

Espaci3, dimensi3n y sonido. Instalaci3n sonora cimática interactiva

Space, dimension and sound. Interactive Cymatics sound installation

Ferran Lega Llad3s

Departamento de Informática

Universidad de Lleida

Lleida, España

ferranlega@gmail.com

Recibido: 06.03.2022 | Aceptado: 03..06.2022

Palabras Clave

Arte interactivo
Instalaci3n sonora
Cimática
Visualizaci3n sonora
Pérdida de Control

Resumen

Espacio, dimensi3n y sonido es un proyecto de investigaci3n en el campo del arte digital interactivo que adquiere un formato de instalaci3n sonora en el marco del arte contemporáneo. El trabajo explora la interacci3n entre el ser humano y cuatro dispositivos digitales programables Arduino One, para la obtenci3n de respuestas perceptivas a los estímulos generados por la acci3n del cuerpo del espectador sobre un espacio delimitado. La obra reflexiona sobre c3mo se aborda la p3rdida del control por parte del artista en los proyectos interactivos y c3mo este proceso afecta a la toma de decisiones por parte del espectador como forma activa en el desarrollo de la propuesta.

Ejecutar la acci3n en tiempo real y a trav3s del cuerpo, como elemento performativo, aborda conceptualmente la percepci3n visual-sonora del entorno destacando la dimensi3n f3sica del espacio y las relaciones entre lo invisible y lo tangible. El art3culo expone a grandes referentes de la historia del arte contemporáneo digital del último medio siglo como Gordon Pask, John Cage, Christina Sommerer y Laurent Mignonneau y David Rockeby para contextualizar la propuesta conceptual y exponer la formalizaci3n de la misma.

Keywords

Interactive art
Sound Installation
Cymatics.
Sound viewing
Loos Control

Abstract

Space, dimension and sound, is a research project in the field of interactive digital art that acquires an Installation format. The work explores the interaction between human being and four programmable digital devices Arduino One, to obtain perceptual responses to stimuli generated by the action of the viewer's body on a delimited space. The work reflects how to address the loss of control by the artist in interactive projects and how this process affects the decision making by the viewer as an active form in the development of the proposal.

Executing the action in real time and through the body as a performative element, conceptually addresses the visual-sound perception of the environment as a physical dimension of space and the relationship between the invisible and the tangible. The article exposes great referents of the history of digital contemporary art of the last half century such as Gordon Pask, John Cage, Christina Sommerer and Laurent Mignonneau and David Rockeby to contextualize the conceptual proposal and expose its formalization.

1. Introducci3n

En las últimas décadas, el arte digital y el arte interactivo han mostrado un gran crecimiento y una mayor visibilidad en el

contexto del arte contemporáneo. La democratizaci3n tecnológica de los procesos informáticos y la legitimaci3n de los proyectos de arte y tecnología por parte de las grandes instituciones artísticas y centros académicos han puesto el

foco sobre estas obras que adquieren cada vez más, un papel relevante en colecciones privadas, centros de arte y museos.

La aparición de nuevas herramientas y lenguajes de programación como la plataforma *Arduino* en 2005 (desarrollada en el Instituto Italiano del Diseño interactivo) y software como *Touchdesigner*, *Max* y *Pure data* permiten la interconexión de elementos interactivos y han propiciado la aparición de dispositivos electrónicos de bajo coste con los que poder interconectar actuadores y sensores programables, que son parte y base fundamental para el desarrollo de obras digitales.

La realización de exposiciones, festivales de arte digital de prestigio internacional como *Ars Electrónica*, *Arts at CERN*, *Sonar*, *Art Futura*, etc., y la construcción de colecciones privadas de arte digital (un ejemplo es la colección *Beep* española) muestran el gran interés de artistas, coleccionistas y los centros expositivos por este tipo de proyectos. Colorado (2019) afirma que, llegados a la segunda década del siglo XXI, nos hallamos plenamente integrados en una era marcada por lo digital que está cambiando profundamente nuestra forma de comunicarnos, de crear y transmitir la cultura y el arte.

