
TRAZO SONORO Y SISTEMAS NEUROGESTUALES ALGORÍTMICOS: DIBUJO, EEG Y OSC COMO ECOLOGÍA TRANSDISCIPLINAR DE PENSAMIENTO

José Antonio Vertedor Romero

Universidad Rey Juan Carlos. Dpto. Artes y Humanidades

Resumen: Este artículo examina la expansión del dibujo como un sistema de pensamiento transdisciplinar mediante la integración de datos sensoriales y neurofisiológicos. A partir de una metodología de investigación-creación centrada en la sonificación del trazo mediante micrófonos de contacto, se analiza como la retroalimentación sonora modifica la percepción del gesto y reconfigura el acto de dibujar como un proceso multisensorial y somático. La investigación se desarrolla posteriormente a través del prototipado de «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*», un sistema experimental que integra el registro de actividad cerebral mediante EEG (OpenBCI) y su sincronización con señales microacústicas del movimiento. Esta fase, aún en estado beta, se centra en la validación técnica del flujo de datos OSC entre OpenBCI y entornos de programación visual como TouchDesigner, con el objetivo de explorar la viabilidad de la comunicación en tiempo real entre biosensores, procesamiento visual y síntesis sonora. La convergencia entre trazo, sonificación, actividad neuronal y traducción algorítmica de datos permite proponer una ecología expandida del dibujo como interfaz entre arte, ciencia y tecnología. Desde este enfoque, el artículo plantea el dibujo como un dispositivo de traducción perceptiva y cognitiva, abriendo nuevas vías para comprender el pensamiento visual, la cognición encarnada y los modos contemporáneos de creatividad mediados por sistemas humano-máquina.

Palabras clave: DIBUJO EXPANDIDO; OPENBCI; BIOSENSORES; LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN VISUAL; INTERACCIÓN HUMANO-MÁQUINA

SONIC TRACE AND NEUROGESTURAL ALGORITHMIC SYSTEMS: DRAWING, EEG AND OSC AS A TRANSDISCIPLINARY ECOLOGY OF THOUGHT

Abstract: This article examines the expansion of drawing as a transdisciplinary system of thought through the integration of sensory and neurophysiological data. Based on a practicebased researchcreation methodology focused on the sonification of the drawing gesture using contact microphones, it analyzes how acoustic feedback reshapes the perception of movement and reconfigures the act of drawing as a multisensory and somatic process. The research is further developed through the prototyping of «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*», an experimental system that integrates the recording of brain activity via EEG (OpenBCI) and its synchronization with microacoustic movement signals. This phase, currently in a beta stage, focuses on the technical validation of OSC data flow between OpenBCI and visual programming environments such as TouchDesigner, exploring the feasibility of realtime communication between biosensors, visual processing, and sound synthesis. The convergence of gesture, sonification, neural signals, and algorithmic data translation allows for the proposal of an expanded ecology of drawing as an interface between

art, science, and technology. From this perspective, drawing is framed as a device for perceptual and cognitive translation, opening new pathways for understanding visual thinking, embodied cognition, and contemporary forms of creativity mediated by human-machine systems.

Keywords: EXPANDED DRAWING; OPENBCI; BIOSENSING TECHNOLOGIES; VISUAL PROGRAMMING LANGUAGES; HUMAN-MACHINE INTERACTION

SOINU-TRAZUA ETA SISTEMA NEUROGESTUAL ALGORITMIKOAK: MARRAZKETA, EEG ETA OSC, PENTSAMENDUAREN EKOLOGIA TRANSDIZIPLINAR GISA

Laburpena: Artikulu honek marrazketaren hedapena aztertzen du, zentzumen-datuak eta datu neurofisiologikoak biltzen dituen pentsamendu-sistema transdiziplinar gisa hartuta. Ukipen-mikrofonoen bidez trazua soinu bihurtzen duen ikerkuntza-sorkuntzako metodologia batetik abiatuta, aztertzen da soinuaren atzeraelikadurak nola aldatzen duen keinuaren pertzepzioa eta nola birkonfiguratzen duen marrazteko ekintza sentsore anitzeko prozesu somatiko gisa. Ikerketa, ondoren, «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*»-en prototipoaren bidez garatzen da. Sistema esperimental horrek integratzen ditu, batetik, garun-jardueraren EEG bidezko erregistroa (OpenBCI) eta, bestetik, garun-jarduera horrek mugimenduaren seinale mikroakustikoekin duen sinkronizazioa. Fase hau, zeina beta egoeran baitago oraindik, OpenBCI-ren eta koderik gabeko programazio-inguruneen (TouchDesigner, adibidez) arteko OSC datu-fluxuaren baliozkotze teknikoa du aztergai nagusi, biosentsoreen, prozesamendu bisualaren eta soinu-sintesiaren arteko denbora errealeko komunikazioaren bideragarritasuna aztertze aldera. Trazuaren, sonifikazioaren, jarduera neuronalaren eta datuen itzulpen algoritmikoaren arteko konbergentziak aukera ematen du marrazketaren ekologia hedatua proposatzeko, artearen, zientziaren eta teknologiaren arteko interfaze gisa. Ikuspegi horretatik, artikuluak pertzepziozko eta kogniziozko itzulgailu gisa planteatzen du marrazketa, eta bide berriak irekitzen ditu pentsamendu bisuala, kognizio haragitua eta gizakimakina sistemek lagundutako sorkuntza modu garaikideak ulertzeko.

Gako-hitzak: MARRAZKETA HEDATUA; OPENBCI; BIOSENTSOREAK; PROGRAMAZIO BISUALEKO LENGOAIAK; GIZAKIAREN ETA MAKINAREN ARTEKO INTERAKZIOA

Vertedor Romero, José Antonio. 2025. «Trazo sonoro y sistemas neurogestuales algorítmicos: Dibujo, EEG y OSC como ecología transdisciplinar de pensamiento». *AusArt* 14 (2): 219-237. <https://doi.org/10.1387/ausart.28454>

Introducción

El dibujo se comprende como una práctica predominantemente visual y articulada en torno al trazo, la forma y la representación. Sin embargo, en un contexto cultural marcado por ecologías de la imagen que se entrelazan con flujos de datos, biosensores y sistemas algorítmicos, resulta pertinente reconsiderar el dibujo como un sistema expandido de pensamiento que trasciende el paradigma ocularcentrista. La creciente disponibilidad de tecnologías en abierto capaces de registrar microgestos, fricciones materiales o patrones de actividad neural invita a ampliarlo hacia un marco intersensorial donde la percepción, la corporalidad y la computación convergen.

