



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



**MÁSTER UNIVERSITARIO  
EN ARTES VISUALES Y MULTIMEDIA  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**TRABAJO FINAL DE MÁSTER**

**UNA MIRADA SINESTÉSICA**

Análisis de los conceptos de captura y percepción  
en una instalación audiovisual interactiva

Presentado por: Cristina Martínez Hortelano

Dirigido por: Francisco Javier Sanmartin Piquer

Valencia, septiembre 2021

## RESUMEN

Proyecto de investigación y práctica artística, centrado en el estudio, análisis y puesta en práctica de algunos de los fenómenos perceptivos que produce la sinestesia. Según la Real Academia Española la sinestesia es la imagen o sensación subjetiva, propia de un sentido, determinada por otra sensación que afecta a un sentido diferente.

Trato el propio fenómeno de percepción y su desarrollo a través del proceso creativo mediante una instalación multimedia. La búsqueda de la interacción por parte del público, al cual se le invita de una forma lúdica a no ser pasivo ante la obra.

En el proyecto mi principal motivación es el interés profesional en los estudios técnicos audiovisuales. A partir de este motivo, surge analizar la percepción a través de una experiencia sinestésica. La práctica artística consiste en la instalación de una interfaz interactiva, con el propósito de generar un lugar de experimentación audiovisual lúdica.

En cuanto a la estructura de la investigación teórica se basa en la contextualización artística de la sinestesia, el análisis del ojo/oído de las máquinas y el estudio referencial de movimientos artísticos audiovisuales relacionados con la sinestesia, como el Cine absoluto y el Live cinema.

El objetivo es introducir al usuario en una experiencia lúdica y experimental, mediante la interacción de este con una interfaz que genera diferentes respuestas audiovisuales. De este modo, evidenciar la diferencia entre la captura que realizan los dispositivos y la percepción del público que proporciona valor y significado.

**PALABRAS CLAVE:** instalación audiovisual, captura, percepción, sinestesia, Live cinema, Cine absoluto.

## **ABSTRACT**

Research project and artistic practice, focused on the study, analysis and implementation of some of the perceptual phenomena produced by synaesthesia. According to the Royal Spanish Academy, synaesthesia is the image or subjective sensation, specific to one sense, determined by another sensation that affects a different sense.

I deal with the phenomenon of perception itself and its development through the creative process by means of a multimedia installation. The search for interaction on the part of the public, who are invited in a playful way not to be passive in front of the work.

My main motivation for the project is my professional interest in audiovisual technical studies. From this motive, it arises to analyse perception through a synaesthetic experience. The artistic practice consists of the installation of an interactive interface, with the purpose of generating a place of playful audiovisual experimentation.

The structure of the theoretical research is based on the artistic contextualisation of synaesthesia, the analysis of the eye/hearing of the machines and the referential study of audiovisual artistic movements related to synaesthesia, such as Absolute Cinema and Live cinema.

The aim is to introduce the user to a playful and experimental experience, through the interaction of the user with an interface that generates different audiovisual responses. In this way, to highlight the difference between the capture made by the devices and the perception of the public that provides value and meaning.

**KEYWORDS:** audiovisual installation, capture, perception, synaesthesia, Live cinema, Absolute cinema.

## RESUM

Projecte d'investigació i pràctica artística, centrat en l'estudi, anàlisi i posada en pràctica d'alguns dels fenòmens perceptius que produeix la sinestèsia. Segons la Reial Acadèmia Espanyola la sinestèsia és la imatge o sensació subjectiva, pròpia d'un sentit, determinada per una altra sensació que afecta un sentit diferent.

Tracte el propi fenomen de percepció i el seu desenvolupament a través del procés creatiu mitjançant una instal·lació multimèdia. La cerca de la interacció per part del públic, al qual se'l convida d'una forma lúdica a no ser passiu davant l'obra.

En el projecte la meua principal motivació és l'interés professional en els estudis tècnics audiovisuals. A partir d'aquest motiu, sorgeix analitzar la percepció a través d'una experiència sinestèsica. La pràctica artística consisteix en la instal·lació d'una interfície interactiva, amb el propòsit de generar un lloc d'experimentació audiovisual lúdica.

Quant a l'estructura de la investigació teòrica es basa en la contextualització artística de la sinestèsia, l'anàlisi de l'ull/sentit de les màquines i l'estudi referencial de moviments artístics audiovisuals relacionats amb la sinestèsia, com el Cinema absolut i el Live cinema.

L'objectiu és introduir a l'usuari en una experiència lúdica i experimental, mitjançant la interacció d'aquest amb una interfície que genera diferents respostes audiovisuals. D'aquesta manera, evidenciar la diferència entre la captura que realitzen els dispositius i la percepció del públic que proporciona valor i significat.

**PARAULES CLAU:** instal·lació audiovisual, captura, percepció, sinestèsia, Live cinema, Cinema absolut.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco al profesorado del Máster en Artes Visuales y Multimedia por la formación académica recibida durante estos dos cursos académicos. Y en concreto expreso mi gratitud a Francisco Javier Sanmartin Piquer por tutorizarme y aconsejarme sobre este Trabajo Final de Máster. Y, por supuesto a mis padres por ser las personas más importantes de mi vida.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Motivación.....	8
1.2. Objetivos.....	10
1.2.1. <i>Objetivo general</i> .....	10
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	10
1.3. Metodología.....	11
1.3.1. <i>Fases de la metodología</i> .....	12
1.4. Estructura de contenidos.....	12
2. DESARROLLO CONCEPTUAL Y REFERENCIAL.....	15
2.1. El fenómeno de la sinestesia.....	15
2.1.1. <i>El órgano de color</i> .....	26
2.2. Movimientos audiovisuales relacionados con la sinestesia	31
2.2.1. <i>El Cine Absoluto</i> .....	33
2.2.2. <i>Live Cinema</i> .....	37
2.3. Estudio del ojo/oído de las máquinas.....	42
2.3.1. <i>Conceptos técnicos del sonido y la imagen</i> .....	45
2.3.1.1. Captación de la imagen y la percepción visual.....	45
2.3.1.2. Captación del sonido y la percepción sonora.....	54
2.3.2. <i>Percepción visual y sonora. Neuroestética</i> .....	57
2.4. Referentes.....	61
2.4.1. <i>Primeras experimentaciones audiovisuales</i> .....	62
2.4.2. <i>Cine Absoluto</i> .....	66
2.4.3. <i>Piezas artísticas basadas en la geometría</i> .....	66
2.4.4. <i>Instalaciones artísticas</i> .....	68
2.4.5. <i>Live Cinema</i> .....	73
3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA ARTÍSTICA	
3.1. Introducción.....	75
3.2. Descripción del prototipo Synaespace .....	75
3.3. Descripción técnica.....	78
3.4. Presupuesto prototipo Synaespace .....	84

<b>4. CONCLUSIONES</b> .....	85
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>5.1. Webs</b> .....	87
<b>5.2. Artículo</b> .....	90
<b>5.3. Libros</b> .....	90
<b>5.4. Tesis doctoral o trabajo académico</b> .....	91
<b>6. ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	93
<b>7. ANEXOS</b>	
<b>7.1. Programación Arduino</b> .....	97
<b>7.2. Programación Processing</b> .....	99
<b>7.3. Programación Pure Data</b> .....	105
<b>7.4. Resultado final prototipo Synaespace</b> .....	106

# 1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento desarrollamos un proyecto de investigación y práctica artística. El cual se inscribe en las líneas de investigación del Máster de Artes Visuales y Multimedia de la Universitat Politècnica de València: Entornos interactivos y diseño de interfaces, Estudios de imagen en movimiento y Sonido y música.

