



División de Ciencias Sociales y Humanidades  
Departamento de Arte y Humanidades  
Licenciatura en Arte y Comunicación Digitales

**NeuroFonías:  
Una exploración audiovisual de la mente.**

Nombre del Alumno:  
Juan Carlos Lucio Nevarez

Proyecto de Investigación Terminal para obtener el título de Licenciado en Arte  
y Comunicación Digitales.

Director del proyecto:  
Dr. Hugo Solís García

Co-tutor(es):  
Dr. Hugo Solís Ortíz.  
Dr. Jesús Fernando Monreal Ramírez.

## ÍNDICE

<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo I. Usos tecnológicos y artísticos del</b>	
<b>Performance-concierto a partir de la relación Cerebro-Máquina.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Alvin Lucier (Music for Solo Performer, 1965).....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Richard Teitelbaum (Spacecraft/In Tune: for amplified brainwaves, heartbeats, breath and Moog synthesizer, 1967).....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 David Rosenboom (Ecology of the Skin, 1970-71).....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 Pierre Henry (Mise En Musique Du Corticalart De Roger Lafosse, 1971)...</b>	<b>12</b>
<b>1.5 Atau Tanaka (Biomuse/Sensorband, 1993).....</b>	<b>14</b>
<b>1.6 Tim Mullen, Richard Warp y Adam Jansch (Music for Online Performer, 2010).....</b>	<b>16</b>
<b>1.7 Valery Vermeulen (EMO-Synth Project, 2013).....</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo II. Una exploración hacia la relación Cerebro-Máquina en la neurociencia...20</b>	
<b>2.1 Cerebro-máquina una introducción desde la neurociencia.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 El modelo teórico de Andy Clark sobre la relación entre Cerebro y Máquina.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.1 La mente extendida o distribuida como una intervención de la tecnológica.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.2 Sistema ensamblado o acoplado para entender el concepto Cerebro-Máquina.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3 Señales bioeléctricas: Potenciales de acción en el Cerebro-Máquina.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.1 Interneuronas: Células Amacrinas (La segunda sinapsis).....</b>	<b>36</b>

2.3.2 El electroencefalograma y sistema de análisis del Teorema de Fourier.....	38
2.3.3 Procesamiento de estímulos audiovisuales: Corteza Estriada (procesamiento visual), Lóbulo Temporal (procesamiento del sonido).....	41
<b>Capítulo III. NeuroFonías. Una exploración audiovisual de la mente.....</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Evolución conceptual, técnica y artística de NeuroFonías.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 Proceso creativo.....</b>	<b>51</b>
3.2.1 Visualidad.....	51
3.2.1.1 Percepción valorativa.....	51
3.2.1.2 Selección y edición de imágenes por categorías.....	52
3.2.1.3 Visualización de imágenes aleatorias.....	52
3.2.2 Sonoridad.....	54
3.2.2.1 Composición sonora por categorías de imágenes.....	54
3.2.2.2 Análisis a tiempo real de registro EEG.....	54
3.2.3 Retroalimentación Audiovisual en Performance/Concierto.....	55
3.2.3.1 Cambios sonoros en tiempo real a partir de imágenes.....	55
<b>3.3 Montaje y documentación.....</b>	<b>56</b>
<b>IV. Conclusiones.....</b>	<b>58</b>
<b>V. Anexos.....</b>	<b>60</b>
<b>VI. Bibliografía y referencias.....</b>	<b>73</b>

## Introducción.

El presente trabajo está desarrollado a partir de un fenómeno particular y un interés personal que es: explorar la relación entre un Cerebro humano y una Máquina de aprendizaje. En la neurociencia actual existen teorías que estudian fenómenos cognitivos concretos como la mente bajo la perspectiva de ciertas corrientes filosóficas, por tanto, entender lo que sucede en el cerebro puede ser uno de los retos contemporáneos que experimentan médicos, filósofos y artistas. Es importante destacar que bajo este interés y curiosidad de comprender al Cerebro, específicamente a la mente a través de mi percepción visual, se propone realizar una investigación y propuesta artística para explicar este fenómeno tan particular. Más tarde se sustentará sobre una perspectiva post-cognitiva, a partir de una serie de conceptos postulados por Andy Clark y David Chalmers, dos filósofos especializados en temas que van desde la representación mental hasta la filosofía de la mente.

Estos conceptos de Clark y Chalmers actúan como la columna vertebral para la argumentación e interpretación del esquema conceptual, y que se asume como una forma de describir la realización de la propuesta artística. Por otro lado, en la búsqueda por definir la Máquina a través del proceso de percepción visual, se fundamenta a partir del funcionamiento y diseño de una máquina de aprendizaje capaz de interpretar y analizar datos de un electroencefalograma. De esta manera, se pretende establecer un mecanismo de interacción y comunicación entre estos dos agentes importantes que permean la investigación, los cuales son el Cerebro y la Máquina.

Por tanto, se genera una pregunta en relación al fenómeno anterior mencionado: ¿Cómo se puede explorar de forma audiovisual la relación de Cerebro-Máquina en términos de un sistema de predicción de mi percepción visual? De tal manera que la importancia y el alcance que tiene la investigación es explorar la mente, centrada en brindar una experiencia visual y sonora para con el público. En donde la experiencia visual es el punto inicial para la creación

de una especie de retroalimentación entre la entrada de estímulos visuales procesadas en un cerebro (en este caso el propio), y la traducción en estímulos sonoros dependiendo del registro electroencefalográfico. En donde destacan performances/conciertos como *Music for Solo Performer* (1965) del compositor Alvin Lucier hasta *EMO-Synth* (2013) del compositor Valery Vermeulen, los cuales exploran de mayor a menor medida los estímulos visuales y sonoros entorno a esta relación Cerebro-Máquina.

El objetivo principal de esta investigación es explorar a través de un performance el registro de la actividad neuronal propia, teniendo la posibilidad de estar conectado a una máquina de aprendizaje, con el fin de lanzar un conjunto de posibilidades de estados sonoros como una traducción de la proyección de imágenes específicas. Esto como una inspiración del concepto de Cerebro-Máquina que plantea Andy Clark y David Chalmers. El modo en el que se propone abordar esta relación entre el Cerebro y la Máquina, es a través de cinco momentos de análisis importantes, los cuales se componen en: el primero en analizar los usos tecnológicos y artísticos del performance-concierto a partir del concepto Cerebro-Máquina en un intento por desarrollar ejemplos específicos de compositores, artistas y diseñadores.

El segundo es construir un orden conceptual en donde es necesario definir el concepto Cerebro-Máquina propuesto por Andy Clark y David Chalmers para sustentar el diálogo entre el cerebro de un participante y una máquina de aprendizaje. El tercero es recuperar un sistema de análisis de una máquina de aprendizaje para explorar los registros de la actividad neuronal con un electroencefalograma, con el propósito de acercarnos a una definición y posible relación entre los procesos externos e internos del cerebro con el objetivo de explicar la relación entre el Cerebro y la Máquina.

El cuarto es explicar dentro de los procesos creativos y artísticos el procedimiento de seleccionar y clasificar imágenes que potencialicen la actividad neuronal propia para utilizar el registro electroencefalográfico con la intención de entrenar a una máquina de aprendizaje.

El quinto y último, se dedica a seleccionar y clasificar composiciones sonoras que puedan representar los estados sonoros a partir de las imágenes específicas registradas por la actividad neuronal propia, mediante el registro en tiempo real de un electroencefalograma en conjunto con el análisis de la máquina de aprendizaje.

El presente escrito está estructurado en tres capítulos. En el primer capítulo se presenta el marco histórico presentando en una serie de compositores, artistas y diseñadores, los cuales trabajan alrededor del concepto de Cerebro-Máquina a partir de un performance o concierto. En el segundo capítulo se trabaja en torno a un marco teórico que está dividido en dos partes; la primera parte consiste en la revisión y explicación de conceptos propuestos por Andy Clark y David Chalmers como: el externalismo cognitivo o conexionismo, la mente extendida o distribuida y el sistema ensamblado o acoplado. La segunda parte consta de una breve explicación sobre los procesos visuales y sonoros que tienen lugar en el cerebro, y que se presentan como una forma de relacionar el orden conceptual de Clark y Chalmers para entender la relación Cerebro-Máquina.

En el tercer y último capítulo se centra en definir y describir la obra, así como explicar la evolución que ha tenido la pieza a partir de una serie de procesos de aprendizaje, experiencias y propuestas artísticas personales. Por otro lado, también se intenta hacer una aproximación para entender la relación Cerebro-Máquina con base en el funcionamiento conceptual, técnico y artístico que tuvo el performance antes y después de realizarse. Es pertinente esta investigación y propuesta artística ya que dentro de las investigaciones que se hicieron durante todo el escrito se puede afirmar que ningún compositor, artista o diseñador ha tenido una propuesta artística con la particular inspiración de un concepto post-cognitivistista como el esquema teórico que propone Andy Clark y David Chalmers.

## Capítulo I

### Usos tecnológicos y artísticos del concierto-performance a partir de la relación Cerebro-Máquina.

El presente capítulo tiene la finalidad de exponer un corte histórico sobre la manera en que ciertos artistas han abordado en el performance y la realización de conciertos, la relación entre **Cerebro-Máquina**. Estos artistas son: Alvin Lucier (*Music for solo performance*), Richard Teitelbaum (*Spacecraft*), David Rosenboom (*Ecology of the Skin*), Pierre Henry (*Mise En Musique Du Corticalart De Roger Lafosse*), Atau Tanaka (*Biomuse*), Tim Mullen, Richard Warp, Adam Jansch (*Music for Online Performer*), Valery Vermeulen (*EMO-Synth Project*). Lo que se observa es una variedad de maneras de abordar esa relación, que van desde posturas que plantean una visión simplista del cerebro como emisor de datos a una máquina, donde ésta los traducía en vibraciones, hasta formas más complejas que abordan la relación entre Cerebro y Máquina a partir de ensambles entre diferentes agentes que incluyen la improvisación y el análisis de diferentes ondas cerebrales.

#### Alvin Lucier (*Music for Solo Performer*, 1965)

Es preciso empezar con uno de los primeros artistas y compositores en trabajar alrededor del concepto **Cerebro-Máquina**, Alvin Lucier es un compositor norteamericano de música experimental e instalaciones sonoras. Después de estudiar música en la Universidad de Yale y Brandeis, pasa un temporada en Roma, en donde entra en contacto con el trabajo de John Cage, Merce Cunningham, David Tudor y el movimiento Fluxus, lo que lo aparta por primera vez de su formación clásica. Es co-fundador de la Sonic Arts Union, pionera en la experimentación sonora y performática en los Estados Unidos (Cox, 2003).

Su obra *Music for Solo Performer* de 1965 (Imagen 1), gira en torno a un discurso sobre la sonificación de los materiales de instrumentos de percusión. En ella el autor utiliza sus ondas cerebrales Alfa como material para crear una pieza musical. Las ondas Alfa son producidas en estado de relajación mental, con los ojos cerrados, sin realizar ninguna actividad, haciendo que se activen resistencias conectadas a distintos instrumentos acústicos de percusión. (Kameron y Kapur, 2014). Esta condición esencial del performance es, a su vez, lo que la hace tan particular: “la pieza sólo es posible ante la inactividad del artista” (Straebel y Thoben, 2017: 26).

A partir de este ejemplo, se puede entender que este tipo de performance son formas de expresión artística basadas en la inactividad del participante. Pero no solo es una forma de expresión artística, sino que la inactividad del cuerpo es fundamental para leer los datos electroencefalográficos haciendo posible el traslado de señal de las ondas alfa del cerebro de Lucier hacia la improvisación y control del resultado sonoro. Sin darse cuenta, Alvin Lucier crea un término importante que rodea al concepto entre el cerebro y la creación experimental de música, el biofeedback:

Al igual que los artistas de la era del biofeedback, los científicos y los investigadores se interesaron en cómo la sonificación de los datos del EEG podría usarse para beneficio neuronal. El campo de visualización auditiva se ha convertido en un dominio popular para música EEG en la que los sistemas estrechamente acoplados han sido desarrollados para expresar fenómenos existentes en datos EEG.<sup>1</sup> (Kameron y Kapur, 2014: 2)

Más tarde sería un término utilizado en proyectos que utilizaban el electroencefalograma como una tecnología a punto de ser sumamente explorada en el campo del arte, y específicamente en el arte sonoro. Alvin Lucier intenta con esta pieza crear una estructura formal, en donde los cambios de textura del sonido en el desempeño de la pieza están relacionados no tanto con las decisiones estéticas (excepto la elección de los instrumentos), sino con las propiedades físicas de los objetos resonantes. “La naturaleza indeterminada e inconsistente de la producción alfa a través de un electroencefalograma, también limita inherentemente la agencia del artista intérprete o ejecutante”<sup>2</sup> (Woodruff, J. 2011: 6).

A través de esta pequeña lectura de su trabajo, podemos ver cómo el compositor escribe la música, controla el resultado con sus esfuerzos mentales y, en general, crea una forma estructurada y anotada que explora el contraste, la textura y la forma del mismo sonido. El artista es entonces, un precursor del tratamiento artístico de la relación entre cerebro y máquina, que aunque el proceso de traducción de datos es muy simple, logra abrir una serie de discusiones y exploraciones artísticas a partir de *Music for Solo Performer*. Al ser uno de los primeros artistas que hace un performance que vincula el cerebro y su vinculación con la máquina.

---

<sup>1</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>2</sup> Traducido por Google Traductor.

**Richard Teitelbaum** (*Spacecraft/In Tune: for amplified brainwaves, heartbeats, breath and Moog synthesizer, 1967*)

Richard Teitelbaum es un compositor e intérprete conocido por ser pionero en música electrónica en vivo, su trabajo como músico se centra en sus exploraciones de improvisación y composición intercultural. Recibió su maestría en teoría y composición de Yale en 1964. Después de continuar sus estudios de composición con Luigi Nono en un Fulbright en Italia, cofundó el grupo pionero de música electrónica en vivo *Musica Elettronica Viva* (MEV) con Frederic Rzewski y Alvin Curran en 1966, trayendo el primer sintetizador Moog a Europa en 1967 (Teitelbaum, 2008).

Richard Teitelbaum como uno de los miembros de la conformación de música experimental MEV organizaron "Avanguardia Musicale I", un festival de varias noches consecutivas en la Academia Filarmónica Romana. El programa incluyó música en cinta, piezas de arte de performance Fluxus y obras electrónicas en vivo. Durante la primavera de 1966 se crea la primera gran pieza colectiva *Spacecraft*. La instrumentación incluía la placa de vidrio amplificada de Rzewski a la que unía resortes en espiral y estirados de varios tipos, todos muy amplificados con un micrófono de contacto. Con él, generó una variedad de sonidos desde los gritos de animales salvajes y ruidos de percusión viscosos hasta sonidos de baja presión resonantes (Teitelbaum, 1976).

Dentro de la agrupación de *Spacecraft*, Teitelbaum considera lo siguiente:

Cada artista considera su propia situación como una especie de laberinto. Cada uno comienza haciendo música en la forma en que sabe cómo, con sus propios ritmos, su propia elección de materiales, etcétera. Estableciendo algún tipo de situación de conjunto simple, sin particular respeto por los demás. Este conjunto primitivo, sin embargo, es superficial y no tiene nada que ver hacer con la unidad fundamental, que es el objetivo final de la improvisación.<sup>3</sup> (Goelet, 2008: 5)

Es necesario entender este ensamble de artistas, en donde su objetivo en común era la improvisación a partir de los intereses sonoros que querían lograr, y es que se permitían no tener un orden antes de las presentaciones, en donde simplemente surgía el momento sonoro y creían en el diálogo sonoro.

---

<sup>3</sup> Traducido por Google Traductor.

Es justo en estas primeras presentaciones de *Spacecraft* que el interés de Teitelbaum había surgido por generar música experimental alrededor del concepto biofeedback. Para el año de 1967, en Estados Unidos, empezó a utilizar interfaces electrónicas con neurología y fisiología humana. Meses después, Teitelbaum regresó a Roma con el primer sintetizador Moog reproducido en Europa junto con un amplificador de ondas cerebrales también diseñado por Moog que le permitió utilizar señales de ondas alfa producido por el cerebro como control de voltajes para su sintetizador (Imagen 2).

Teitelbaum *In Tune*, un trabajo realizado por primera vez por MEV en 1967 en St. Paul's American Church, utilizó los latidos del corazón, las ondas cerebrales y respirando para controlar su *Moog synthesizer*. Particularmente llamativos fueron los sonidos atronadores producidos por abriendo y cerrando los ojos (un movimiento que generó niveles más altos de actividad de ondas cerebrales).<sup>4</sup> (Goelet, 2008: 5)

El proceso que había creado Teitelbaum con el *Moog synthesizer* era un elemento primordial para el ensamble de *Spacecraft*, de esta forma se introdujo de lleno al concepto de biofeedback para la creación de texturas o escenarios sonoros abstraídos del cerebro, algunos músculos específicos y los latidos del corazón, pero ¿Cuáles eran los estímulos iniciales para que Teitelbaum tuviera la posibilidad de controlar o maniobrar sus propios datos que leían en tiempo real?

A partir de este intento de consagrar esta arquitectura de sus instrumentos y sintetizadores en los performances posteriores, y posteriormente Teitelbaum se acerca a dialogar de forma sonora a este proceso de interpretar o hasta traducir de manera simbólica a la actividad neuronal propia. Una de las problemáticas más grandes al momento de hacer su análisis de datos electroencefalográficos, específicamente la lectura de ondas Alpha del cerebro (de su cerebro) eran las limitaciones técnicas de la época. Y por tanto, el registro de datos de las ondas cerebrales contenía un gran espectro de error, por lo que dentro de los performances la utilización de los datos no se lograba en su totalidad en vivo o tiempo real, si no que eran grabaciones. Eso también hacía que las salidas sonoras fueran más maniobrables y con una composición lineal entre los sonidos.

Por otra parte, y acercándonos al como una relación Cerebro y Máquina se puede explorar de forma audiovisual, en donde la Máquina dentro de los elementos de la pieza de Teitelbaum

---

<sup>4</sup> Traducido por Google Traductor.

es su *Moog synthesizer*, y que por primera ocasión se crea esta conexión directa para interpretar, traducir y configurar la salida del sonido, a partir de la lectura de las ondas cerebrales. El diálogo entre los componentes electrónicos y analógicos de manera muy simplistas pero al final, Teitelbaum logra un gran acercamiento introducir su performance dejando consigo un campo de experimentación para el biofeedback (que aún estaba en sus inicios), y a su vez plantea necesidades de investigación artística y científica dentro del performance, concierto y hasta de los futuros grandes colectivos, ensambles y conjuntos de música experimental.

**David Rosenboom** (*Ecology of the Skin*, 1970-71).

David Rosenboom es un compositor estadounidense y pionero en el uso de neurofeedback (biofeedback). Estudió composición, actuación y música electrónica en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign con Salvatore Martirano, Bernard Goodman y Soulima Stravinsky, por mencionar a algunos. Actualmente es profesor de música y decano de la Escuela de Música del Instituto de las Artes de California (Rosenboom, 2019).

En sus primeros acercamientos hacia el trabajo con ondas neuronales comenzó con experimentos en producción musical, utilizando exploraciones de la relación de la producción y registro de ondas neuronales tipo alfa. Esto generó un planeamiento hacia el trabajo de Rosenboom para con la música, percepción y diversos estados de conciencia asociados con la música y la interpretación de varios de sus performances (Rosenboom, 1975).

Esto tuvo lugar entre los años de 1968-1969 en el laboratorio de Les Fehmi, un temprano investigador del poco explorado biofeedback, (o como Rosenboom empezó a denominar como neurofeedback precisamente porque trabaja con el cerebro) en la Universidad Estatal de Nueva York en Stony Brook, luego de una sugerencia por E. E. Coons de la misma Universidad (Rosenboom, 1975).

Es entonces que nace una demostración ambiental tipo performance/concierto entre los años de 1970-1971, llamada *Ecology of the Skin* (Imagen 3):

Desarrollé un evento de demostración, participación y desempeño ambiental titulado *Ecology of the Skin* entre 1970-1971. Involucra el monitoreo de retroalimentación biológica de las ondas cerebrales y las señales cardíacas de los artistas y miembros de la audiencia y su traducción a una textura musical, junto con la estimulación electrónica sincrónica. (Rosenboom, 1997: 10)

Como lo hemos visto con anterioridad, el biofeedback o la retroalimentación biológica es imprescindible en los trabajos y procesos de creación que utilizan las ondas neuronales como forma de exploración creativa. Partiendo de los usos formales de elementos sonoros y performáticos, se apoya en texturas visuales que señalan una seria relación o diálogo entre el Cerebro y diferentes tipos de Máquinas.

A través de la instalación y performance *Ecology of Skin* de David Rosenboom, existe un avance significativo a nivel técnico sobre el registro y análisis de datos electroencefalográficos. Aunque no se sabe con certeza si partía de un análisis por parte de Rosenboom para crear estas texturas musicales que mencionaba con anterioridad, o más bien fue una interpretación de los datos obtenidos en tiempo real.