En esta línea, el proyecto «*Draw_Synthesis*» constituía un primer paso hacia esta reformulación multisensorial del dibujo que se plantea con este trabajo. Fundamentado en la sonificación del trazo mediante micrófonos de contacto, el método que se pone en práctica en este ejercicio permite escuchar la fricción del grafito o la tinta sobre la superficie. Esta acción revela el gesto como textura acústica y materia vibratoria. La retroalimentación sonora desplaza el foco de la mirada hacia la escucha, transformando la percepción del acto de dibujar en un acontecimiento experiencial en el que presión, ritmo y velocidad adquieren un estatuto perceptivo ampliado (Corey & Benson 2016; Lentz 2018). Los resultados del taller sugieren que la escucha del trazo modifica la atención y la relación del sujeto con el propio movimiento, generando un extrañamiento productivo y una forma de observación sensorial expandida. Es posible revisar la exploración previa a través de la publicación derivada de esta primera fase (Vertedor-Romero 2026).

Esta aproximación se inscribe en marcos teóricos que legitiman el cruce entre percepción, corporeidad y tecnología. La noción de experiencia estética propuesta por John Dewey, entendida como proceso activo y situacional más que un estado contemplativo. Aporta una base para comprender la integración del sonido en la práctica gráfica: «La experiencia estética es siempre más que estética... un movimiento ordenado y rítmico hacia su consumación» (Dewey [1934] 2008, 369). Asimismo, la idea de dibujo interno planteada por Bullón de Diego (2010) y la noción de dibujo eficaz de Gómez Molina (2007), que conciben el dibujo como construcción cognitiva y performativa, refuerzan su potencial epistemológico más allá de la representación.

Sobre esta base se desarrolla la fase más reciente del proyecto «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*», actualmente en versión de prueba, orientada a ampliar el entramado perceptivo del dibujo mediante la integración de electroencefalograma (EEG, en adelante) (OpenBCI) y síntesis audiovisual. En esta fase se están realizando pruebas de calibración y estabilidad de señal, así como una exploración inicial del intercambio de datos OSC (*open sound control*) entre OpenBCI y TouchDesigner con el objetivo de habilitar comunicación en tiempo real entre biosensores y visualización de flujo de datos. Estas pruebas preliminares buscan estudiar la viabilidad de un sistema neuroresponsivo, en el que el dibujo no solo se vea modulado por la

acción física del trazo, sino también por fluctuaciones en la actividad neural relacionadas con la atención, el esfuerzo cognitivo o la variación emocional.

La incorporación de datos EEG ofrece una oportunidad inédita para explorar el dibujo como mediación entre estados internos y su traducción algorítmica. Desde la perspectiva de McLuhan (1964), las tecnologías funcionan como extensiones del sistema nervioso humano; en este caso, el sistema de biosensores convierte aspectos de la experiencia mental en señales manipulables dentro del proceso artístico. A su vez, los planteamientos de López Gabrielidis (2017) en torno a la necesidad de articular lo somático con lo digital aportan un marco contemporáneo para comprender esta intersección.

El proyecto toma como punto de partida algunas ideas planteadas por el profesor Torsten Meyer (2017) quien aborda el concepto de «*next art education*» que desde su punto de vista debe responder a la «*next society*», una sociedad articulada en torno al ordenador como tecnología mediática dominante. Una cultura dominada por lo digital donde el *hacker* emerge como figura clave capaz de subvertir lógicas de control mediante técnicas culturales y de codificación. Meyer defiende que la educación artística debe integrar prácticas de cultural hacking, trabajar con la cultura nativa digital y centrarse en programar nuevos «formatos de ver» más que en producir imágenes tradicionales. En este marco, el presente artículo se inserta en el contexto de la creación digital como la convergencia entre el concepto tradicional de trazo y la visualización de datos neuronales. Se redefine de esta manera el dibujo como interfaz cognitiva y sistema interdisciplinar de pensamiento.

Cabe destacar que aunque este proyecto se inscribe en el campo de los sistemas humano máquina, en su estado actual no emplea técnicas de inteligencia artificial ni aprendizaje automático. El término algoritmo se utiliza aquí en un sentido amplio, referido a sistemas de reglas y procesos computacionales para la traducción y visualización de datos biosensoriales.

2. Hacia un marco relacional, multisensorial y neuromotor del dibujo

2.1. El dibujo como pensamiento y experiencia encarnada

El punto de partida de esta investigación es la comprensión del dibujo como una forma de pensamiento encarnado, no reducible a la mera representación gráfica. Diversos autores han subrayado que el dibujo constituye un modo de organizar la experiencia y de construir realidad. Bullón de Diego (2010) introduce la noción de «dibujo interno», entendida como la trama de imágenes mentales, gestos y afectos que anteceden y acompañan al trazo visible, situando el dibujo en el terreno de los procesos cognitivos y emocionales más que en el de la simple mimesis.

En una línea complementaria, Gómez Molina (2007) habla de «dibujo eficaz» para referirse a aquellas prácticas gráficas que no se limitan a representar lo ya dado, sino que, al nombrar y configurar las cosas, las transforman. El dibujo, en este sentido, « nombra las transformaciones, él mismo es puro movimiento» (Gómez Molina 2007, 14), lo que lo convierte en un dispositivo capaz de articular lo sensible y lo conceptual en un mismo gesto.