El teórico del arte y artista Stephen Wilson expone una clasificación sobre los diferentes modelos de trabajo centrados en relación entre el artista y los procesos tecnológicos. Wilson (2002) expone uno de estos modelos: El arte como investigación: Es necesario que los artistas se conviertan en investigadores reales, construyendo sus obras entre las confluencias de los conocimientos y saberes, independientemente de su especialización o su aplicación económica o comercial.

Bajo este paradigma de trabajo nace la obra *Espacio, Dimensión y sonido*, abordando desde la investigación de diferentes áreas de conocimiento (acústica, arte, interacción, programación), un proyecto artístico que nace de la experimentación para dar lugar a una instalación sonora interactiva en tiempo real con el público. El proyecto desde sus inicios acoge uno de los aspectos fundamentales que ofrece la historiadora del arte Dinkla (1994), quien afirma que la proximidad y la manipulación son posibilidades abiertas en la obra por la presencia del usuario. La relación entre cuerpo humano y obra de arte es uno de los temas que se han trabajado históricamente en el contexto actual del arte contemporáneo, con especial atención desde la aparición del arte de acción a mediados del siglo XX.

Esta obra interactiva tiene el objetivo de transformar la percepción del espacio y la dimensión que ocupamos a través

de la interacción con dispositivos electrónicos, utilizando el sonido y la luz como materias primas.

Otro de los ejes de trabajo importantes es la utilización del concepto de interacción en tiempo real, puesto que la propia obra generada incide en ello y transforma el ecosistema de la obra. Artistas del campo del sonido han experimentado en el pasado reciente con este tipo de interacción y la relación entre sonido, cuerpo y espacio. David Rockeby, en algunos de sus proyectos sonoros interactivos como *Very Nervous System* (1986-1990), o *Minimal object* (2012-2017), propone un acercamiento desde el cuerpo a la reactividad mediante diferentes sensores o cámaras que modifican la sonificación del espacio. Otros artistas como Miroslaw Rogala con obras como *Divided We Speak/Divided We Stand* (1997), y Rolf Gehlhar con *SOUND=SPACE* (1987), abordan el proceso de construcción sonora a partir de dispositivos electrónicos interactivos y la acción del espectador para la construcción de piezas sonoras.

Y aunque en este sentido hay cada vez más proyectos interactivos en los que podemos identificar diferentes niveles de interacción (interacción pasiva, interacción activa sobre elementos no generativos en tiempo real, interacción activa generativa e interacción en tiempo real), son aquellos en los que el artista genera una obra marco, pero es el espectador quien en tiempo real va construyendo la obra, los que más interés han centrado en la investigación para la realización de este proyecto. Proyectos como *Lucy* (2007), de José Manuel Berenguer, han tenido mucho impacto e influencia a nivel formal, ya que trabajan la interacción, el uso del sonido y la luz en relación al tiempo real.

Esta obra interactiva invita al público a explorar y generar sus propios significados utilizando la interacción, el espacio y el sonido como instrumentos mediante dispositivos electrónicos. Cuando se inició el proyecto surgieron algunas preguntas importantes acerca de cómo nos relacionamos con los espacios físicos regidos por elementos digitales interactivos y que derivas o recorridos establecerían los participantes con de obra interactiva, que transforma mediante el sonido, la percepción visual del espacio.

2. Referentes del Proyecto.

Los proyectos de arte digital que contemplan la interacción como herramienta se remontan a los primeros escritos de Pask (1954), en los que introduce la idea de los sistemas cibernéticos en el arte, los *Musicolor* (1956), primeras máquinas de enseñanza adaptativa tales como SAKI self-adaptive keyboard machine. Si bien las limitaciones tecnológicas de la época acotaban la capacidad de construir

modelos similares a los actuales, su gran influencia en el contexto artístico a través de la acción computacional revolucionó y abrió el camino para todos los artistas de las siguientes generaciones. Pask (1971) introdujo un concepto sobre la interacción abordando la idea de que cualquier obra de arte interesante contiene un potente medio estético preparado para una interacción dinámica.

