

MANUELA GARRETÓN  
TOMÁS OSSANDÓN  
KARINA HYLAND

## DEFAULT. Diseño y neurociencia: obra interactiva sobre la actividad cerebral en reposo

DISEÑA 12 | ENERO 2018 | ISSN: 0718 8447 | PROYECTO

## DEFAULT. Design and Neuroscience: Interactive Work on Brain Activity at Rest

DISEÑA 12 | JANUARY 2018 | ISSN: 0718 8447 | PROJECT



**Manuela Garretón** Docente e investigadora, Escuela de Diseño, Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Estudiante de doctorado en Ciencias de la Computación, PUC. Es investigadora del Laboratorio de Visualización de Datos UC, donde desarrolla iniciativas interdisciplinarias que vinculan la visualización de datos complejos con la experimentación de formatos interactivos para la medición de datos.

**Tomás Ossandón** Docente e investigador del Departamento de Psiquiatría, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. PhD en Neurociencia Cognitiva, Université Lyon 1. Dirige el Laboratorio Neurodinámicas de la Cognición y el proyecto Anillo ACT1414, iniciativa que estudia la actividad intrínseca del cerebro humano. Investiga la función y disfunción cerebral a través de la exploración de las oscilaciones neuronales y de la dinámica de redes cerebrales.

**Karina Hyland** Diseñadora, Pontificia Universidad Católica de Chile. Asistente de investigación y gestora de proyectos de divulgación científica.

**Manuela Garretón** Professor and researcher, School of Design, Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Doctoral student in Computer Science, PUC. She is a researcher at the UC Data Visualization Lab, where she develops interdisciplinary initiatives that link the visualization of complex data with the experimentation of interactive formats for the measurement of data.

**Tomás Ossandón** Professor and researcher, Department of Psychiatry, School of Medicine, Pontificia Universidad Católica de Chile. PhD in Cognitive Neuroscience, Université Lyon 1. He directs the Neurodynamic of Cognition Laboratory and the Anillos project ACT1414, an initiative that studies the intrinsic activity of the human brain. He researches on brain function and dysfunction through the exploration of neuronal oscillations and the dynamics of brain networks.

**Karina Hyland** Designer, Pontificia Universidad Católica de Chile. Research assistant and scientific outreach projects management.

**Contrariamente a lo que se pensaba, el cerebro jamás se encuentra inactivo. De hecho, su mayor lucidez se evidencia cuando no pone atención a estímulos externos. La instalación interactiva *Default* surge a partir de esta premisa, así como del diálogo entre diseño y neurociencia. Este artículo analiza el proceso heurístico y el resultado estético de dicha obra. Se explica el híbrido camino recorrido entre el concepto científico y el desarrollo de una obra interactiva e inmersiva cuyo propósito es cautivar a la audiencia desde el goce estético, despertando la curiosidad sobre los estados más internos de la mente.**

**Contrary to what was previously thought, the brain is never inactive. In fact, its greatest lucidity is evidenced when it does not pay attention to external stimuli. The interactive installation *Default* arises from this premise, as well as from the dialogue between design and neuroscience. This article analyzes the heuristic process and the aesthetic result of said work.**

**It explains the hybrid route between the scientific concept and the development of an interactive and immersive work whose purpose is to captivate the audience with aesthetic enjoyment, generating curiosity about the innermost states of the mind.**

## INTRODUCCIÓN

Hasta el año 2000, la neurociencia estudiaba la reacción del cerebro ante estímulos del medio externo, buscando el correlato neuronal y las regiones cerebrales que se activan al ver, oír, leer, caminar, etc. Muchos de estos estudios asumieron que la actividad neuronal previa y posterior a la realización de una tarea no era relevante, suponiendo que el funcionamiento del cerebro es similar al de un sistema reflejo. Sin embargo, recientemente los neurocientíficos descubrieron que algunas regiones cerebrales disminuyen su actividad durante la realización de tareas que demandan atención (Buckner, Andrews-Hanna, & Schacter, 2008). En oposición a lo que se pensaba, el metabolismo consumido por un grupo importante de regiones cerebrales durante el reposo es sorprendentemente alto en comparación a la energía consumida durante la realización de una tarea (Raichle, 2010). Las investigaciones posteriores llevaron al descubrimiento de una compleja red neuronal conformada por regiones que trabajan permanentemente cuando no estamos comprometidos en alguna

## INTRODUCTION

Until the year 2000, neuroscience focused its efforts on studying the reaction of the brain triggered by external stimuli, searching for the neural correlate and the brain regions that are activated by seeing, hearing, reading, walking, etc. In this framework, what the brain is doing while at rest and not engaged in a task is unimportant, implicitly assuming that brain function is similar to that of the reflex system. Recently, however, neuroscientists discovered that some brain regions show systematic task-related deactivation (Buckner, Andrews-Hanna, & Schacter, 2008). Contrary to what was previously thought, the metabolism consumed by an important group of cerebral regions during rest is surprisingly high in comparison to the energy consumed during the task (Raichle, 2010). Subsequent investigations led to the discovery of a complex neural network made up of regions that work permanently when we are not engaged in any external task, i.e., a default mode network (DMN). This network is closely related to pro-

cesses that, by definition, are very difficult to study, such as abstraction, prospection and divagation.