Esta dimensión procesual y experiencial del dibujo puede leerse a la luz de la teoría de la experiencia estética de John Dewey, para quien la experiencia no es un estado pasivo, sino un proceso dinámico de interacción entre organismo y entorno. Dewey describe la experiencia estética como un «movimiento ordenado y rítmico hacia su consumación», en el que materiales y significados que no son en sí mismos estéticos adquieren una cualidad estética al integrarse en una totalidad vivida (Dewey [1934] 2008, 369). Desde este marco, el dibujo puede entenderse como una forma de organizar rítmica y sensorialmente la experiencia, en la que el trazo funciona como eje de integración entre percepción, gesto y reflexión.

En «*Draw_Synthesis*», esta concepción del dibujo como experiencia encarnada se refuerza mediante el uso de metodologías de aprendizaje experiencial. Este modelo concibe el aprendizaje como un ciclo continuo entre experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa (Kolb 1984) (fig. 1). Aplicado al dibujo, este proceso permite enmarcar la práctica gráfica no solo como resultado final, que sería la imagen, sino como una serie de iteraciones perceptivas y cognitivas donde el cuerpo, la escucha y la reflexión se retroalimentan.

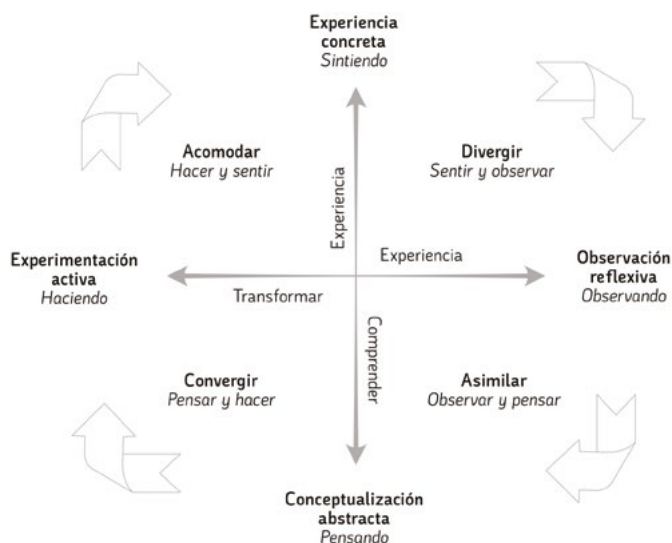


Figura 1. Ciclo de aprendizaje experiencial. Fuente: Imagen de elaboración propia a partir de la idea planteada por David Kolb.

2.2.- Escucha, psicoacústica y sonificación del trazo

La dimensión sonora ocupa un lugar central en esta investigación. La psicoacústica estudia características del sonido como el timbre, la textura o la dinámica que influyen en la percepción y la atención. De esta manera proporciona herramientas para comprender la manera en la que la escucha del trazo puede transformar la experiencia del dibujo (Corey & Benson 2016; Lentz 2018). En «*Draw_Synthesis*», la fricción del lápiz, la presión sobre el papel y las variaciones de velocidad se convierten en materia acústica que el participante puede atender de forma consciente, reconfigurando su relación con el propio gesto.

La noción de «escucha reducida» de Pierre Schaeffer (1966) resulta particularmente útil para fundamentar esta aproximación. Schaeffer propone centrarse en las cualidades del sonido, su forma, su textura, su duración, independientemente de su causa o significado, con el fin de explorar un «mundo de percepciones musicales» autónomo (Schaeffer [1966] 2003, 98-99). Al aplicar este marco al dibujo, la sonificación del trazo invita al sujeto a escuchar el sonido del lápiz no como mero subproducto del gesto, sino como objeto sonoro en sí mismo, susceptible de ser analizado, disfrutado y manipulado. Esta escucha afinada abre la posibilidad de objetivar el gesto a través del oído, externalizando matices de presión, tempo o hesitación que pasan inadvertidos en una práctica puramente visual.

Además, autores como Klaus Bruhn Jensen (2010) han mostrado cómo el sonido funciona en la cultura contemporánea como medio de información, comunicación y acción, subrayando su potencial como recurso cognitivo en contextos educativos y artísticos. En el ámbito específico del dibujo, Sergio Koleff Osorio (2019) ha explorado cómo el sonido puede utilizarse como guía para el trazo, potenciando la capacidad de observación y la expresividad gráfica. Estas contribuciones ayudan a situar la propuesta de sonificación del trazo dentro de una genealogía más amplia de prácticas que integran sonido, percepción y creación visual.

2.3.- Dibujo expandido, medios y tecnologías

Desde el ámbito sonoro, la escucha reducida de Pierre Schaeffer (1966), que como sabemos se trata de una práctica centrada en los rasgos del sonido independientemente de su causa, permite entender la sonificación del trazo como una forma de objetivación perceptiva que reorganiza la relación del sujeto con el gesto. Este enfoque conecta con la dimensión multisensorial defendida por Allan Kaprow, quien argumentaba que los materiales del arte han de incluir no solo lo visual, sino también «la vista, el sonido, el movimiento, los olores, el tacto». También destacaba la necesidad de trabajar con «las sustancias específicas de la vista, el sonido, el movimiento, los olores, el tacto», incorporando al arte «objetos de todas clases» y experiencias multisensoriales (Kaprow en Buchloh 2010, 87). En conjunto, estos enfoques

sitúan el dibujo dentro de un campo ampliado en el que el medio sonoro no opera como accesorio, sino como parte estructural del proceso creativo.

La incorporación de dispositivos técnicos como micrófonos de contacto, interfaces de audio o sistemas de registro EEG se inscribe en una tradición de dibujo expandido, donde el medio gráfico se hibrida con otros soportes y tecnologías. Esta apertura material anticipa el desplazamiento del dibujo desde el papel hacia entornos híbridos, performativos y tecnológicos. Artistas como Alvin Lucier mostraron su interés temprano por el uso del EEG como herramienta compositiva desde los años sesenta. Un ejemplo de esto puede verse con su obra *«Music for solo performer»* (1965). En esta propuesta, las ondas cerebrales alfa del artista activaban instrumentos de percusión a través de vibraciones sonoras. Esta aproximación se basa en la creación de condiciones experimentales que permiten que fenómenos físicos y biológicos produzcan sonido sin una intervención compositiva tradicional (Parshall, Feltman, Mwangi & Sugiura 2025).