John Cage, uno de los artistas más prestigiosos del siglo XX, presentó la obra *Variations V* (1965), para la Merce Cunningham Dance Company. Esta obra, de carácter performativa e interactiva, contenía dos sistemas para que el sonido se viera afectado por el movimiento de los bailarines. El primero de ellos era un sistema de fotocélulas direccionales dirigidas a las luces del escenario, de modo que los bailarines activaban los sonidos al cortar los haces de luz con sus movimientos. El segundo utilizaba unas antenas situadas en el espacio que emitían un sonido cuando un bailarín se acercaba a menos de un metro de ellas (como un theremin). La partitura sonora de la obra mutaba en cada representación, ya que era creada por los movimientos de los bailarines. Si bien este proyecto desde una perspectiva histórica responde a la idea de un proyecto artístico interactivo, hay que destacar que la obra como arte de acción era modificada por los propios integrantes del proyecto y no por el espectador que seguía la acción con un mero papel contemplativo.

La obra *Soundings* (1968) del artista Robert Rauschenberg, que podemos observar en la Figura 1, es un claro referente para la investigación de mi propio proyecto artístico por los conceptos que aborda y la utilización del espacio, el sonido y la interacción del espectador como elemento generador en su obra. El proyecto se compone de una instalación escultórica de 12 metros en una gran sala. La pieza construida con diferentes capas de plexiglás, muestra imágenes de una silla y hay diferentes luces ocultas que varían en intensidad según la cantidad de sonido que hay en la sala retro-iluminando a través de los espejos para hacer visible parte de la obra. El sonido, dividido en cuatro bandas de frecuencias, se modifica según mediante los sonidos agudos desencadena un juego de luces diferente al de un sonido grave. La interacción a través del sonido modifica visualmente el espacio y en esta obra ya observamos el cambio de paradigma en la función del espectador, modificando mediante sus acciones el componente visual de parte de la obra.



Figura 2: *Soundings*. Robert Rauschenberg. Museum Ludwig, Colonia. (1968). Imagen del Museum Ludwig de Colonia.

La introducción en la década de los 80 de los ordenadores personales, primero en las universidades y posteriormente con la llegada a los hogares y el desarrollo de internet en los 90, propició un gran salto tanto en el número de desarrollo de proyectos de arte digital como en la calidad de los mismos.

Artistas como David Rockeby han sido pioneros en el desarrollo de procesos artísticos interactivos a partir de dispositivos electrónicos, sensores y cámaras, en los que el sonido es moldeado en tiempo real a través de la interacción del propio artista o de los espectadores. Obras como *Universal translator* (1999) y *Reflexions* (1982) son un claro referente conceptual en el desarrollo de este proyecto, ya que trabajan los mismos preceptos desde la perspectiva del sonido. Rockeby (2000) expone: mi trabajo habitualmente se focaliza en abordar el movimiento del cuerpo a través del tiempo y el espacio.

En la década de los 90 aparecen algunos de los referentes más importantes a nivel conceptual del arte, no tanto por el formato de la obra en sí, sino por su relevancia en el aspecto de la interacción en el contexto del arte digital. El colectivo formado por los artistas Christina Sommerer y Laurent Mignonneau desarrolló investigaciones sobre el arte orientado hacia el proceso. *A-Volve* (1994), una de sus obras más destacadas, presenta una instalación artística en forma de gran mesa táctil que podemos observar en la Figura 2, sobre la que hay una superficie o piscina de agua y en la que, a partir de la integración de vida artificial por medio de la interacción persona-ordenador, los visitantes pueden transformar los organismos que contiene en tiempo real. La obra, que es entendida como una metáfora de la vida artificial y la genética, evoluciona a través de la manipulación táctil de los elementos que aparecen en su interfaz gráfica.

Una de las cuestiones más relevantes del arte interactivo es la relación de pérdida de control por parte del creador de la obra. De esta forma, los artistas que trabajan con proyectos interactivos en tiempo real renuncian al control de la misma,

adoptando un nuevo punto de vista en el que el artista solo crea el marco para que el público se responsabilice de sus propias actuaciones respecto a la obra. En este sentido Sommerer y Mignonneau (1998), afirman que de este modo, la obra artística se convierte en un sistema vivo y la estructura de la obra solamente se desarrollará y evolucionará gracias a la interacción del visitante y de su personalidad.