Este proyecto nace desde la necesidad personal en analizar los mecanismos de registro/grabación de imagen y sonido e investigar la percepción desde el fenómeno de la sinestesia. En este escrito se detallan los intereses que llevan a desarrollar el proyecto presentándose como una investigación relevante en el área de los nuevos medios.

Los apartados que lo constituyen están organizados de la siguiente manera: la motivación personal sobre la investigación, los objetivos a conseguir, la metodología que hemos empleado y la estructura de contenidos. Seguido de la descripción del marco conceptual dividido en tres apartados o capítulos:

- Análisis y contextualización artística de la sinestesia.
- Estudio referencial de movimientos artísticos audiovisuales relacionados con la sinestesia, como el Cine absoluto y el Live cinema.
- Estudio del ojo/oído de las máquinas: Análisis del funcionamiento interno de un proyector y de una cámara de video. Y sus mecanismos de registro, grabación y proyección de imagen y sonido.

Y, por último, en el presente documento exponemos el análisis referencial, el desarrollo de la práctica artística, el apartado de conclusiones y la bibliografía.

En cuanto a la práctica artística de esta investigación consiste en la instalación SYNAESPACE. Es una interfaz interactiva (HCI), natural (NUI) y multimodal que posibilita la comunicación entre el usuario y el sistema, en el cual analizamos algunos de los fenómenos perceptivos que produce la sinestesia. Se encuentra en un espacio oscuro, es monousuario y mediante la interacción genera una serie de respuestas audiovisuales.

Su objetivo es introducir al usuario en una experiencia lúdica y experimental, mediante la interacción de este con la interfaz que genera diferentes respuestas



visuales y sonoras en el entorno. Paralelamente, enmarcamos teóricamente los planteamientos que devienen de esta experimentación.

Esta investigación plantea un cruce entre arte y tecnología, proponiendo una interfaz para la experimentación lúdica audiovisual, basándose teóricamente en el fenómeno perceptivo de la sinestesia, en los movimientos artísticos audiovisuales relacionados con la sinestesia y el estudio del ojo/oído de las máquinas.

## **1.1. Motivación**

En el proyecto mi principal motivación es el interés profesional en los estudios técnicos en imagen y sonido. Mi formación anterior al grado de Bellas Artes son dos ciclos formativos superiores del ámbito audiovisual, es el campo que me genera mayor interés y en el cual me he especializado profesionalmente.

A partir de este motivo, surge la idea de analizar los conceptos de captura y percepción en una instalación audiovisual interactiva a través de una experiencia sinéptica. Estudiando el funcionamiento interno de una cámara de video y sus mecanismos de registro/grabación de imagen y sonido.

Respecto a los intereses conceptuales que me incitan a darle forma al proyecto artístico se basan en una aproximación al mecanismo de creación audiovisual. Este lenguaje está compuesto por la superposición de los siguientes elementos: el espacio, el ritmo, el movimiento, el sonido, el montaje, la iluminación, el tono y el color.

Cabe mencionar la diferencia entre los modelos de representación audiovisuales. En el modelo de representación institucional la articulación del discurso la realiza una instancia que sería el equivalente cinematográfico del narrador literario. Este modelo prima la narración dando lugar a la transparencia narrativa. El discurso propuesto ofrece coherencia interna, causalidad lineal, realismo psicológico y continuidad espacial y temporal.

Esta serie de convenciones o normas estandarizadas se consolidaron entre 1895-1929 y se desarrollaron posteriormente, en especial en la industria cinematográfica estadounidense (Mezias y Kuperman, 2001). El concepto lo acuñó Noël Burch, realizador, crítico e historiador de cine que empleo el término de modelo de representación institucional en su libro *Praxis du cinema* (1968) (Burch,1985).

Sin embargo, en los años veinte del siglo pasado los artistas desean desprenderse de los convencionalismos formales y de su herencia de la novela literaria y del teatro. Un grupo de artistas alemanes se plantearon una forma más pura de realizar obras audiovisuales; obras que más tarde se enmarcarían dentro de un movimiento cinematográfico conocido como Cine absoluto.

Una parte de la investigación realizada se centra en este movimiento vanguardista. Por otro lado, también tomo de referencia el movimiento artístico Live cinema que se propone como una redefinición del lenguaje narrativo audiovisual. Diversas corrientes experimentales que han explorado las posibilidades de la imagen proyectada para espectáculos en directo se han unificado bajo esta denominación. El término parece precisar una forma de realizar la proyección cinematográfica, introduciendo variaciones en la habitual linealidad del montaje, abriendo un grado de incertidumbre y narratividad abierta, con múltiples posibles desarrollos (Munárriz, 2013).

Los parámetros del cine narrativo tradicional se han expandido hacia una concepción más amplia del espacio que el cinematográfico, cuyo foco ya no es la construcción fotográfica de la realidad tal como es vista por el ojo de la cámara ni las maneras lineales de narración. El término cine debe aquí comprenderse como abarcativo a todas las formas de imágenes en movimiento, comenzando por la animación tradicional a las imágenes de síntesis (Makela, 2005).

Estudio la construcción cinematográfica desde un punto de vista artístico, en el cual prevalece la percepción de cada usuario. Así como la importancia de las impresiones y sensaciones del usuario ante la experiencia sensitiva y sinestésica.

A continuación, destaco tres citas pertenecientes a Robert Bresson las cuales reflejan mis intereses artísticos en el ámbito cinematográfico:

- *“La imagen no tiene un valor absoluto. Imágenes y sonidos deberán su valor y su poder sólo al uso que tú les asignes”* (Bresson, 1997, p. 27).
- *“Tu película no está del todo hecha. La hace paulatinamente la mirada. Imágenes y sonidos en situación de espera y de reserva”* (Bresson, 1997, p. 67).
- *“Hoy no asistí a una proyección de imágenes y de sonidos, asistí a la acción visible e instantánea que ejercían los unos sobre los otros y a su transformación”* (Bresson, 1997, p. 67).

En esta obra artística se quiere evidenciar la diferencia entre la captura que realizan los dispositivos y la percepción del público que proporciona valor y significado a la pieza. En el cine la película se finaliza una vez ha sido visionada por el espectador, el cual otorga su propia visión y percepción, como en esta instalación, en la cual es necesario que el usuario realice su propia intervención en la obra.

## **1.2. Objetivos**

La realización de este proyecto conlleva definir de forma clara y precisa, cuales son las metas y propósitos a conseguir.

### ***1.2.1. Objetivo general***

Desarrollar una instalación audiovisual interactiva que permita introducir al usuario en una experiencia lúdica y experimental, mediante la interacción de este con una interfaz que genera diferentes respuestas visuales y sonoras en el entorno. De este modo, por medio de la práctica artística invitar al usuario a explorar el fenómeno de la sinestesia. Mediante el diseño de la interfaz le permite realizar una edición a tiempo real en el audiovisual, el cual genera unas sensaciones sinestésicas.

En definitiva, es una instalación que confiere un espacio lúdico para una sociedad que en gran medida vive ante una carga de estrés diaria. Por consiguiente, puede encontrar un refugio donde experimentar sensaciones. En esta pieza interactiva relacionada con el concepto de diversión o de juego se debe precisar que se elimina la competitividad que podría implicar estos términos.

### ***1.2.2. Objetivos específicos***

Por otra parte, en el proyecto de investigación y práctica artística que planteamos tiene los siguientes objetivos específicos que detallamos:

- Examinar el mecanismo de creación audiovisual.
- Analizar la construcción cinematográfica desde un punto de vista artístico, en el cual prevalece la percepción de cada usuario.