[...] Interfaz musical extendida con el sistema nervioso humano, fosfenos visuales (patrones de colores que a menudo se ven con los ojos cerrados) en las estaciones de visualización de espectáculos de luz cerebral para el público. La configuración electrónica para este trabajo incluía la capacidad de ajustar el grado de control de las ondas cerebrales sobre el sonido para cada uno de los 10 participantes de acuerdo con una medida estadística simple, la cantidad de tiempo dedicado por minuto a producir ondas alfa.  
(Rosenboom, 1997: 11)

De esta manera, Rosenboom no solo empieza a interesarse por crear música a partir de datos electroencefalográficos, si no que invita al público a ser parte del performance. Mientras que Alvin Lucier y Richard Teitelbaum, realizaron performances/conciertos en los que sólo partían de la propia extracción de datos de su Cerebro, David Rosenboom empieza a desarrollar y explorar el concepto de neurofeedback, que en sus inicios era de los primeros bloques para acercarse detenidamente a nuevas perspectivas para la relación entre el Cerebro y la Máquina. Con *Ecology of the Skin*, no solo sea abre un panorama de posibilidades de exploración en salidas artísticas para compositores, artistas o diseñadores próximos, si no que en su obra encarna una estructura o arquitectura musical no lineal, por tanto, se crea una atmósfera llena de variables sonoras, y que a manera de performance, la experiencia de visualización propone una introspección visual para con David Rosenboom, así como a cada uno de los participantes que formaron parte de la pieza *Ecology of the Skin*.

### **Pierre Henry** (Mise En Musique Du Corticalart De Roger Lafosse, 1971)

Pierre Henry es un compositor francés, considerado como el creador, junto con Pierre Schaeffer, de la llamada Música Concreta y uno de los padrinos de la Música Electroacústica. En 1944 comenzó sus estudios en el conservatorio, donde estudió piano y percusión con Passerone, composición con Nadia Boulanger, por otra parte, estudió Armonía con el maestro francés Olivier Messiaen. Entre los años de 1949 y 1958, Henry trabajó en París en el Club d'Essai de la Radio Televisión Francesa, fundado por Pierre Schaeffer. Durante ese periodo compuso su pieza *Symphonie pour un homme seul* en 1950, también compuso la primera pieza de música concreta que apareció en un cortometraje *Astrologie ou le miroir de la vie* en 1952<sup>5</sup> (Ankeny, 2019).

Henry se mantuvo en una línea de trabajo, componiendo música para numerosas películas y ballets. Pero fue cuando sus intereses sobre la música empezó a cambiar, uno de sus trabajos más conocidos es la obra experimental *Messe pour le temps présent* en 1967, unas de las varias colaboraciones con el coreógrafo Maurice Béjart (Ankeny, 2019).

Pierre Henry es una pieza clave para el desarrollo de la música concreta, al convertirse en el primer músico con educación formal, volcado y dirigido a la creación de música con medios electrónicos (Ankeny, 2019).

En Francia, en el álbum de musique concrète, el disco *Mise en musique du Corticalart* (Imagen 4) grabado en 1971 por Roger Lafosse y Pierre Henry también presenta un ejemplo de expresión corporal de la música. A principios de los años 70, el investigador y músico Roger Lafosse desarrolla el Corticalart (el arte de la corteza), compuesto por un dispositivo destinado a traducir las ondas eléctricas del cerebro en sonidos electrónicos. El sistema de electrodos similar, utilizado en electroencefalogramas se fija en el cuero cabelludo del artista intérprete o ejecutante.<sup>6</sup> (Dubois, 2016: 11)

En esta música de ondas cerebrales, no percibimos la sonificación armoniosa, sino que nos enfrentamos a los procesos neuroquímicos caóticos de la mente, que solo es otra fuente de ruido. “Una poética sobre el frenesí del pensar, y que más que armonioso, era una introspección definitiva de lo que sucede en el cerebro” (Dubois, 2016: 12).

---

<sup>5</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>6</sup> Traducido por Google Traductor.

De esta manera, se puede percibir un cambio de la perspectiva que tenía David Rosenboom a partir del diálogo inmediato hacia una interpretación hecha por una Máquina de la actividad neuronal de un participante definido, y es que para Pierre Henry, no solo era crear una sonificación de las ondas neuronales y su respectiva configuración sonora, sino que para Henry, tenía una mirada sobre el propio pensamiento del humano.

La forma inmediata dentro del trabajo Pierre Henry en esta presentación fue explorar una expresión musical a través de lo que Henry refiere, como la imaginación occidental. Una música pura, preformada en la mente del compositor, que solo se puede degrada por un proceso imperfecto de materialización acústica. (Ortiz, 2016 párr. 42)

Cabe mencionar que dentro de la parte técnica de la obra de Pierre Henry utiliza el mismo sistema para leer y registrar datos electroencefalográficos que David Rosenboom dentro de la serie de presentaciones de *Ecology of the Skin*, pero en ningún momento menciona que tipo de ondas cerebrales son las que está leyendo, lo cual genera una incógnita en el funcionamiento de la pieza, y que más bien se debería revisar las especificaciones del dispositivo de Roger Lafosse *Corticalart*, el cual está funcionando como la Máquina dentro de la poesía que habla Pierre Henry antes mencionada, pero que, por tanto nos llevaría más tiempo el explicarlo, ya que actúa como otra pieza en sí misma. Hay que recordar que Henry solo utiliza el dispositivo que creo Lafosse, para materializar su poesía de lo que sucede del Cerebro, utilizando también la arquitectura eléctrica de la Máquina de Lafosse.

El funcionamiento técnico de la obra, menciona Pierre Henry era el siguiente:

Los electrodos perciben tres señales eléctricas diferentes que luego se recuperan para reflejar la actividad característica de ciertas áreas de la corteza cerebral. Ondas alfa en la parte posterior del cráneo (las de relajación, relajación y descanso), ondas Beta frente a cráneo (los de despertar, atención y actividad) y señales relacionadas con la actividad del globo ocular. Estas diferentes señales eléctricas se conectaron a siete generadores de sonido. es Pierre Henry, quien luego colocó el dispositivo en su cráneo para poder intervenir directamente en los sonidos que produce al realizar diversas variaciones, manipulaciones y amplificaciones. Su pieza

pone la interactividad al servicio del rendimiento electroacústico.<sup>7</sup>

(Dubois, 2016: 11)

Por esta razón, el concepto de **Cerebro-Máquina** empieza a permear dentro de ciertos diálogos artísticos y poéticos que contiene acercamientos a este concepto. Así mismo, logra desprenderse de solo cargas de traducción de datos crudos de un electroencefalograma y es que a partir de Pierre Henry, logra darle un giro y no en el sentido técnico, sino en la forma de interpretar y justificar su pieza, no solo en un nivel de exploración, la pieza como objeto era apoyar la idea poética de Henry a través de un dispositivo electrónico. Si bien la textura sonora final de Henry es, me atrevería a decir, una competencia a la pieza de David Rosenboom, pero en términos de cada artista, contienen diferentes experiencias sonoras pero que resultan igual de ricas en contenido sonoro.

Por último, y en modo de un resumen, David Rosenboom en su pieza antes mencionada, hace que la participación pasiva de la audiencia sea un punto crucial al desarrollar su performance, y es que el hecho de que haya analizado cerebros de distintos participantes hace que la pieza proponga y extienda los límites tecnológicos que había para el año de 1971, que en paralelo ocurría la pieza de Pierre Henry, el cual se concentraba en leer sus ondas cerebrales y crear el contenido sonoro a partir de ello, pero utilizando estos medio para materializar de alguna forma su poética sobre el Cerebro.

### **Atau Tanaka** (Biomuse/Sensorband, 1993)

Atau Tanaka es un compositor e intérprete (performer) Japonés, que actualmente ocupa la cátedra de Medios Digitales en la Universidad de Newcastle y es director de Culture Lab. Ha realizado investigaciones en el IRCAM (Centre Pompidou), ha sido embajador artístico de Apple France y fue el primer artista en convertirse en investigador en el Sony Computer Science Laboratory, París (Pohman, 2000).

Dentro de las primeras inspiraciones de Tanaka como futuro artista de medio electrónicos y sonoros, fue conocer a John Cage durante sus conferencias en Norton en Harvard. Se mudó a Europa en los años 90 y formó su grupo de música experimental más reconocido dentro de sus carrera artística llamado como *Sensorband*, conformado por: Zbigniew Karkowski y Edwin van der Heide<sup>8</sup> (Pohman, 2000).

---

<sup>7</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>8</sup> Traducido por Google Traductor.

Corría el año de 1993, cuando Tanaka en su interés por desarrollar un instrumento electrónico, desarrolla el *BioMuse* (Imagen 5) , el cual funciona de la siguiente manera:

Toma señales bioeléctricas en forma de electroencefalograma (EEG), electromiograma (EMG) y electrooculograma (EOG) y las traduce en datos digitales en serie y MIDI. Los electrodos de gel de superficie en la piel establecen contacto eléctrico y conducen impulsos neuronales desde los músculos y el cerebro. Cada uno de los ocho (8) canales de entrada recibe una señal diferencial de un triplete de electrodos. Tras la recepción por la unidad principal *BioMuse*, las señales se amplifican, filtran, digitalizan y procesan de acuerdo con una serie de algoritmos configurables por el usuario, incluidos el seguimiento de envolvente y el análisis espectral.<sup>9</sup> (Tanaka, 2000: 391)

El uso del *BioMuse* se convierte al cuerpo del participante en un instrumentos musical, y es que se establece como una práctica de interpretación y se transforma en una gran variedad de contextos musicales, desde algo que también Tanaka menciona, los semigrupos musicales, los cuales justifican la idea de que el performance son un serie de momentos o etapas musicales, los cuales cuentan una historia, la historia del movimiento y el cuerpo creando un momento íntimo e interactivo y que en su conjunto con la audiencia se crea un espacio de experiencias, una atmósfera de experiencias que empieza con el participante para con la audiencia que nunca termina. “Es la conformación de una especie de interfaz humana”<sup>10</sup> (Tanaka, 1993: 30).

El funcionamiento *BioMuse* se ha centrado en algo que Tanaka menciona en varios de sus performances y conciertos dentro de las presentaciones en vivo de *Sensorband*, y es la contradicción voluntario de los músculos, específicamente del antebrazo para articular el gesto musical como resultado (Tanaka, 2000). Existe una serie de argumentos, técnicas e ideas que hacen que el concepto de **Cerebro-Máquina** se vea en un constante cambio, y en una significativa transformación del concepto, no solo por el salto en el tiempo que se dio desde 1971 hasta 1993 con el performance Atau Tanaka, *BioMuse*.

La razón principal del porqué se hizo esto, es que si existieron artistas, compositores y diseñadores que trabajaron bajo estas herramientas técnicas, pero que concretamente no se acercaban a la relación entre la Cerebro y la Máquina, y menos aún su salida artística no era

---

<sup>9</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>10</sup> Traducido por Google Traductor.

un performance o un concierto. Por lo tanto, se excluyen esas obras que no trabajan bajo estos límites mencionados en el título del capítulo.

Mencionado lo anterior, el performance de Atau Tanaka logra ser más complejo de lo que aparenta en un nivel técnico, y es que no solo utilizó un medio para la obtención de datos electroencefalográficos, sino que también desarrolla un sistema que interpreta los datos de un electrocardiograma y un electromiograma, en donde cabe mencionar que el funcionamiento de cada dispositivo de análisis es bastante complejo. Es por eso que a nivel técnico, *BioMuse* es un instrumento propositivo e innovador dentro del ámbito de música experimental, y específicamente en la creación de instrumentos o interfaces, para la presentación de performances y conciertos de la época.

Es verdad que para los años 90 la tecnología del electroencefalograma había logrado más beneficios para el rol del compositor que gustaba por extraer información del cerebro para traducir los datos a comportamientos sonoros diferentes, pero en los intereses de Atau Tanaka no era la sonificación de datos, sino más bien, un conjunto de movimientos estéticos del cuerpo para crear una síntesis de sus expresiones corpóreas. Pero, el hecho es que Atau Tanaka no solo quería materializar uno de sus objetivos, ideas y poéticas, como anteriormente se mencionó con diferentes compositores.

Tanaka buscaba un punto de encuentro a partir de cuerpo, el cual se componía específicamente de lo que controla el Cerebro, el corazón y ciertos músculos, también logra desarrollar una herramienta tecnológica capaz de recordar el movimiento de los músculos, el ritmo cardíaco y el registro de la actividad neuronal en tiempo real, la Máquina en este caso, se ancla más a la idea de brindar memoria, y compara los futuros movimientos de Tanaka. Así pues, el punto de encuentro no termina en la realización del performance, también tenía como objetivo crear una atmósfera de experiencias diferentes para la audiencia presente, y que al mismo tiempo forman parte del performance.

**Tim Mullen, Richard Warp y Adam Jansch** (In Tones: Music for Online Performer, 2010)

Tim Mullen fue alumno de la Universidad de California, en Ciencias de la Computación y Neurociencia Cognitiva, así como un maestría y doctorado por parte del Departamento de Ciencias Cognitivas de la Universidad de California en San Diego, en donde sus afiliaciones principales incluían el Instituto de Computación Neural (INC) y el Centro Swarts de Neurociencia Computacional (SCCN). Participó activamente en el Centro

de Dinámica de Aprendizaje Temporal. Uno de los aspectos importante dentro de su investigación como neurocientífico es centrado en desarrollar herramientas novedosas para comprender los mecanismos computacionales y la dinámica cerebral subyacente a la cognición, así como la disfunción cerebral en humanos (Mullen, 2009).

Lejos de la investigación, Mullen se ha acercado a la música y al arte nuevos medios, usando señales eléctricas grabadas del cerebro humano y del sistema nervioso periférico para manipular materiales físicos y entornos audiovisuales. Algunos de sus proyectos en los que ha colaborado es *Music for Online Performer* en 2010 (Imagen 6) (Mullen, 2009),

[...] *Music for Online Performer* forma parte de una serie de performances del compositor Adam Jansch y Richard Warp Glover, el cual se compone de un performance transatlántico en la que Jansch controlaba un cuarteto de acústica robótica e instrumentos en Huddersfield en tiempo real desde San Diego, usando la manipulación de cuatro procesos mentales, cuantificados a través de un electroencefalograma de alta densidad y del procesamiento de señal a nivel de fuente<sup>11</sup> (Mullen, 2011: 469).

Esta pieza está inspirada plenamente en el trabajo del primer precursor de la música experimental a través de ondas cerebrales, y antes mencionado en repetidas ocasiones en este capítulo, y que forma la base fundamental de este proyecto, Alvin Lucier en su performance *Music for Solo Performer*.

De esta forma, los miembros del público veían el performance en una sala de conciertos desde Inglaterra, mientras que cientos más participaban en tres diferentes locaciones del otro lado del mundo interactuando con Warp desde el punto central del performance que era San Francisco, dirigiendo así la composición a través de transmisiones simultáneas de audio y video livestream desde las tres ubicaciones globales (Mullen, 2011).

Es verdad que la fuente principal de inspiración *Music for Online Performer* fue el trabajo de Alvin Lucier de 1965, y que gracias a él, cada uno de los artistas mencionados durante lo que lleva el capítulo se han inspirado y basado en las herramientas, ideas y técnicas establecidas por Lucier. Pero hablando específicamente del trabajo en conjunto de Tim Mullen, Richard Warp y Adam Jansch, existe un esfuerzo y organización por parte de los tres, ya que analizando de manera rápida el funcionamiento técnico de su performance, lograron una configuración hacia la pieza original de Alvin Lucier, y con esto no quiero decir

---

<sup>11</sup> Traducido por Google Traductor.

que la pieza de Mullen es un remake o una copia con otros tintes, sino que la obra de Mullen logra ser una pieza con una mayor complejidad en el ensamble de sus elementos técnicos. Esto dando como resultado una diferente lectura hacia el acercamiento que hemos hecho sobre el diálogo que puede existir entre el Cerebro y una interpretación o traducción de datos a música de una Máquina, y que en este caso representa una serie de perspectivas que no se había visto con anterioridad.

Estas perspectivas pueden ser leídas como nuevas formas de dialogar con la pieza de Alvin Lucier, y en dado caso, con la poética que enrolla *Music for Solo Performer*, quitando los límites que se sumergía a la pieza, es por esa razón que la proposición y el objetivo de *Music for Online Performer* es eso, una forma de pasar de lo particular hacia la capacidad tecnológica de producir un performance de gran magnitud y en vivo.

Esto con el propósito de lograr el alcance de más personas, y así mismo de reconfigurar el diálogo existente entre el Cerebro y la Máquina, ya que no solo permea en la cuestión tecnológica o hasta en el ensamble artístico y sonoro, sino que abre un panorama de discusiones conceptuales y filosóficas sobre las posibilidades audiovisuales que tiene el sentido de exploración entre los datos del Cerebro de muchos participantes conectados de manera simultánea.

Esto también abre en gran medida otro panorama sobre el cómo visualizar a la Máquina que puede volverse intangible, dejando consigo el aspecto análogo o eléctrico de un sintetizador (como lo hemos visto en casi todos los compositores y artistas anteriores) que procesa y traduce los datos, permitiendo una automatización, discernimiento y memoria por parte de la Máquina para el envío de texturas sonoras en tiempo real.

### **Valery Vermeulen (EMO-Synth Project, 2013)**

Valery Vermeulen es músico electrónico, matemático y artista de nuevos medios, también es a productor musical, escritor y profesor invitado en el Erasmus University College de Bruselas, así mismo formó parte como profesor invitado en el departamento de matemáticas de la Universidad de Amberes en Bélgica. En 2001 obtuvo una maestría en matemáticas puras sobre teoría de grupos algebraicos en la Universidad de Gante y en 2013 un doctorado en producción musical en el Conservatorio Real de Gante (Vermeulen, 2017).

Entre 2001 y 2005, Vermeulen trabajó en el Instituto de Psicoacústica y Música Electrónica en la Universidad de Gante, en un proyecto de investigación centrado en el vínculo entre la música y las emociones. Los temas de su trabajo en general contemplan una

amplia gama de disciplinas que incluyen sistemas evolutivos creativos, arte generativo, generación algorítmica de sonido e imagen, computación afectiva, inteligencia artificial, econometría, diseño de sonido, sonificación de datos y producción musical (Vermeulen, 2017).

En donde unos de sus proyectos más largos y complejos es el performance/concierto *EMO-Synth* (Imagen 7):

*EMO-Synth* un sistema multimedia interactivo capaz de automatizar, generar y manipular el sonido e imagen, con el objetivo de atraer al usuario y causar ciertos estados emocionales predefinidos. Durante el performance, las respuestas emocionales del participante se miden utilizando biosensores que registran ciertos parámetros psicofisiológicos como la frecuencia del corazón y la actividad neuronal, así mismo el nivel de estrés a través de datos galvánicos en la piel del participante.<sup>12</sup> (Vermeulen, 2012: 379)

Y en qué otras palabras sería una interacción entre el Hombre-Máquina, ya que Valery Vermeulen utiliza el término Hombre como ese ser compuesto y sumergido en experiencias todo el tiempo, el cual, Vermeulen trata de representar los elementos importantes de tales experiencias en un punto de encuentro extendido hacia un evento en donde las personas participantes, así como la audiencia forma parte del performance y las emociones producidas fueran la fuente principal para la modificación e improvisación de los sonidos y videos que tiene el objetivo de sumergir a todo aquel que se encuentra en la sala.

“De esta forma, y bajo el concepto de la performance de *EMO-Synth* es un ejemplo de cómo se pueden establecer conexiones entre las arte generativas y la creatividad humana” (Vermeulen, 2012: 386).

De tal modo, que para Vermeulen la Máquina actúa como un organismo de traducción, interpretación y valoración de los datos obtenido convertidos a representaciones de las emociones del participante en pleno performance, que dada la programación de este dispositivo, este es el responsable de controlar los valores números en tiempo real para la justa salida de sonido e imagen. Más que una inteligencia artificial, me atrevería a decir, es un ser con memoria que actúa dependiendo de los datos precisos que entran en él:

---

<sup>12</sup> Traducido por Google Traductor.

*EMO-Synth* proporciona una nueva dimensión a este paradigma, la generación de música y sonido en el que *EMO-Synth* implica mucho más que una traducción simple de datos. El sistema realmente trata de entender lo emocional. Respuestas de los usuarios al sonido o la música y almacena esta información en forma apropiada Modelos de inteligencia artificial. Estos modelos de inteligencia artificial están en el corazón del algoritmo de generación de música en el *EMO-Synth*.<sup>13</sup> (Vermeulen, 2012: 382)

Es por esto que, bajo esta serie de diferentes diálogos, exploraciones y poéticas de los datos extraídos del Cerebro de un participante hacia la interpretación de datos para la creación de música a través de una Máquina, el performance de Valery Vermeulen *EMO-Synth*, es un proyecto de largo alcance que logra y se sitúa en la función englobar conceptos, herramientas y técnicas que lejos de establecer simples traducciones con un electroencefalograma para la creación de música experimental, lleva a cabo discusiones sobre el comportamiento humano, y más aún al diálogo que tenemos para con las máquinas a través de las estimulaciones afectivas y emocionales, dando consigo nuevas preguntas en torno a un concepto que permea en todos los compositores y artistas mencionados a lo largo del capítulo muestran el interés por explorar, a través de diferentes herramientas, una exploración audiovisual entre el Cerebro y la Máquina.