Otra obra importante de referencia por su nivel de interacción con el espectador, en cuanto a como se aborda el espacio y los recorridos que en él se trazan, es *Electrowalks* (2004-2022) de la artista Kristina Kubish. Este proyecto de arte sonoro invita a caminar por diferentes espacios de las ciudades con unos auriculares modificados para la escucha de las señales electromagnéticas que generan los sistemas eléctricos a través de la inducción del sonido. Esta obra transfiere la total responsabilidad al espectador a través del proceso de escucha otorga libertad de movimiento a través de recorridos por las ciudades.

Finalmente, me gustaría destacar las obras de Nicolai Carsten *Antem* (2000) presentada en la Bienal de Liverpool y *Wav** (2004) del artista sonoro Mikel Arce. Ambas comparten conceptualmente la idea sobre la visualización de los patrones sonoros a través de la ciencia acústica de la cimática que se encarga de estudiar las representaciones visuales del sonido sobre la materia. La obra *Wav** destaca por la idea de la reflexión de la luz sobre el agua oscilando y sus proyecciones en forma de patrones sobre las paredes de una sala. En cambio, la obra *Antem* de Carsten es presentada como una instalación en la que el espectador a través de la acción de sus pasos puede modificar la señal de sonido que emiten unos altavoces situados sobre el suelo. De este modo, se transforman los patrones de onda del sonido proyectados en el agua contenida en el interior de unas ánforas esféricas de cristal situadas sobre el suelo.

Como en muchos otros campos o disciplinas, algunas de las primeras obras de arte interactivo no tuvieron la merecida proyección, quedando algunas relegadas en los márgenes del sistema tradicional del arte contemporáneo de su época o eclipsadas por otras obras de los mismos autores que encajaban mejor con las corrientes de su tiempo. Es en la actualidad, a través de una revisión histórica cuando se pone en valor la calidad de sus trabajos y aplicaciones dentro de la historia del arte digital debido a la gran influencia sobre la obra de múltiples artistas contemporáneos.

Sin duda alguna, además de los artistas aquí presentados, hay muchos otros que han influenciado mi propio trabajo y contribuido a que el arte interactivo digital sea, actualmente, una disciplina en auge dentro del contexto del arte con

derivadas hacia nuevos lenguajes de la interacción a través de la realidad virtual y la interacción con el Metaverso.

3. Espacio, Dimensión y sonido. Creando una instalación sonora interactiva en tiempo real.

La obra *Espacio, dimensión y sonido* es un proyecto de arte interactivo que explora la idea de la pérdida del control por parte del artista durante el proceso de generación de la propia experiencia participativa de la obra. Hohlfeldt (2016) expone: el gesto de lo material en una experiencia adquiere una especial forma de activación cinética del espacio, donde el trabajo se expande en un ecosistema artístico y potencia la estimulación sensorial. El artista genera un marco de trabajo para la construcción de un lenguaje que, a través del sonido, el espacio y la luz, sitúa al espectador en el punto focal de la construcción final de la obra de arte a partir de la experiencia. La contribución activa del espectador en tiempo real finalizará el proceso que como artista he desarrollado.

El espectador cuando accede a la sala por primera vez, no es consciente del funcionamiento de la obra y es a través de la experiencia, que explora la idea de control sobre los dispositivos tecnológicos. La activación de los sensores a través de la interacción del cuerpo con el espacio modifica la estructura primigenia de la obra, de tal forma que difícilmente el espectador podrá percibir sensorialmente las mismas pautas, de forma repetida. La obra, por tanto, es una pieza abierta, construida para ser mutada e intervenida y cuyas variables constructivas en el momento de la interacción son tan amplias, que formalizan una obra diferente a nivel experiencial cada vez que participemos con ella.