- Desarrollar un lugar de experimentación audiovisual lúdica a través de la interfaz.
- Investigar los movimientos artísticos relacionados con la sinestesia, como es el Cine absoluto y el Live cinema.
- Revisar diversos experimentos que se han realizado basados en el órgano de color.
- Analizar el concepto ojo/oído de las máquinas: el funcionamiento interno de un proyector y de una cámara de video. Y sus mecanismos de registro, grabación y proyección de imagen y sonido.
- Investigar y realizar cruces teóricos en torno a la percepción humana, la captura de los dispositivos, la sinestesia y la geometría en el arte.

### **1.3. Metodología**

Al tratarse de una investigación que está basada en la práctica artística, el desarrollo de las diferentes fases del proyecto se llevará a cabo utilizando principalmente teorías de análisis cualitativas y cuantitativas.

La metodología empleada se basará en un razonamiento inductivo y carácter dinámico. Cuya finalidad es explorar, descubrir y expandir tanto la práctica artística misma como su investigación teórica.

Esta investigación plantea un cruce entre arte y tecnología, proponiendo una interfaz para la experimentación lúdica audiovisual.

La metodología se basará en la experimentación para el desarrollo de la interfaz tangible interactiva y las múltiples problemáticas y decisiones que se tomen en este proceso. Paralelamente se pretende justificar y enmarcar teóricamente los planteamientos que devienen de esta experimentación. Cabe destacar que para conjugar las fases creativas del proyecto con las vinculadas al pensamiento vertical nos basamos en un proceso de retroalimentación, pretendemos que las fases más relacionadas con el pensamiento lateral se relacionen con la búsqueda de información y referentes visuales en un proceso continuo de enriquecimiento mutuo.

### 1.3.1. Fases de la metodología

Respecto a las fases de la metodología primero hemos realizado una investigación teórica sobre los conceptos, creando un marco conceptual y un marco referencial que sirven de base para el desarrollo de argumentos e ideas para la práctica artística.

Posteriormente, la investigación la hemos recogido en un diario de campo y ha tomado un rumbo más empírico/experimental. Teniendo como base la investigación teórica y el análisis de otras interfaces hemos desarrollado el diseño y prototipado de una interfaz propia, la cual forma parte de una instalación audiovisual interactiva.

Por último, hemos puesto en funcionamiento la interfaz diseñada y se ha plasmado los resultados de la investigación teórica en la memoria.

A continuación, en la representación gráfica desarrollamos nuestro plan de trabajo por meses para alcanzar el resultado deseado. En el cronograma de este proyecto de investigación y práctica artística propuesto está dividido en dos partes: la investigación teórica y la práctica artística. Estas dos etapas se elaboran conjuntamente para conseguir los objetivos propuestos.

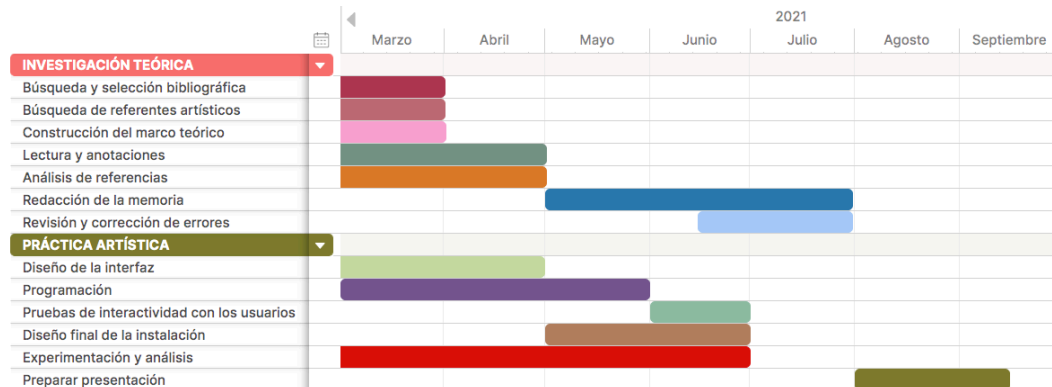


Fig. 1: Cronograma. Cristina Martínez.

## 1.4. Estructura de contenidos

Esta memoria está organizada en cinco capítulos más índice de figuras y un anexo.

En el segundo capítulo presentamos el desarrollo conceptual, el cual hemos dividido en cuatro bloques. El primero hace referencia al fenómeno perceptivo de la sinestesia. En este punto tratamos de definir el concepto, en términos generales

las primeras teorías y los primeros autores en tratar el tema. Además, incluimos en este punto el órgano de color, una tradición de dispositivos mecánicos contruidos para representar el sonido y acompañar la música en un medio visual.

Continuando en este capítulo, el segundo bloque hace referencia a los movimientos artísticos audiovisuales relacionados con la sinestesia. En este caso hemos decidido concretar en el Cine Absoluto y el Live cinema. De esta forma comenzamos a analizar obras o piezas artísticas desde las primeras experimentaciones audiovisuales con el fenómeno de la sinestesia hasta la actualidad.

Seguidamente, en el tercer apartado nos centramos en los conceptos técnicos del sonido y la imagen. Para concretar nos referiremos al funcionamiento interno de las cámaras de video y los proyectores. Asimismo, destacaremos la importancia de la percepción visual y sonora relacionando el concepto de la neuroestética, disciplina de la estética empírica. La estética empírica toma un enfoque científico para el estudio de las percepciones estéticas del arte (Martin, 2015). La neuroestética recibió su definición formal en 2002 como el estudio científico que explica y comprende las experiencias estéticas a nivel neurológico (Nalbantian, 2008). Debido a que la neuroestética no es el objetivo de esta investigación solo realizaremos una pequeña referencia acotando el campo teórico.

A continuación, analizamos el marco referencial dividido en cinco apartados: primeras experimentaciones audiovisuales, Cine Absoluto, formas geométricas y arte cinético, instalaciones audiovisuales e interactivas y el Live cinema.

Por otra parte, en el tercer capítulo desarrollamos la práctica artística. Este apartado está compuesto de una introducción, descripción del prototipado de Synaespace, descripción técnica y presupuesto.

Posteriormente, el cuarto capítulo está dedicado a exponer las conclusiones de la investigación, analizar el cumplimiento de los objetivos e indicamos las nuevas vías para desarrollar la investigación.

Por último, en el quinto capítulo presentamos las referencias bibliográficas consultadas en el desarrollo del proyecto.

Adicionalmente hemos incluido un índice de figuras y un anexo con la documentación que facilita la comprensión global del estudio realizado.

## 2. DESARROLLO CONCEPTUAL Y REFERENCIAL

En el estudio realizado nos centramos en crear un marco conceptual y referencial sólido para llevar a cabo la práctica artística e investigación original y relevante. Como hemos señalado anteriormente el marco teórico-referencial está dividido en cuatro bloques:

- El fenómeno de la sinestesia.
- Movimientos audiovisuales relacionados con la sinestesia
- Estudio del ojo/oído de las máquinas: percepción y conceptos técnicos audiovisuales.
- Referentes.

### 2.1. El fenómeno de la sinestesia

En primer lugar, debemos de explicar y describir el fenómeno de la sinestesia. Basándonos en la Real Academia Española obtenemos la definición etimológica y las siguientes acepciones:

*“(sin- del gr. συν- significa ‘unión’ y -estesia del gr. αἴσθησις, ‘sensación’)*

*1. f. Biol. Sensación secundaria o asociada que se produce en una parte del cuerpo a consecuencia de un estímulo aplicado en otra parte de él.*

*2. f. Psicol. Imagen o sensación subjetiva, propia de un sentido, determinada por otra sensación que afecta a un sentido diferente.*

*3. f. Ret. Unión de dos imágenes o sensaciones procedentes de diferentes dominios sensoriales, como en soledad sonora o en verde chillón.” (Real Academia Española, 2021).*

*“La Sinestesia es la experiencia más inmediata y directa de la vida humana que he encontrado. Es física y concreta, no es un concepto intelectual impregnado de significado. Lo inmediato y simple de ella va directamente al corazón.” (Cytowic R. E., 1993)*



La definición del vocablo sinestesia ha cambiado con el paso del tiempo hacia una gradual ampliación semántica. Se ha analizado e investigado a la sinestesia desde distintas perspectivas, por ejemplo, desde la percepción, la cognición, la personalidad, el lenguaje y la neurofisiología. Además, por parte de la derivación etimológica deriva a comprenderla como una categoría perceptiva sincrónica consecuencia de la sollicitación física de un solo sentido. De este modo, una persona escuchando puede derivar a la percepción de imágenes, aun en carencia de cualquier estímulo dirigido a la vista. Del análisis de este término en las publicaciones que se han realizado hasta la fecha, la autora Dina Riccò elaboró en el siguiente esquema la división del concepto en percepción sinestésica, sinestesia lingüística y representaciones sinestésicas (De Córdoba y Riccò, 2012).