## **Capítulo II**

### **Una exploración hacia la relación Cerebro-Máquina en la neurociencia.**

Este capítulo aborda la relación Cerebro-Máquina a partir de la teoría de la mente extendida desarrollada por Andy Clark, científico y filósofo de la mente, así mismo, David J. Chalmers un filósofo analítico, especializado en la filosofía de la mente y el lenguaje. Para ello se divide en tres partes. La primera se compone de tres apartados y en ella se expone cómo, estos filósofos definen mente extendida a partir de los conceptos de conexionismo o externalismo cognitivo y sistema ensamblado o acoplados, para argumentar la manera en cómo conciben la relación Cerebro-Máquina. En la segunda parte del capítulo, se describe el proceso electroquímico que se produce en la actividad neuronal del cerebro al recibir estímulos de origen visual. Finalmente, se analiza la manera en que neurológicamente se traducen los estímulos visuales en respuestas sonoras.

---

<sup>13</sup> Traducido por Google Traductor.

## **Cerebro-máquina** una introducción desde la neurociencia.

El importante desarrollo de la Neurociencia ha puesto en evidencia los novedosos métodos que existen y la relevancia de sus resultados, además de manifestar con claridad lo mucho que nos queda por saber acerca del funcionamiento del cerebro; han supuesto un impulso decisivo para plantear una serie de modelos teóricos acerca de la relación entre el cerebro y la máquina. Quizá lo más característico de esta relación es el profundo acercamiento entre la filosofía, la ciencia y la tecnología. Por tanto, es necesario situarnos en este gran mapa de investigación y aplicaciones de la neurociencia, y es que a partir de la cognición nos colocamos en un punto de acceso para distintas variables del pensamiento filosófico a través del estudio de la mente:

[...] la mente es estudiada desde un punto de vista científico, y a partir de la década de 1960 el enfoque cognitivo surgió como un paradigma importante, proponiendo alternativas convincentes frente a las insuficiencias teóricas y epistemológicas del conductismo. En ese sentido, muchos investigadores de esa época se interesaron por el estudio de la mente, concordando con la idea que el paradigma cognitivo posee el marco teórico y metodológico más adecuado para formular y estudiar el problema de la naturaleza de la cognición humana. (Medina, 2008: 184)

La forma tradicional de ubicar la cognición es mediante las ideas filosóficas, particularmente las dedicadas actual y clásicamente a la mente y la lógica. Por una parte, la cognición es identificada como parte de la psicología cognitiva, y su contraparte más mecano determinista del procesamiento de la información (Medina, 2008). Esto quiere decir, que el desarrollo de la tecnología de la información y la informática, han dado lugar a lo que hoy se entiende por inteligencia artificial y sus relaciones con el pensar humano, la neurociencia y hasta las redes artificiales de comunicación. Pero, dentro de la neurociencia se explica que:

[...] comenzó a surgir la idea que consideró a las contribuciones de la psicología experimental humana, la lingüística teórica y la simulación de los procesos cognitivos mediante la computadora, como elementos constituyentes de un gran conjunto. De esa manera, se formó la noción que para comprender el funcionamiento de la cognición humana era preciso combinar los esfuerzos de diferentes disciplinas. (Medina, 2008: 184)

Se puede explicar, entonces, que los diferentes propósitos de la ciencia cognitiva; tanto como parte de los procesos cognitivos entendidos entre la mente y la computadora, van dando forma a un concepto de Cerebro-Máquina. Pero antes de eso, es importante señalar la estructura general de la cognición, que dice lo siguiente:

[...] la arquitectura cognitiva se refiere al diseño y organización de la mente, que determina que el sistema cognitivo posea la característica de tener una estructura y una función. En ese sentido, se puede decir que un sistema cognitivo que posea una determinada estructura, produce una conducta que depende de la realización de una función en dicha estructura (Medina, 2008: 191).

La revolución cognitiva que aconteció durante la segunda mitad del siglo XX, ofreció nuevas de pensar sobre fenómenos como la memoria, la percepción y la información que fueron estudiados en disciplinas múltiples como la psicología, la neurociencia, biología, lingüística y filosofía. (Giménez, y Murillo, 2007)

Trayendo de este modo, una nueva perspectiva y desdoblado ideas que la cognición tradicional tenía, así nace el post-cognitvismo, que intenta que salir de los límites físicos del cerebro. No sin antes entender que no se puede abandonar el estudio de la cognición como tal. ya que es importante el funcionamiento, el diseño y la estructura.

Por tanto, el modelo post-cognitivista que desarrolla Andy Clark y David Chalmers para el año de 1998, inician con unas de las conquistas fundamentales del funcionamiento del cerebro en relación con su hipótesis sobre el externalismo cognitivo:

el modelo conexionista se fundamenta en las contribuciones de la neurofisiología del cerebro, para explicar la naturaleza de la cognición. Basado en esa concepción, el conexionista considera que la unidad básica del cerebro es la neurona, que tiene seis propiedades funcionales básicas, que son: es un mecanismo de input que recibe señales del medio ambiente o de otras neuronas; es un mecanismo que conduce la información integrada en intervalos de distancia; es un mecanismo de output que envía información a otras neuronas o células; es un mecanismo computacional que mapea un tipo de información dentro de otro; es un mecanismo representacional que promueve la formación de representaciones internas. Esas características sirvieron para modelar las redes neuronales [...] (Medina, 2008: 193)

En este párrafo se plantea que los procesos cognitivos dependen de lo que sucede en el entorno o exterior y no solo del interior. Se trata de un proceso de comunicación multidireccional, que incluye intercambios entre el afuera y el adentro. De esta manera se abre un panorama de discusiones, y de manera breve nos acercaremos al trabajo en conjunto de Andy Clark y David Chalmers con el fin de presentar sus perspectivas de este post-cognitismo joven, y que une a los dos autores.

Según Clark, “nuestra vida mental es un continuo negociar y renegociar los límites de la mente con los diferentes dispositivos cognitivos que tenemos a nuestro alcance. Extendemos y reducimos la mente a cada momentos: cada vez que encendemos la televisión, miramos el reloj y abrimos la app de un móvil.” (Sánchez, 2017, ppár: 7). Por otro lado, Chalmers distingue el sentido externalista dentro de la perspectiva post-cognitiva, señala que los procesos mentales pueden ser activos o pasivos, afirma que “las características externas relevantes son activas, desempeñando un papel crucial aquí y ahora. Como se hallan acopladas con el organismo humano, tienen un impacto directo sobre el organismo y su conducta”. (Sánchez, 2017, ppár: 9)

De tal modo, Andy Clark y David Chalmers son catalogados dentro del estudio de la filosofía de la mente, en tanto, es interesante y contrastante el trabajo en conjunto que existe entre Clark y Chalmers en defender y argumentar su cognición extendida. El cual, representa la ubicación central para empezar a revisar las relaciones entre los conceptos: conexionismo o externalismo cognitivo, mente extendida o distribuida y sistemas ensamblados o acoplados con el fin de desarrollar el concepto central del escrito, Cerebro-Máquina.

Para comprender la relación cerebro-máquina en la teoría de la mente extendida es necesario definir ambos conceptos.

En todos los niveles de su integración, desde el químico hasta el estructural (circuitos), el cerebro puede considerarse como un órgano informático, sin que con esto se pretenda que el cerebro es una gran computadora. La analogía puede ser tentadora pero no pasa de ser una analogía, lejana de la verdad. Pero esto no quita que el encéfalo trata información a nivel subcelular, a nivel neuronal, a nivel de microcircuitos y al de áreas corticales.<sup>14</sup> (Trelles, y Thorne, Sin Fecha: 149)

---

<sup>14</sup> Traducido por Google Traductor.

Es cierto que el cerebro como arquitectura o estructura biológica representa la base de todo acercamiento multidisciplinar para el estudio, comprensión e investigación alrededor de él. Pero, dentro de nuestro orden conceptual, se toma la idea de una extensión o externalización del propio cerebro, algo que para Roger Bartra introduce el término de “Exocerebro”, y que define como: “Un circuito neuronal sensible al hecho de que es incompleto y de que necesita de un suplemente externo, esta sensibilidad es parte de la conciencia” (Barta, 2003: 25)

De esta manera, Clark y Chalmers entran para describir, no al cerebro directamente, pero sí a lo que sucede dentro y fuera de él, describen a la mente como instancia extendida donde “algunos estados mentales y experiencias puede definirse internamente, existen muchos otros en los que los procesos de atribución de significado incluyen algunos componente localizados fuera del cráneo.” (Torres, 2017: 546)

A partir de la definición del cerebro, en el que se pretende trabajar en la primera parte de este segundo capítulo, también es de suma importancia posicionar y definir la máquina desde esta perspectiva post-cognitiva, la cual se describe en lo siguiente:

[...] una máquina puede controlarse mediante un programa de instrucciones simbólicas, y no hay nada de fantasmal en un programa de ordenador. Quizá, y en gran medida, la mente es para el cerebro que el programa es para el ordenador. De esta manera, puede haber una ciencia de la mente.<sup>15</sup> (Rivière, 1991: 135)

Esta analogía que se menciona no es más que un acercamiento por comprender el propósito y el funcionamiento de la máquina, y qué mejor que partir de la máquina como una representación del sistema complejo del cerebro, si bien las máquinas pueden presentar errores de programación y mostrar inconsistencias, el cerebro también. No obstante, no es esto un impedimento para que el sistema cognitivo humano funciona en concordancia con el medio. Por tanto, hay una acotación hacia la introducción del término “máquinas pensantes” del cual se describe lo siguiente:

Alan Turing, que imaginó una máquina abstracta muy simple, capaz de simular cualquier actividad que pudiera descomponerse en un procedimiento efectivo, es decir, en un algoritmo consistente en una serie de transformaciones discretas de cadenas, también discretas, de símbolos. Es computable todo aquello que es realizable por tal máquina abstracta y universal. Turing intuyó

---

<sup>15</sup> Traducido por Google Traductor.

enseguida las posibilidades que abría su máquina abstracta para una nueva comprensión de la mente, y planteó un desafío de consecuencias históricas aún incalculables.<sup>16</sup> (Rivière, 1991: 136)

Turing plantea una imposibilidad de que las máquinas tengan autoconciencia, es decir, que piensen sobre su pensamiento y existencia. De esta manera Turing afirma que: “los estados de conciencia solo pueden inferirse mediante la observación de la conducta” (Rivière, 1991: 140), ya que es prácticamente imposible comprobar la existencia de los procesos mentales ajenos a la máquina. Esto plantea la posibilidad de adentrarse al asunto detrás del funcionamiento, estructura e idea de la máquina, específicamente a lo que hay detrás de una máquina presentada como un sistema organizado y predefinido, con la capacidad de aprender, el cual se menciona lo siguiente:

La máquina imitadora del pensamiento, ideada por Turing, no era una máquina energética, sino simbólica. En realidad, consistía en cadenas de unos y ceros que, con arreglo a automatismos prefijados, serían capaces de computar cualquier algoritmo. La naturaleza simbólica de esa máquina que trataba información, su carácter abstracto e independiente de la sustancia material en que pudiera instanciarse, fue uno de diez aspectos que, a la larga, habría de tener consecuencias más importantes para el proyecto primero de la psicología cognitiva.<sup>17</sup> (Rivière, 1991: 137)

En este planteamiento, se entiende que la máquina depende de sus componentes internos, al igual que el cerebro, la estructura y los procesos internos son los que en un primer momento los hacen, crean una máquina, y también crean un cerebro que en general, hace la cognición. Pero sin olvidar que esta parte post-cognitivista que se centra en el modelo externalista, anteriormente mencionado y que funciona a través de la recepción de estímulos del medio externo del individuo, los integra entre sí y con la experiencia cognitiva, emocional y de motivación acumulada, da lugar a la respuesta o respuestas correspondientes fuera del organismo, cuyo funcionamiento puede ser abordado mediante la obtención de datos. Estos datos están dados por el conjunto de actividades y procesos de carácter cognitivo y afectivo desde el interior del organismo.

Se denomina “relación” cerebro-máquina, ya que por un lado poseemos procesos cognitivos que podemos analizar, y por otro lado un sistema de algoritmos el cual se centra

---

<sup>16</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>17</sup> Traducido por Google Traductor.

en interpretar o traducir estos datos con cierta inteligencia y memoria totalmente programable, haciendo que las perspectivas de ambas sea un encuentro de argumentos diferentes pero que se entrelazan. Por su parte, Andy Clark y David Chalmers consideran que la explicación de la mente debe centrarse en la actividad del cerebro deberían de preguntarse, en cambio, cómo los procesos cerebrales producen los procesos mentales fuera de los límites físicos.

Anna Estany plantea sobre la relación entre cómo la mente y el cerebro pueden ser analizadas a través de las aproximaciones filosóficas y neurocientíficas mencionadas “El primer caso corresponde al dualismo mente/cuerpo, y el segundo al monismo materialista, admitiendo ambas posturas varios matices. Sin embargo, tanto el dualismo como el monismo parten de que las facultades mentales y las funciones cognitivas residen exclusivamente en el cerebro.” (Estany, 2013: 346)

Esto se abre a una nueva postura de por parte de las ciencias cognitivas acotadas a la neurociencia, y es aquí donde se plantea, a modo de introducción, una idea de que las funciones mentales no solo residen en el cerebro como sostiene Clark y Chalmers con el concepto de mente extendida. El cual, este filósofo se centra en posturas “post-cognitivistas”, y que Estany menciona así:

A pesar de su corta historia, las ciencias cognitivas han sufrido ya su propia evolución, desde un paradigma simbólico de procesamiento de la información a un paradigma de procesamiento en paralelo o conexionismo, hasta llegar a la cognición corporizada, distribuida y extendida, englobada en lo que podríamos llamar ‘ciencia cognitiva de tercera generación’ o ‘postcognitivismo’. Esta última visión integra no sólo lo puramente neurológico, sino los factores sociales e interactivos con el cuerpo y con la tecnología. (Estany, 2013: 246)

Y por tanto, el problema con este punto de encuentro entre el Cerebro y la Máquina, no solo visto como un punto de encuentro, sino una búsqueda por entender la relación que existe entre ambas perspectivas a través de la mente. No solamente es un tema de la neurociencia, también, si nos acercamos a los criterios históricos, se puede que decir que es un tema de filosofía. “Por tanto, un proyecto de este tipo bien podemos llamarlo ‘NeuroFilosofía’, lo cual implica un punto de vista interdisciplinar y una interrelación entre la disciplina científica y humanista” (Estany, 2013: 345).

Por ello, y aunque no se trate de una exposición exhaustiva, si se abre un panorama sobre la denominada Filosofía de la mente a través de su perspectiva post-cognitiva, esto con el único propósito de entender el orden de conceptos por el cual se requiere explicar el concepto de Cerebro-Máquina a través de un esquema teórico propuesto por Andy Clark y David Chalmers, en el que se actúa a través del orden conceptual de conexionismo o externalismo cognitivo, mente extendida o distribuida y sistemas de ensamblado o acoplado. Se plantea justo en ese orden, ya que cada concepto lleva un proceso y abre camino para el otro sea entendido, de esta manera el concepto de conexionismo no puede estar separado de mente extendida, y así mismo los sistemas ensamblados son imposibles de entender sin los sustentos de mente extendida.

### **El modelo teórico de Andy Clark sobre la relación entre el Cerebro y Máquina.**

Para poder acercarnos al modelo o esquema teórico propuesto por Andy Clark, es necesario entender en primera instancia, la perspectiva sobre el cual se basa para hacerlo y es a través del externalismo cognitivo o como lo llama Clark, “conexionismo”:

El conexionismo aparece en los ochenta como oposición al modelo computacional de las funciones mentales como manipulación de representaciones simbólicas discretas y sintácticamente estructuradas por medio de reglas sensibles a dicha estructura. Las representaciones son símbolos que pueden ser interpretados semánticamente con relación a la interacción con el entorno o con otros símbolos. Los procesos cognitivos resultantes pueden ser entendidos en forma algorítmica. De este modo, una determinada función será el resultado de una serie de transformaciones de estructuras simbólicas.<sup>18</sup> (Clark, 1999: 240)

De esta forma, Clark nos quiere decir la importancia que tiene el cuerpo y el entorno en el modelaje de nuestros procesos cognitivos, y que en sí mismos son un sistema de fenómenos mentales a los que estamos sumergidos a través del medio por el que nos llenamos de estímulos en un contexto dado. Clark discute con la teoría clásica de la ciencia cognitivas, rescatando lo necesario para construir una versión de la mente que integra el cuerpo, el Cerebro y lo que pronto pondré el ejemplo de la Máquina.

---

<sup>18</sup> Traducido por Google Traductor.

Para Clark, la Máquina entra como un organismo más en la post-cognición, de los cuales indaga sobre “agentes autónomos”, criaturas a los que denomina “mobots” (robots móviles), los cuales son conceptualizados de la siguiente forma:

Se ensamblan “mobots” más complejos a partir de un grupo de mecanismos casi independientes, cada uno de los cuales tiene un nexo entre la percepción y la acción. Estos mecanismos se estimulan e inhiben unos a otros, pero no transfieren mensajes complejos, permitiendo que una inteligencia adaptativa emerja sin la necesidad de un sistema ejecutivo que controle la acción.<sup>19</sup>  
(Clark, 1999: 241)

Clark sostiene la tesis de que mucho del comportamiento humano y de otros animales se asemeja al comportamiento de los “mobots”, por lo que gran parte del comportamiento es auto-organizado, otorgando cierta inteligencia y memoria para cada uno de los elementos que compone a un organismo vivo. Y acercándonos a una conexión relación estrecha en el Cerebro. Esta perspectiva sobre la Máquina, Clark menciona: “Recordemos que las redes conexionistas son procesadores paralelos, de manera que la visión de cognición es notablemente descentralizada: como en el cuerpo de los “mobots”, no hay nadie encargado de la función ejecutiva; la actividad cerebral, como el cuerpo, es auto-organizada.” (Clark, 1999: 241)

La naturaleza del cerebro y la máquina como lo describe Clark, en donde el entorno está lleno de estímulos que son usados activamente en los procesos mentales de un sujeto u organismo. En estos términos, y en un breve análisis, la mente no está confinada bajo límites físicos, como un cerebro o una máquina, sino que ellos son parte de la mente. La mente, entonces, resulta ser una estructura compleja extendida o distribuida, incluyendo el lenguaje, estructuras sociales y al propio mundo. Por lo que, para Clark abre uno de los conceptos que se ha sumergido en muchas discusiones y polémicas dentro de este cruce interdisciplinar de la neurociencia y la filosofía, la mente extendida en el que trabaja en conjunto con David Chalmers.

### **La mente extendida o distribuida** como una intervención de la tecnológica.

La afirmación central de esta propuesta es que los componentes internos del sujeto se apoyan en estructuras ambientales para compensar la deficiencia de su poder de

---

<sup>19</sup> Traducido por Google Traductor.

procesamiento de información. Para realizar tareas cognitivas, el cerebro "se apoya enormemente en soportes externos".<sup>20</sup> (Clark y Chalmers, 1998: 28)

La mente extendida en su versión desde "el argumento de paridad" afirma una forma de externalismo que se basa en la comparación de instancias de procesos internalistas con procesos que, de alguna manera, involucran la participación de rasgos ambientales que llevan a afirmar que el proceso cognitivo se extiende desde adentro hacia afuera. (Menary, 2010: 17)

Siguiendo a Menary los rasgos del ambiente son parte de la realización exitosa para estimular y procesar el estado mental de una persona. Entonces Menary propone que se considere a la tesis de la mente extendida dividida en dos olas. La primera ola es la recién expuesta, basada en el principio de paridad.

La segunda ola está basada en la tesis de las manipulaciones de estructuras ambientales externas al organismo en los procesos de realización de tareas cognitivas (Menary, 2010). Por lo tanto, este argumento a favor del externalismo afirma que la mente contiene distintas vías de comunicación, a partir información de los estímulos exteriores, "los procesos de resolución de tareas incluyen procesos que, a su vez, involucran la participación activa y recíproca del ambiente"<sup>21</sup> (Clark y Chalmers, 1998: 30).

Esta idea quiere decir que la manipulación de los organismos (ya sea una persona o animal) gracias a sus "habilidades de manipulación ambiental" tal como dice Menary, son capaces de realizar exitosamente tareas cognitivas que, dependiendo sólo de los mecanismos internos (procesos mentales), sería imposible. La mente extendida pasa de ser una alternativa de interpretación de la postura externalista cognitiva a un esquema explicativo hacia una particular forma de explicar cómo los estímulos fuera de mi cuerpo y que existen en el ambiente o contexto pueden llegar a manipular mi cuerpo, mi mente y como resultado mi Cerebro.

En ciertos casos, cuando los "mobots" puedan llegar a existir en el contexto, estos pueden aprender a responder ante estímulos, pero el hecho que los diferencia, es que los estímulos pueden tener una cierta carga de intencionalidad para que la respuesta en mi Cerebro sea leída e interpretada. De esta manera, no solo el ambiente puede llegar a configurar los procesos mentales, y por supuesto mi actividad cerebral, sino que posibilita un diálogo funcional o

---

<sup>20</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>21</sup> Traducido por Google Traductor.

participativo con el fin de crear un sistema de retroalimentación entre el Cerebro como una unidad, en conjunto con la Máquina.