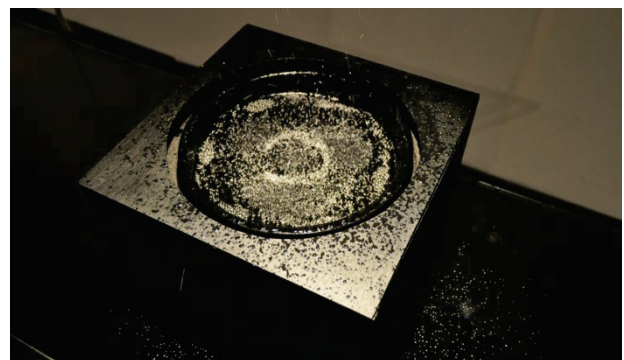


Figura 2. Fotografía del altavoz modificado con una bañera de oscilación, en cuyo interior se deposita agua destilada. Cuando el agua entra en resonancia se generan patrones de onda en su interior. Matadero, Huesca. Imagen del autor.

A nivel conceptual, la obra se puede describir como una acción performativa sensorial a través de los sentidos del oído y la vista. La experiencia explora la percepción sobre la dimensión espacial como instrumento mediante la

interacción con dispositivos digitales (la Figura 3 contiene un enlace de vídeo, en el que se puede observar el funcionamiento en tiempo real de una de las placas). La alteración de este espacio físico, a través de estímulos visuales y sonoros determinados por las acciones que el propio espectador realiza con sus recorridos, le permite explorar los límites indefinidos del espacio que ocupa inicialmente. La obra puede ser entendida como un *Soundwalk*, un recorrido acústico intervenido por el cuerpo.

El proyecto está pensado para ser expuesto en una sala de grandes dimensiones oscura, diáfana y sin obstáculos (Figura 4). En ella, se instalan cuatro placas *Arduino One* programadas sobre diferentes paredes. Cada una de ellas tiene una variación en el código creada por el artista a partir de la demo *Light Theremin*, integrada ya en el software de Arduino. Cada placa equipada con un sensor de luminosidad está conectada a una meza de mezclas y amplificador, que envía el sonido a un altavoz de graves modificado como el que podemos observar en la Figura 2.

La estructura de los altavoces ha sido modificada para la ubicación de unos recipientes sobre las membranas de vibración (moldes metálicos de aluminio de forma circular que encajan con el diámetro del altavoz), en cuyo interior se deposita agua destilada. Estos altavoces, camuflados en el interior de cajas negras de madera, contienen además unos pequeños focos led ubicados de forma estratégica (entre la caja y el contenedor del fluido, que proyectan la luz de forma transversal sobre el fluido). De esta forma cuando no existe oscilación sobre el altavoz, el nivel de reflexión de la luz sobre las paredes de la sala es muy poco perceptible, manteniéndose con un gran nivel de oscuridad.

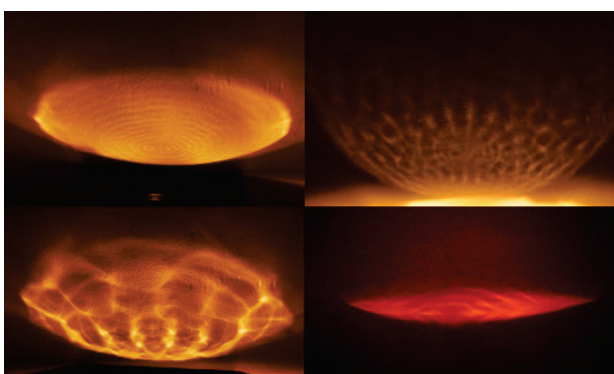


Figura 3: Imágenes de las proyecciones lumínicas de diferentes patrones geométricos cimáticos, generados por la reflexión de la luz sobre el agua contenida en un altavoz, en el que se proyectan frecuencias sonoras generadas por la interacción humana. <https://vimeo.com/715726744>

La interacción realizada por los visitantes en el interior de la sala modificará la cantidad de luz que estos perciben (Figura

6), pues según la intensidad de luz recibida por los sensores, variará las frecuencias que se envían a los altavoces creando diferentes patrones de onda sobre la superficie del fluido. Los diferentes patrones de onda permiten que aumente la luz en la sala, haciendo visible el espacio de la misma. El visitante transforma visualmente el espacio y el sonido mediante su cuerpo, alterando su propia percepción. Paul (2015) expone que el cuerpo y la identidad se han convertido en temas predominantes en el reino digital, centrando las cuestiones en cómo nos definimos nosotros mismos en lo virtual, tanto como en el espacio físico de la red.