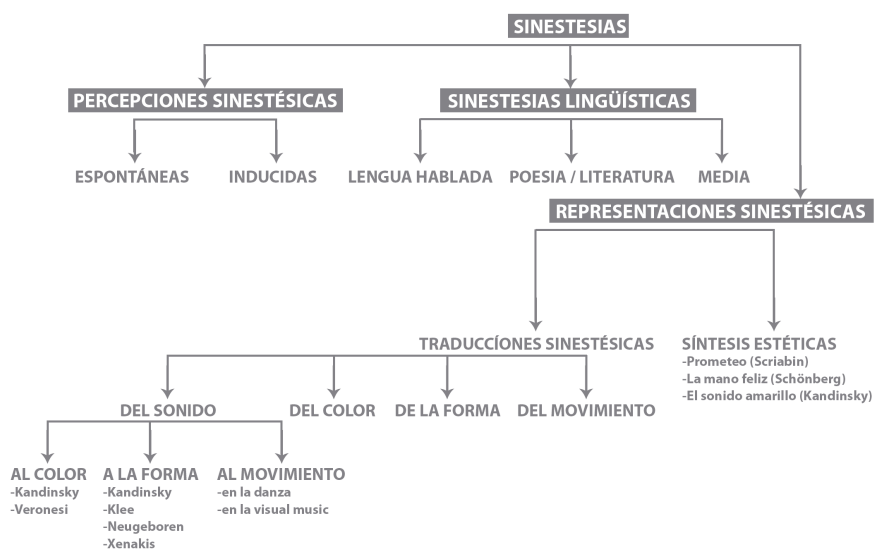


Fig. 2: *Árbol de la sinestesia: clasificación de la tipología de manifestaciones sinestésicas* (Riccò, 1999).

*“En primer lugar, la sinestesia es una palabra que describe un estado del individuo. Castellus (1746) dijo incluso del conocimiento de una patología, Vulpian (1864 - 1866) una modalidad fisiológica, después una modalidad cognitiva (Chabaliér, 1864; en Tornitore, 1986; Marks, 1978), neurológica (Cytowic, 1989; Stein, Meredith, 1993) o neurológica (Emrich, Schneider, Zedler, 2002). Y a lo largo de la primera fase de identificación del fenómeno, por ejemplo, hasta 1892, la sinestesia se pensaba solo como evento ligado al sujeto, sea eso el resultado de un proceso perceptivo natural, o artificial, inducido por el uso del alcohol o droga (Duplessis, 1974; Marks, 1978; Cytowic, 1989, 1993).”* (De Córdoba y Riccò, 2012, p. 145).

Basándonos en la información obtenida del libro *Sinestesia. Los fundamentos teóricos, artísticos y científicos*, Dina Riccò recoge en el capítulo *la producción científica en la sinestesia* sobre cuarenta y dos casos de sinestésicos analizados obteniendo los siguientes tipos de sinestесias:

- *Colored hearing*
- *Number form*
- *Musical tastes and smell*
- *Colored numbers and letters*
- *Visual smell*
- *Colored music*
- *Audiolgesic, smell*
- *Touch, taste, smell*
- *Shaped pain*

La sinestesia se comprende como un fenómeno idiosincrático en todas sus formas, no hay dos seres humanos que manifiesten el mismo conjunto de relaciones sensoriales entre el inductor y el concurrente. Aunque, sí que se hallan tendencias similares entre los sujetos.

Entre ellas la más frecuente se perfila en la audición coloreada. De los casos recogidos por Sean A. Day (presidente de *American Synesthesia Association*) en el foro para sinestésicos *The Synesthesia List*, abierto en 1998, emergen algunos datos interesantes.

*“De los 572 casos se considera el caso más frecuente, parece ser, la sensación de color inducidos por grafemas, seguido por las sensaciones inducidas por unidad de tiempo, por los sonidos de la música, los sonidos de música genérica, de notas musicales, de los fonemas y en menor medida por otras sensaciones.”* (De Córdoba y Riccò, 2012, p. 145).

<i>Sensaciones inducidas</i>	%	<i>Estímulos sensoriales</i>	%
Colores	90	Sonoros	34.5
Sonidos	5.7	Grafemici	34.2
Imágenes visuales	2.5	Gustativos	7.5
Olores	0.70	Táctiles	5.5
Tactilidad	0.65	Fonéticos	5.2
Gustos	0.40	Olfativos	5
Personalidad	0.05	Algesici (Dolor)	3.1
		Personalidad	2.3
		Térmicos	2.1
		Orgásmicos	0.6

Fig. 3: Datos porcentuales de la modalidad de sensaciones inducidas por sinestesia. Day, 2005.

Es cierto que todas las personas pueden experimentar algunos pequeños fenómenos sinestésicos. No obstante, existen individuos con mayor capacidad de relacionar los distintos sentidos entre sí.

Cabe destacar que la sinestesia puede ser causada por diversos motivos. Por ejemplo, puede ser por lesiones cerebrales, ataques de apoplejía, por drogas, estados alterados de conciencia o la experimentación de colores a partir de estímulos con carga afectiva. Esta última opción puede ser provocada por palabras emotivas, fotografías, figuras humanas y por los rostros de familiares. Estas descripciones subjetivas de experiencias sinestésicas inducidas por la visión de personas mantienen ciertas semejanzas con la habilidad de ver el aura humana (De Córdoba y Riccò, 2012).

A continuación, detallamos las características más importantes de la sinestesia como fenómeno neurocognitivo (Callejas Sevilla, 2006):

- Se trata de un fenómeno estable y perdurable en el tiempo. La respuesta de la persona no varía, siempre será la misma independientemente del tiempo que transcurrido.
- Idiosincrático y sistemático. Cada ser humano percibe de un modo propio.
- El fenómeno tiene un carácter automático e involuntario.

- Las percepciones no son representaciones sensoriales elaboradas y precisas.

- De carácter memorable. Las sensaciones pueden ser recordadas con más intensidad que el propio estímulo inicial que las provocó. Construye una percepción sustentada en una sensación perceptiva y no un resultado de la memoria.

“...La sinestesia parece abarcar no únicamente las funciones cerebrales primarias, como lo sería: la vista, el oído, el tacto y el gusto, o lo que podemos considerar como las funciones de percepción aisladas; toda vez que encontramos que la sinestesia parece abarcar también fenómenos que pertenecen a funciones cerebrales superiores, como: las asociadas al lenguaje, (en el caso de la sinestesia grafema-color, o número-color), así como las relacionadas con la memoria afectiva, (las respuestas a diferentes personalidades), y las asociaciones relacionadas con el tiempo y la ubicación geográfica...” (González Compeán, 2011).



Fig. 4: Las partes del cerebro y los sentidos. ASU Arizona State University, 2021.