Algunos elementos importantes que menciona Clark para el posible diálogo o punto de encuentro entre el Cerebro y la Máquina, los describe como:

La determinación a distancia de ciertos patrones de conducta de algunos conjuntos orgánicos por parte del resto de las estructuras ambientales es marca de la sensación, percepción y experiencia. Por último, la interacción semántica entre algunas estructuras lingüísticas y el resto de las estructuras ambientales es a lo que llamamos mente.<sup>22</sup> (Clark, 1999: 255)

La idea central detrás de este razonamiento, es que al intentar explicar algunos fenómenos, en especial la cognición, es necesario determinar el tipo de sistema que los exhibe, de modo que afirma que la post-cognición es la interacción del organismo con el ambiente dado, y debe de considerarse como una propiedad que pertenece al sistema, que podría englobar a ambos, el Cerebro hacia la Máquina y viceversa.

[...] afirma que el ambiente estructura el potencial de estimulación presente en él, de manera tal que esta última aporta información acerca de los rasgos ambientales relevantes para la realización de las tareas perceptuales que realizan los organismos. Los organismos están dotados de “sistemas perceptuales” que engloban las distintas estructuras fisiológicas que, actuando en conjunto, le permiten captar la información disponible en el ambiente que le sea relevante.<sup>23</sup> (Clark y Chalmers, 1998: 38)

Esto implica, que se debe entender el funcionamiento de los sistemas perceptuales, la estructuración de la información perceptual, y la manera en que captan la información disponible en el ambiente. Así mismo, la percepción requiere la comprensión misma del organismo (conciencia), del tipo de ambiente en el que está recluido, y la interacción de ambos. Aplicando la idea de Clark, “la percepción es un fenómeno del sistema compuesto por el organismo y el ambiente”<sup>24</sup> (Clark, 1999: 235).

A modo de cierre del concepto de mente extendida, es importante mencionar que este conjunto de sistemas perceptuales de un organismo, se presentan como los inputs de entrada,

---

<sup>22</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>23</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>24</sup> Traducido por Google Traductor.

y que también se pueden denominar estímulos, ya sean visuales o sonoros. Todos los componentes de este externalismo cognitivo, respaldan el funcionamiento activo de la mente extendida, de tal manera un organismo humano y que más tarde es un proceso cerebral en conjunto con los algoritmos establecidos en una máquina, puede llegar a ser algo que Clark y Chalmers denominan como “Sistema ensamblado o acoplado”, dice que “si mantenemos la estructura interna de un organismo y cambiamos los factores externos, la conducta puede cambiar completamente”<sup>25</sup> (Clark, 1999: 236).

Esto quiere decir que los factores externos, en este caso, tienen la capacidad de cambiar los factores internos del cerebro, esto permite una explicación más lógica y concordante, ya que podemos decir como resultado de un proceso cognitivo simple de ver y escuchar se está modificando todo un organismo, en este caso es el cerebro que realiza toda esta configuración interna a partir, también, de estímulos específicos interpretados por la programación de una máquina. Por tanto el Cerebro y la Máquina comprenden un conjunto de recursos básicos y que según Clark y Chalmers, el Cerebro biológico podrá evolucionar y madurar a través de la propia evolución del entorno. Permitiendo así, la incorporación de la Máquina no sólo como un diálogo entre ellos, sino como un lenguaje mismo.

### **Sistema ensamblado o acoplado para entender el concepto **Cerebro-Máquina.****

A partir de este momento, se introduce una noción fundamental sobre las acciones que modifican el mundo con la intención de favorecer y mejorar los procesos cognitivos, y es lo que anteriormente se había mencionado, el concepto de sistema de ensamblado o acoplado que llaman Clark y Chalmers. El cual tiene como objetivo considerar como parte de nuestra mente aquellos elementos o vehículos del entorno que, a pesar de estar en el cerebro, forman una condición necesaria para la existencia de los procesos cognitivos. Lo cual Monterroza menciona en su análisis sobre este concepto de Clark y Chalmers: “[...] la mente es un sistema integrado que incorpora de manera esencial (no accidental) sistemas de información por fuera del cerebro y que es susceptible de convertirse en una prótesis para funciones específicamente mentales” (Monterroza, 2018: 204).

Es decir, que esa parte del mundo en un sistema que se ensambla o se acopla a nuestra cognición, y que actúa como una condición necesaria de la misma. Esto sucede en la medida en que las actitudes y proposiciones que le atribuimos son verdaderas en función del uso de los procesos internos cognitivos. De igual modo en los elementos cognitivos externos, afirmando esto con lo siguiente:

---

<sup>25</sup> Traducido por Google Traductor.

Sugiere que podemos realizar ensambles con componente del entorno (material) para soportar y ampliar nuestros procesos cognitivos. [...] si una mente humana estuviera limitada al cerebro estaría gravemente discapacitada como lo muestran los ejemplos de Clark y Chalmers. (Monterroza, 2018: 204)

Esto quiere decir que cuando cambiamos el entorno sólo aquellos elementos externos que, dentro de un círculo de relación o mediación cognitiva, desempeña un rol causal en la conducta del sujeto, esto es, que sean un sistema que se ensambla o se acopla a un organismo o sujeto. Por tanto se considera que: “[...] el organismo humano se ve unido a una entidad externa en una interacción en dos direcciones, que crea un sistema ensamblado que podemos considerar un sistema cognitivo por derecho propio”<sup>26</sup> (Clark y Chalmers, 1998: 37).

Clark y Chalmers afirman explícitamente dentro de su externalismo cognitivo, aceptan la idea que los estados físicos internos son los que determinan la individualidad del estado mental como acción, de esta manera Monterroza afirma que “En consecuencia, cuantos más datos y mecanismo descargamos, más dependemos de los elementos externos” (Monterroza, 2018: 205).

Por lo que la intención en general que desarrolla Clark y Chalmers es que las características externas tienen la posibilidad de cambiar la conducta a través de los sistemas de percepción del organismo o sujeto. Pero sin perder de vista que nuestros estados mentales internos son elementos importantes, ya que constituyen en gran medida la constitución y el actuar de una persona, pero que también esta depende de la comunidad o los rasgos sociales que rodean al organismo como lo dice Monterroza, o al sujeto como lo dice Clark y Chalmers. De este modo, el entorno o el ambiente Monterroza lo interpreta como lo siguiente:

[...] afirma que el entorno de artefactos (y sus símbolos, conocimientos y habilidades asociadas) es un nicho que transforma, amplía o constriñe las capacidades agentes de los sujetos, esto es, no solo hay una agencia transformadora en la dirección sujeto-mundo, sino que dicho entorno revierte parte de esas acciones (experiencias) a los sujetos, [...]. (Monterroza, 2018: 206)

Esto puede tener una lectura que profundiza esta interacción entre el organismo o sujeto hacía con el entorno o ambiente y viceversa, ya que esta transición no es lineal, sino que hay

---

<sup>26</sup> Traducido por Google Traductor.

varias direcciones de diálogo entre estas, adaptándose a los cambios que tienen constantemente. Hay que recalcar que cuando Clark y Chalmers se refieren al sujeto, se refieren también al cerebro como tal, y a los cambios de cognición “extracraneales” de los cuales menciona Monterroza. En tanto, el reto de pensar esa nueva concepción de la mente nos lleva a apoyarnos de la siguiente idea:

Sin embargo lo que se dice no es sólo que la mente *sale* hacia el mundo externo. La tesis es mucho más fuerte que eso y dice que la mente de hecho consiste en un sistema acoplado que incluye el cerebro individual y el mundo exterior. El argumento central es que la mente está en constante acoplamiento con el mundo con el fin de ampliar la cognición. (Moya, 2013: 67)

Como tal esta relación ya la habíamos mencionado, pero estas dos miradas conducen para delimitar el lugar de los procesos mentales, y así mismo, así localizar la mente como punto central de interacción entre el Cerebro y la Máquina. Pero como hemos visto ya este diálogo entre el Cerebro representado como sujeto u organismo, entonces los procesos cognitivos se identifican con las operaciones que realiza la mente, y que en ocasiones paradigmáticamente es entendida mediante un modelo computacional simbólico, por lo que Clark y Chalmers menciona que los símbolos o vehículos de contenido internos pasan de elementos fijos a un fluido, en el que su estructura estática se disuelve.

A la par, el contenido de esta idea es que ahora la Máquina forma parte del entorno o el ambiente en sí mismo, estableciéndose en el exterior, pero este responde a que no solo la cognición es una operación mental como resultado de estímulos exteriores, sino como una interacción entre el agente y su medio.

Andy Clark afirma que “la evolución ha favorecido un modelo de la mente que explota los recursos externos y que se acopla de forma activa con estos a fin de mejorar la cognición de estos recursos externos para procesarlos y transmitirlos”<sup>27</sup> (Clark, 1999: 60). Esto quiere decir que no todos los elementos participan de forma conjunta con el ambiente o entorno dirigido a modificar la estructura básica de la cognición. Esto dando lugar a las capacidades cognitivas que tienen los organismos que dependen de la arquitectura física que hace funcionar al sistema, y como tal se define bajo la siguiente afirmación:

[...] el concepto del yo extendido opera moviendo la identidad personal más allá del cráneo y la piel hacia el mundo con el fin de

---

<sup>27</sup> Traducido por Google Traductor.

formar un sistema con los otros. De la misma manera, esta extensión del yo no ha de entenderse como algo opcional, algo que podemos decidir hacer o no. La extensión es una condición ineludible de la individualidad. Nos extendemos hacia los demás porque sin los demás, no somos. (Moya, 2013: 68)

Como dice Moya quien también lee este esquema funcionalista de la mente extendida y más aún este sistema de ensamblado, esto quiere decir que las interacciones físicas con otras personas forman nuestra identidad, estas se producen del organismo como punto de inicio hacia con el ambiente o entorno, y que delimitan los posibles procesos que se pueden ejecutar a partir de la cognición.

Existe, por tanto, un acoplamiento o una acción de ensamblado entre el organismo y el ambiente por el cual se produce el proceso mental. Se puede decir entonces, que si el ambiente o entorno no provee de los elementos o estímulos apropiados para los cuales están diseñados ciertas actividades mentales estas no se ejercerán, o bien lo harán de manera inadecuada. Esto dará como resultado una interrupción en el diálogo o relación que se tiene entre el sujeto y el ambiente, y en este caso es el Cerebro para con la Máquina.

Muchos aspectos cognitivos del ser humano dependen del medio social en el que habita y son ejemplos de este esquema teórico de Clark y Chalmers, por lo que se menciona que: “Esto es lo que me permite afirmar que, dado que estoy extendido hacia ella y soy una parte de ella, todo lo que sucede en su vida emocional también me pasa a mí. En esto consiste la empatía; en una vida compartida, común e ineludiblemente conectada” (Moya, 2013: 75).

A modo de cierre, al tratar de explicar ambos factores de este diálogo mediado entre el Cerebro (sujeto u organismo) y la Máquina (parte del entorno o ambiente) parece dificultoso que ambas partes puedan darse en conjunción, al menos tal cual fueron desarrolladas desde esta perspectiva de externalismo cognitivo, y que se rige bajo la definición y funcionalidad del sistema ensamblado.

Más aún, cuando se establecen sus respectivos principios, explicando lo que se consideran parte de los procesos cognitivos, se establece precisamente entre ellas una disputa por el lugar donde acontece la mente, si bien puede estar dentro del Cerebro, o cabe la posibilidad de que este se encuentre en la Máquina, todos por debajo de sus límites físicos, pero sin olvidar que se encuentran en una constante comunicación o diálogo multidireccional, con la función de codificar y decodificar información a través de los estímulos que pueda recibir del ambiente o del entorno.

En virtud de las neuronas espejo, ahora tenemos una teoría científica que muestra exactamente qué es lo que ocurre dentro de la cabeza de un individuo cada vez que este observa a otro actuar en el mundo. Y la imagen que surge es una donde el yo está conectado fundamental e ineludiblemente con el otro de tal manera que sus acciones pasan a ser también mis acciones. (Moya, 2013: 75)

De tal forma Moya menciona, y que me permito tomar a modo de conclusión, dando pie a la relación biológica o electroquímica de los procesos por los que este Cerebro se puede someter, y en su constante diálogo con la Máquina que bien abre una serie de discusiones, debates y críticas que sobrepasan la posibilidad de añadirlos a este escrito. Pero que, claramente sobre este línea de investigación existen fundamentos y hechos neurocientíficos que respaldan todo estos procesos antes mencionados.

Por lo que, los sistemas ensamblados o acoplados actúan como un sistema de varias vías de interacción entre un sujeto y organismo a un entorno en concreto, el cual permite una retroalimentación entre “usuario y herramienta” dentro de la cual esta última deviene como parte del sistema cognitivo, en donde se vuelve un aparato mental para ambos. Se crea un lenguaje que puede ser pensando precisamente como una cognición extendida, donde nos hacemos y nos deshacemos siempre en cuando existan estímulos externos que se puedan procesar e interpretar. Asimilando así, un cerebro en donde su mente no solamente reside dentro del sujeto u organismo, sino que la mente se extiende y hasta se distribuye por medio otros sistemas de cognición artificial como la máquina.

### **Señales bioeléctricas: Potenciales de acción en el Cerebro-Máquina.**

Para comenzar, es necesario explicar que este apartado del capítulo tiene el propósito de juntar y relacionar algunos conceptos importantes del apartado anterior pero se centrará en el sistema ensamblados o acoplados para explicar la relación entre el Cerebro y la Máquina. También se hará una breve explicación a nivel celular y funcional en términos neurocientíficos, esto para entender los procesos visuales y de sonido que puede tener un sujeto, empezando por entender el comportamiento celular hasta la explicación del registro y análisis de datos electroencefalográficos a través de un teorema de análisis, y de esta manera se trabajará en torno a los procesamientos visuales y auditivos en el cerebro uniendo el concepto de sistemas ensamblados o acoplados para explicar la relación Cerebro y Máquina.

## Interneuronas: **Células Amacrinas** (La segunda sinapsis)

En un inicio las partes fundamentales del proceso neuronal sobre el que se intenta definir y explorar las funciones específicas de las entradas de estímulos visuales, así mismo mencionar que y como se desarrolla esta parte dentro del cerebro. Con el objetivo de tener un orden, es preciso empezar con la explicación de lo visual, por lo tanto, partimos de lo siguiente para definir la visión en el cerebro:

La corteza cerebral es la región más compleja del cerebro de los mamíferos, y de ella emanan la mayor parte de las funciones que nos distinguen como seres humanos, como el pensamiento, el habla o la emoción. A pesar de la tremenda complejidad citoarquitectónica de la corteza cerebral [...], las neuronas de la corteza cerebral de los mamíferos pueden agruparse en dos clases principales: las neuronas de proyección, también denominadas neuronas piramidales, y las interneuronas o neuronas de circuito local. (Marín, 2002: 743)

Esto abre las puertas para hablar específicamente de las interneuronas que básicamente son receptores sensoriales para en un nivel celular (o neuronal). de esta forma los sistemas sensoriales requieren de, como dice Marín “Receptores periféricos”, que actúan como intermediarios entre el mundo exterior y el Sistema Nervioso Central (SNC). “Son estructuras especializadas que asumen la función de captar las modificaciones energéticas de un entorno y transformarlas en señales eléctricas nerviosas transmisibles que aportan al SNC la información de sucesos externos e internos”<sup>28</sup> (Kolb, 2007: 1).

Esto nos recuerda la explicación sobre el sistema de ensamblado o acoplado de Andy Clark y David Chalmers, a través del análisis de Kolb. Menciona que las estructuras de la percepción biológica son el puente de información que traducen ciertos estímulos, pero sin dejar de vista que no sólo son externos, sino que la información de los estímulos son el preámbulo para el funcionamiento de procesos internos. Marín dice que los Receptores Sensoriales se pueden clasificar en dos grandes grupos; el grupo de “Sensibilidad General o Somestesia” y el grupo de los “Sentidos Especiales”. Estos últimos son los que nos interesan ya que contemplan la vista y el oído.

A partir de lo anterior explicado. es importante hablar sobre el proceso en el cual estos receptores llamados interneuronas tiene un grupos en el que se habla de un “mensaje visual”

---

<sup>28</sup> Traducido por Google Traductor.

el cual describe Urtubia en un tipo de células muy particulares; “Las células amacrinas fueron descritas por primera vez por Dogiel en 1981, el cual resaltó el hecho de que se pudiera encontrar en ellas un verdadero axón y por ello las denomino amacrinas o anaxónicas” (Urtubia, 2005: 172).

Es preciso entender en términos simples el proceso visual, el cual empieza en la retina del ojo, la energía luminosa produce cambios químicos en las células de la retina sensibles a la luz, estas células producen una actividad eléctrica (Kolb, 2007), que como ya se mencionó, estas células son un tipo de interneuronas llamadas células amacrinas. Tienen la función de enviar impulsos eléctricos para transmitirlos a la corteza visual del cerebro a través del nervio óptico (Urtubia, 2005). Este tipo de células tiene una serie de conexiones con otro tipo de células para lograr su trabajo, y funcionan de la siguiente manera:

Las células ganglionares reciben el flujo de información a través de las bipolares y amacrinas. Estas células, sin ninguna estimulación, están disparando continuamente potenciales de acción que se propagan a lo largo de sus axones. Su amplitud es constante independientemente de la intensidad del estímulo, y la diferente frecuencia de disparo de los potenciales de acción [...]. (Urtubia, 2005: 173)

Esto quiere decir, que específicamente, la corteza visual interpreta los impulsos eléctricos y acumula información para una referencia futura, así mismo envía un mensaje a un área motora para iniciar una acción. Esto abre un paréntesis del orden conceptual, para empezar a hablar de un punto central del performance, que aunque es muy apresurado, es necesario para explicar los potenciales de acción que se hicieron durante todas las pruebas con el electroencefalograma, lo cual se debe considerar lo siguiente entre la unión de las células amacrinas (Figura 2) y el potencial de acción que afirma a continuación: “[...] Werbin y Dowling en 1969, demostraron que algunas células amacrinas son las primeras de la vía visual que pueden responder a la estimulación luminosa mediante una breve despolarización con impulso nervioso, es decir, generan potencial de acción” (Urtubia, 2005: 175).

Los potenciales de acción representan un estímulo visual, este puede ser registrado y visualizado en información electroencefalográfica que resulta un punto crucial para entender e interpretar esta información extraída de la actividad neuronal propia, y que posteriormente se explicará la relación con la selección por categorías de las imágenes utilizadas en el performance durante el capítulo tres. Para cerrar el paréntesis y seguir con el orden conceptual con el fin de empezar a unir conceptos entre estos procesos a nivel celular y su relación con

los sistemas ensamblados o acoplados desde el esquema teórico post-cognitivista de Andy Clark y David Chalmers.

Dentro del desarrollo del esquema teórico, nos dice que para que ciertos estímulos tengan éxito al entrar un organismo o sujeto en específico dependen íntimamente de un cierto entorno o ambiente, en donde a partir de eso, se crea una relación intrínseca sobre el proceso visual a nivel celular, y es que como hemos visto, los estímulos del exterior tiene un gran peso en el procesamiento visual inicial, pero no solo eso, sino que es la interpretación y traducción que se hace dentro del organismo o sujeto crea una vía de comunicación entre lo que se recibe del entorno o ambiente y como este se procesa.

Se puede afirmar entonces que, la relación entre organismo o sujeto y el entorno o ambiente determinado justifica, pero también sustenta en términos neurocientíficos en el esquema teórico de Clark y Chalmers. A partir de esto, el funcionamiento de las células amacrinas como un puente de información y de diferentes tipos de transmisiones que estas pueden captar. Urbina menciona que “[...] estas células establecen la denominada sinapsis recíproca [...], con las prolongaciones terminales de las células bipolares de bastones, modificando la transmisión de la señal de las bipolares de bastón a las amacrinas” (Urtubia, 2005: 176).

Esto se abre una serie de discusiones, debates y propuestas en las investigaciones neurocientíficas, pero también entra en contacto con nuevos esquemas, teorías y propuestas filosóficas que se acercan a las ciencias cognitivas desde una perspectiva post-cognitiva. De este modo, se entiende cómo es que hay ciertos fenómenos que la neurociencia no puede completar de explicar, es por esa razón que la filosofía toma un papel importante en los fundamentos neurocientíficos, y que por tanto conceptos como Cerebro-Máquina pueden entrar como una propuesta para complementar y unir fenómenos tan complejos como es la mente.