Although we experience these mental processes, we are not aware that they activate a specific neural network. This opens a unique possibility of collaboration between design, art and science, since it allows the *engagement* of a broad audience in this complex scientific research, promoting the creation of new ways of seeing and knowing (Born & Barry, 2010).

In this article we present the process and the interdisciplinary work developed to create *Default*, an interactive installation that explores the dynamics of consciousness and memory through the visualization and sonification of data.

This project, led by Manuela Garretón (design) and Tomás Ossandón (cognitive neuroscience), originated in an academic context,<sup>1</sup> from dialogues and collaboration between neuroscience and design. The interactive and immersive work aims to get people to know and understand the intrinsic dynamics of their brains.

objetivo que las personas conozcan y entiendan la dinámica intrínseca de sus cerebros.

### RED NEURONAL POR DEFECTO

Imaginemos que miramos las estrellas mientras nuestra mente divaga. Una estrella fugaz capta nuestra atención. Luego, volvemos a nuestra divagación. El científico Marcus Raichle utiliza esta analogía para explicar un gran sesgo histórico: la neurociencia estudia esos breves períodos en que tratamos con estímulos externos —en este caso, la estrella fugaz—, dándole muy poca importancia a lo que pasa antes y después del estímulo (Raichle, 2010). Aunque su interés no era estudiar el cerebro en períodos de reposo, un pequeño grupo de estudios reveló que ciertas regiones del cerebro presentan una mayor actividad en los periodos de

1 Proyecto financiado por la Dirección de Artes y Cultura de la Vicerrectoría de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile a través del concurso Artes & Tecnologías, Ciencias y Humanidades 2016, y apoyado por los proyectos FONDECYT 1140996, Anillo ACT 1414, la Beca CONICYT de estudios doctorales y la Escuela de Diseño UC.

### DEFAULT MODE NETWORK

Picture yourself outdoors watching the stars. All of a sudden, this state of bliss is momentarily disrupted by a shooting star. However, this does not last long, and after a couple of seconds your mind starts wandering again. The neuroscientist Marcus Raichle uses this analogy to show us the great historical bias that has motivated neuroscience to study those brief periods in which we deal with external stimuli – in this case, the shooting star – giving very little importance to what happened before and after the stimulus (Raichle, 2010). Although interest was not focused on studying the brain at rest, a small group of studies revealed that certain regions of the brain are more active in rest than in periods when our attention is

1 Project funded by the Dirección de Artes y Cultura of the Vicerrectoría de Investigación at Pontificia Universidad Católica de Chile through the Arts & Technology, Science and Humanities 2016 contest. *Default* was also supported by FONDECYT project N°1140996, Anillo project ACT 1414, the CONICYT doctoral studies scholarship and the UC School of Design.

reposo en comparación con los períodos en que se realizan tareas dirigidas a un objetivo particular (Binder et al., 1999; Gusnard & Raichle, 2001; Shulman et al., 1997).

Debido a su actividad de línea de base intrínsecamente elevada durante el reposo, distintas regiones del cerebro que se desactivan sistemáticamente durante una tarea forman colectivamente una red conocida como red por defecto (DMN) (Gusnard & Raichle, 2001; Raichle et al., 2001). Este concepto, recibido con gran escepticismo por la comunidad, rompe una de las piedras angulares de la neurociencia, la suposición de que el período anterior a una tarea, llamada línea de base, es un estado neutral, con bajo consumo de energía. En los últimos 15 años se ha descrito de forma detallada la dinámica del DMN (Ossandón et al., 2011, 2012), destacándose que comprender su funcionamiento es clave para entender nuestro cerebro, ya que en su dinámica recae parte importante de quienes somos.

### ARTE, CIENCIA Y NUEVOS MEDIOS

En las últimas décadas, el *Sci-art* ha explorado la in-

oriented toward external stimuli (Binder et al., 1999; Gusnard & Raichle, 2001; Shulman et al., 1997).

Because of their intrinsically elevated baseline activity during rest, distinct brain regions that show systematic task-related deactivation collectively form a network known as the default mode network (DMN) (Gusnard & Raichle, 2001; Raichle et al., 2001). The concept was originally received with great skepticism by the scientific community, precisely because it breaks one of the cornerstones of Neurosciences, that is, the assumption that the period preceding a task, namely the baseline, is a neutral state, with low energy, that can safely be subtracted from a brain region to obtain the neural correlate of a specific behavior. Over the last 15 years, the dynamics of the DMN have been described in detail (Ossandón et al., 2011, 2012), but understanding how it works is key to understanding our brain, since its dynamics are an important part of who we are.