“...La importancia de la sinestesia para entender otros fenómenos, como la metáfora, el lenguaje, las asociaciones sensoriales de modalidad cruzada, cobra más importancia actualmente gracias a la idea de entender la sinestesia como diferentes tipos de experiencias comunes, aunque no similares. En este sentido es importante el estudio de diversos tipos de sinestesias, más allá de las sinestesias más documentadas e investigadas, como por ejemplo la sinestesia grafema-color, o sinestesias en las que el inductor y el concurrente sean sensoriales. Tenemos que el inductor puede ser sensorial (un sonido), semántico (un concepto como inteligencia) o motor (un baile) pero el concurrente es siempre sensorial” (Iborra Martínez, 2011).

Después de explicar el concepto de sinestesia nos centramos en establecer los autores que formalizaron las bases teóricas de este fenómeno. Cabe destacar a los filósofos griegos Aristóteles y Pitágoras, los cuales dispusieron las primeras relaciones entre las notas de la escala musical y el espectro del arco iris (García Miragall, 2016).

Aristóteles presento en *Del sentido y lo sensible* (siglo IV a.C.), el primer tratado de su obra *Parva Naturalia*. El filósofo reflexiona sobre el funcionamiento de la integración y fusión multisensorial. Enfocado en las peculiaridades fenomenológicas de los diferentes sentidos y establece relaciones intermodales entre ellas. Además, Aristóteles en *Ética a Nicómaco* emplea el término *sunaisthesis* (del griego συναίσθησις), del cual deriva la palabra sinestesia (del griego συναίσθησις) que actualmente se utiliza para designar al termino de empatía (Melero Carrasco, 2015).

*“Debemos tener en cuenta que existen numerosas teorías, especialmente desde la Grecia Antigua hasta el principio del siglo XVIII, que comparan los colores y los tonos o intervalos tonales, a veces en conjunción con los planetas, los elementos, las edades, etc. Entre estos autores cabe mencionar a Jerónimo Cardano, Gioseffo Zarlino, Athanasius Kircher, Marin Mersenne, Isaac Beckmann, Cureau de la Chambre, Isaac Newton, Louis Bertrand Castel y otros más”* (Melero Carrasco, 2015).

Asimismo, Isaac Newton investigo acerca de la relación entre el sonido y el color, sus trabajos aparecieron a finales del siglo XVII y durante el siglo XVIII. En estos documentos se relataban fenómenos inusuales de percepción multimodal. También, Newton en 1704 en el proyecto de *Rueda de colores* compara las vibraciones de los rayos de luz con las vibraciones del aire, de acuerdo con su longitud de onda, las cuales provocan las sensaciones de diferentes sonidos y colores. Y reflexiona con la idea de que las armonías o disarmonías de color y del sonido dependen de las proporciones entre las vibraciones propagadas a través del nervio óptico y de las vibraciones del aire realizando un paralelismo (Salas Vilar, 2015).

“La colorimetría moderna tiene sus bases en estos estudios, Newton sostuvo que el modelo adecuado para explicar la percepción del color era el círculo, que desde entonces se le llamó *Círculo cromático de Newton*” (Salas Vilar, 2015, p. 100).

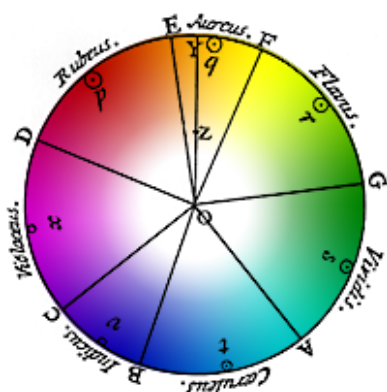


Fig. 5: *Círculo espectral*. Isaac Newton, 1704.

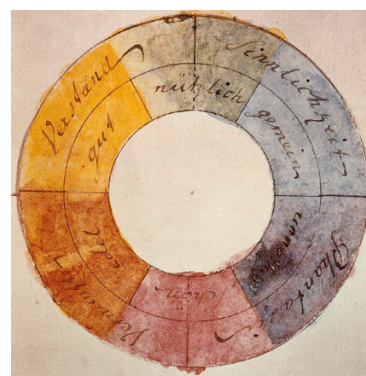


Fig. 6: *Círculo cromático*. Johann Wolfgang von Goeth, 1810.

También, debemos destacar la teoría del color del escritor Johann Wolfgang von Goethe opuesta a la de Isaac Newton. El centro de su estudio es la percepción subjetiva del color, como se puede comprobar en la *Teoría de los colores* realizada en 1810. En este estudio reflexiona sobre el efecto del color en la percepción y la conducta humana. En sus trabajos cuestiona el comportamiento psíquico de la percepción, además, afirma que la luz blanca estaba compuesta por tres colores, rojo, verde y violeta. Durante su trayectoria focalizó su trabajo en la percepción del color atribuyéndole un valor determinado, una personalidad a los colores. Estas teorías hicieron alejarse de los métodos científicos, pero abrió camino a la psicología del color que influyó a otros autores que trabajaron el fenómeno de la sinestesia (Bellod Ortuño, 2017; Vonne L., 2015).

“En ella, los colores no son parte de la luz sino gradaciones fruto de la interacción entre dos elementos polarizados, luz y oscuridad. Goethe fundamenta su carta de colores en la subjetividad de la percepción, atendiendo a la vivencia que el ser humano tiene ante un color determinado: cómo lo recibe, el modo en que su mente lo procesa y las emociones que suscita en él” (Color. El conocimiento de lo invisible. Espacio Fundación Telefónica, 2021).

Respecto quien fue el primer caso documentado de sinestesia según Jewanski, Day y Ward (2009) fue el Dr. Georg Tobias Ludwig Sachs. En 1812 publicó una tesis doctoral sobre su propio albinismo y el de su hermana. Pero también describía el tipo de sinestesia música-color y con secuencias simples (números, días de la semana y letras) (De Córdoba y Riccò, 2012; Melero Carrasco, 2015).

Sachs nació el 22 de abril de 1786 en St. Ruprecht (actualmente se denomina Kärnthen, Austria) era una persona muy religiosa y culta. El 6 de mayo de 1814, dos años después de la publicación de su disertación, murió de fiebre nerviosa. Cabe resaltar que Sachs durante los últimos años de vida se dedicó a la química de la teoría del color. El motivo por el cual redactó su disertación médica sobre el albinismo fue porque tanto él como una de su hermana eran albinos. Sin embargo, Sachs utilizó un enfoque científico y nunca se describió a sí mismo como albino, sino que hablaba de un hermano y de una hermana. Con su tesis, Sachs fue el primer albino en describirse a sí mismo y el primero en alcanzar el prestigio en las ciencias naturales. La tesis consta de ciento dieciocho páginas de las cuales sólo dedica tres páginas y media a la sinestesia. Tras algunos párrafos introductorios ejemplifica su sinestesia-color para el alfabeto, los tonos de una escala de musical, los números y los días de la semana (De Córdoba y Riccò, 2012).

Sachs no piensa que haya una unión entre su albinismo y la sinestesia. En las siguientes frases podemos comprobar que lo consideraba un efecto de su mente: *“Aunque no quiero hablar de nada relacionado con las mentes de nuestros albinos, no obstante, me gustaría establecer algunas observaciones sobre los colores, las cuales no puedo incluir en otro lugar, y que me gustaría comunicar al lector”* (De Córdoba y Riccò, 2012, p. 48).

Al estudio de Sachs le siguieron muchas reflexiones artísticas y científicas sobre la conexión entre los sentidos, pronosticando el importante estudio biológico y neurocientífico que derivaría en el siglo XIX (De Córdoba y Riccò, 2012). Además, con las teorías de Wagner sobre la *Gesamtkunstwerk*, (“obra de arte total”) se realizaron proyectos artísticos fundamentados en la metáfora de la sinestesia. Y con el tiempo, se desarrolló la música visual y *sound art* como nuevas disciplinas. Numerosos científicos y artistas estudiaron y reflexionaron la relación entre el color y la música, creando sus propias teorías e instrumentos. En el

siguiente apartado trataremos los dispositivos denominados órganos de color, un referente de estos artefactos es el del artista Alexander Wallace Rimington.