La incorporación de estas tecnologías como extensiones del sistema nervioso humano desdibuja los límites entre cuerpo y medio. Desde esta perspectiva, los dispositivos empleados en *«Draw_Synthesis»* y *«Neuro_Sonic::Draw_Synthesis»* pueden entenderse como prótesis perceptivas que amplían la capacidad del sujeto para escuchar su gesto, registrar su actividad cerebral y situarse en un entorno de retroalimentación sensorial compleja. Alejandra López Gabrielidis (2017), por su parte, advierte de la necesidad de construir vías de articulación entre lo somático y lo digital, para evitar que el medio técnico se convierta en un entorno disociado de la experiencia corporal. La integración de tecnología en estos proyectos no se plantea como un reemplazo de la experiencia manual, sino como una extensión que permite poner en relación el trazo, el sonido y los datos fisiológicos sin perder de vista la dimensión encarnada del dibujo.

En el ámbito de la investigación artística, autores como Borgdorff, Peters y Pinch (2019) y Nowotny (2010) han señalado la importancia de los enfoques que atienden a las prácticas concretas y a la performatividad de los métodos, en sintonía con los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (STS). En esta línea, la combinación de *hardware*, *software* y protocolos de comunicación (como OSC) no se considera un mero soporte instrumental, sino un conjunto de dispositivos metodológicos que condicionan qué aspectos de la experiencia se vuelven visibles, audibles o analizables.

El uso de micrófonos de contacto en *«Draw_Synthesis»*, por ejemplo, permite aislar y amplificar la vibración del soporte, haciendo audible un estrato de la experiencia gráfica habitualmente relegado al ruido de fondo (Gamboa et al. 2017). De modo similar, la experimentación con el flujo de datos OSC entre OpenBCI y TouchDesigner en la fase experimental de *«Neuro_Sonic::Draw_Synthesis»* explora cómo el dibujo puede conectarse en tiempo real con redes de procesamiento audiovisual y sonoro, configurando una práctica en la que el medio gráfico está intrínsecamente ligado a su entorno técnico.

2.4.- Cognición encarnada, neuroestética y biosensores

En lugar de concebir el EEG como herramienta diagnóstica, el proyecto lo aborda como una capa adicional de información perceptiva, capaz de externalizar aspectos de la atención, la carga cognitiva o la modulación afectiva. En esta línea, puede establecerse un paralelismo con trabajos que utilizan EEG para controlar sistemas musicales o interactivos, donde la actividad cerebral se convierte en una señal que guía la transformación sonora (Obaidah, Mahmudunnabi & Khan 2021). La diferencia es que aquí el énfasis recae en la articulación entre dibujo, sonido y registro neural como un sistema de pensamiento distribuido entre cuerpo y dispositivo. Una referencia fundamental en este contexto es la reconocida obra «*Melting memories*» de Refik Anadol (2018)¹. Se trata de un proyecto compuesto por pinturas de datos, esculturas de datos aumentadas y proyecciones de luz donde el autor explora la materialidad de la memoria a través de la interpretación estética de los datos EEG utilizando el lenguaje de programación visual, Vvvv, a multipurpose toolkit (fig. 2).

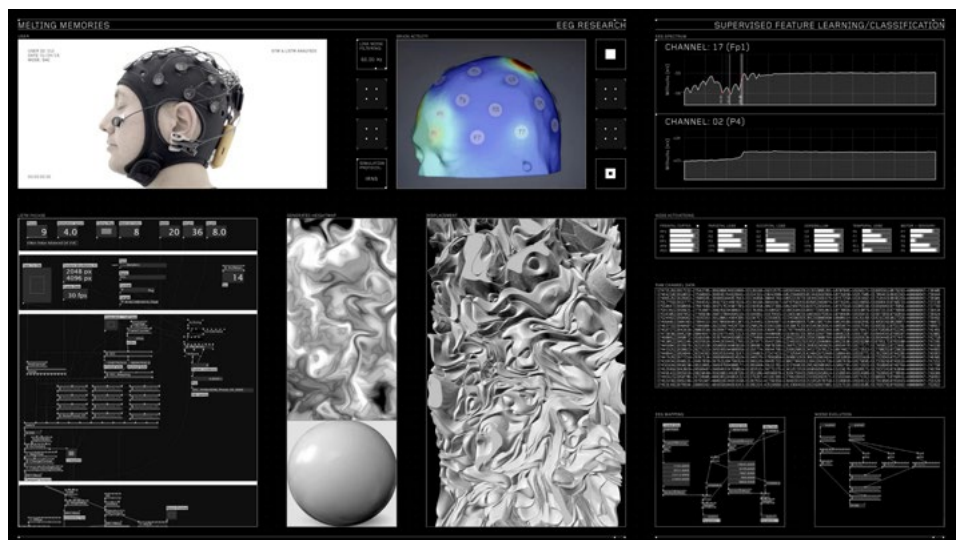


Figura 2. Investigación EEG y prototipado del sistema programado con Vvvv. Fuente: <https://refikanadolstudio.com/projects/melting-memories/>

La introducción de biosensores EEG en «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*» sitúa el proyecto en el cruce entre dibujo, cognición encarnada y estudios neuroestéticos. Aunque esta fase se encuentra todavía en estado experimental, las primeras pruebas de registro con OpenBCI apuntan hacia la posibilidad de correlacionar patrones de actividad cerebral, en bandas alfa, beta, gamma o theta, con variaciones en el gesto gráfico y en la escucha del trazo. Desde el marco de la cognición encarnada, el cuerpo no es un

mero soporte de procesos mentales, sino el lugar donde se generan y se anclan patrones de percepción y acción. Aplicado al dibujo, esto implica que la cognición se manifiesta en el gesto, en la presión de la mano, en la temporalidad del trazo, pero también en las fluctuaciones registradas por el EEG mientras el sujeto dibuja y escucha. La conjugación de estas capas permite imaginar un sistema neuroperceptivo del dibujo, en la que la experiencia gráfica se distribuye entre el ojo, el oído, la mano, la superficie y el sistema de biosensores.