Las placas Arduino y sus sensores están ubicadas en las paredes de la sala. Su posición relativa con los altavoces no determina ninguna relación. De esta forma, el artista invita al espectador a generar recorridos o derivas por la sala. Mediante sus movimientos, el visitante interactúa con los dispositivos sin conocer inicialmente que sus acciones afectarán a la sonificación y al cambio del nivel visual del espacio expositivo. La incógnita planteada por el artista implica e introduce el concepto de control y poder.

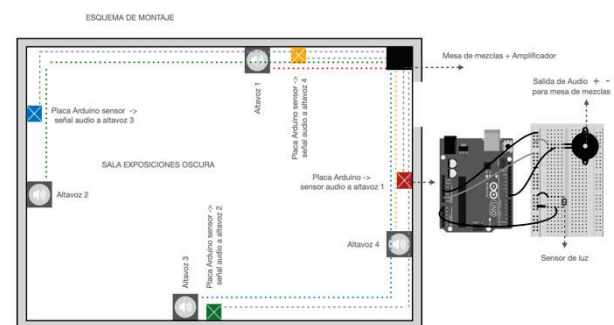


Figura 4. Esquema de montaje de la instalación sonora interactiva. El espectador entra en la sala oscura, en la que su movimiento actúa sobre los sensores de luz, modificando el sonido y la percepción del espacio de la sala.

En este proyecto, el espectador aborda el espacio expositivo a oscuras, si es el único asistente en la sala. Cuando se adentra en ella encuentra un espacio sin límites perceptibles y prácticamente en silencio. En la sala se percibe un ligero zumbido, procedente de las frecuencias de resonancia Schumann, pertenecientes al rango de los infrasonidos, que no son perceptibles y asignadas al mínimo nivel de luz de la sala. A medida que el visitante se adentra en el espacio, el espectador lo explora mediante recorridos con su cuerpo. La incapacidad de definir la dimensión total del lugar que aborda ofrece unas respuestas inquietantes acerca de la relación del cuerpo con el espacio que ocupa. A medida que se adentra en la sala e interactúa con los pequeños puntos de luz, su percepción se adapta al espacio y modifica las condiciones originales de esta, transformándola en un espacio completamente distinto en el que sonido y luz transforman la

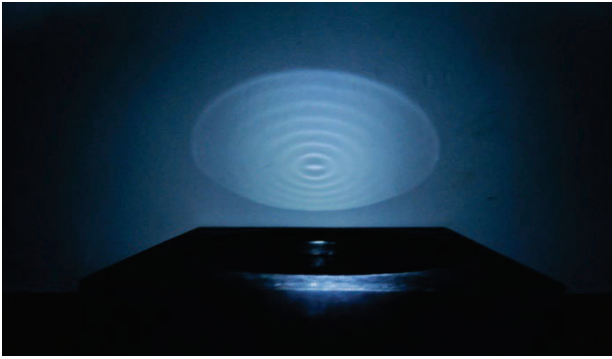


Figura 6. Fotografía que muestra la resonancia generada por la interacción del sonido y el patrón de onda que se proyecta iluminando una de las paredes de la sala de exposiciones. Fotografía del artista (2014).

El arte digital como forma de arte adaptativo y la evolución de los procesos tecnológicos a los interactivos está afectando a los propios paradigmas del arte en las tres últimas décadas. En líneas anteriores exponía el concepto de la pérdida de control a través de la interacción como forma constructiva en el arte. Obras como *Text Rain* (1999) de Camille Utterback y Roman Achituv o los grandes proyectos audiovisuales del estudio japonés, *Teamlab* (proyectos interactivos en tiempo real desarrollados completamente a través de procesos digitales mediante hardware y software aplicado), permiten al espectador una interacción relativa con parámetros pre-programados que ofrecen posibilidades creativas de generación constante.