Respecto a los autores que estudiaron la relación color-música podemos destacar entre ellos: Aristóteles, Kircher, Castel, Newton, Goethe, Mary Hallock-Greenewalt, Scriabin, László, Kandinsky, Bishop, Rimington, Ludwig Hirschfeld-Mack, etc (Salas Vilar, 2015). La relación color y música cabe señalar que con el tiempo pasó a denominarse música visual y el concepto evolucionará hacia la idea de sinestesia.

Wasily Kandinsky precursor del arte abstracto en pintura y teórico del arte es un referente en la pintura basándose en teorías musicales. Perteneció a la escuela del Bauhaus (1919-33) que propicio la experimentación de representaciones sinestésicas gracias al interés por la música. Para Kandinsky su motivación era los sentimientos que provocaba sus obras en el espectador y encontrar similitudes entre los elementos sonoros y pictóricos (Roncero Palomar, 2017).



Fig. 7: *Primera acuarela abstracta*. Wassily Kandinsky, 1912.



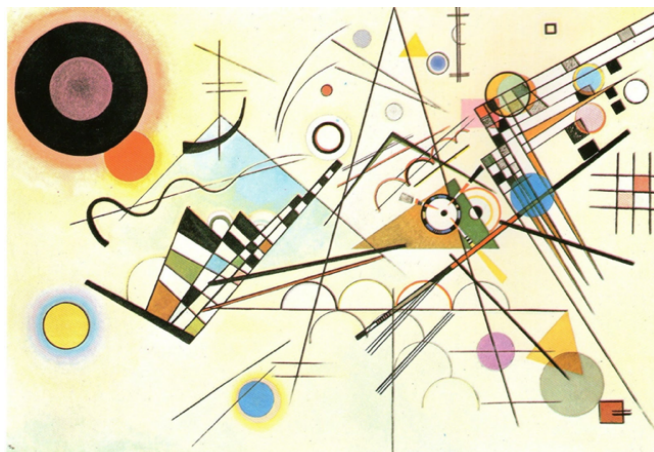


Fig. 8: *Composición VIII*. Wassily Kandinsky, 1923.

*“Algunos artistas descubrieron en la música el nuevo camino que debería seguir el arte visual del nuevo siglo. La música instrumental había logrado crear un lenguaje totalmente nuevo basado en la abstracción. Esa libertad es la que buscaron algunos pintores que decidieron alejarse de la figuración para mostrar un mundo no visible a los ojos humanos”* (Roncero Palomar, 2017, p.133).

A principios del siglo XX el fenómeno de sinestesia desempeña la función de conexión entre música y arte visual. Además, será necesario este concepto para el desarrollo del lenguaje abstracto. También, hay que resaltar al artista Paul Klee que al igual que Kandinsky hizo analogías entre música y pintura.

*“Sin embargo, Klee, en lugar de basarse en las formas atonales de la música como Kandinsky, utilizó la polifonía como base para sus formas abstractas, como en la pintura *Ad Parnassum* (1932) en la que usó planos de colores a modo puntillista para crear múltiples armonías de color”* (Roncero Palomar, 2017, p.136).

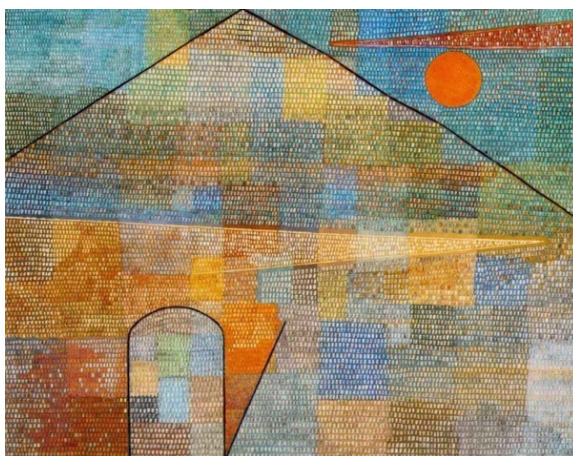


Fig. 9: *Ad Parnassum*. Paul Klee, 1932.

Además, hemos de resaltar la extensa lista de artistas que trabajaron la sinestesia en sus obras pictóricas como Miró, Pollock, Mondrian, Hockney, Franz Marc, etc. Franz Marc escribió: “*La música y la pintura son básicamente lo mismo; sólo hay que tener el órgano para detectarlo*” (Ruhrberg, 2000, p. 104).

Asimismo, en el siglo XX un factor relevante para la sinestesia fue el cine sonoro. Este recurso más el lenguaje abstracto propicio las experimentaciones con la unión de audio y video en una extensión de la música visual. Un ejemplo es el movimiento vanguardista del cine absoluto, el cual se inspiró en formas geométricas y experiencia musical para crear piezas audiovisuales.

Por otra parte, en el año 1975 se realizó la publicación de Marks que junto a la revisión de Cytowic y Wood (1982) desencadenó un gran interés sobre el fenómeno de la sinestesia para avanzar en la investigación del fenómeno (Melero Carrasco, 2015).

Durante los años 70 y 80 del siglo XX sucedió una renovación artística en España. En estas décadas se crean las ferias de Arte contemporáneo donde se presentaban las nuevas tendencias artísticas. Se mostraban proyectos artísticos donde las nuevas tecnologías eran un elemento más como medio expresivo que proporcionaba la posibilidad de introducir parámetros relacionados con la ambientación sonora y el movimiento. Las nuevas tecnologías aplicadas como medios de expresión artística han continuado hasta la actualidad, basándose en conceptos de multisensorialidad y sinestesia (De Córdoba y Riccò, 2012). Un ejemplo es la obra *Messa di Voce* realizada en 2003 por los artistas Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara.



Fig. 10: *Messa di Voce*. Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara, 2003.

De hecho, con la nueva práctica artística del Live cinema se continuaba con la experimentación que comenzaron con las vanguardias cinematográficas. Esta nueva disciplina abría el camino a un lenguaje audiovisual basado en el tiempo real. Se puede contemplar como un nuevo modo narrativo, abierto, no lineal y en el cual explorar el fenómeno de la sinestesia. Cabe señalar que al igual que los autores mencionados en nuestra práctica artística se aborda la sinestesia desde un punto de vista personal artístico, donde explorar una nueva propuesta sinestésica.

### **2.1.1. El órgano de color**

El término órgano de color se refiere a una tradición de dispositivos mecánicos contruidos para representar el sonido y acompañar la música en un medio visual. Desde la antigüedad se ha investigado sobre la vinculación entre el sonido y el color. Sin embargo, no fue hasta los siglos XVIII y XIX donde se establecieron las bases para la creación de los primeros instrumentos. Estos artefactos se fundamentaron en las capacidades sinestésicas de sus creadores.

Como hemos comentado anteriormente Isaac Newton en 1704 creó el proyecto de *Rueda de colores*. En él realiza un paralelismo con las vibraciones de los rayos de luz y las vibraciones del aire, las cuales provocan las sensaciones de diferentes sonidos y colores. Asimismo, en el mismo año, Isaac Newton en su tratado sobre óptica realizó una comparación entre el espectro de colores y las notas sucesivas de la escala musical.

Durante esta etapa histórica los autores y autoras se basaban sus ideas en pensar que la parte física de la luz y el sonido eran similares. De estos fundamentos teóricos y reflexiones de la época se fundamentaron la construcción de instrumentos de color, sobre todo basados en clavicordios o pianos. Estos dispositivos producían de manera simultánea imagen y sonido al tocar las teclas.