3. Metodología: «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*», integración de EEG y flujo OSC

La metodología de esta investigación se articula desde un enfoque de investigación-creación, en el que el desarrollo técnico y la reflexión teórica avanzan de manera interdependiente. El proyecto se encuentra en su segunda fase, «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*», actualmente en estado de desarrollo. Está centrada en la validación técnica del dispositivo y del flujo de datos entre biosensores, sonido y visualización. En esta etapa, el trabajo no se ha aplicado todavía a estudios con participantes, sino que se orienta a comprobar la estabilidad de señal, la viabilidad del registro EEG durante el acto de dibujar y la sincronización en tiempo real mediante el protocolo OSC. En lugar de ofrecer una lectura conclusiva de estas relaciones, el proyecto plantea el uso del EEG como un dispositivo exploratorio que amplía el campo de observación de la práctica del dibujo. De este modo, la teoría y la tecnología convergen para situar el dibujo no solo como imagen final, sino como un proceso complejo de traducción entre estados internos y manifestaciones externas, cuyo estudio requiere herramientas conceptuales procedentes de la estética, la psicoacústica, los estudios de medios y las ciencias cognitivas.

3.1.- Objetivos y carácter exploratorio

Como ya se ha comentado, «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*», es la segunda fase de este proyecto y se encuentra actualmente en estado experimental por lo que se plantea desde un carácter explícitamente exploratorio. El objetivo de esta fase no es extraer resultados empíricos concluyentes sobre procesos cognitivos o creativos, sino establecer las condiciones técnicas necesarias para futuras investigaciones experimentales más sistemáticas. Por esta razón, el objetivo principal de este trabajo es probar la viabilidad técnica de integrar varios factores, estos son:

- registro de actividad cerebral mediante EEG (sistema OpenBCI),
- captación de microacústica del trazo mediante micrófonos de contacto,
- y comunicación de datos en tiempo real mediante el protocolo OSC hacia entornos de procesamiento visual (TouchDesigner).

En esta etapa no se busca todavía extraer conclusiones estadísticas robustas, sino verificar la estabilidad de las señales, las posibilidades de sincronización y las condiciones mínimas necesarias para, en futuras iteraciones, diseñar experimentos más sistemáticos sobre la relación entre dibujo, escucha y actividad neural. En este punto, el trabajo plantea compartir ideas que ofrezcan vías de investigación transversal hacia otras disciplinas que puedan estar interesadas en el desarrollo de este sistema de experimentación.

3.2.- Dispositivo técnico ampliado.....

El dispositivo metodológico en la fase beta se compone de:

- Sistema EEG OpenBCI
 - Posicionamiento de electrodos según configuraciones estándar para capturar bandas alfa, beta, theta y gamma.
 - Evaluación de calidad de señal, ruido y artefactos (movimiento, parpadeo, etc.).
- Entorno de comunicación OSC
 - Envío de datos EEG procesados y señal del trazo, en formato OSC, desde OpenBCI hacia TouchDesigner y Ableton Live.
 - Ajuste de parámetros de transmisión (frecuencia de muestreo, resolución, formato de mensajes) para lograr una comunicación en tiempo real con latencia aceptable.

Este montaje permite visualizar en pantalla, de manera básica, variaciones en las bandas de EEG sincronizadas con el gesto de dibujo y el sonido. La siguiente imagen (figura 3) muestra el flujo de trabajo de este dispositivo técnico ampliado.

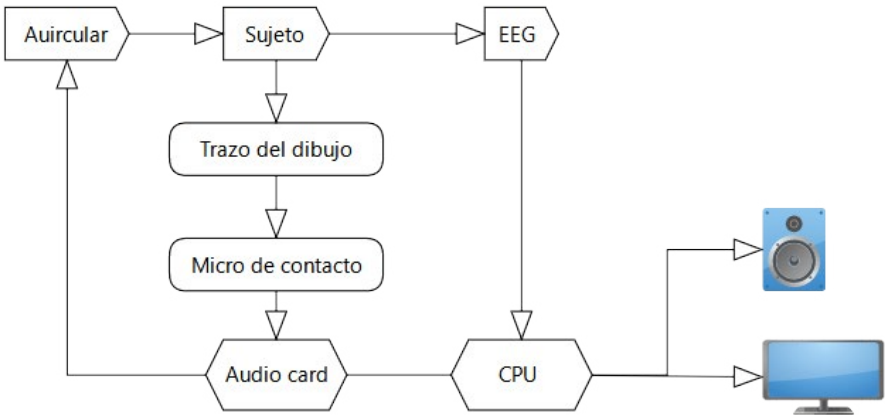


Figura 3. Flujo de trabajo en el contexto del proyecto «Neuro_Sonic::Draw_Synthesis». Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra una visión general del sistema OpenBCI con el que se ha trabajado para el prototipado de este prototipo (figura 4). Se trata de un bundle para la experimentación que se ofrece en el sitio web de OpenBCI (<https://shop.openbci.com/products/exg-experiment-bundle>)

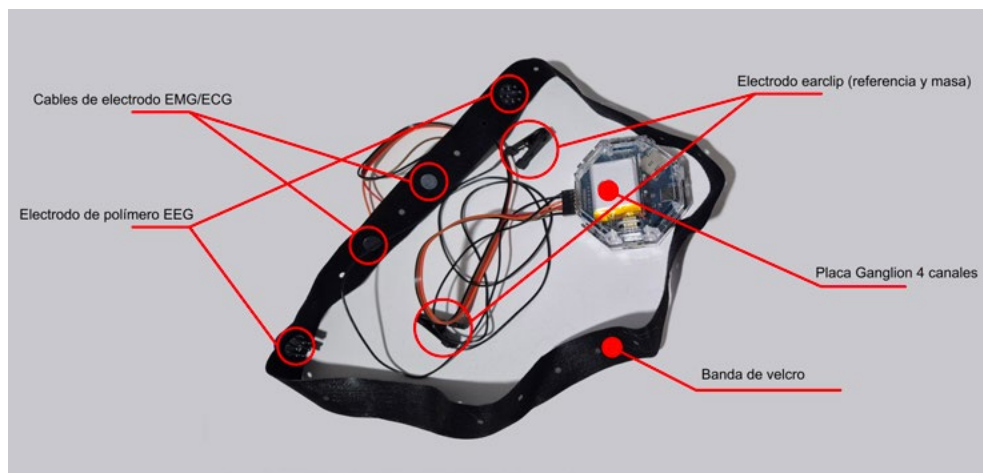


Figura 4. Hardware OpenBCI utilizado para el prototipado del sistema para este proyecto. Fuente: elaboración propia.