### **El electroencefalograma y sistema de análisis del Teorema de Fourier.**

Es de suma importancia definir el uso del electroencefalograma para con el performance, y es que representa no solo un punto crucial en la recolección, registro y pruebas de la actividad neuronal específica de un sujeto para una sugerente interpretación de la información, sino que se propone argumentar el porqué es una herramienta útil para leer y analizar el comportamiento de cierta actividad neuronal. En un inicio, es necesario entender el cómo funciona el electroencefalograma y los alcances que puede tener esta herramienta:

El electroencefalograma (EEG) es un análisis que se utiliza para detectar anomalías relacionadas con la actividad eléctrica del cerebro. Este procedimiento realiza un seguimiento de las ondas cerebrales y las registra. Se colocan pequeños discos metálicos con cables delgados (electrodos) sobre el cuero cabelludo y después se envían señales a una computadora para registrar los resultados.<sup>29</sup>

(Tombesi, 2012: párr. 1)

Como se ha dicho, el EEG es una herramienta de análisis que tiene el propósito de detectar y representar en datos la actividad eléctrica del cerebro, y que como hemos visto, esta actividad eléctrica es el mecanismo por lo que, en muchos casos, sucede la sinapsis. Un ejemplo puede verse en el funcionamiento de la células amacrinas que actúan como puente de información entre el exterior y el proceso cognitivo interno. Lo que daría como resultado una actividad eléctrica entorno hacia la misma actividad neuronal de un sujeto. Estos datos son enviados a una computadora, lo cual es una herramienta importante dentro de la propia evolución técnica que ha tenido el EEG en relación con la evolución de la computadora como tal, una depende de la otra para sus propios avances y análisis.

Pero entonces, ¿Qué es lo que analiza el EEG y para qué sirve en términos médicos del cerebro? Ya que no hay que olvidar que la utilización de esta herramienta siempre ha sido el diagnóstico médico, con el fin de buscar la salud de un sujeto:

La actividad eléctrica normal del cerebro forma un patrón reconocible. Por medio de un EEG, los médicos pueden buscar patrones anormales que indiquen convulsiones u otros problemas. La presencia de cada ritmo depende de la ubicación de los electrodos, el estado de conciencia del sujeto y su edad. En general, un daño severo produce una actividad dominante de baja frecuencia.<sup>30</sup> (Tombesi, 2012: párr. 3)

El impacto neurocientífico en términos médicos, debemos entender el funcionamiento, que dentro de los diversos tipos de análisis para los registros electroencefalográficos, nosotros tomaremos el teorema de Fourier o transformada de Fourier, que dice lo siguiente: “[...] los registros se transfieren a una computadora donde son analizados con múltiples métodos, uno de los cuales utiliza la transformada discreta de Fourier”<sup>31</sup> (Tombesi, 2012: párr. 8).

---

<sup>29</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>30</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>31</sup> Traducido por Google Traductor.

Se puede decir que la computadora actúa como centro mediador de información para los registros del EEG, pero esto funciona o se puede analizar a través de “[...] una frecuencia dominante en la banda Alfa, este resultado muestra que el periodograma es más confiable para estimar el contenido frecuencial del EEG que el conteo de picos”. (Delgado, Sin Fecha: 5) Se debe mencionar que la banda alfa que produce el cerebro, es leída a cierta frecuencia, y que representa un área específica del cerebro que está dedicada a entender los estímulos visuales que llegan al cerebro y sus reacciones. Y que muchos de los compositores que se mencionaron durante el capítulo uno lo utilizaron en sus inicios hacia la exploración de estas ondas alfa.

De tal manera, la unión entre la herramienta de registro del EEG como fuente de extracción de información y el teorema o transformada de Fourier, en donde esta última también tiene aplicaciones para las Matemáticas y la Física, los cuales contienen una serie de momentos históricos que no nos daría tiempo de explicar en este escrito. Por último es necesario terminar de mencionar el proceso de análisis, que se mide a grandes rasgos, a través del cual “La densidad espectral de un EEG puede obtenerse por medio de un modelo autorregresivo. Este método aporta, adicionalmente, una serie de parámetros para seguir la dinámica del EEG”. (Delgado, Sin Fecha: 12)

A modo de cierre, el análisis tradicional del electroencefalograma se realiza en el tiempo, para ello se selecciona una sección del registro donde el ruido sea bajo, y posteriormente se cuenta el número de picos. Con el propósito de mejorar el estudio del EEG se aplica una técnica de análisis llamada Transformada de Fourier, en donde “se obtiene un estimador de la densidad espectral del registro seleccionado en un tiempo específico” (Delgado, sin fecha: 30).

Considerado lo anterior, se debe tener en cuenta que el uso del electroencefalograma es para desarrollar una fuente de información extraída del cerebro, con el objetivo de interpretar ciertos estímulos en un periodo de tiempo. Por tanto, los estímulos juegan un papel importante, ya que se relaciona con los potenciales de acción, que se ha mencionado con anterioridad. De tal modo, que esto abre el camino, para entender de cerca el procesamiento de estímulos visuales y auditivos, su respectiva localización en conjunto con su funcionamiento en el cerebro que representa el proceso por el cual, los estímulos audiovisuales que se presentan en el ambiente o entorno, estos pueden ser creados y manipulados con alguna intención en específico.

Procesamiento de estímulos audiovisuales: **Corteza Estriada** (procesamiento visual), **Lóbulo Temporal** (procesamiento del sonido).

Para finalizar el capítulo es necesario empezar a comprender el orden conceptual que ha sido desarrollado a través del esquema teórico post-cognitivist de Andy Clark y David Chalmers protagonizado por el concepto de sistema ensamblado o acoplado, el cual está vinculado con la representación de los recursos externos, transformados en estímulos visual y sonoros de un sujeto u organismo. De esta manera, partiendo del funcionamiento de la parte visual del cerebro se dice que:

[...] los atributos de los estímulos son procesados en distintas áreas de la corteza visual, propone la teoría modular. Según esta teoría, existen cuatro sistemas paralelos de procesamiento para los distintos atributos de los estímulos visuales, uno para el movimiento, uno para el color, y dos para la forma. (Alvarado, 1997: 2)

Esto quiere decir que las formas de procesamiento visual contienen distintos métodos y funcionamientos por separado, por lo que también es importante entender cómo se interpreta o se traducen la información, y que Alvarado dice:

Los apoyos de esta teoría proceden, por una parte, de la evidencia experimental que muestra que, el córtex visual primario de diferentes especies, consiste en “mapas” que contienen toda la información del campo visual que se distribuye sobre un gran número de áreas visuales de orden superior. (Alvarado, 1997: 2)

En el proceso visual no solo es importante cómo se recibe la información de elementos externos al sujeto, sino cómo esta información es transformada en el interior, lo que se convierten en estímulos, que también transforman o cambian elementos internos como la futura acción del sujeto o hasta la misma conducta, “[...] por otra parte se comprueba que los datos cerebrales en humanos se corresponden con ciertos patrones de conducta” (Alvarado, 1997: 2).

Entendido la importancia que tiene es sistema visual, también es importante revisar el lugar específico donde acontece el proceso visual en conjunto del puente de información entre cada uno de sus elementos que la componen, por lo que algunos neurólogos consideran que:

[...] consideraron respaldada su opinión al verificar que la retina está casi exclusivamente conectada a una región peculiar del cerebro, la corteza estriada o corteza visual primaria, también conocida por área V1 [...]. El enlace entre la retina y V1 se establece a través del núcleo geniculado lateral, estructura subcortical que consta de seis capas o estratos celulares. Las cuatro superiores son las capas parvocelulares [...]. Las dos inferiores, están dotadas de cuerpo celular grande, son las capas magnocelulares. (Alvarado, 1997: 19)

Esta arquitectura biológica sirve para entender los elementos de recepción de información visual, es entonces que las vías de información celulares llamadas parvocelulares y magnocelulares que tiene el único fin de brindar ciertas características que se menciona a continuación: “Las vías parvocelulares tiene características que las hace más idóneas para la visión de la forma y del color, mientras que las magnocelulares tienen características que la hacen más apropiadas para detectar la forma dinámica y el movimiento” (Alvarado, 1997: 19).

El sistema visual se localiza en la corteza estriada del cerebro en donde es fundamental saber que los procesos de estas células suceden por separado pero siempre como un sistema único, “Zeki propuso la noción de especialización funcional de la corteza visual en la que los distintos atributos del mundo visible se procesan por separado” (Alvarado, 1997: 21). Por lo que la información visual que se recibe, se menciona que:

[...] la corteza visual procesa las propiedades físicas de objetos y escenas, tales como el calor, la forma y/o el movimiento. La mayoría de los teóricos que trabajan sobre el procesamiento de la información visual están de acuerdo en postular dos niveles de representación: una precategórica, que contiene sin identificar, y otra postcategórica, conteniendo información identificada (Alvarado, 1997: 24).

Dentro de la investigación de Alvarado el procesamiento de la información visual se procesa en dos momentos específicos, y es que la información precategórica son los estímulos que simplemente llegan y se guardan en ese puente entre la retina y el almacenamiento biológico del cerebro. Es en la información postcategórica es la información que se vuelve identificada ya que se relaciona con los procesos cognitivos, como la memoria, inteligencia o hasta la atención de un sujeto.

Esta etapa en especial del proceso de visualidad es parte esencial, ya que representa un estado concreto de lo que un sujeto u organismo puede percibir, ya que los procesos internos del cerebro que pueden ser los mencionados procesos cognitivos forman parte de este gran sistema de percepción y desarrollo de factores, elementos y estímulos externos, pero sin olvidar que los cambios internos también pueden cambiar los factores externos, se cambia el ambiente o el entorno.

A partir de lo anterior, se explica la relación concreta del funcionamiento biológico del sistema visual, y en un constante contacto con los procesos cognitivos del sujeto, esto abre la posibilidad también de revisar el funcionamiento del sistema auditivo de manera breve. La cual, consiste en que: “La corteza auditiva primaria, conocida también como core, recibe proyecciones directas de la porción ventral del cuerpo geniculado medial y posee neuronas que responden con latencias cortas y que tienen alta especificidad por la frecuencia de los estímulos”<sup>32</sup> (Jara y Délano, 2014: 252).

Al igual que el sistema visual, la arquitectura biológica del sistema auditivo representa un proceso importante para entender los estímulos externos, la cual Jara y Délano mencionan:

En relación al análisis químico arquitectónico de la corteza auditiva primaria, ésta se caracteriza por presentar una alta actividad [...]. Ya que los receptores colinérgicos están presentes en altos niveles en las capas que recibe información proveniente del tálamo, se plantea que la corteza auditiva primaria tiene una fuerte modulación colinérgica.<sup>33</sup> (Jara y Délano, 2014: 253)

Lo anterior se refiere a que su relación entre el proceso biológico que tiene el sistema visual y el cerebro, ya que el tálamo es una parte central de la corteza cerebral y que depende de las actividades complejas centrales del cerebro. Dicho eso, se crea una pregunta ¿Cómo oímos? La audición depende de una serie de pasos complejos que convierten las ondas sonoras que viajan por el aire en señales eléctricas. Estas señales eléctricas llegan al cerebro a través del nervio auditivo, la cual hace que el tímpano vibre y transmita vibraciones. Esta arquitectura biológica se transforma en información que el cerebro procesa como último paso. (Jara y Délano, 2014).

Pero ¿Qué sonidos hacen que la información recibida en el sistema auditivo se vuelva un factor importante para que el cerebro lo puede interpretar? Por lo que Jara y Délano dice que:

---

<sup>32</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>33</sup> Traducido por Google Traductor.

En la corteza auditiva se procesan los sonidos complejos, y a su vez ésta es necesaria para la construcción de la percepción del habla y de la música, junto con otras funciones complejas como son la localización del sonido e integración con otros sistemas sensoriales.<sup>34</sup> (Jara y Délano, 2014: 254)

Este hecho hace que el desarrollo de ciertos sonidos específicos provenientes del ambiente o entorno, pero es entendiendo los procesos visuales y auditivos están más relacionados de lo que aparentan, y es que pareciera que las funciones fundamentales de los procesos audiovisuales están conectados, una depende de la otra pero también la recepción de estímulos se encuentran en un constante diálogos por ciertas vías de comunicación que son preestablecidas por el ambiente o entorno y cómo estos llegan a ser un elementos imprescindible en el sujeto. “[...] estudios recientes demuestran que la actividad de la corteza auditiva primaria puede ser modulada por otros sistemas sensoriales, como visual, somatosensorial y olfato”<sup>35</sup> (Jara y Délano, 2014: 254).

Dentro de la estructura del orden conceptual de este capítulo estuvo pensada como una forma de sintetizar el esquema teórico del sistema ensamblado o acoplado propuesto por Andy Clark y David Chalmers, y que anteriormente se ha vinculado a partir del concepto de Cerebro-Máquina (Figura 1) como un sistema que se está autogenerando a través de la importancia que se le da a los estímulos externos, que en este caso está representado específicamente en estímulos visuales transformados a estados sonoros.

Es un orden de elementos en sincronía con los recursos cognitivos internos y externos como propiedades que constituyen dinámicamente en la interacción de Cerebro y Máquina. Esto significa que los estímulos se transforman en capacidades que representan al Cerebro pero un esquema de diálogo amplio para con la Máquina. Estos aspectos actúan como una tendencia a descentralización de la cognición mencionan Clark y Chalmers en su último análisis de la mente extendida, que desplaza todo sistema cognitivo que reside en lo interno, e intenta por explorar nuevas presencias y ubicaciones. Así, el concepto Cerebro-Máquina intenta acoplarse, distribuirse y extenderse para tener de manera consciente los estímulos visuales con el fin de ser transformados en estados sonoros que representa y hace funcionar la mente, y que se explicará a continuación.

---

<sup>34</sup> Traducido por Google Traductor.

<sup>35</sup> Traducido por Google Traductor.

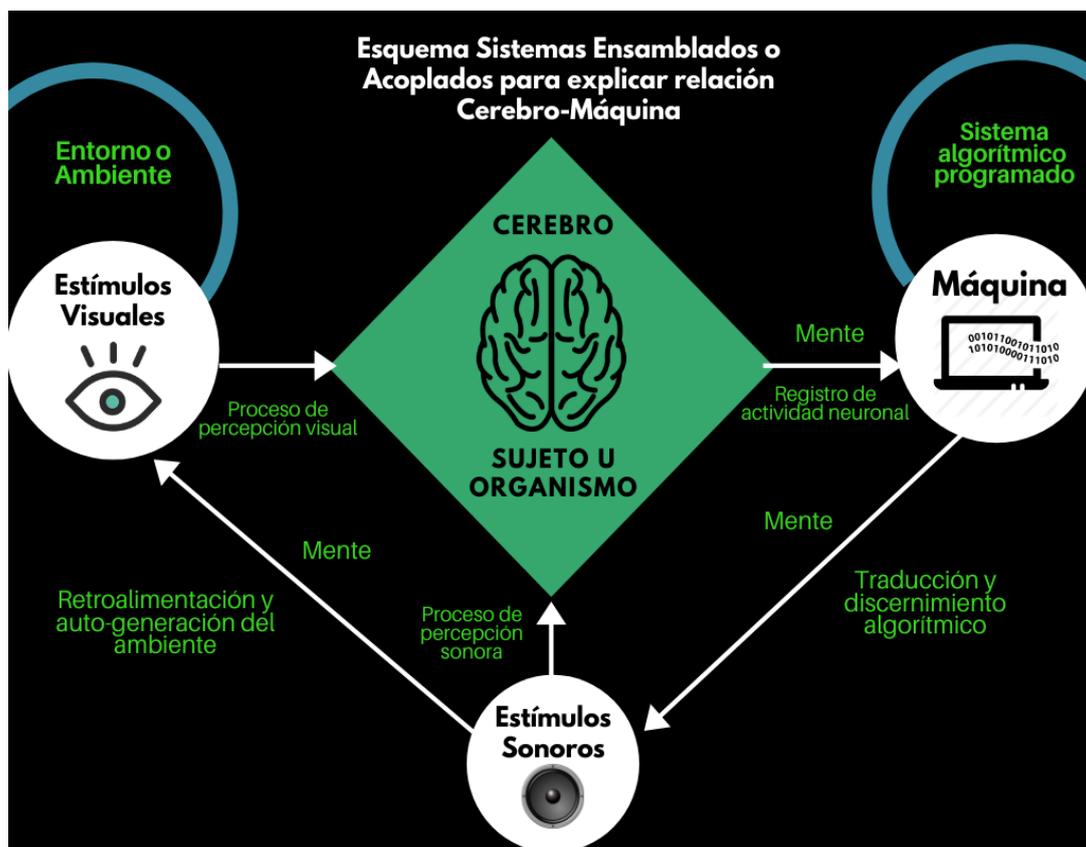


Figura 1. Esquema de sistemas ensamblados o acoplados para explicar relación Cerebro-Máquina. 2019.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Esquema de mi autoría.

## **Capítulo III**

### **NeuroFonías. Una exploración audiovisual de la mente.**

NeuroFonías es un performance tipo concierto que explora la relación entre el Cerebro humano y una Máquina de aprendizaje, la cual opera mediante el uso de datos obtenidos por un Electroencefalograma. El performance funciona en dos partes importantes; en la primera etapa del performance un Electroencefalograma traduce en datos mis percepciones visuales mediante distintos tipos de imágenes, clasificadas en tres grupos provenientes de la familia, pornografía y violencia explícita. La segunda parte del performance consta del envío de datos electroencefalográficos a una máquina de aprendizaje, creando distintos estados sonoros. Esto permitirá explorar la capacidad de predicción que tiene una máquina de aprendizaje a partir de mis percepciones visuales. El performance busca principalmente explorar los límites de aprendizaje y predicción a través del registro electroencefalográfico y el discernimiento algorítmico. Por otro lado, también busca representar como la mente puede estar en ciertos estímulos visuales creados en el exterior, en donde estos estímulos pudieran tener la capacidad de cambiar procesos cognitivos internos de un sujeto.

#### **Evolución conceptual, técnica y artística de NeuroFonías.**

NeuroFonías nace de un interés personal que surgió de una idea muy simple, el cómo nos podíamos “escuchar”. En un inicio, hace aproximadamente 9 meses durante las primeras semanas del décimo trimestre se propone trabajar en torno a esta línea de investigación y trabajo el cual en varias ocasiones se plantea el uso del cerebro como una fuente primordial de recuperación de datos. Es en esta curiosidad e inspiración de los procesos que sucedían en el cerebro que se piensa en un instalación sonora multicanal el cual va a sufrir una serie de cambios conceptuales, técnicos y artísticos hasta llegar a la propuesta final del performance que se definió anteriormente. Durante este capítulo me voy a permitir en escribir en primera persona, ya que es un asunto de experiencias, decisiones y posibilidades técnicas, conceptuales y artísticas que contemplaba desde mi interés y una adecuada argumentación del proceso creativo.

Con la intención de tener un orden, se centrará primero en la explicación y descripción de los cambios de la pieza de la primera propuesta artística, la instalación sonora (Figura 3). Esta instalación sonora consistía en buscar una forma de representar “la sinapsis” como la base fundamental de la pieza. Así mismo, dentro de la estructura técnica que se tenía visualizado era hacer el audio en seis canales en un cuarto, así como tres grandes pantallas o proyectores

que estuvieran conectadas a tres respectivas cámaras, estas tres cámaras tenían la función de grabar al sujeto que estuviera en medio de la habitación viendo las imágenes y grabar al público que estuviera en el cuarto. Esto se planteaba con el propósito de transmitir la imagen del público y del sujeto estando en la parte central del cuarto con el electroencefalograma registrando sus datos, esto como un acto de también poder “observarse” (Figura 4).

Uno de los problemas que me enfrenté, fue decidir qué tipo de imágenes se iba a proyectar, ya que por un lado se tenían estas tres pantallas o proyectores que tenían la imagen del sujeto y del público. Entonces ¿dónde quedaban las imágenes? Por tanto, propuse una solución, el que consistía en usar imágenes que tuviera el público en sus celulares o dispositivos electrónico. Pero esta solución no ayudaba en el desarrollo de estímulos visuales, además la intención y el contenido de las imágenes del público podrían llegar a ser banal y sin sentido, por lo que al final se remueve esta idea dentro de la instalación sonora.

En ese momento se seguía buscando una experiencia visual para presentar, pero dentro de la experiencia sonora se tenían dos propuestas; una contenía un resultado sonoro un tanto incómodo para el público, ya que se proponía la idea de molestar o irritar a las personas con los estímulos sonoros a través del uso de “Misofonías” que consistían en sonidos que pueden llegar a desagradar a la gente en distintos niveles. Y la otra propuesta consistía en estímulos sonoros llamados, por sus siglas en inglés ASMR (Respuesta Sensorial Meridiana Autónoma), los cuales funcionaban como una forma de relajación y concentración personal. Estos estímulos sonoros ASMR resultaban de gran importancia en la instalación, ya que como un interés personal se quería experimentar y trabajar alrededor de estos estímulos.

Por tanto, explicado las propuestas en cuanto a la experiencia sonora y en la continua búsqueda de establecer una propuesta a la experiencia visual, al mismo tiempo, es importante revisar la propuesta conceptual en el que se pretendía desarrollar la instalación sonora. Uno de los autores que se consideró que pudiera sustentar de manera teórica era Jorge Volpi en su libro “Leer la mente. El cerebro y arte de la ficción.” del año 2011, en donde se rescataban ideas como la relación entre el proceso de creación a partir de fenómenos cognitivos y neurológicos como; memoria, imaginación, empatía, emociones y sentimientos.