En la siguiente tabla se presentan algunas de las correspondencias entre colores y notas propuestas por diversos creadores (García Miragall, Sanmartín Piquer y Gracia Bensa, 2018).

	Do	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si
Newton 1704	Red		Orange		Yellow	Green		Dark Blue		Purple		Pink
Castell 1734	Dark Blue	Teal	Green	Olive	Yellow	Orange	Red	Dark Red	Pink	Blue	Purple	
Field 1817 <sup>15</sup>	Dark Blue		Purple		Red	Orange		Yellow		Olive		Green
Bishop 1893	Red	Dark Red	Orange	Yellow	Light Green	Green	Teal	Purple	Pink	Red	Red	
Rimington 1893	Red	Dark Red	Orange	Yellow	Olive	Green	Teal	Light Green	Purple	Dark Blue	Pink	
Scriabin 1911 <sup>16</sup>	Red	Pink	Yellow	Grey	Blue	Red	Dark Blue	Orange	Purple	Green	Grey	Blue
Klein <sup>17</sup> 1930	Dark Red	Red	Orange	Yellow	Light Green	Green	Teal	Dark Blue	Purple	Pink	Red	

Fig.11: Tabla comparativa entre colores y sonidos.

Respecto a los dispositivos, el primer instrumento se creó en 1730 y se denominó Clavicordio Ocular, el cual se le atribuye al francés Louis Bertrand Castel. Se basaba en un clavicordio transformado que cuando se pulsaba las teclas se desplazaba una cortina desvelando así una ventana de cristal coloreado, a través de la cual pasaba un haz de luz. Fue pensado como un instrumento que a la vez que se tocaba la pieza musical simultáneamente se disfrutaba de un efecto de color (García Miragall, 2016; Salas Vilar, 2015; García Miragall, Sanmartín Piquer y Gracia Bensa, 2018;).



Fig.12: Caricatura del clavicordio ocular de Louis Bertrand Castel. Autor Charles Germain de Saint Aubin.

En el siglo XIX, el inventor estadounidense Bainbridge Bishop en 1877 construyó un órgano de color que podemos ver en la siguiente imagen. Este dispositivo generaba de manera simultánea colores y sonido.



Fig.13: Órgano de color de Bishop

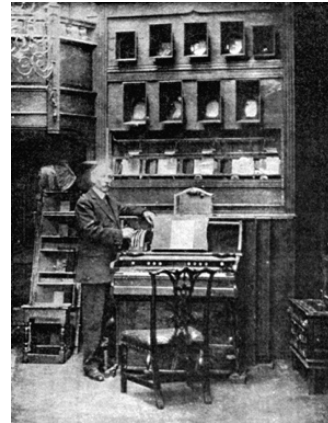
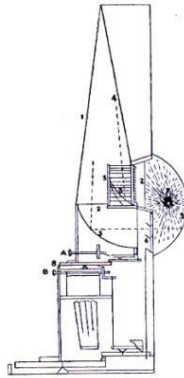


Fig.14: Órgano de color de Alexander Wallace Rimington.

Sin embargo, el británico Alexander Wallace Rimington en 1893 realiza el primer invento que fue denominado como órgano de color. Este dispositivo contenía una proyección más luminosa y sirvió como ejemplo para posteriores proyectos. Rimington pensaba que existían analogías físicas entre el color y el sonido. Por lo tanto, su escala de color-música se basaba en dividir el espectro de la luz en intervalos de las mismas proporciones que las distancias entre las notas de la escala musical (García Miragall, 2016; Salas Vilar, 2015).

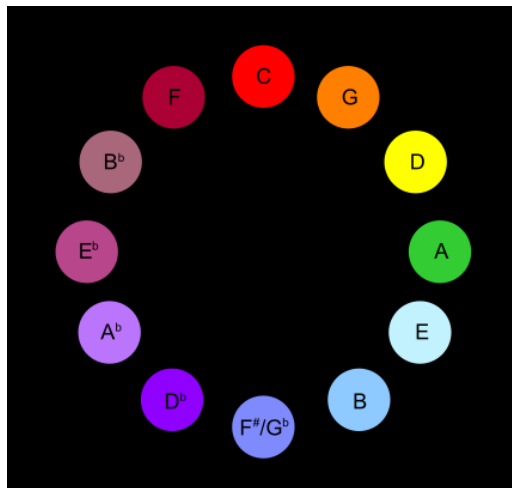


Fig.15: Scriabins key-color association.

Además, entre los compositores cabe resaltar al músico sinestésico Alexander Scriabin. En 1910 interpretó *Prometheus: Poem of Fire, Opus 60* con la *Cromola*. Un instrumento parecido al de Rimington con mejoras para emitir simultáneamente sonidos y efectos lumínicos de colores. El proyecto se realizaba fundamentándose en su percepción sinestésica.

Desarrollando un sistema ordenado según el círculo de quintas fundamentado en el método que Isaac Newton explica en su libro *Opticks* (Newton, I., 1704.).

A continuación, detallo otros autores a destacar en la evolución del órgano de color con dispositivos con características comunes. Un ejemplo, es el pintor futurista Vladimir Baranoff Rossiné, en 1916 construye el Piano Optofónico

instrumento sinestésico capaz de crear sonidos y luces de colores, patrones y texturas de forma simultánea. Originaba efectos ópticos que regulaban la intensidad de la iluminación.

También, Thomas Wilfred, músico y pintor, en 1919 crea el Clavilux, influenciado por los primeros órganos de color. Su trabajo se basaba en la iluminación y denominó al nuevo arte de trabajar con la luz como Lumia.

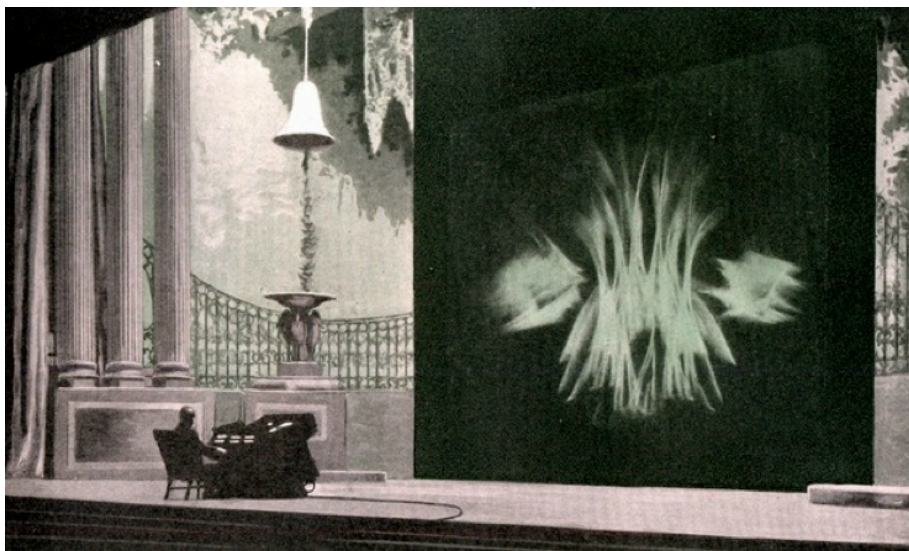


Fig.16: *Clavilux de Thomas Wilfred*

Asimismo, Adrian Klein diseñó un proyector de color en 1921 con un rango de 150 combinaciones de tonalidades. Este artilugio que se fundamentaba en un gran espectroscopio que dispersaba la luz en una gran pantalla, gracias al manejo de un teclado.

Por otra parte, Achille Ricciardo construyó un instrumento de color para el Teatro del Colore de Roma en 1920. Y en ese mismo periodo Richard Lovstrom patenta otro dispositivo para producir color y música en Estados Unidos. También, cabe destacar al compositor Alexander László que fabricó en 1925 el Sonchromatoscope.

