elpais/2017/07/13/icon/1499958051_915656.html)>

Yúbal Fm. *Qué es el 5G y qué diferencias tiene con el 4G*. Xataka, Feb 25, 2019. [Consultado: Jul 15, 2019 ] <<https://www.xataka.com/basics/que-5g-que-diferencias-tiene-4g>>

### 6.3. MULTIMEDIA

Aiva. 2018. «The Age of Amazement - AI Generated Music Composed for TED 2018» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/IR0o4norCG0>>

Amielbeyond. 2017. «Poem for Chairs, Tables, and Benches, Etc.» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/CNQFz0QL3Gc>>

Anton Webern (Youtube). 2016. «Quartet for Violin, Clarinet, Tenorsaxophone and Piano, Op. 22 - Sehr schwungvoll (Sehr schwungvoll) · Anton Webern · Musica viva pragensis/Zbyněk Vostřák» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/1019] <<https://youtu.be/IIDzt6QiMEk>>

Artareatv. 2017. «SOU FESTIVAL - ALVA NOTO» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/EIMiJ1MY2eo>>

Brian Eno (Youtube). 2014. «Discreet Music (Remastered 2004)» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/tLZtnadL1s0>>

ChilledCow. 2018. «lofi hip hop radio - beats to relax/study to» [Transmisión Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/hHW1oY26kxQ>>

Cmaj7. 2018. «Olivier Messiaen - Le Merle noir (1952)» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/1019] <<https://youtu.be/cwDmDTjrBNA>>

Dadabots official. 2019. «OUTERHELIOS - Free Jazz - 24/7 Neural Network Livestream - NASA - Coltrane» [Transmisión Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/k8f6HyKPt4k>>

Daito manabe. 2013. «traders by Rhizomatiks ( realtime visualization of Tokyo Stock Exchange )» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/CkmKVVzgdNE>>

DIY Space for London. 2016. «John Cage's "Imaginary Landscape no. 4" performed at DIY Space for London» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/yV-kWU1Z5u8>>

Emimusic. 2012. «Moby - Porcelain (Official Video)» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/13EifDb4GYs>>

EricHunsader. 2013. «10 Milliseconds of Trading in Merck» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/L5cZaIZ5bWc>>

Gershon Kingsley. 2015. «Gershon Kingsley- Music to Moog by, full LP (1969)» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/CWbR4kweaFk>>

Jonathan Saxman. 2019. «La Monte Young - The Well-Tuned Piano (Full Album, 1987, Microtonal, Minimalism, USA)» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/sfWV4rNB6KE>>

Leonardo Ortiz. 2018. «Ash Ra Tempel - Join Inn (1973) Full Album» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/pcUlogjkcto>>

Magenta. 2019. «Coucou» [Aplicación web] [Consultado: 11/09/2019] <<https://coconet.glitch.me/>>

Nija Tune. 2012. «Bonobo - 'Kiara'» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/L-kyRh7N-kE>>

OzashikiTECHNO. 2015. «Tangerine Dream - Live at Coventry Cathedral 1975 (1/2)» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/4w8pbGz7E8c>>

Pelodelperro. 2011. «Karlheinz Stockhausen - Zyklus» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/J8blgrDA8-E>>

PolarMommy. 2012. «Automata by Jaquet-Droz» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/S0RnT4JBuEI?t=121>>

Relaxdaily. 2018. «Calm Piano Music 24/7: study music, focus, think, meditation, relaxing music» [Transmisión Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <[https://www.youtube.com/watch?v=XULUBg\\_ZcAU](https://www.youtube.com/watch?v=XULUBg_ZcAU)>

Robhoudin. 2006. «Joueuse de Tympanon - automate» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/75CXFwgsIsY>>

Sony CSL. 2016. «Benoît Carré: Daddy's Car | AI-composed music» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <[https://youtu.be/cTP0Sr\\_ehmY](https://youtu.be/cTP0Sr_ehmY)>

TAKO 8888. 2019. «スイッチト・オン・バッハ» [Vídeo Youtube] [Consultado: 11/09/2019] <<https://youtu.be/Yn0HAWX1TSA>>

TheDogVon. 2018. «//No Commentary// Spore - Full Playthrough // Cell Stage 1//» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/b5D-rgXWFEc>>

The Vinyl Factory. 2019. «Magnetic Punk: The tape innovations of Open Reel Ensemble» [Vídeo Youtube] [Consultado: 13/09/2019] <<https://youtu.be/d2c0P4iZ2VY>>

Trevor Music Annex. 2014. «William Basinski - The Disintegration Loops» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/mjnAE5go9dl>>

TrilobiteJuice. 2012. «Alvin Lucier - I Am Sitting In A Room» [Vídeo Youtube] [Consultado: 10/09/2019] <<https://youtu.be/fAxHILK3Oyk>>

Wired. 2008. «David Byrne: Playing the Building» [Vídeo Youtube] [Consulta: 11/09/2019] <<https://www.youtube.com/watch?v=Gea9SYUdJeY>>

#### 6.4. WEB

Ableton. 2019. «Ableton» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<https://www.ableton.com/>>

Anamaguchi. 2019. «Anamaguchi» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <[www.anamanaguchi.com](http://www.anamanaguchi.com)>

Cycling'74. «Cycling'74: Tools for sound, graphics and interactivity». [Consulta: Sept 9, 2019] <[www.cycling74.com](http://www.cycling74.com)>

D3cod3. 2019. «Mosaic, an openFrameworks based Visual Patching Creative-Coding Platform» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<https://mosaic.d3cod3.org/>>

Eno, B. «Brian Eno» [Consulta: Sept 9, 2019] <<https://brian-eno.net/>>

Google AI. 2017. «Magenta» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<https://magenta.tensorflow.org/>>

Laboratorio de Luz. 2019. «Laboratorio de luz. Universitat Politècnica de València» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<https://laboluz.webs.upv.es/>>

Magenta. 2018. «MusicVAE: Creating a palette for musical scores with machine learning» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<https://magenta.tensorflow.org/music-vae>>

———. 2019. «Coconet: the ML model behind today's Bach Doodle» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<https://magenta-staging.tensorflow.org/coconet>>

Mañas, M. 2018. «Parlamento» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <[http://hibye.org/page\\_moisesmanas/parlamento.htm](http://hibye.org/page_moisesmanas/parlamento.htm)>

Qosmo. 2017. «AI DJ Project. A dialog between human and AI through music» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<http://aidj.qosmo.jp/>>

Sun Kim, C. 2016. «Game of skill 2.0» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<http://christinesunkim.com/work/game-of-skill-2-0/>>

Spotify AB. 2019. «Spotify for Developers» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<https://developer.spotify.com/>>

The Longplayer Trust. 2019. «Long Player» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <<https://longplayer.org/>>

Yin Yu. «Curtis Roads» [Consulta: Sept 9, 2019 ] <<https://www.curtisroads.net/>>

YMCK. 2017. «YMCK» [Web] [Consulta: Sept 11, 2019] <[www.ymck.net](http://www.ymck.net)>