Se tenía pensado abordar también ideas que Volpi tenía sobre el cerebro, la individualidad y la fantasía. Dicho eso, se plantea hablar de Tim Crane de su libro “La mente mecánica” del año 2003, en donde se abordaban ideas de la mente como una representación mecánica, en conjunto con fenómenos de la mente desde este punto de vista mecánico como el fenómeno de la conciencia y el pensamiento. Y por último, Michael S. Gazzaniga en su libro titulado “El pasado de la mente” del año 1998, que rescataba ideas como la sensibilización neuronal

que definía el proceso sináptico y electroquímico desde una mirada filosófica pero reduccionista. También el concepto de circuitería cerebral que se define como la unión entre la conciencia y el pensamiento.

De esta forma, se intenta integrar una poética en donde el interactivo (que era el sujeto que estaba en medio del cuarto a la hora de extraer datos de su cerebro) se tratara como un cuerpo sensible desde una mirada filosófica fenomenológica, partiendo principalmente de la idea que el cuerpo es el punto de cero dentro de un espacio y tiempo designado en nuestra realidad. Así mismo, se empieza a interpretar al cuerpo como un estado de concebir la conciencia y al mundo. En donde la imagen del “yo” presentando como cuerpo era la lógica de una construcción para hacer a un cuerpo sensible a los estímulos externos, sin importar de qué tipo eran.

Posteriormente, se empezó a diseñar un objeto para el registro de datos electroencefalográficos, pensando principalmente en la comodidad del interactivo y en el funcionamiento de la instalación sonora. El diseño consistía en instalar en un casco (como de bicicleta) modificado y conectado a varios electrodos que tenía un electroencefalograma, el casco lo llamé NeuroKranion (Figura 5). Lo que inspiró a diseñar este prototipo fueron algunas escenas particulares de películas y anime, en donde su temática era la ciencia ficción. Estas inspiraciones visuales, por mencionar algunas fueron; la película *Brainstorm* dirigida por Douglas Trumbull (Figura 6), la película *Back to the future* dirigida por Robert Zemeckis (Figura 7), la película *Matrix* dirigida por Lana Wachowski y Lilly Wachowski (Figura 8). En algún momento estas inspiraciones visuales estuvieron presente durante la primera propuesta de la pieza, y no solo como inspiraciones visuales, sino que quería lograr un acontecimiento similar a lo que sucede en las escenas de cada una de estas películas.

Dentro del diseño y funcionamiento del NeuroKranion se tenía planeado colocar un sensor infrarrojo o de movimiento, el propósito era activar la instalación sonora al momento de que el interactivo se sentara en medio del cuarto y se colocara el caso. Pero no fue hasta las primeras con un electroencefalograma formal con el Doctor Hugo Solís Ortiz, que se entendió que la colocación de los electrodos necesariamente alguien tendría que colocarlos. Y el prototipo como tal de NeuroKranion se removió de la instalación por cuestiones de un óptimo funcionamiento del electroencefalograma. De este modo también se buscó una herramienta para que el registro de datos del electroencefalograma fueran más cómodos de registrar, guardar y analizar, lo cual se propuso utilizar un programa de Java llamado Spikes-Backyard Brains. Pero se deja de lado ya que no tenía los suficientes conocimientos y el tiempo necesario para aprender del programa. Por otro lado, se propone utilizar faros o torres

de luz que estuvieran conectadas entre sí para crear una especie de poética entre el movimiento que hacía el audio, ya que en este momento no se había quitado la propuesta de que la instalación fuera multicanal.

De este modo, habría una relación entre el movimiento y la ubicación de la luz a partir del sonido del cuarto, en donde se empezó a pensar en una maqueta para el montaje de la instalación (Figura 9). Esta propuesta de los faros de luz se removió ya que se pensó que podría distraer del contenido en vivo que se proyectaba a través de las cámaras. Así mismo, la idea de transmitir a través de las cámaras para proyectar o transmitir en pantallas no lograron ser un elemento fundamental para cumplir el objetivo principal de la instalación que era “escucharse”. Para finalizar esta sección sobre los cambios que ha tenido la instalación sonora de NeuroFonías, y para empezar a explicar como la pieza se convirtió en un performance tipo concierto es necesario mencionar lo siguiente.

Durante el trimestre once se piensa en otra propuesta artística y conceptual pero sin olvidar el interés personal en explorar el cerebro y crear una experiencia sonora en conjunto con el público. Es a través de diversas asesorías con el Doctor Hugo Solís García que se empieza a moldear una propuesta artística, el performance, el cual resolvía cuestiones artísticas que quedaban en el aire, y que de forma conceptual también ayudaba. De este modo, el performance tipo concierto surge como una gran posibilidad de llevarse a cabo, pero en entonces que salió un detalle, y es que no existía una problematización de mi obra, por lo tanto no existían bases sólidas que sustentaran mi pieza, empezando con ello una investigación exhaustiva con el fin de encontrar un concepto a mi pieza. Más tarde, se descartaron los autores antes mencionados como Jorge Volpi hasta Michael Gazzaniga, ya que dentro de las clases y asesorías con el Doctor Fernando Monreal, pude acercarme al trabajo de Andy Clark y David Chalmers, porque dentro de su trabajo sobre el externalismo cognitivo hasta los sistemas ensamblados o acoplados dieron forma y argumentación para tomar el concepto general del performance, la relación Cerebro-Máquina.

A partir de la propuesta artística del performance se logra tener una visualización y un plan de trabajo, y es donde reluce uno de los mayores retos para el performance que fue el registro de actividad neuronal a través de un EEG. Ya que resultaba complicado hacer pruebas cuando no tenía ningún EEG a mi alcance, por lo que entre pláticas con Hugo Solís y Hugo Solís Jr. decidieron apoyarme con los materiales necesarios para hacer un análisis digno de mi cerebro, específicamente lo que veía. Por lo tanto, se optó por utilizar SuperCollider para el registro y guardado de datos de la actividad neuronal propia, ya que

resultaba más cómodo de transportar los registros a otro programa de visualización como son reaper, audacity y audition.

Es entonces que se decide por cambiar elementos del montaje que antes se tenía con la instalación sonora, pero ya no eran necesarios para el performance. Estos cambios fueron los siguientes; se eliminaron los tres proyectores o pantallas donde solo se deja una, con el propósito de que el público fuera el que estuviera viendo y eligiendo las imágenes, es decir, el sujeto que iba a ser la fuente de registro de actividad neuronal tendría que estar separada en otro cuarto, ya que para que el registro fuera limpio no tiene que haber distracciones y estar casi a oscuras. Por lo que se plantea que el espacio donde estuviera el público tendría que estar apartado del cuarto donde sería la recolección de datos de EEG en vivo (Figura 10).

Se sigue manteniendo el sistema de audio multicanal de seis salidas casi alrededor del mismo público, este público interactor tendría la posibilidad de disfrutar los cambios de sonidos, pero también jugaría un papel muy importante, ya que este cambiaría y seleccionaría las imágenes que yo vería en otro cuarto con el fin de estimular y condicionar mis reacciones al momento ese tipo de imágenes (Figura 11). Para esto se estaba diseñando una interfaz con botones de arcade dentro de una caja de madera (Figura 13) con el único fin de que el público fuera un participante activo en la realización del performance, y más adelante se explicará el porqué se descarta de la pieza.

A partir de lo anterior se añade una pieza importante al performance como una herramienta, pero también para encontrar un concepto que conduzca de manera conceptual a la pieza. La máquina de aprendizaje fue y es una propuesta que juega como un elemento de suma importancia para el performance, tenía el objetivo de ser la encargada de discernir entre si estoy viendo una imagen u otra (Figura 12). De esta manera se hicieron un par de ejercicios, y que por cuestiones de tiempo no se pudieron aplicar en el performance final, ya que nunca antes había tenido un acercamiento en cuanto a la programación de este tipo de modelos de aprendizaje con una máquina.

Entrando de manera breve en la explicación del tipo de imágenes que iba a ver, se tomó en cuenta las opiniones del Doctor Hugo Solís García, ya que para analizar algo específico del registro de EEG por lo que se decide optar por recopilar imágenes de mi familia porque representaban un elemento emotivo personal al momento de ver este tipo de imágenes. Por otro lado, se decide trabajar con imágenes que fueran impactantes e inesperadas ante mi percepción visual, entonces se decidió por recopilar imágenes con contenido pornográfico y de violencia explícita, esto se explicará con más detalle durante la descripción de mi proceso creativo dentro de la visualidad.

## **Proceso creativo de performance NeuroFonías.**

Para empezar a describir el proceso creativo es importante situarnos en el planteamiento de la pieza con el que se trabajó a largo de la pieza en cuestiones técnicas, conceptuales y artísticas hasta llegar al día del performance NeuroFonías. De esta manera, el proceso creativo se divide en tres partes; visualidad, sonoridad y la retroalimentación entre la visualidad y sonoridad.

### **Visualidad** Percepción Valorativa

La experiencia visual dentro del performance contempla al público y al sujeto en el que se está recabando datos de su cerebro (que en este caso soy yo), de aquí parto para entender que para poder analizar mi percepción visual y este verse reflejado en el registro del EEG fue necesario definir qué estímulos visuales externos iba a ver. Como se explicó anteriormente, cuando la propuesta era una instalación sonora, se había propuesto jugar con mi imagen y la del público, al principio se escuchaba como una estrategia adecuada a la experiencia visual, ya que la pieza giraba en torno a la premisa de “escucharse”. Pero al momento de comprender que necesitaba especificar lo que se quería lograr registrar a través de mi percepción visual, se propone trabajar alrededor de imágenes.

Esta decisión se toma en conjunto con Hugo Solís y Hugo Solís Jr., de esta manera se especificaba lo que se quería analizar en mi actividad neuronal. En esta parte me permito hacer un paréntesis, la decisión también de que solo se analizará la actividad neuronal propia fue mi decisión. La razón principal es que los datos electroencefalográficos que iba a recibir de una persona del público no la podía controlar del todo, fue por comodidad la decisión de que en el performance fuera yo el que estaría conectado al electroencefalograma. De tal forma y cerrando el paréntesis, se define trabajar con tres grandes categorías de imágenes; mi familia los cuales se componían de fotografías escaneados de álbumes familiares, y que más adelante explicaré cuál fue el proceso, también imágenes de pornográficas y violencia explícita, los cuales también tuvieron su proceso de selección y edición.

A modo de cierre, la percepción del performance era muy importante ya que jugaba con la realización de tres grandes categorías de imágenes que tenía un valor específica en mi percepción visual, y que se eligieron con el único propósito de ser estímulos visuales externos que pudiera procesar, así mismo ser registrados, analizados y traducidos en estados sonoros que explicaré más adelante.

## Selección y edición de imágenes por categorías.

Dentro de las tres grandes categorías de imágenes empezaré por explicar el proceso que tuve que pasar para poder tener las imágenes, más que imágenes son fotografías que contiene recuerdos familiares específicos que seleccione porque tenían cierta carga emocional que me hacía revivir el pasado cuando las veía. Este proceso fue bastante lento, ya que tuve que transportarme en repetidas ocasiones a la casa de mis abuelos para poder escanearlas, pero fueron las historias contadas detrás de la fotografía hacían explotar un sentido emocional y sentimental único para cada foto, ya que me podía sentir feliz, triste o melancólico al ver las fotos, pero al final cada foto lograba ese carácter emocional en mi al momento de verlas.

Se editaban para que todas las fotografías tuvieran la misma escala, brillo y códec, esto con el fin de que el visualizador las pudiera leer, y que explicaré a continuación. Pero antes de entrar a esa explicación, mencionaré brevemente el proceso de las dos categorías de imágenes faltantes que son; pornografía y violencia explícita. El proceso de estas dos últimas categorías fue bastante similar, se buscó dentro de Google imágenes bajo la misma etiqueta, pero no fueron elegidas al azar ya que se elegían con el fin de fueran impactantes y con carácter de inesperadas al momento de verlas.

De este modo, me permito seleccionar solo aquellas imágenes con contenido pornográfico y de violencia explícita que considero que lo sean; en cuanto a las imágenes pornográficas intento que no tengan marcas de agua de empresas que se dedican a lo mismo, y por parte de las imágenes de violencia explícita también intento que no tengan marca de agua de nombres de noticieros o periódicos. La mayor dificultad dentro de estas categorías era que no podía descargar las imágenes en cualquier lado, solamente las descargaba en casa y con VPN para cuidar mis datos personales.

## Visualización de imágenes aleatorias.

Para terminar esta división del proceso creativo en cuanto a la visualidad del performance, mencionaré brevemente del proceso que me llevó a decidir la forma en cómo se tenía pensado presentar las imágenes y cómo finalmente se presentaron. Dentro de las pruebas que se hicieron en conjunto con el Doctor Hugo Solís se utilizó el programa Processing (Figura 14) en lenguaje de java, para administrar y lanzar estas imágenes para que yo las pudiera ver de manera aleatoria. Al final el número de imágenes fueron aproximadamente quinientas, y que más tarde se recabaron más de mil pero por cuestiones de tiempo no se añadieron a la versión final del visualizador. La función principal del visualizador era estimular mi

percepción visual y registrar los datos electroencefalográficos, para después analizarlos y traducirlos.

Por otro lado, se tenía un segundo propósito que contemplaba este visualizador de imágenes, la cual sincronizaba el registro del EEG justo en el momento en el tiempo en que veía una imagen. Solo se analizaba en el segundo exacto que yo veía la imagen y lo que el EEG registra. Cabe mencionar que dentro de las pruebas con el EEG se utilizaron entre 4 a 6 electrodos en diferentes partes mi cráneo pero siempre registrando mi área occipital y pre frontal que es donde se procesan los estímulos audiovisuales del cerebro respectivamente, pero en el performance solo se utilizaron 4 electrodos colocados justo en el área occipital y pre frontal de mi cerebro.

Esto dio lugar a una serie de problemas que no tenía previsto en cuanto a la realización técnica del performance, uno de esos problemas fue la conexión entre el EEG a mi laptop. Anteriormente se había conectado a una tarjeta de audio de ocho canales a otra laptop donde sucedía el registro y visibilidad de datos electroencefalográficos en SuperCollider. Pero por cuestiones de tiempo y materiales limitados la conexión entre el EEG a mi laptop no se hizo, por lo que se optó el día de la presentación por ocupar un archivo del registro del EEG durante las pruebas semanas antes del performance.

Por lo que el visualizador de imágenes se proyectó en una sala mandando de manera aleatoria las tres categorías de la imágenes, aquí fue cuando se decidió por cuestiones de espacio que no podría utilizar dos cuartos para el performance, ya que como se había mencionado antes se necesitaban dos cuartos; uno donde estuviera el público interactor cambiando las imágenes con la interfaz de manera, y en otro cuarto donde se pretendía que sucediera el registro del EEG. Al final y durante el performance solo se utilizo un cuarto en donde se proyectaba el visualizador de imágenes de manera aleatoria, y por cuestiones de tiempo no se pudo implementar la interfaz para que el público cambiará las imágenes a su gusto, por lo que el visualizador duró el tiempo que yo decidí que durará, aproximadamente quince minutos de imágenes aleatorias con duración de un segundo en pantalla y entre dos a diez segundos se proyectaba imagen completamente negra (Figura 15).

Este era un juego que se decidió implementar, ya que no podían salir todo el tiempo las imágenes, por lo que se juega con una imagen negra en un tiempo aleatorio y después se lanza una imagen aleatoria de las tres categorías. De esta manera podemos entrar a la parte de sonoridad, el cual se explicará brevemente el proceso de composiciones sonoras dependiendo de las categorías de imágenes y como se mandaban, los problemas y las soluciones que tuvieron presencia el día del performance.

## Sonoridad

Durante el proceso de creación en la parte de sonoridad del performance, hubo ciertos cambios en cuanto al montaje unos más importantes que otros ya que hacían que se pensara mejor en la propuesta artística. Dentro de esos cambios fue el hecho de que se iba a presentar en un solo cuarto, y no en dos como se habían pensado, de tal forma que el sistema multicanal para espacializar el audio se redujo al sistema estéreo que tenía la sala de proyecciones. Este fue uno de los cambios que no se tenía previsto, se decidió de esta manera por cuestiones de espacio, materiales y tiempo.

### Composición sonora por categorías de imágenes.

En cuanto al proceso de las composiciones sonoras se dividió en tres partes; la primera parte consistió en la búsqueda y recopilación de samplers que se relacionaban con los posibles sonidos que pudiera tener el contenido de las categorías de imágenes con las que se trabajaron, es decir sonidos que tuvieran una estrecha relación con la categoría de imágenes. Se recopiló aproximadamente treinta samplers por cada categoría (familia, pornografía y violencia explícita) en donde se trato de hacer un paisaje sonora en cada composición sonora.

La duración de las composiciones sonoras finales fue entre los diez y once minutos (treinta minutos de composiciones sonoras), en donde cada composición cuenta una historia si es que se escuchan por separado. De esta manera, para la aplicación del sistema analizador en vivo había un problema, y que las composiciones eran muy largas. Pero personalmente quería que tuvieran una continuidad, no quería que la composición durará solo el tiempo que veo la imagen, de tal modo se juega con distintos métodos para llamar a las composiciones simultáneamente. Después corto en tres partes cada composición sonora con fines de comodidad a la hora de llamar los audios o buffers, ya que por lo duración tan larga que tenían, se dificultaba una experiencia sonora que quería presentar, haciendo que las composiciones fueran lineales, sin texturas o movimientos.

### Análisis a tiempo real de registro EEG.

A partir de la explicación anterior de cómo se usaron las composiciones sonoras en tres partes, es cuando se comenzó a pensar en la idea de la experiencia sonora persona y la del público que estaría todo el tiempo viendo las mismas imágenes que yo. Por tanto, se trabaja en SuperCollider como una herramienta para la interpretación, análisis y traducción de los datos que registraba el EEG, pero como ya se mencionó antes, solo se utilizó un archivo de la

última prueba del EEG con el Doctor Hugo Solís Ortíz. Este archivo funciona como el registro central dentro del analizador de SuperCollider (Figura 16) para activar distintos audios o buffers dependiendo de los parámetros de la función, esta función se llama Zero Crossing el cual actúa como una especie de filtro de señal a partir de una señal cruda (el registro de EEG), específicamente analiza una frecuencia en un tiempo dado sobre el eje de las x, es decir analiza solamente la longitud de onda de una frecuencia.

De esta manera, este filtro lanza ciertos datos entre el cero y el doscientos cincuenta y cinco, por lo que de forma arbitraria y a través de pruebas de los tipos de datos que lanzaba el filtro, se lanzaba los audios o buffers bajo las etiquetas de ; ~m\_vio, ~m\_porno y ~m\_fam. Estos son llamados así con el fin de relacionarlos con el tipo de composición sonora que se pretende lanzar, y en donde bajo ciertos parámetros; entre el ochenta y el doscientos se lanzaba audio bajo la etiqueta ~m\_vio, entre ciento cuarenta y ciento cincuenta se lanzaba audio bajo la etiqueta ~m\_porno, entre doscientos y doscientos diez se lanzaba audio bajo la etiqueta ~m\_fam (Figura 17). Estos audios se alternan entre sí, y de ser el caso que el valor del filtro (Zero Crossing) se repita, este empezaba en un momento aleatorio dentro del mismo audio hasta que este llegara a su fin. Es decir, siempre había audios mandándose, casi nunca había silencios, por lo que dentro de la propuesta en términos de estímulos sonoros o cómo llegué a plantear como estados sonoros, estos tiene una textura, movimiento y cuentan una historia en un nivel sonoro.

### **Retroalimentación Audiovisual en Performance/Concierto.**

Cambios sonoros en tiempo real a partir de imágenes.

Es cierto que la parte de visualidad y sonoridad se trabajaron de forma separada, pero desde las primeras pruebas con el EEG siempre se trabajó la parte de los estímulos visuales como elementos fundamentales y necesarios a la hora de hacer los registros de EEG. Pero sin olvidar la experiencia sonora representados en estados sonoros, y es que dentro de la propuesta artística que era establecer un diálogo o relación a partir de las imágenes que yo veía proyectadas desde el exterior. Estos datos del EEG eran registrados, analizados y traducidos creando una retroalimentación sonora que se podía apreciar por parte de público.

Esta retroalimentación fue un punto de partida importante a la hora de presentar el performance, ya que ahora se sabe cuáles son los errores que se tienen que seguir trabajando. Se debe decir que este sistema de análisis fue una herramienta que se implementó porque no se tenía en su totalidad la máquina de aprendizaje. El cual fue y es un elemento muy importante que en términos técnicos representaba una manera más limpia, fina y organizada

de crear la experiencia sonora a partir de los tres grandes grupos de imágenes (familia, pornografía y violencia explícita) que se trabajaron.

En términos conceptuales representaba este sistema programado que forma parte del entorno (Figura 18) que aprendía a diferenciar datos de mi actividad neuronal registrados con el EEG a partir de mi percepción visual, la cual es considerada como la Máquina. Es justo en esta parte que se justifica la relación de Cerebro-Máquina que tanto se ha hablado durante todo el escrito y que se intenta entender como un sistema ensamblado o acoplado que funciona como una comunicación multidireccional entre los elementos externos (estímulos visuales), y cómo estos elementos tienen la capacidad de configurar los procesos cognitivos internos de un sujeto.