### ART, SCIENCE AND NEW MEDIA

In recent decades, *sci-art* has explored the interac-

teracción entre las artes, la ciencia y las tecnologías, incluyendo nuevos medios, arte digital y arte interactivo (Wilson, 2002). Esta vinculación ha permitido acercar el conocimiento científico a un público no experto, ofreciendo una contribución única para involucrarlo con temáticas científicas complejas (Jacobs, Benford, Luger, & Howarth, 2016). Así, se han buscado formas de establecer conexiones entre el conocimiento científico y las “formas humanas” de conocer a través de “experiencias subjetivas”, muy distintas al dominio de la investigación científica (Born & Barry, 2010). El *Sci-art* busca descubrir un nuevo lenguaje arraigado en experiencias personales, sensoriales, metafóricas, estéticas y narrativas a escala humana (Born & Barry, 2010), abarcando temáticas diversas como genética, neurociencia, cambio climático y astronomía, entre otras. Esto se explora a través de obras que emergen a partir de la tradición del arte performativo, el arte interactivo, el sonido, las instalaciones y la visualización de datos, entre otros formatos (West et al., 2005; McGraw, 2016; Jacobs et al., 2016).

tion between the arts, science and technologies, including new media, digital art and interactive art (Wilson, 2002). This connection has allowed scientific knowledge to be brought to a non-expert public, offering a unique contribution to involve it with complex scientific issues (Jacobs, Benford, Luger, & Howarth, 2016). Thus, ways have been sought to establish connections between scientific knowledge and ‘human ways’, to know through ‘subjective experiences’ very different from the domain of scientific research (Born & Barry, 2010). *Sci-art* seeks to discover a new language rooted in personal, sensory, metaphorical, aesthetic and narrative experiences on a human scale (Born & Barry, 2010), covering diverse topics such as genetics, neuroscience, climate change and astronomy, among others. This is done through works that emerge from the tradition of performative art, interactive art, sound, installations, data visualization and other formats (West et al., 2005; McGraw, 2016; Jacobs et al., 2016).

## CONSTRUYENDO DEFAULT

*Default* es un proyecto interdisciplinario. Como ocurre con otras colaboraciones, la mayor dificultad se registró en la etapa inicial, al abrir el diálogo entre disciplinas distantes. El proceso fue dividido en cuatro grandes etapas: el estudio de la dinámica intrínseca del cerebro, dos proyectos de título de la Escuela de Diseño UC, la propuesta del concepto general de la instalación y, finalmente, el desarrollo y la implementación.

### Estudiando las dinámicas intrínsecas del cerebro

La primera instancia fue estudiar y comprender en detalle el funcionamiento de la red neuronal por defecto, desde los conceptos básicos hasta los descubrimientos más recientes. ¿Cuándo y por qué se activa? ¿Cómo la estudia la neurociencia? ¿Cuáles son las técnicas de observación y análisis? Fue necesario estudiar la anatomía del cerebro (sus partes y funciones), así como revisar los métodos y tecnologías disponibles para observar el sistema nervioso central.

## BUILDING DEFAULT

*Default* is an interdisciplinary project. As with other collaborations, the greatest difficulty was registered in the initial stage: opening the dialogue between distant disciplines. This process was divided into four major stages: the study of the intrinsic dynamics of the brain, two projects of the UC School of Design, the proposal of the general concept of the installation, and its development and implementation.

### Studying the intrinsic dynamics of the brain

The first instance was to study and understand in detail the functioning of the default mode network, from the most basic concepts to the most recent discoveries. When and why is it activated? How does neuroscience study it? What are the techniques of observation and analysis? It became necessary to study the anatomy of the brain (its parts and functions), as well as to review the methods and technologies available to observe the central nervous system.



## Antecedentes

Durante el proceso se sumaron al equipo dos estudiantes de la Escuela de Diseño UC en proceso de titulación, quienes exploraron diversas formas de visualizar contenido científico. Juan Pablo Bustamante desarrolló *Epileptic Forms*, una experimentación para representar datos de electroencefalogramas de pacientes durante crisis epilépticas. Este proyecto sirvió como una exploración preliminar para representar datos y comprender un examen neurológico desde una perspectiva sensorial.

Karina Hyland, por su parte, desarrolló *Historias por Default*, una plataforma web que narra, de forma interactiva, el funcionamiento de la red neuronal por defecto (Garretón, Hyland, & Parra, 2017). Su trabajo permitió identificar las principales características descubiertas de la red, conocimiento que fue transformado en conceptos sencillos (por ejemplo, la distinción entre el estado de reposo y el de atención, el reconocimiento del mundo interno y externo de la mente y, finalmente, otorgar relevancia al estudio de la dinámica intrínseca a través de las principales funciones y actividades asociadas).

## Background

During the process, two students from the UC Design School who were close to obtaining their degrees joined the team, as they explored different ways of visualizing scientific content. Juan Pablo Bustamante developed *Epileptic Forms*, an experiment aiming to represent patient electroencephalogram data during epileptic seizures. This project served as a preliminary exploration in representing and understanding a neurological examination from a sensory perspective. Karina Hyland, on the other hand, developed *Default Stories*, an interactive web experience that narrates the functioning of the default mode network (Garretón, Hyland, & Parra, 2017). Her work made it possible to identify the main characteristics discovered in the network and this knowledge was transformed into simple concepts (for example, the distinction between the states of rest and attention, the recognition of the internal and external world of the mind and, finally, the relevance of the study of intrinsic dynamics through their main functions and associated activities).

En ambos proyectos se analizó la percepción de los diversos públicos, lo cual sirvió como inicio para la siguiente etapa.