3.3. Procedimiento experimental en fase beta

Debido al carácter preliminar de la fase en la que se encuentra el proyecto, el procedimiento no se ha puesto aún a prueba con participantes, sino que centra su atención en la estabilidad técnica del dispositivo. El protocolo básico incluye:

1. Preparación y calibración

- Colocación del casco o cinta EEG OpenBCI y comprobación de la calidad de las señales. Como se observa en la imagen es importante que todos los canales estén marcados en verde como se ve en la imagen. Esto indica que hay baja impedancia y por lo tanto que el flujo de datos va a estar mejorado (figura 5).

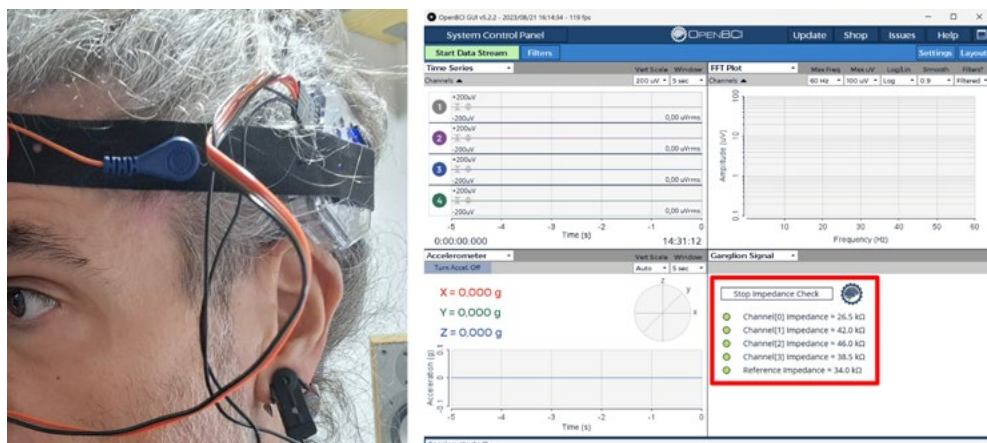


Figura 5. Calibración de impedancia en OpenBCI (canales en verde: baja impedancia).
Fuente: imagen de elaboración propia.

2. Sincronización y envío de datos OSC

- Enrutado de datos EEG hacia TouchDesigner mediante el protocolo de comunicación OSC. La imagen muestra las interfaces de los dos programas que intervienen en este proceso. Desde OpenBCI se comienza con el *stream* de datos OSC. En este caso, se envía la señal BandPower a través del puerto 8000 en una IP local (127.0.0.1). En la propia interfaz, abajo a la derecha, se observan las variaciones producidas por las señales recogidas por los biosensores. Por otro lado, tenemos la interfaz de TouchDesigner con un nodo OSC in. Hemos indicado que la señal de entrada se realiza por una IP local y le indicamos que será a través del puerto 8000. Podemos comprobar que hay diferentes canales sobre los que podremos actuar para obtener el flujo de datos que buscamos (Figura 6).
- Visualización básica en tiempo real (por ejemplo, gráficos que varían con el aumento/disminución de ciertas bandas, o cambios de parámetros sonoros ligados a la energía del trazo).

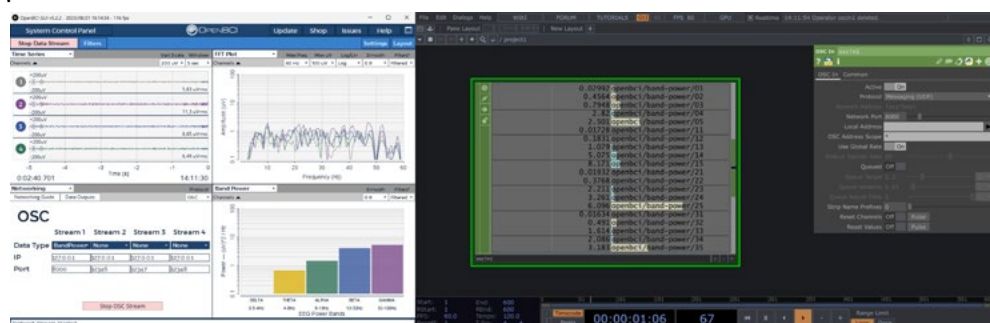


Figura 6. Izquierda, interfaz OpenBCI GUI. Derecha, interfaz de TouchDesigner.
Fuente: imagen de elaboración propia.

3. Fase de experimentación performativa

- Esta opción aún no está desarrollada, pero puede plantearse desde un punto de vista dual. Por un lado, la sensación percibida por la persona que se somete a la experiencia, por otro lado, los datos pueden ser procesados para obtener una pieza audiovisual generativa en un espacio y tiempo concreto donde un público puede experimentar en directo. En la siguiente imagen podemos ver una programación basada en el trabajo de Refik Anadol desarrollada con TouchDesigner para poner en práctica la entrada de señales (figura 7). De izquierda a derecha comprobamos el flujo de trabajo dentro de TouchDesigner en este prototipo de visualización de flujo de datos. Comenzando por el nodo OSC in, por el que introducimos las señales extraídas por los biosensores, se seleccionan las señales que van a ser utilizadas y finalmente se recalculan (con el operador math) y se renombran (tx, ty, tz) antes de introducirlas en la plantilla desarrollada para este ejemplo. Se trata de una visualización que toma la obra de Refik Anadol como referencia en la que se utiliza un elemento atractor de partículas, en este caso una esfera 3D, que es controlada por los impulsos de la señal EEG.