A partir de la anterior, es necesario explicar el procedimiento de retroalimentación sin contemplar el elemento de la máquina, ya que se tomó la decisión de utilizar el analizador en vivo como una nueva forma de crear una retroalimentación. En donde se iniciaba con la imagen llegando a mi percepción registrándose en datos de EEG, estos datos siendo analizados por un sistema de filtraje y lanzador de audios clasificados para generar estados sonoros, como resultado para explorar la mente, sobre todo la mía.

Lamentablemente por cuestiones que anteriormente se mencionaron, no se pudo realizar la conexión entre el EEG y el analizador que pretendía ser en vivo, por el contrario, se optó por usar un material del registro de EEG que ya se tenía (la última prueba de EEG). Esto no quiere decir que no exista una retroalimentación, ya que los datos que se tenía guardados formaron parte de una serie de pruebas que consistían en este ejercicio de ver las imágenes en conjunto con el registro con el EEG, aunque los datos del EEG no fueron en vivo si forman parte fundamental en la realización del performance. Cabe mencionar que las pruebas, desarrollo e implementación de la máquina de aprendizaje sigue en constante proceso, no se ha dejado de lado, ya que es una pieza importante que sustenta el performance desde el argumento teórico, así como la unión de los elementos técnicos y artísticos.

### **Montaje y Documentación.**

Durante el montaje se tomaron decisiones días antes de la presentación, pero también surgieron problemas el mismo día de la presentación del performance, que también ya se han mencionado con anterioridad en casi todo este capítulo. Estos cambios se pueden resumir como; la propuesta de utilizar dos cuartos para aislarme del resto de público que se tuvo que cambiar por ocupar el cuarto de proyecciones porque se tenía ya instalado y probado el funcionamiento del proyector, el cual utilice para la proyección de las imágenes aleatorias.

Otro cambio fue el reducir el sistema multicanal de seis salidas a una salida estéreo, esto representó un cambio profundo ya que la experiencia sonora se había planeado y trabajado para espacializar las composiciones sonoras, tuvo que ser reducido a un nivel más básico dentro de la experiencia sonora. El último cambio importante en cuanto al montaje y realización del performance fue el hecho de no implementar la interfaz en la que el público iba participar de manera activa que consistía en seleccionar las imágenes que yo iba a ver, esta acción por parte del público era fundamental ya que ellos hacían encender el performance y controlar la experiencia sonora, ya que el cambio entre imágenes hacía que se mandaran audios diferentes.

A modo de cierre es importante decir que a pesar de los cambios en la realización del performance, se logró un impacto importante al público que era el resultado que se quería explorar, acentuando que la gente estuviera en una experiencia sonora, visual y performática. Aún se necesita seguir trabajando, investigando y planeando en una justa retroalimentación en cada unos de los elementos importantes que sustentan todo el performance, el explorar la mente a partir de la relación entre el Cerebro y la Máquina.

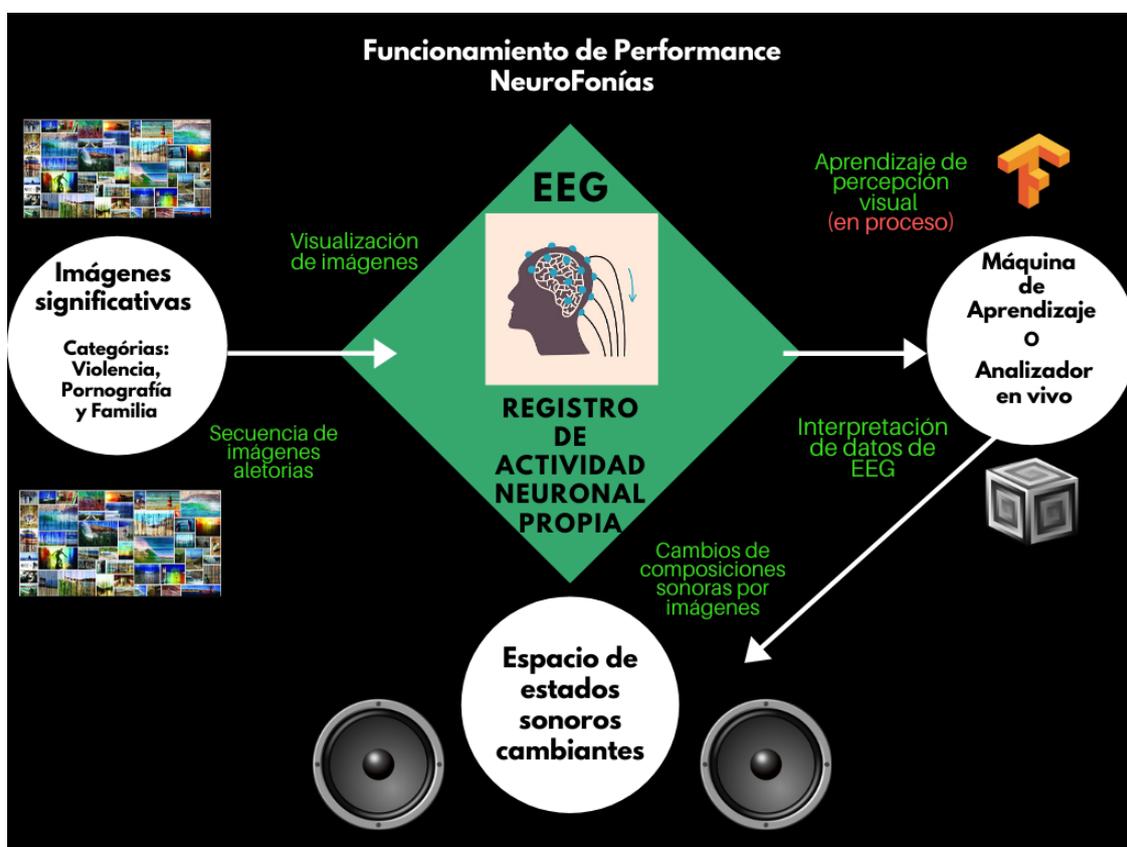


Figura 18. Esquema de funcionamiento de performance NeuroFonías. 2019.<sup>37</sup>

<sup>37</sup> Esquema de mi autoría.

## Conclusiones.

Este proyecto artístico surge de un interés personal sobre entender lo que sucede en el Cerebro en un nivel audiovisual creando una relación o diálogo del funcionamiento específico de una Máquina de aprendizaje. El objetivo fundamental de esta investigación artística era abordar el fenómeno de la mente como un punto central, en torno a una relación con el Cerebro y la Máquina. En donde más que una relación se formula como un lenguaje que interactúa en múltiples direcciones entre mi Cerebro y un sistema de predicción a través de una Máquina de aprendizaje. Esto se describe bajo una perspectiva post-cognitiva, el cual se centra en explicar que los estímulos que se encuentran en un entorno o ambiente dado, tienen la capacidad de cambiar, configurar y modificar los procesos cognitivos internos de un organismo o sujeto.

De este modo, y a través del esquema teórico que postula Andy Clark y David Chalmers, se puede afirmar que la mente se descentraliza dentro de la arquitectura biológica del Cerebro, así mismo se presenta como un agente que se mueve dentro de la comunicación con la Máquina. Explorando la posibilidad de que la mente puede estar en el entorno o ambiente dado, así como en el organismo o sujeto. La mente se pierde en esta lectura, pero se puede encontrar a partir de la propuesta artística postulada, diseñada y realizada en relación con ciertos estímulos visuales que se pueden transformar en el cerebro, traduciéndose a estados sonoros particulares.

Dentro de la propuesta artística se define como un performance tipo concierto, a partir del funcionamiento en la presentación. Este inicia con el proceso de visualización de tres grandes categorías de imágenes (familia, pornografía y violencia explícita). En este momento el público y yo teníamos la posibilidad de ver las imágenes en vivo, por lo que formaron parte del performance ya que el público veía estos estímulos visuales que tenían el propósito de potencializar mi actividad neuronal. De esta forma, me encontraba conectado a un

electroencefalograma el cual no registraba mi actividad neuronal en tiempo real, por lo que se utilizó un archivo guardado para analizar y un sistema de análisis para filtrar la información. Cabe mencionar que no se presentó la máquina de aprendizaje, el cual se encargaba de discernir mis percepciones visuales a través de las imágenes que veía y como resultado mandaría las diferentes composiciones sonoras. Esto debido a una serie de complicaciones materiales, técnicas y personales que se explicaron durante el proceso creativo en el capítulo tres.

Esto no quiere decir que el objetivo que tiene el performance no se logró, por el contrario se tuvo un gran acercamiento al intentar explorar la relación Cerebro-Máquina en múltiples ocasiones durante las pruebas recabadas con el electroencefalograma y durante la presentación del performance. Tuve la oportunidad de presenciar el impacto que tuvo en el público al momento de sumergirse conmigo en esta experiencia audiovisual de mi mente. Me atrevo a decir que hasta pude ser parte de su mente y ellos de mi mente durante quince minutos. El público vio mi memoria a través de las fotografías de mi familia, vio igualmente estas imágenes que visualmente me impactaron con contenido de pornográfico y violento, pero sobre todo, el público escuchó esta serie de composiciones sonoras que contaban múltiples historias en torno a las tres categorías de imágenes.

En la exploración audiovisual durante el performance en este sentido se sigue pensando, trabajando y desarrollándose con la intención de encontrar estrategias, con el fin de presentar una experiencia visual y sonora en el que esté añadida la máquina de aprendizaje. Ya que representa un agente fundamental dentro del funcionamiento del performance, y así mismo es un elemento importante para explicar esta relación que permea todo el proyecto artístico, la relación Cerebro-Máquina.

## Anexos.

### Capítulo I. Imágenes.



*Imagen 1.* Performance *Music for Solo Performer* de Alvin Lucier (izquierda) y John Cage (derecha). 1988. Special Collections & Archives, Wesleyan University.



*Imagen 2.* Música Elettronica Viva (MEV) y Richard Teitelbaum (centro). 1967. Fotografía tomada en Colonia, Alemania.



*Imagen 3.* Instalación y performance *Ecology of Skin* de David Rosenboom. 1970. Automation House en Nueva York. Fotografía: Peter Moore.



*Imagen 4.* Álbum de Improvisación y performance en vivo *Mise en musique du Corticalart* de Roger Lafosse. Producido por Pierre Henry. 1971. París, Francia. Ilustración y portada por Christian Morin.



*Imagen 5.* Performance de colectivo *Sensorband* de Atau Tanaka (*Biomuse*), Edwin van der Heide (MIDIconductor), Zbigniew Karkowski (infrared technologies). 1994. Paradiso, Amsterdam. Video: d.g. graber.



*Imagen 6.* Instalación/Concierto *Music for Online Performer* de Tim Mullen, Richard Warp, Adam Jansch conectados vía Internet con San Diego; San Francisco en Estados Unidos y Huddersfield, Reino Unido. 2010. Grabado en University of Huddersfield, Reino Unido.



Imagen 7. Performance/Concierto *EMO-Synth* de Valery Vermeulen. 2013. Museum Night Fever at the Musical Instruments Museum en Bruselas, Bélgica. Fotografía: Tom Van Laere.

## Capítulo II y III. Esquemas, Códigos y Fotografías.

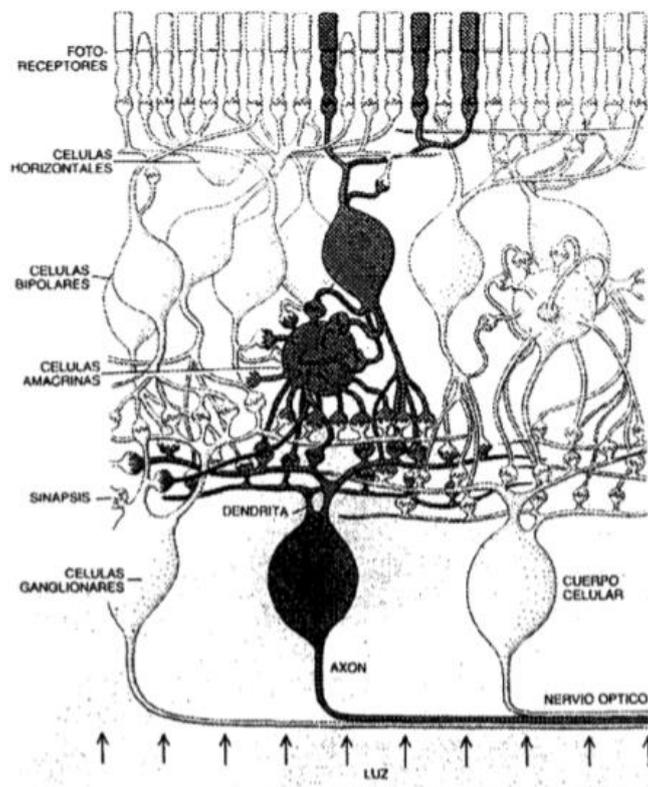


Figura 2. Histología de las células de la retina Recuperado de: <http://www.ub.edu/pa1/node/33>. 16/11/2019 a las 10:14pm.

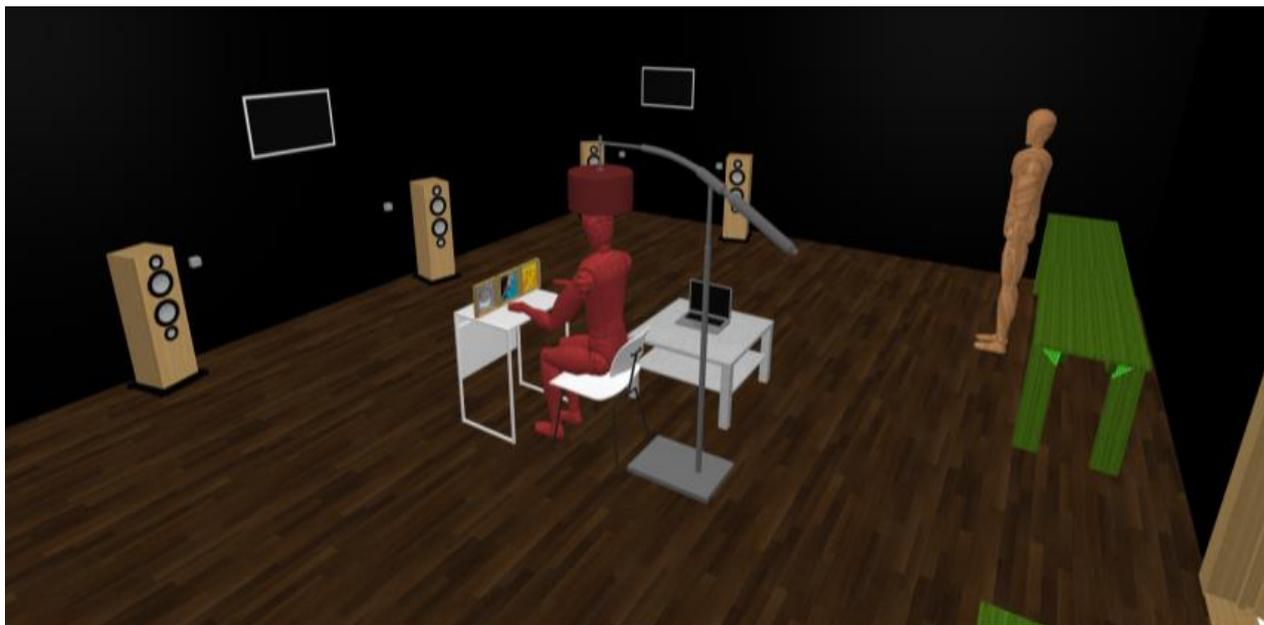


Figura 3. Maqueta #1 de Instalación Sonora. 2018.<sup>38</sup>



Figura 4. Maqueta #2 de Instalación Sonora, vista de arriba. 2018.<sup>39</sup>

<sup>38</sup> Maqueta de mi autoría.

<sup>39</sup> Maqueta de mi autoría.

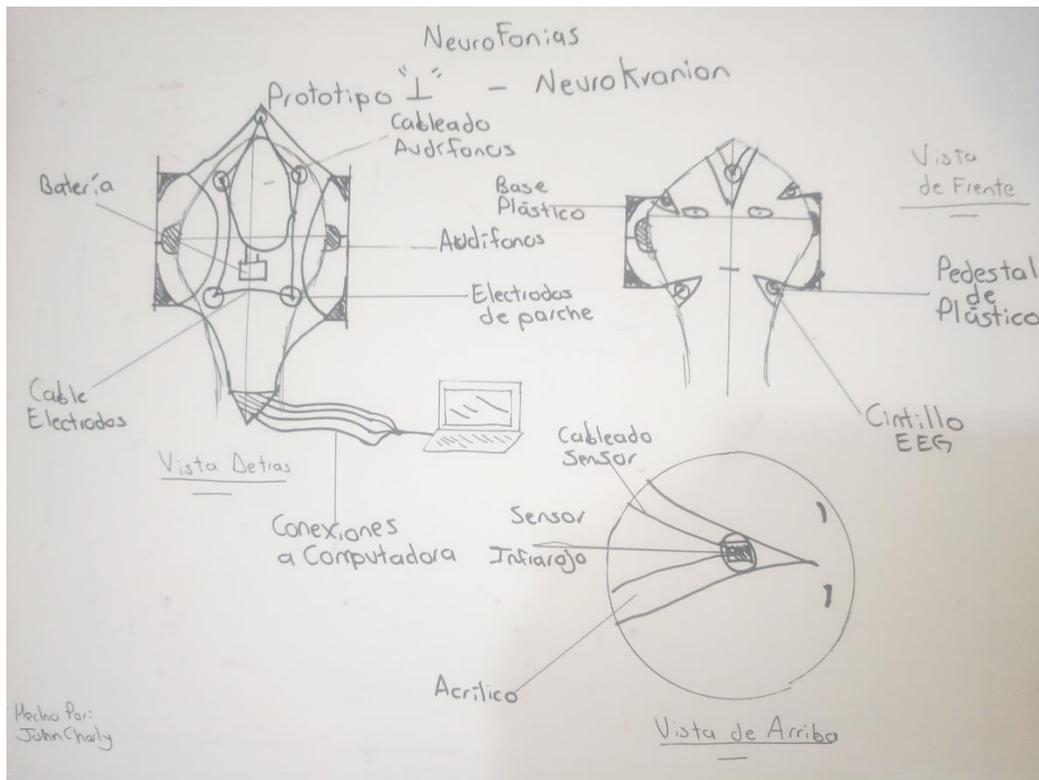


Figura 5. Boceto único de NeuroKranion. 2018.<sup>40</sup>



Figura 6. Escena de película Brainstorm. Dirigida por Douglas Trumbull. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=WZcmp6QoDVg>. 17/11/2019 a las 4:33 pm.

<sup>40</sup> Boceto de mi autoría.



Figura 7. Escena de película Back to the Future. Dirigida por Robert Zemeckis. Recuperado de: <https://100scifimovies.com/back-to-the-future/>. 17/11/2019 a las 4:40 pm.



Figura 8. Escena de película Matrix. Dirigida por Lana Wachowski y Lilly Wachowski. Recuperado de: <http://noche-susurros.blogspot.com>. 17/11/2019 a las 4:48 pm.

**1# NeuroFonías – Posible Espacio-Montaje**  
**Versión Grande. Vista desde arriba.**

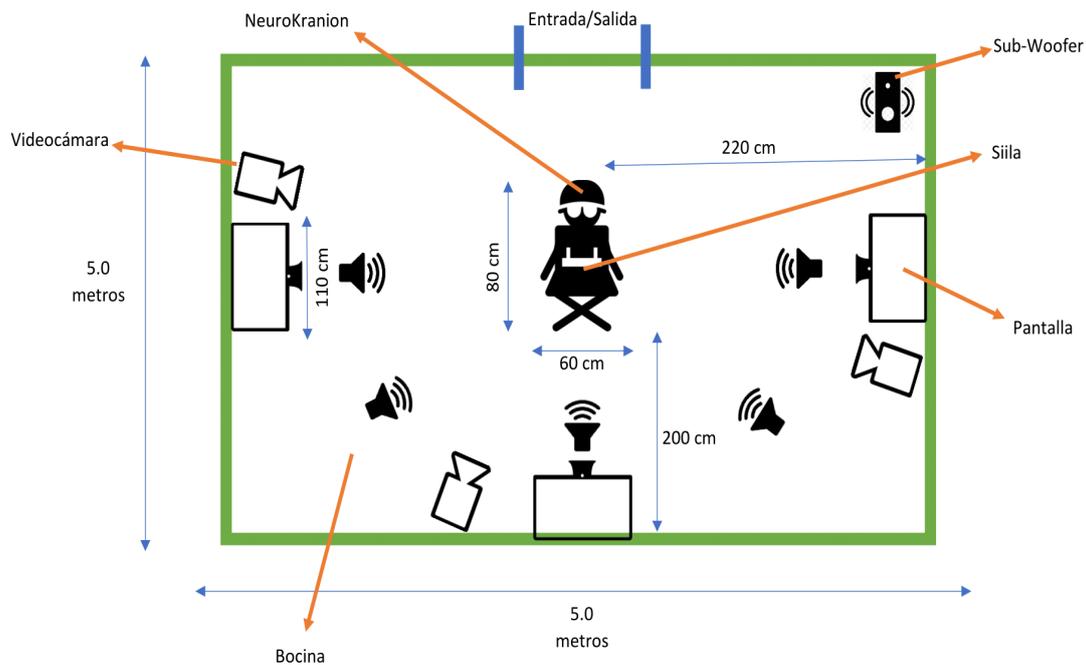


Figura 9. Iconograma de montaje NeuroFonías. 2018.<sup>41</sup>



Figura 10. Maqueta #3 de performance NeuroFonías. 2019.<sup>42</sup>

<sup>41</sup> Iconograma de mi autoría.