## Concepto general de la obra

Definidos los conceptos a representar y el espacio de exhibición (Sala Anilla, MAC Parque Forestal) iniciamos el desarrollo del concepto general de la obra. En esta etapa se integraron al equipo el músico Pablo Garretón, encargado de la sonorización, y dos estudiantes, Paulina Vasconcelo y Tomás Corvalán. Varias sesiones de *brainstorming* giraron en torno a las siguientes preguntas: ¿cómo se representa la actividad cerebral?, ¿cómo podemos diseñar la relación de estos estados mentales en un espacio expositivo?, ¿cómo se percibe la experiencia visual y sonora de ello?

Revisamos el estado del arte, tanto desde el ámbito estético como desde el contenido y las tecnologías disponibles. Luego llegamos a una propuesta general: trabajaríamos principalmente en la representación de dos estados cerebrales, el de *reposo*, cuando la red por defecto se encuentra acti-

Both projects analyzed the perception of the different audiences, which served as the starting point for the next stage.

## General concept of the work

After defining the concepts to be represented and the exhibition space (Sala Anilla, Museum of Contemporary Art Parque Forestal, Santiago), we began the development of the general concept of the work. In this stage, the musician Pablo Garretón, in charge of the sound design, and two students, Paulina Vasconcelo and Tomás Corvalán, joined the team. Several brainstorming sessions revolved around the following questions: How is brain activity represented?, How can we design the relationship of these mental states in an exhibition space? and How are the visual and sound experiences perceived?

We reviewed the state of the art, both from the aesthetic standpoint and from the content and available technologies. Afterwards, we reached a general proposal: we would work mainly in the representa-

va y el cerebro registra una gran actividad, y el de *atención*, cuando le cerebro responde a un estímulo externo y la red por defecto se desactiva.

La propuesta consistió en representar la gran actividad que registra el cerebro cuando la red por defecto está activa (*estado de reposo*) y cómo esta se desactiva ante un estímulo externo (*estado de atención*).

### Desarrollo e implementación

Una vez definidos los momentos e interacciones principales de la obra, comenzamos a integrar técnicamente los distintos componentes del proyecto: la visualización, la sonorización y la interacción de éstas con el público. Para esto se integraron dos alumnos de Ingeniería, Esteban Sandoval y Benjamín Benavides. Realizamos dos prototipos del montaje replicando las condiciones de la sala para probar la visualización y su interacción con personas invitadas que generaron comentarios y apreciaciones generales. Finalmente se incorporó el artista y programador Roy Macdonald, quien colaboró en la visualización de datos.

tion of two brain states, the *resting state*, when the default network is active and the brain registers a great level of activity, and the *attention state*, when the brain responds to an external stimulus and the default network is disabled.

The proposal consisted of representing the great activity recorded by the brain when the default network is active (*resting state*) and how it is deactivated by an external stimulus (*attention state*).

### Development and implementation

After defining the core moments and interactions of the work, we began to technically integrate the different components of the project: visualization, sound and their interaction with the audience. Two engineering students joined the team to work on this: Esteban Sandoval and Benjamín Benavides. We made two prototypes, replicating the conditions of the hall to test the visuals and their interaction with users, who provided us with feedback and general comments. Finally, the artist and programmer Roy

### Diseño espacial

*Default* es concebido como un ambiente visual y sonoro a partir de datos registrados en un examen de resonancia magnética funcional de una persona en estado de reposo. *Default* transforma el interior de la sala en un cerebro (Figura 1), generando una experiencia inmersiva de interacción a través del cuerpo, la vista y el oído. El público puede actuar como estímulo externo activando el estado de atención.

### Visualización

Los datos utilizados provienen de una resonancia magnética funcional (fMRI) realizada a una persona en estado de reposo. El registro da cuenta de la actividad metabólica (consumo de oxígeno) en las distintas regiones cerebrales. El fMRI tiene una muy buena resolución espacial y una baja resolución temporal (el set de datos original correspondía a la medición de 491.244 vóxeles cada 2 segundos, durante dos minutos). Para visualizar este tipo de datos la neurociencia utiliza generalmente un corte del cerebro en el que se observa la ubicación espacial de los distintos vóxeles y su nivel de actividad

Macdonald joined the team, collaborating in the visualization of data.

### Spatial design

*Default* is conceived as a visual and sound environment based on data recorded in a functional magnetic resonance imaging of a person in a resting state. *Default* transforms the interior of the hall into a brain (Figure 1), generating an immersive experience of interaction through the body, sight and hearing. The audience can act as an external stimulus, activating the attention state.

### Visualization

The data comes from a functional magnetic resonance imaging (fMRI) performed on a person in a resting state. The registry accounts for the metabolic activity (oxygen consumption) in the different brain regions. The fMRI has a very good spatial resolution and a low temporal resolution (the original data set corresponded to the measurement of 491,244 voxels

Figura 1: Los datos utilizados corresponden a distintas áreas del cerebro que, al ser proyectados y espacializados sonoramente, se localizan como muestra el diagrama. La cruz al centro de la sala es el lugar en que una persona es reconocida por el sistema y puede comenzar a interactuar con la visualización. Fuente: Los autores.