Figura 7. Prototipo realizado en TouchDesigner. Fuente: elaboración propia.

4. Resultados de la fase beta de «Neuro_Sonic::Draw_Synthesis»

Los resultados obtenidos en esta fase beta deben interpretarse como observaciones técnicas iniciales. Las pruebas realizadas indican que el sistema OpenBCI empleado permite un registro estable de señales EEG durante el acto de dibujar, aunque se han identificado artefactos asociados

al movimiento, dentro de los márgenes esperables en prácticas gráficas encarnadas. Asimismo, se ha validado el envío de datos en tiempo real mediante el protocolo OSC entre OpenBCI y TouchDesigner, con latencias reducidas y estabilidad suficiente para generar respuestas visuales y sonoras básicas. Estos resultados no permiten establecer correlaciones causales entre actividad neural y gesto gráfico, pero sí confirman la viabilidad técnica de integrar dibujo, sonido y biosensores en un mismo entorno experimental.

Las primeras pruebas indican que el equipamiento OpenBCI empleado permite registrar señales EEG sin pérdidas graves de estabilidad. Se han observado artefactos asociados al movimiento, pero dentro de los márgenes esperados en prácticas que implican actividad motriz. El dispositivo Ganglion dispone de un acelerómetro que permite generar señales de movimiento y giro, lo que daría al sistema una nueva capa de complejidad para la elaboración de una performance, por ejemplo. Con estas pruebas se han podido determinar configuraciones de electrodos que minimizan artefactos, ajustar niveles de ganancia del sistema, y establecer criterios para sesiones más largas.

Uno de los logros más importantes de esta fase beta ha sido la validación del envío de datos en tiempo real mediante OSC entre OpenBCI, TouchDesigner. El sistema ha mostrado latencias reducidas en la transferencia de datos EEG procesados y estabilidad suficiente para generar respuestas visuales básicas en TouchDesigner a partir de valores procedentes del EEG. Esta infraestructura experimental demuestra que el dibujo puede integrarse en un ecosistema sensorial distribuido, donde los datos del cuerpo se transmiten hacia entornos gráficos y acústicos sin interrupción.

5. Discusión

Los resultados preliminares de ambas fases del proyecto, «*Draw_Synthesis*» y «*Neuro_Sonic::Draw_Synthesis*», permiten abordar una reflexión crítica sobre el estatuto del dibujo en un contexto donde la percepción, la corporalidad y los flujos de datos se encuentran cada vez más entrelazados. Más que ofrecer conclusiones cerradas, esta discusión busca situar los hallazgos en un marco conceptual ampliado que permita entender el dibujo como un sistema de pensamiento interdisciplinar.

La introducción del sistema EEG (OpenBCI) en la fase beta del proyecto extiende este paradigma hacia una comprensión aún más amplia del dibujo como interfaz cognitiva. Aunque todavía en un estado preliminar, la posibilidad de registrar actividad neuronal simultáneamente al gesto y al sonido abre un campo de estudio en el que el dibujo se sitúa como mediación entre estados internos y manifestaciones externas. El EEG funciona como un puente entre la atención, la carga cognitiva y el gesto, permitiendo que ciertos aspectos de la experiencia mental se integren en el proceso gráfico. Las primeras correspondencias observadas entre variaciones en

bandas EEG y fluctuaciones en la intensidad gestual sugieren, aunque de manera tentativa, que el dibujo podría analizarse en términos de patrones neurogestuales, donde movimiento y actividad cerebral se retroalimentan. Esto no implica una lectura determinista de la relación gestomente, sino la posibilidad de pensar el dibujo como un espacio donde convergen datos provenientes de diferentes capas de la experiencia cuerpo-acústica-mente dentro de un ensamblaje tecnosensorial.

La integración del flujo de datos OSC entre OpenBCI y TouchDesigner revela un aspecto metodológico clave: el dibujo puede operar como eje articulador dentro de una ecología tecnológica distribuida. El hecho de que las señales EEG procesadas y los datos acústicos del trazo circulen en tiempo real entre programas heterogéneos demuestra que el dibujo puede ser parte activa de una red sensorial ampliada. Desde una perspectiva conceptual, el protocolo OSC actúa como un medio de intraacción: un entorno que no solo transmite datos, sino que pone en relación entidades (cuerpo, sonido, señal neural, visualización) transformándolas en el proceso. Aunque la IA no se emplea todavía en este proyecto, la simple existencia de esta red OSC ya activa una lógica algorítmica que reorganiza el dibujo como un acontecimiento distribuido entre capas múltiples.

Este estudio aporta una visión del dibujo como un laboratorio perceptivo donde se examinan relaciones emergentes entre cuerpo, gesto y sonido; una interfaz cognitiva, capaz de traducir estados internos mediante biosensores; un entorno de retroalimentación multisensorial, donde el sujeto experimenta su acción en un circuito no exclusivamente visual; un sistema metodológico, que incorpora tecnologías para expandir la investigación en artes. Lejos de desplazar lo somático, la integración de sonido y EEG vuelve más evidente la dimensión corporal del dibujo, reforzando la idea de que la tecnología puede operar como ampliación y no como sustitución de la experiencia gráfica.

Desde esta perspectiva, el dibujo puede entenderse como un dispositivo de traducción y visualización de datos, en el que señales heterogéneas (gestuales, acústicas y neurofisiológicas) se convierten en materia perceptible. Más que representar información, el dibujo opera como una interfaz cognitiva que permite pensar con los datos, integrándolos en un proceso corporal, temporal y situado. Este enfoque refuerza su dimensión como herramienta de investigación artística y como modo de pensamiento interdisciplinar.