Sin embargo, este proceso inmersivo o de generación infinita puede convertirse en un arma de doble filo en las construcciones audiovisuales. Algunas obras pueden convertirse únicamente en una experiencia audiovisual o un juego, que alejan los componentes críticos que el arte contemporáneo tiene que ofrecer. Como cita el comisario y teórico especializado en arqueología de los media, Huhtamo (1995), en lugar de desarrollar discursos artísticos e intelectualmente consistentes, los artistas interactivos juegan con las supercherías tecnológicas. No existe en muchas ocasiones diferencia sustancial entre obra de arte y un videojuego bien hecho u cualquier otra aplicación interactiva.

La obra, *Espacio, dimensión y sonido*, tiene en cuenta su origen digital e interactivo y a través del componente físico de la misma, permite al espectador tener consciencia sobre la parte mecánica de los elementos generativos, mostrando abiertamente la idea de poder y control, que permite modular a través de la interacción. La obra no trata sobre un artificio visual o una experiencia sensorial construida con elementos audiovisuales despampanantes. Este trabajo de investigación artístico aborda la experiencia sobre la utilización de los espacios en los que no podemos definir bien los límites y

cómo a través del cuerpo, en tanto elemento generador, podemos tomar el control sobre los dispositivos digitales y de esta forma redefinir la dimensión del espacio que ocupamos.

Huhtamo (1995) expone que la verdadera interactividad remite siempre a lo “interpersonal”, a algo que se da entre los seres humanos. Y es este el mensaje que transmite esta obra, aborda planteamientos universales desde una posición experiencial. La participación o la experiencia participativa en el arte contemporáneo se inició ya en el siglo XX de la mano de artistas como Allan Kaprow, John Cage, Wolf Vostell, Nam Jun Paik, etc. Esta participación pone de manifiesto los roles en el arte y en este contexto del arte digital interactivo, mostrando como cada vez más como el artista formaliza un marco constructivo conceptual de su obra y deroga el poder creativo, en la propia acción del espectador como agente participativo.

Espacio, dimensión y sonido es una obra viva. No tiene un inicio y un final. Es una obra cambiante, generativa, que muta con la participación y vuelve a un estado primigenio cuando la interacción con el espectador finaliza. Es por ello que la misma obra necesita de la participación para ser construida y no permanecer en un estado de aletargamiento e inmovilismo.

La investigación empezó a desarrollarse con la obtención de una beca de la *sala de arte Joven* de la Generalitat de Catalunya y surgió de una variación formal del proyecto *Pulsar, geometrías del Kosmos* (2013). El proyecto abordaba la visualización de las ondas de radio transformadas en sonidos, producidas por estrellas de neutrones sobre ocho altavoces modificados que contenían agua destilada en su interior. Este trabajo fue presentado en la Fundación Tàpies de Barcelona (tal y como podemos observar en la Figura 7) y pronto se comenzó a investigar cómo trabajar la cimática desde una perspectiva de la interacción.

El proyecto ha sido presentado parcialmente al público. Si bien es cierto que hasta la actualidad no se ha podido mostrar de forma completa, la respuesta obtenida a partir de la interacción por parte de los participantes ha sido excelente, puesto que la capacidad de modificar tanto el sonido, así como las formas visuales de los patrones de onda generados por este y el cambio en la propia percepción del espacio donde se ubicaba, resultó una experiencia performativa en la que aunque no se le demanda nada del espectador; este siempre ofrecía una participación que definía muy claramente el rol de poder frente a un elemento digital controlable.

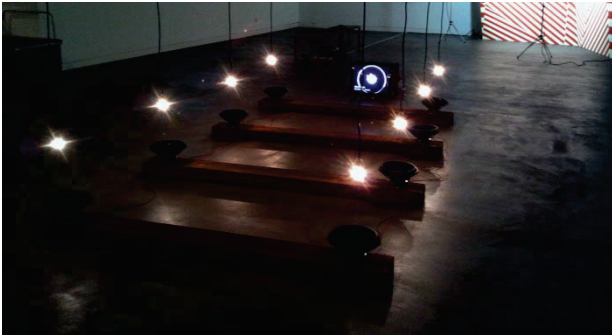


Figura 7. Pulsar, Geometrías del Kosmos, en la Fundación Tàpies de Barcelona. 2013. Fotografía del Artista.

Para continuar con en el futuro del proyecto, una de las partes fundamentales para dar proyección a la obra es la exhibición

del conjunto de las cuatro placas de manera definitiva en un espacio expositivo real como un *site-specific*.