<sup>42</sup> Maqueta de mi autoría.



Figura 11. Maqueta #4 de performance NeuroFonías. 2019.<sup>43</sup>

```

Python comunicacion Supercollider x  entrenar.py  predecir.py x
1 import sys
2 import os
3 from tensorflow.python.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
4 from tensorflow.python.keras import optimizers
5 from tensorflow.python.keras.models import Sequential
6 from tensorflow.python.keras.layers import Dropout, Flatten, Dense, Activation
7 from tensorflow.python.keras.layers import Convolution2D, MaxPooling2D
8 from tensorflow.python.keras import backend as K
9
10 K.clear_session()
11
12 data_entrenamiento= './data/entrenamiento'
13 data_validacion= './data/validacion'
14 """
15 Parameters
16 """
17 epocas = 20
18 longitud. altura = 150, 150
19 batch_size = 32
20 pasos = 10000
21 validation_steps = 300
22 filtrosConv1 = 32
23 filtrosConv2 = 64
24 tamaño_filtro1 = (3, 3)
25 tamaño_filtro2 = (2, 2)
26 tamaño_pool = (2, 2)
27 clases = 3
28 lr = 0.0004
29
30 ##Preparar muestras de imagenes
31 entrenamiento_datagen = ImageDataGenerator(
32     rescale = 1./255,
33     shear_range = 0.3,
34     zoom_range = 0.3,
35     horizontal_flip = true
36 )
37
38 validacion_datagen = ImageDataGenerator(
39     rescale = 1./255
40 )

```

Figura 12. Captura de pantalla de código en python para máquina de aprendizaje. 2019.<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Maqueta de mi autoría.

<sup>44</sup> Código de mi autoría.

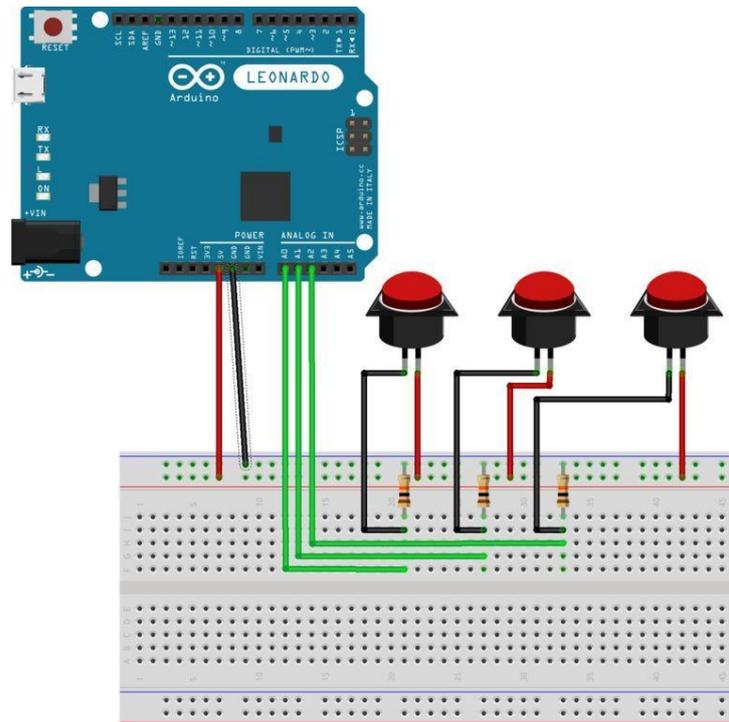


Figura 13. Esquema de conexión para interfaz con botones de arcade. 2019.<sup>45</sup>

```

Visualizador_de_imagenes
import supercollider.*;
import oscPS.*;
import netPS.*;

Server server;
Synth synth;
int numImages = 499;
PImage[] images = new PImage [numImages];
int tiempo=0;
int t_actualizado = 0;
int t_retardo = 1500;
boolean isBlack = true;
float t_negro;

void setup(){
  fullscreen();
  //size(800, 800);
  smooth();
  background(0);

  server = new Server("192.168.1.94", 57110);

  for (int i = 0; i < images.length; i++){ //c
    String imageName = + i + ".jpg";
    images[i] = loadImage(imageName);
    //images[i].resize(800, 800);
    images[i].resize(1920, 1080);
  }
  t_negro = random(1000, 10000);
  synth = new Synth("dc",server);
  synth.create();
}

```

Figura 14. Código en Processing para visualizador de imágenes aleatorias. 2019.<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Esquema de mi autoría.

<sup>46</sup> Código de mi autoría.

```

Visualizador_de_imagenes
t_negro = random(1000, 10000);
synth = new Synth("dc",server);
synth.create();
}

//SE DIBUJAN T_NEGROS Y T_IMAGENES
void draw(){
  tiempo = millis();
  if(isBlack){
    if(tiempo > t_actualizado + t_retardo){
      background(0);
      t_actualizado = tiempo;
      isBlack = false;
      println("negro");
      synth.set("val", 0);
    }
  } else {
    if(tiempo > t_actualizado + t_negro){
      int imagenRan = int(random(0, numImagenes));
      image(images[imagenRan], 0, 0);
      //MANDAR SONIDO CUANDO SE DIBUJE IMAGEN
      synth.set("val", imagenRan + 1);
      t_actualizado = tiempo;
      isBlack = true;
      t_negro = random(2000, 10000);
      println("imagen " + imagenRan);
    }
  }
}

void exit(){
  synth.free();
}

```

Figura 15. Código en Processing para visualizador de imágenes aleatorias #2. 2019.<sup>47</sup>

```

s = Server.local;
s.boot;
s.reboot;
Server.killAll;
s.freeAll;
s.quit;

{-m_viol1 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion violencia parte 1.wav", 0, -1);
-m_viol2 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion violencia parte 2.wav", 0, -1);
-m_viol3 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion violencia parte 3.wav", 0, -1);
-m_viol4 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion violencia parte 4.wav", 0, -1);
-m_porno1 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion porno parte 1.wav", 0, -1);
-m_porno2 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion porno parte 2.wav", 0, -1);
-m_porno3 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion porno parte 3.wav", 0, -1);
-m_porno4 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion Porno parte 4.wav", 0, -1);
-m_fam1 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion familia parte 1.wav", 0, -1);
-m_fam2 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion familia parte 2.wav", 0, -1);
-m_fam3 = Buffer.read(s,"C:/Users/carli/Desktop/NeuroFonias/Composiciones por partes/Composicion familia parte 3.wav", 0, -1);

(SynthDef(\tocador, { arg out=0,buf, gate=1;
  var audio, pos;
  pos = Trand.kr(0,1,gate)*BufFrames.kr(buf);
  audio = PlayBuf.ar(2, buf, BufRateScale.kr(buf),gate,pos,doneAction:2);
  Out.ar(out,audio);
  }).add);

Synth.new(\tocador, {\out, 0, \buf, -m_fam.bufnum});
//.play(s,{\out, 0, \bufnum, -m_fam.\rate, 1, \startPos, -m_fam.numFrames.rand});

(p = "C:/Users/carli/Music/ler Registro EEG_2 canales.wav";
a = SoundFile.new;
a.openRead(p);
d = a.numFrames/s.sampleRate; // get the duration
a.close; // don't forget
b = Buffer.cueSoundFile(s, p, 0, 2);
(f = {
  var trigger = Impulse.kr(5);
  var signal = DiskIn.ar(2, b.bufnum);
  var zc = ZeroCrossing.ar(signal[0]);
  //calcular el pitch
  var filter = LPF.ar(zc, 2);
  SendTrig.kr(trigger, 0, filter);
}

```

Figura 16. Captura de pantalla de código en SuperCollider para analizador en vivo de EEG. 2019.<sup>48</sup>

<sup>47</sup> Código de mi autoría.

<sup>48</sup> Código de mi autoría.

```

(SynthDef(\tocador, { arg out=0,buf, gate=1;
  var audio, pos;
  pos = TRand.kr(0,1,gate)*BufFrames.kr(buf);
  audio = PlayBuf.ar(2, buf, BufRateScale.kr(buf),gate,pos,doneAction:2);
  Out.ar(out,audio);
}).add;)

Synth.new(\tocador, [\out, 0, \buf, ~m_fam.bufnum]);
//.play(s,\out, 0, \bufnum, ~m_fam,\rate, 1, \startPos, ~m_fam.numFrames.rand]);

(p = "C:/Users/carli/Music/ler Registro EEG_2 canales.wav";
a = SoundFile.new;
a.openRead(p);
d = a.numFrames/s.sampleRate; // get the duration
a.close; // don't forget
b = Buffer.cueSoundFile(s, p, 0, 2);
(f = {
  var trigger = Impulse.kr(5);
  var signal = DiskIn.ar(2, b.bufnum);
  var zc = ZeroCrossing.ar(signal[0]);
  //calcular el pitch
  var filter = LPF.ar(zc, 2);
  SendTrig.kr(trigger, 0, filter);
});
x = f.play;
(r = Routine({
  loop({ d.wait; x.free; x = f.play; b.close( b.cueSoundFileMsg(p, 0) ));
}).play;)

(OSCdef(\entrada, {|msg, time, addr, recvPort|
  msg[3].postln;
  if(msg[2] == 0, {}); //recieivnedo zc
  if(msg[2] == 1, {}); //recieivnedo pitch
  if((msg[3] > 80) && (msg[3] < 100), {Synth(\tocador, [\out,0,\buf, ~m_viol.bufnum]}));
  if((msg[3] > 200) && (msg[3] < 210), {Synth(\tocador, [\out, 0, \buf, ~m_fam2.bufnum]}));
  if((msg[3] > 140) && (msg[3] < 150), {Synth(\tocador, [\out,0, \buf, ~m_porno2.bufnum]}));
}, '/tr:'); // def style

r.stop; x.free; b.close; b.free;

```

Figura 17. Captura de pantalla de código en SuperCollider para analizador en vivo de EEG #2. 2019.<sup>49</sup>

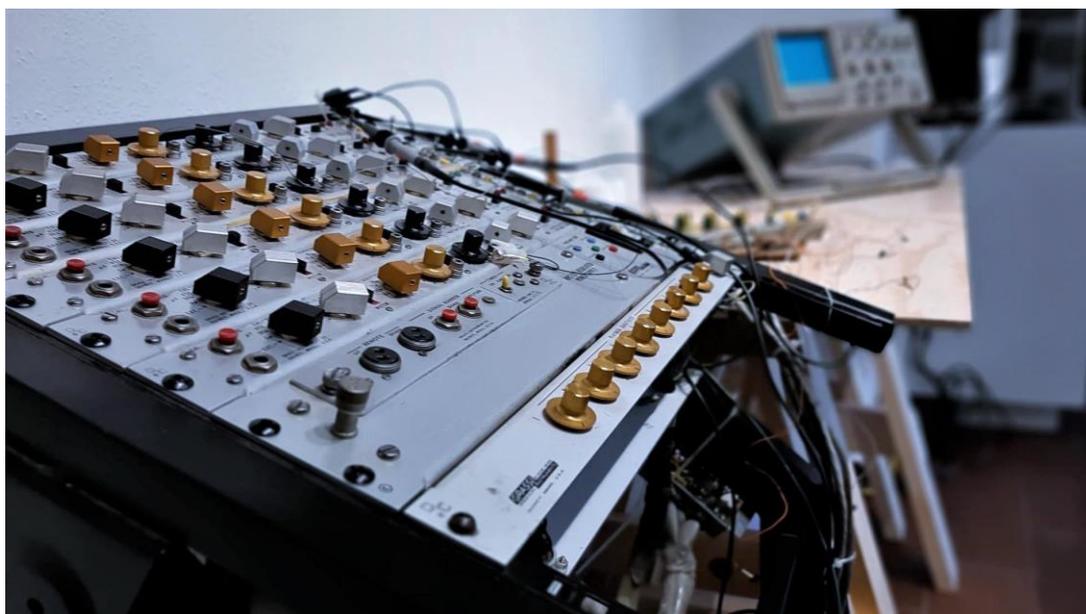


Figura 19. Fotografía de documentación de NeuroFonías. 2019.<sup>50</sup>

<sup>49</sup> Código de mi autoría.

<sup>50</sup> Fotografía de mi autoría.



Figura 20. Fotografía de documentación de NeuroFonías. 2019.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Fotografía de mi autoría.

## Bibliografía y Referencias.

- Alvarado, J. M. (1997). *Análisis del procesamiento de la estimulación visual: etapas y organización de los recursos atencionales*. Departamento de metodología de las ciencias del comportamiento. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Ankeny, J. (2019). *Artist Biography Pierre Henry*. [Biografía del artista Pierre Henry.] San Francisco, California. Estados Unidos. Recuperado de:  
<https://www.allmusic.com/artist/pierre-henry-mn0000344330/biography>
- Bartra, R. (2003). *La jaula de la melancolía*. Editorial Penguin Random House. México.
- Cox, C. (2003). *Undercurrents: The Hidden Wiring of Modern Music*. [Sin traducción] Londres: Continuum.
- Clark, A. (1999). *Estar ahí: cerebro, cuerpo y mundo en la nueva ciencia cognitiva*. Editorial Paidós. Barcelona, España.
- Clark, A. y Chalmers, D. (1998). *The Extended Mind*. [La Mente Extendida] Cambridge, MA. The MIT Press.
- Delgado, J. A. (Sin Fecha). *Análisis del electroencefalograma con transformada de Fourier y modelos paramétricos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Dubois, I. (2016). *Musique Interactive: concept global et perspectives d'avenir*. [Música interactiva: concepto global y perspectivas de futuro.] Ediciones Esra-Ists.
- Estany, A. (2013). *La filosofía en el marco de las neurociencias*. Departamento de Filosofía. Universidad Autónoma de Barcelona. España.
- Giménez, J. M. y Murillo, J. I. (2007). *Mente y Cerebro en la neurociencia contemporánea. Una aproximación a su estadio interdisciplinar*. Ediciones Scripta Theologica.
- Goelet, F. (2008). *Musica Elettronica Viva, MEV 40 (1967–2007)*. [Música electrónica en vivo, MEV 40 (1967-2007)]. Anthology of Recorded, Inc. Nueva York, Estado Unidos.
- Jara, N. O. y Délano, P. H. (2014). *Avances en corteza auditiva*. Facultad de Medicina. Universidad de Chile.
- Kameron, R. C. y Kapur, A. (2014). *A History of Emerging Paradigms in EEG for Music*. [Una historia de paradigmas emergentes en EEG para la música]. Victoria University of Wellington, Nueva Zelanda.

- Kolb, H. (2007). *Roles of Amacrine Cells*. [El Rol de las Células Amacrinas]. La organización de la Retina y el Sistema Visual. Webvision.
- Laubard, C. y Vatican, A. (2013). *Sigma. CAPC musée d'art contemporain de Bordeaux. Archives municipales de Bordeaux*. [Sigma. Museo CAPC de Arte Contemporáneo de Burdeos. Archivo municipal de Burdeos]. Instituto Nacional de Audiovisuales.
- Giménez, J. M. y Murillo, J. I. (2007). *Mente y Cerebro en la neurociencia contemporánea. Una aproximación a su estadio interdisciplinar*. Ediciones Scripta Theologica.
- Marín, O. (2002). *Origen de las interneuronas de la corteza cerebral: conceptos básicos e implicaciones clínicas*. Revisiones en neurociencia. Editor J.V. Sánchez-Andrés.
- Medina, N. (2008). *La ciencia cognitiva y el estudio de la mente*. Facultad de Psicología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. Revista IIPSI.
- Menary, R. (2010). *Cognitive integration and the extended mind*. [Integración cognitiva y la mente extendida]. Editorial Palgrave Macmillan. Nueva York.
- Monterroza, A. D. (2018). *La naturaleza heterogénea de los artefactos técnicos. Un análisis ontológico*. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia.
- Moya, I. (2013). *La identidad personal, el diálogo y la extensión: por qué no existe el yo sin los otros*. Universidad Andrés Bello. Santiago, Chile.
- Mullen, T. (2009). *Tim Mullen Biography*. [Biografía de Tim Mullen]. Tim Mullen's Home Page. Recuperado de: <http://www.antillipsi.net/about-me-1>
- Mullen, T. y Warp, R. (2011). *Minding the (Transatlantic) Gap: An Internet-Enabled Acoustic Brain-Computer Music Interface*. [Unir la brecha (transatlántica): una interfaz de música cerebro-computadora acústica habilitada para Internet]. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression. Oslo, Norway.
- Ortiz, M. (2016). *A Brief History of Biosignal – Driven Art. From biofeedback to biophysical performance*. [Una breve historia de Biosignal - Driven Art. Desde la biorretroalimentación hasta el rendimiento biofísico]. Ali Akbar Mehta. Recuperado de: <https://aliakbarmehta.wordpress.com/2016/09/09/a-brief-history-of-biosignal-driven-art/>
- Pimienta, H. J. (2004). *La corteza cerebral más allá de la corteza*. Revista Colombiana de Psiquiatría. Universidad del Valle.

- Plohman, A. (2000). *Atau Tanaka Biography and workshops*. [Atau Tanaka Biografía y talleres]. The Daniel Langlois Foundation Collection. Recuperado de: <http://www.fondation-langlois.org/html/e/page.php?NumPage=285>
- Rosenboom, D. (1975). *Biofeedback and the Arts: Results of Early Experiments*. [La biorretroalimentación y las artes: resultados de los primeros experimentos]. Aesthetic Research Center of Vancouver, Canada.
- Rosenboom, D. (1997). *Extended Musical Interface with the Human Nervous System: Assessment and Prospectus*. [Interfaz musical extendida con el sistema nervioso humano: evaluación y prospecto]. International Society for the Arts, Science and Technology: San Francisco.
- Rosenboom, D. (2019). *David Rosenboom: Biography*. [David Rosenboom: Biografía]. California Institute of the Arts. Santa Clarita, California, Estados Unidos. Recuperado de: <https://davidrosenboom.com/about>
- Rivière, Á. (1991). *Orígenes históricos de la psicología cognitiva: paradigma simbólico y procesamiento de la información*. Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona. España.
- Sánchez, S. M. (2017). *La hipótesis de la Mente Extendida*. Blog la máquina de von neumann. Recuperado de: <https://vonneumannmachine.wordpress.com/sobre-el-blog/>
- Straebel, V. y Thoben, W. (2017). *Alvin Lucier's Music for Solo Performer: Experimental music beyond sonification*. [Música para intérprete en solitario de Alvin Lucier: música experimental más allá de la sonificación]. Prensa de la Universidad de Cambridge.
- Tanaka, A. (1993). *Musical Technical Issues In Using Interactive Instrument Technology with Application to the BioMuse*. [Problemas técnicos musicales en el uso de la tecnología de instrumentos interactivos con aplicación a BioMuse]. Departamento de Música. Universidad Stanford.
- Tanaka, A. (2000). *Musical Performance Practice on Sensor-based Instruments*. [Práctica de interpretación musical en instrumentos basados en sensores]. Facultad de Artes y Ciencias de los Medios. Universidad Chukyo, Japón.
- Teitelbaum, R. (1976). *1966-1974 In Tune: Some Early Experiments in Biofeedback Music*. [1966-1974 En sintonía: algunos primeros experimentos en la música de biorretroalimentación]. Vancouver: Publicaciones del Centro de Investigación Estética de Canadá.

- Teitelbaum, R. (2008). *Richard Teitelbaum Biography*. [Richard Teitelbaum Biografía]. Bearsville, Nueva York. Recuperado de: <http://faculty.bard.edu/~teitelba/biography/>
- Torres, L. C. (2017). *Mente extendida y redes sociales. Intersecciones entre cerebro, entorno social y virtualidad*. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales. Guadalajara, México.
- Tombesi, S. (2012). *Análisis de Electroencefalograma con transformada de Fourier*. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Trelles, L. y Thorne, C. (Sin Fecha). *La cognición: el punto de vista neurológico*. PUC.
- Urtubia, C. (2005). *Fisiología de la retina (II) Mensaje visual en la segunda sinapsis: Células amacrinas*. Departamento de Óptica y Optometría. Grupo de Biotecnología Molecular e Industrial. Cataluña, España.
- Vermeulen, V. (2012). *The EMO-Synth, an intelligent music and image generator directed by human emotion*. [El EMO-Synth, un generador inteligente de música e imagen dirigido por la emoción humana]. Centro de Culturas y Tecnologías Digitales. Bélgica.
- Vermeulen, V. (2017). *Valery Vermeulen Biography*. [Biografía de Valery Vermeulen]. Ghent, Bélgica. Recuperado de: <https://www.valeryvermeulen.net/about/bio/>
- Woodruff, J. (2011). *Music for Solo Performer by Alvin Lucier in an Investigation of Current Trends in Brainwave Sonification*. [Música para Solo Performer de Alvin Lucier en una investigación de las tendencias actuales en la sonificación de ondas cerebrales]. Universidad de Pittsburgh.