6. Conclusión

Lejos de ofrecer resultados definitivos, este trabajo propone un marco conceptual y técnico preliminar para explorar el dibujo como sistema de pensamiento expandido. La investigación abre un campo de trabajo en el que futuras iteraciones podrán incorporar metodologías experimentales más robustas, incluyendo estudios con participantes y análisis comparativos.

La sonificación del trazo ha demostrado ser un recurso capaz de ampliar la percepción del gesto, diversificar la atención y generar nuevas formas de conciencia sobre el proceso gráfico. El sonido habitualmente marginal en la enseñanza del dibujo se revela aquí como un elemento estructural que reorganiza la relación entre el cuerpo, la herramienta y la superficie, confirmando la pertinencia de enfoques que comprenden el dibujo como una práctica encarnada y expandida.

La incorporación de biosensores EEG mediante el sistema OpenBCI, refuerza esta lectura y abre nuevas posibilidades metodológicas. Aunque los resultados actuales son preliminares, la viabilidad técnica del registro neuronal durante el acto de dibujar y la posibilidad de sincronizar estas señales con datos acústicos y gestuales mediante OSC indican que el dibujo puede funcionar como un medio de traducción entre capas heterogéneas de la experiencia: motriz, sonora y neurofisiológica. Esta convergencia sitúa al dibujo como un sistema de pensamiento distribuido, donde la acción del cuerpo y los datos procedentes del organismo se articulan en un único proceso creativo y perceptivo.

A nivel conceptual, estos hallazgos contribuyen a una relectura del dibujo en la era de los datos. El dibujo no se limita ya a representar lo visible: traduce lo invisible, haciendo perceptibles movimientos ínfimos, tensiones musculares y fluctuaciones neurales que, de otro modo, permanecerían fuera del campo de conciencia del sujeto. Este enfoque abre un debate relevante sobre el papel del cuerpo en prácticas tecnológicamente mediadas. Los resultados sugieren que la tecnología, en lugar de desplazar lo somático, puede intensificarlo: al amplificar la vibración del trazo o al registrar la actividad cerebral, el sistema técnico actúa como una extensión de la percepción, permitiendo al sujeto volver sobre su propia experiencia desde nuevas dimensiones. En esta línea, la relación que surge entre oído, mano, superficie y biosensores, pone en práctica lo que la teoría de los medios ha señalado como la continuidad entre cuerpo y técnica.

Referencias bibliográficas

- Borgdorff, Henk, Peter Peters & Trevor Pinch, eds. 2019. *Dialogues between artistic research and science and technology studies*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429438875>
- Bruhn Jensen, Klaus. 2010. «El sonido de los medios: Revisión interdisciplinar de las investigaciones sobre el sonido como comunicación». *Comunicar* 17(34): 15-23. <https://doi.org/10.3916/C34-2010-02-01>
- Buchloh, Benjamin H.D. 2010. «Formalismo e historicidad». En *Nuevos realismos: 1957-1962; Estrategias del objeto, entre readymade y espectáculo*, edición a cargo de Julia Robinson; con textos de Ágnes Berecz et al. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía
- Bullón de Diego, José María. 2010. *Dibujo interno: Un ensayo sobre el dibujo y sus procesos creativos*. Madrid: Cultivalibros
- Corey, Jason & David H. Benson. 2016. *Audio production and critical listening: Technical ear training*. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315727813>
- Dewey, John. (1934) 2008. *El arte como experiencia*. Traducción y prólogo de Jordi Claramonte. Barcelona: Paidós
- Gómez Molina, Juan José. 2007. «Dibujo y profesión». En *La representación de la representación: danza, teatro, cine, música*, Juan José Gómez Molina, coord.; Lino Cabezas et al. Madrid: Cátedra
- Kolb, David Allen. (1984) 2014. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Upper Saddle River NJ: Pearson Education
- Koleff Osorio, Sergio. 2019. «El sonido para dibujar». *Sonda: Investigación en Artes y Letras* 8: 77-88. <https://doi.org/10.4995/sonda.2019.18274>
- Lentz, Jennifer J. 2018. *Psychoacoustics: Auditory perception of listeners with normal hearing and hearing loss*. San Diego CA: Plural
- López Gabrielidis, Alejandra. 2017. «Infomaterialidad». En *Cíborgs, zombies y quimeras: La cibercultura y las cibervanguardias*, edición de Federico Fernández Giordano; trads. Federico Fernández Giordano et al., 161-171. Barcelona: Holobionte
- McLuhan, Marshall. (1964) 1996. *Comprender los medios de comunicación: Las extensiones del ser humano*. Traducción de Patrick Ducher. Barcelona: Paidós
- Meyer, Torsten. 2017. «Next art education: Eight theses future art educators should think about» *International Journal of Education through Art* 13(3): 369-384. https://doi.org/10.1386/eta.13.3.369_1
- Nowotny, Helga. 2010. «Foreword». En *The Routledge companion to research in the arts*, edited by Michael Biggs & Henrik Karlsson. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203841327>
- Obaidah, Abu, Mahmudunnabi & Mohammad Monirujjaman Khan. 2021. «Brain wave and head motion controlled music system». En *2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics &*

- Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 730-735. <https://doi.org/10.1109/UEMCON53757.2021.9666738>
- Parshall, Allison, Rachel Feltman, Fonda Mwangi & Alex Sugiura. 2025. «A composer's 'brain' makes music years after his death». *Scientific American*, 26 sept. <https://n9.cl/byv95>
- Schaeffer, Pierre. (1966) 2003. *Tratado de los objetos musicales*. Versión española de Araceli Cabezón de Diego. Madrid: Alianza
- Vertedor-Romero, José Antonio. 2026. «Draw-synthesis: Anexo resultados». En *Temperatura y trazo: Dibujos y transversalidad en las industrias creativas*, Mauro Herrero, dir. Valencia: Tirant Lo Blanch. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15529331>

Notas

- 1 «*Melting memories*», A/V Performance + Public Art February 2, 2018, Refik Anadol Studio. <https://refikanadolstudio.com/projects/melting-memories/>

(Artículo recibido: 28/03/2026; aceptado: 07/05/2026)