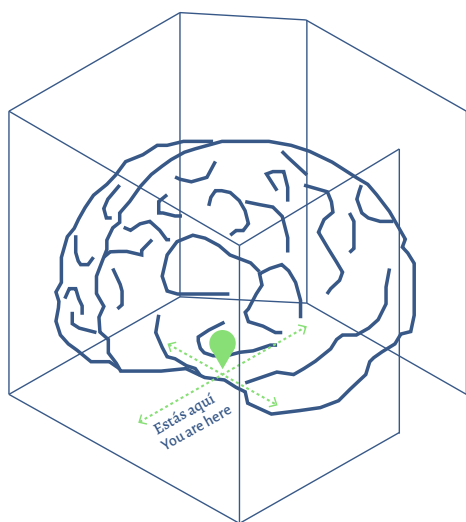


Figure 1: The data used correspond to different areas of the brain that, when projected and sonorously spatialized, are located as shown in the diagram. The cross to the center of the hall is where a person is recognized by the system and can begin to interact with the visualization. Source: The authors.

representada como un mapa de calor.

El diseño de esta visualización considera un público no experto. Tanto el origen de los datos como su valor son utilizados como *materia prima* para comunicar un contexto y un concepto definido. La visualización está diseñada para generar un ambiente visual, estético e inmersivo donde el público no solamente *ve* la visualización, sino que también pueda *entrar* en ella, moverse y recorrerla.

Visualmente, el punto de partida son los dibujos del tejido neuronal realizados por Santiago Ramón y Cajal a principios del siglo xx (Figura 2), un tipo de representación visual conocida por el público no experto que puede ser asociada a una espacialidad cerebral y que permite prescindir de la imagen del corte de un cerebro.

Fue necesario procesar los datos para ajustarlos al tipo de visualización que diseñamos. Esto consistió en reducir la cantidad de datos del examen original, disminuyendo la resolución espacial (redujimos un total de 491.244 vóxeles a 12.075), evidenciando la existencia de zonas con mayor actividad. Procesamos los datos para visualizarlos

every two seconds, for two minutes). To visualize this type of data, neuroscience generally uses a section of the brain in which the spatial location of the different voxels is observed and their level of activity is represented as a heat map.

The design of this visualization is aimed at a non-expert audience. Both the origin of the data as well as their values are used as *raw material* to communicate a context and a defined concept. The visualization is designed to generate a visual, aesthetic and immersive environment where the audience not only *sees* the visualization, but can also *enter* it, interacting and moving through it.

Visually, the starting point is the neural tissue drawings made by Santiago Ramón y Cajal at the beginning of the 20<sup>th</sup> century (Figure 2), a type of visual representation known by the non-expert audience that can be associated with a cerebral spatiality and that allows to do without the image of the cut of a brain.

It was necessary to process the data in order to adjust it to the type of visualization we designed.



como una red y no solamente como vóxeles con variación de actividad. En primer término, dividimos los datos segmentados en ocho rangos según su nivel de energía. En segundo lugar, generamos distintos tipos de conexiones entre ellos de acuerdo a su nivel de energía —1 corresponde al nivel menor y 8 al máximo— (Figura 3).

Utilizando los datos procesados desarrollamos una visualización en 3D de la actividad cerebral en estado de reposo, la que fue proyectada en la sala en tres muros continuos. Así, la visualización se constituye en una gran red. En la que a medida que aumenta la actividad en ciertas regiones, la trama se vuelve más densa.

### Sonorización

El objetivo del sonido es reforzar la sensación de inmersión y de espacialidad, generando conexiones multisensoriales. El sonido es generado en tiempo real mediante Max MSP<sup>2</sup>. La posición del usuario determina la distribución del sonido a través de los cuatro parlantes presentes en la sala. Existe un sonido base de síntesis aditiva que depende de la

This consisted of reducing the amount of data from the original exam; decreasing the spatial resolution (we reduced it from a total of 491,244 to 12,075 voxels); and highlighting the existence of areas with greater activity. We processed the data to visualize it as a network and not only as voxels with varying levels of activity. First, we divide the segmented data into eight ranges, according to their energy levels. Secondly, we generated different types of connections between them according to their energy levels – 1 corresponds to the lowest level, and 8 to the maximum – (Figure 3).

Using the processed data, we developed a 3D visualization of brain activity in the resting state, which was projected in three continuous walls of the hall. Thus, visualization is implemented as a large network. As the activity increases in certain regions, the plot becomes denser.

### Sonification

The purpose of sound is to reinforce the sensation of

información de la actividad neuronal. El valor de cada nodo es asignado a 341 osciladores, donde a mayor nivel de gasto metabólico, más fuerte es el sonido de cada oscilador. El ámbito de las frecuencias o altura de cada oscilador depende de la relación de niveles de actividad por zonas. Mientras más alineados están los niveles de actividad, el sonido tiende a ser más armónico; mientras más disímiles son, el sonido tiende a ser más complejo y ruidoso. A medida que el usuario se mueve, recorre distintos planos del cerebro, lo que hace que el sonido refleje el nivel de actividad según su ubicación. A esto se agregan sonidos previamente creados, basados de manera más abierta y metafórica en los conceptos de nivel de ruido constante de la red neuronal por defecto.