Otro ámbito de mejora para el futuro es la adaptación de los altavoces actuales de forma circular de 30 cm de diámetro, a la creación de contenedores con las dimensiones específicas que permitan aumentar el tamaño de las proyecciones. Esto facilitaría que a nivel visual los patrones de onda una parte más grande proporcionalmente del espacio expositivo.

Otro aspecto de trabajo de cara al futuro es cómo podría funcionar la obra si la utilizara un performer o una compañía de bailarines con la voluntad de transformar y utilizar los ritmos para la construcción de un contexto sonoro.

Referencias

- Arce, M. (2022). Wav*. <https://mikelarce.es/hello-world>
- Beep Collection. <https://www.beepcollection.art/start>
- Berenguer, J. M. (2007). Lucy. <https://www.sonoscop.net/jmb/lucy/index.html>
- Carsten, N. (2022). Antem. <https://www.carstennicolai.de/?c=works&w=atem>
- Colorado, A. (2019). La mirada múltiple. Imagen y tecnología en el arte moderno. Ediciones Complutense.
- Cunningham Trust, M. (1 de marzo 2022). Jonh Cage and Merce Cunningham, Variations V. [archive de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=yOAagU6cfBw>
- Dinkla, S. (1994). The history of the interface in interactive art. [online] http://kenfeingold.com/dinkla_history.html (consultado 10 febrero de 2022).
- Gehlhaar, R. (1985). SOUND=SPACE. <https://www.gehlhaar.org/music/soundspace>
- Hohlfeldt, M. (2016). À la recherche d'un nouveau spectateur: The function and significance of play in the participatory Enviornmentsof the groupe de recherche d'art visuel. En *Practicable*. The MIT press, Cambridge, Massachussets and London England.
- Huhtamo, E. (1995). 7 ways of misunderstanding interactive art. [online] <http://sophia.smith.edu/course/csc106/readings/interaction.pdf> (consultado 2 Febrero 2022).
- Iglesias, R. (2018). Arte y robotica, la tecnología como experimentación estética. Casimiro Libros.
- Kubish, C.. (2004). Electrowalks. <https://christinakubisch.de/electrical-walks>
- Lega, F.. (2022). Pulsar, geometrías del Kosmos. <https://www.ferranlega.com/geometries-del-kosmos>
- Pask, G. (1971). A Comment, a Case History, a Plan, in *cybernetics, art and ideas*, ed Jasia Reichadt (London: Studio Vista) (p.90)
- Pask, G. (1954). "The purpose and Functioning of the System" [c. August 1954], n.p., Gordon pask Archive, University of Vienna.
- Paul, C. (2015). *Digital art*. London. Thames and Hudson.
- Rauschenberg, . (2022). Soundings. <https://www.rauschenbergfoundation.org/art/artwork/soundings>
- Rockeby, D. (1982). Reflexions. <http://www.davidrokeby.com/reflex.html>
- Rockeby, D. (1986-1990). Very nervous system. <http://www.davidrokeby.com/vns.html>
- Rockeby, D. (2012). Minimal Object. http://www.davidrokeby.com/minimal_object.html
- Rogala, M. (1997). Divided We Speak/Divided We Stand.. <https://isea-archives.siggraph.org/art-events/divided-we-speak-by-miroslaw-rogala/>
- Rubin, B. & Hanson, M. (2022). Listening Post. <http://www.digiart21.org/art/the-listening-post>
- Sommerer, C. & Mignonneau, L. (1998). Art as a living system. En *Art@science*. Eds., Springer Verlag. Viena/New York.
- Sommerer, C. & Mignonneau, L. (2022). A-volve. <http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/CONCEPTS/A-VolveConcept.html>
- Utterback, C. & Achituv, R. (2000). Text rain. <http://camilleutterback.com/projects/text-rain/>
- Van der Helde, E. (2003). Sound Modulated light. https://www.evdh.net/sound_modulated_light/
- Wilson, S. (2002). *Information Arts: Intersections of art, Science and techonology*. Cambridge, MA: MIT PRESS/Leonardo Books.