### Diseño de interacción

El diseño de interacción permitió ensamblar los distintos componentes de *Default*. El sistema,

compuesto por visualización y sonorización, responde a los compor-

<sup>2</sup> Software de desarrollo gráfico para música y multimedia desarrollado por Cycling '74.

immersion and spatiality, generating multisensory connections. Sound is generated in real time by Max MSP<sup>2</sup> The position of the user determines the distribution of the sound through the four speakers surround system in the hall. There is a base sound of additive synthesis that depends on the information of the neuronal activity. The value of each node is assigned to 341 oscillators – the higher the level of metabolic expenditure, the stronger the sound of each oscillator. The range of frequencies or height of each oscillator depends on the ratio of activity levels by zones. The more aligned the activity levels, the more harmonious the sound tends to be, while the more dissimilar they are, the more complex and noisy the sound tends to be. As the user moves, they travel through different planes of the brain, which causes the sound to reflect the level of activity according to their location. Previously created sounds are added to this, based more openly and metaphorically on the concepts of constant noise within the default mode network.

<sup>2</sup> Graphic development software for music and multimedia developed by Cycling '74.v

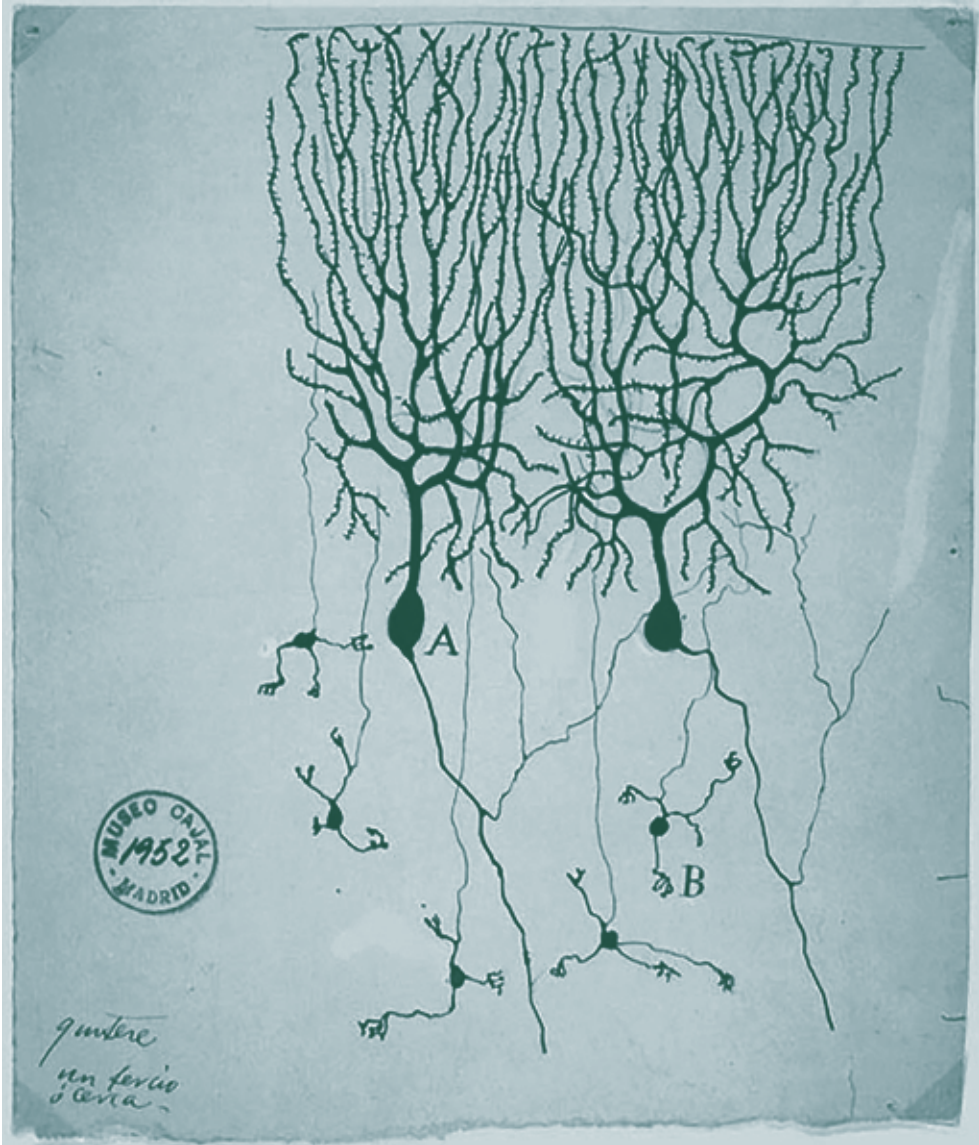


Figura 2: Dibujo de células cerebrales de una paloma: células Purkinje (A) y células granulosas (B). Autor: Santiago Ramón y Cajal, 1899. Fuente: commons.wikimedia.org. © Instituto Cajal, Madrid.

Figure 2: Drawing of brain cells of a pigeon: Purkinje cells (A) and granule cells (B). Author: Santiago Ramón y Cajal, 1899. Source: commons.wikimedia.org. © Instituto Cajal, Madrid.

tamientos del público mediante la implementación de dos sensores. Un sensor ultrasónico detecta la entrada de una persona a la sala. A su vez, una cámara infrarroja capta su movimiento al interior. Para esto último fue necesario diseñar las posibles interacciones con una, dos o más personas (Figura 4).

### CONCLUSIÓN: DESDE EL DIÁLOGO INTERDISCIPLINARIO AL CRUCE DE PERSPECTIVAS

*Default* fue visitado por un gran número de personas y permitió generar encuentros interdisciplinarios como el seminario “Red Neuronal por Defecto: Diálogos entre el Diseño y la Neurociencia”, evento que convocó a neurocientíficos, diseñadores, artistas y público general.

El trabajo colaborativo dejó en evidencia las distintas perspectivas de cada disciplina. En esta línea, el resultado más evidente fue la visualización propuesta. En neurociencias, y probablemente en cualquier disciplina científica compleja, como la astronomía, los datos generalmente provienen de extensas matrices multidimensionales. Por lo

#### Interaction design

The interaction design allowed the assembling of the different components of *Default*. The system, composed of visualization and sonification, responds to the behavior of the audience through the implementation of two sensors. An ultrasonic sensor detects the entry of a person into the hall. In turn, an infrared camera captures their movement inside. For this, it was necessary to design the possible interactions with one, two or more people (Figure 4).

### CONCLUSION: FROM THE INTERDISCIPLINARY DIALOGUE TO THE CROSSING OF PERSPECTIVES

*Default* was visited by a large number of people and allowed to generate interdisciplinary meetings such as the seminar ‘Default Neural Network: Dialogues between design and neuroscience’, an event that brought together neuroscientists, designers, artists and the general public.

The collaborative work showed the different perspectives of each discipline. The most evident result

tanto, la visualización de datos cumple un rol fundamental para la comprensión de los resultados. En cambio, en *Default* la visualización fue el medio para comunicar un concepto y no necesariamente la relación de los datos en sí misma. Para esto último fue necesario procesar los datos de una manera nueva (división de niveles de energía y conexiones entre nodos). Esto permite mirar los datos desde otra perspectiva, lo que podría abrir nuevas posibilidades de observación científica.

Finalmente, nuestra intención es seguir desarrollando *Default* a partir de dos líneas. La primera es refinar ciertas representaciones e interacciones, además de incluir nuevos estados cerebrales (como los implicados en el proceso creativo). En segundo lugar, quisiéramos explorar las posibilidades reales de nuevas visualizaciones científicas, explorando nuevas posibilidades de mirar los datos. **D**

was the proposed visualization. In neuroscience, as it probably is in any complex scientific discipline, like astronomy, the data usually comes from extensive multidimensional matrices. Therefore, the visualization of data fulfills a fundamental role in understanding the results. However, in *Default*, visualization was the means to communicate a concept and not necessarily the relation of the data itself. It was necessary to process the data in a new way (dividing energy levels and connections between nodes). This allows us to look at the data from another perspective, which could open new possibilities for scientific observation.

Finally, our intention is to continue developing *Default* from two lines. The first is to refine certain representations and interactions, as well as to include new brain states (such as those involved in the creative process). Secondly, we would like to explore the real possibilities of new scientific visualizations, exploring new possibilities of examining the data. **D**

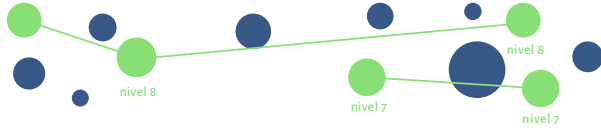
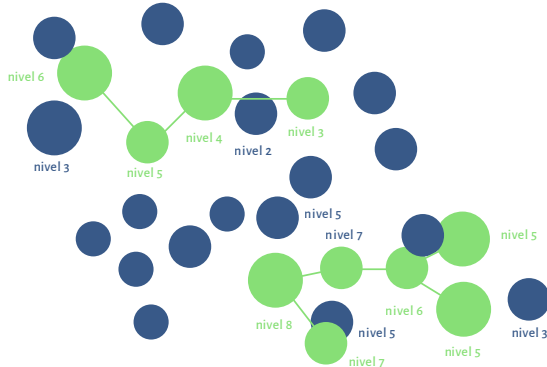


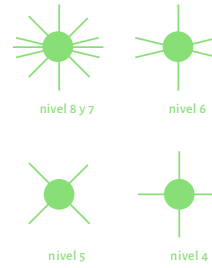
Figura 3: Diagrama que representa los dos tipos de conexiones definidas.

Figure 3: Diagram representing the two types of connections defined.

A. Conexiones de alto nivel  
A. High-level energy voxels connection



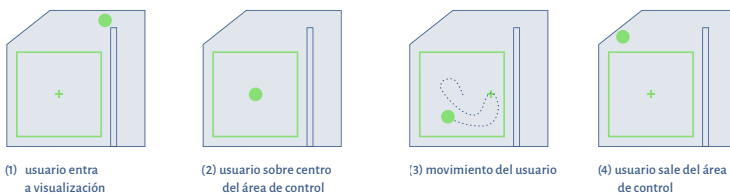
B. Conexiones según nivel de energía  
B. Voxels connection from high to low level of energy



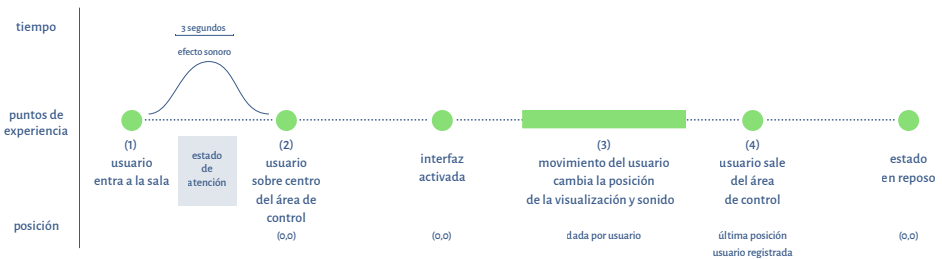
C. Límite en cantidad y dirección de conexiones  
C. Available quantity and directions of connections depending values

Figura 4: Diagrama que muestra el movimiento de los usuarios dentro de la sala y cómo este activa los distintos estados del sistema. Fuente: Los autores.

Figure 4: Diagram showing the movement of the users inside the hall and how this activates the different states of the system. Source: The authors.



A. Movimientos del usuario dentro de la sala  
A. Movements of users inside the hall



B. Línea de tiempo de efectos que produce el movimiento de usuarios en el sistema  
B. Timeline of effects produced in the system by user's movements inside the room

**DEFAULT / 2017**

Manuela Garretón

Tomás Ossandón

Instalación interactiva con  
visualización y sonorización  
de datos. Max (sonido), Open  
Frameworks (visualización)  
Touch Designer (Integración).

DISEÑO SONORO: Pablo Garretón

ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN:  
Karina Hyland

PROGRAMACIÓN: Roy Macdonald,  
Benjamín Benavides, Esteban  
Sandoval

**DEFAULT / 2017**

Manuela Garretón

Tomás Ossandón

Interactive installation with  
visualization and sonorization  
of data.

SOUND DESIGN: Pablo Garretón

Research assistant: Karina Hyland

PROGRAMMING: Roy Macdonald,  
Benjamín Benavides, Esteban  
Sandoval

SOFTWARE: Max (sound), Open  
Frameworks (visualization),  
Touch Designer (integration)



## REFERENCIAS / REFERENCES

- BINDER, J. R., FROST, J. A., HAMMEKE, T. A., BELLGOWAN, P. S., RAO, S. M., & COX, R. W. (1999). Conceptual processing during the conscious resting state. A functional MRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(1), 80–95.
- BORN, G., & BARRY, A. (2010). Art-Science. *Journal of Cultural Economy*, 3(1), 103–119. Doi: 10.1080/17530351003617610
- BUCKNER, R. L., ANDREWS-HANNA, J. R., & SCHACTER, D. L. (2008). The brain's default network: Anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 1–38. Doi: 10.1196/annals.1440.011
- GARRETÓN, M., HYLAND, K., & PARRA, D. (2017). Understanding people's interaction with neural sci-art. In *Proceedings of the IEEE VIS 2017 Arts Program, VISAP'17*. Phoenix, Arizona.
- GUSNARD, D. A., & RAICHLER, M. E. (2001). Searching for a baseline: Functional imaging and the resting human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(10), 35094500. Doi: 10.1038/35094500
- JACOBS, R., BENFORD, S., LUGER, E., & HOWARTH, C. (2016). The prediction machine: Performing scientific and artistic process. In *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems* (pp. 497–508). New York, NY, USA: ACM. Doi: 10.1145/2901790.2901825
- MCGRAW, T. (2016). Glitch style visualization of disrupted neuronal connectivity in Parkinson's disease. In *Proceedings of the IEEE VIS 2016 Arts Program, VISAP'16: Metamorphoses* (pp. 15–22). Baltimore, Maryland, October 23th–28th, 2016.
- OSSANDÓN, T., JERBI, K., VIDAL, J. R., BAYLE, D. J., HENAFF, M.-A., JUNG, J., ... LACHAUX, J.-P. (2011). Transient suppression of broadband gamma power in the default-mode network is correlated with task complexity and subject performance. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 31(41), 14521–14530. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.2483-11.2011
- OSSANDÓN, T., VIDAL, J. R., CIUMAS, C., JERBI, K., HAMAMÉ, C. M., DALAL, S. S., ... LACHAUX, J.-P. (2012). Efficient “pop-out” visual search elicits sustained broadband  $\gamma$  activity in the dorsal attention network. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 32(10), 3414–3421. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.6048-11.2012
- RAICHLER, M. E. (2010). Two views of brain function. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(4), 180–190. Doi: 10.1016/j.tics.2010.01.008
- RAICHLER, M. E., MACLEOD, A. M., SNYDER, A. Z., POWERS, W. J., GUSNARD, D. A., & SHULMAN, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 676–682. Doi: 10.1073/pnas.98.2.676
- SHULMAN, G. L., FIEZ, J. A., CORBETTA, M., BUCKNER, R. L., MIEZIN, F. M., RAICHLER, M. E., & PETERSEN, S. E. (1997). Common Blood Flow Changes across Visual Tasks: II. Decreases in Cerebral Cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(5), 648–663. Doi: 10.1162/jocn.1997.9.5.648
- WEST, R., BURKE, J., KERFELD, C., MENDELOWITZ, E., HOLTON, T., LEWIS, J. P., ... YAN, W. (2005). Both and neither: In silico v1.0, Ecce Homology. *Leonardo*, 38(4), 286–293. Doi: 10.1162/0024094054762089
- WILSON, S. (2002). *Information Arts: Intersections of Art, Science, and Technology*. Cambridge, MA: MIT Press.