Y, por último, entre los/as autores a resaltar mencionamos a Mary Elizabeth Hallock-Greenewalt, entre 1916 y 1934 investigó un arte que denominó Nourathar y creó un artilugio que llamó Sarabet. No pretendió relacionar colores y notas musicales. Consideraba que las relaciones eran variables y debían reflejar la habilidad de la persona que ejecutaba el instrumento (García Miragall, 2016; Salas Vilar, 2015).

*“Ella inventó varios modelos de este mismo instrumento, pero la gran explosión del cine sonoro y los interminables pleitos sobre las patentes de sus inventos, obstaculizaron la continuación de sus investigaciones” (Rego, B., 2013).*



Fig.17: *Color Organ*. Hallock Greenewalt y su piano de luz eléctrica Sarabet.

*“Durante el siglo XVIII, como estamos viendo, se crearon instrumentos donde al presionar una clave para una nota, ésta producía una luz de cierto color. En 1890, se publicó en francés el libro *Audición cromática* (Suárez de Mendoza F., 1890) y en 1927 el texto alemán *La audición cromática y el factor sinestésico de la experiencia* (Argelander A., 1927) “...La confusión que existió entre 1860 y 1930 sobre lo que significaba la sinestesia, era profunda y creaba muchas opiniones extremas e incorrectas. El poema de Rimbaud *Voyelles*, publicado en 1873, fue considerado decadente, como lo fueron otras expresiones artístico- sinestésicas y hasta los propios sinestetos. La sinestesia fue comparada con el delirio, la histeria, la homosexualidad y la degeneración. Esto contrasta bastante con la opinión extendida hoy en día de que la sinestesia está relacionada con la inteligencia, la sensibilidad y la creatividad.” (Dann K., 1998: 17 – 37)” (Baird Layden, 2004, p. 9).*

De esta etapa de experimentación del siglo XX con la relación sonido y color se puede establecer que la mayoría de dispositivos se asentaban sobre la capacidad subjetiva de los/as autores/as. Y que se fundamentaban en encontrar un vínculo entre notas y colores. Este desarrollo fomentó e influyó la experimentación de la música visual perteneciente al movimiento artístico del Cine absoluto que explicaremos en el siguiente capítulo. Respecto a nuestra práctica

artística desarrollada en esta memoria nos referimos a estos dispositivos como una referencia para nuestro proyecto. Estos artefactos propiciaron trabajar la vinculación sonido imagen al igual que en nuestro trabajo. De hecho, la propuesta subjetiva que realizamos es combinar el color con un timbre determinado que detallamos en el capítulo que tratamos la práctica.

Por otra parte, una característica importante de estos instrumentos sinestésicos es conseguir una experiencia en tiempo real multisensorial. En esta particularidad se haya una relación con la performance que comparte actualmente el movimiento artístico del Live cinema que desarrollaré en el siguiente apartado.

## **2.2. Movimientos audiovisuales relacionados con la sinestesia**

En el siglo XX los movimientos vanguardistas se refugiaron en el nuevo medio cinematográfico. Los artistas en su búsqueda iconoclasta encontraron otro medio para expresar los cambios sociales, una nueva manera de representar el mundo. La evolución tecnológica hizo que muchas corrientes artísticas se centraran en la maquina como concepto central de su obra.

Para los expresionistas estaban en contra del cambio que generó la tecnología. Sin embargo, para los futuristas, era una posibilidad innovadora de creación que debería incorporarse en el arte. Las vanguardias impulsaron al cine a alcanzar la categoría de arte (Tavares Faro, 2010).

Para estos artistas el medio cinematográfico era un recurso que les proporcionaba movimiento y de tiempo recompuesto. Además, estos movimientos vanguardistas comenzaron a desplazar al arte a otros lugares diferentes de los museos y academias. Sadoul, en su *Historia del cine mundial* señala el inicio de la relación cine/vanguardia a partir de establecer un público específico. Se consiguieron organizar cineclubs y el cine alcanza un estatus mayor que el de simple atracción de feria. Esta nueva mirada del medio cinematográfico incorpora continuidad a las obras artísticas. Poder reconstruir el arte a partir de un nuevo punto de vista y representar sus intereses artísticos con nuevos recursos (Tavares Faro, 2010; Mityr, 1971).



“Es esencial percibir el papel de las vanguardias en la creación de un lenguaje cinematográfico para comprender el pensamiento holístico que subyace en el ideario general de los artistas de inicios del siglo XX” (Tavares Faro, 2010, p. 45).

La primera película con intención de romper con las normas establecidas del cine convencional fue en 1915. Paul Wegener ya había ejecutado una primera versión de *Der Golem*, considerada una de las primeras películas expresionistas. Según Sadoul en *Historia del cine mundial*, en 1921 sería el año de comienzo de la vinculación de las vanguardias con el cine. El historiador considera que las películas dadaístas fueron las pioneras. Prácticamente estas películas eran una nueva forma de pintura: artistas como Viking Eggeling, Hans Richter o Walter Ruttmann ampliaban los límites del arte, empleando el cine solo como soporte (Tavares Faro, 2010).

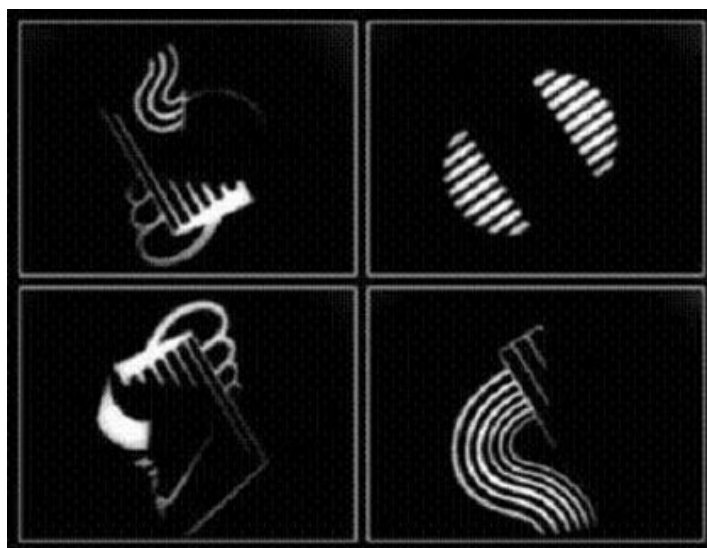


Fig.18: *Symphonie diagonale*. Viking Eggeling, 1921 -

Por otra parte, en el siglo XX el cine sonoro fue un nuevo recurso cinematográfico que propicio la experimentación de la sinestesia. El elemento sonoro más el lenguaje abstracto propicio las experimentaciones con la unión de audio y video en una extensión de la música visual. Un ejemplo es el movimiento vanguardista del cine absoluto, del cual tomamos referencia para llevar nuestra práctica artística descrita en esta memoria. En los dos siguientes capítulos detallamos y analizamos el cine absoluto conformado por artistas del comienzo del siglo XX. Y vinculamos este movimiento influyente para otros movimientos artísticos como la corriente artística actual del Live cinema.

### 2.2.1. *El Cine Absoluto*

A principios siglo XX surgieron en Europa las vanguardias históricas. Estos movimientos artísticos iniciaron una ruptura con el lenguaje audiovisual convencional hacia la representación de las formas. La tradición narrativa cede a los experimentos de la forma, empleando nuevos recursos para expresar sus emociones. Asimismo, la libertad del artista en la pintura experimento un cambio cada vez más abstracto.

Además, los movimientos artísticos como el Fauvismo, el Futurismo o el Cubismo rompían con la tradición figurativa del arte hacia representaciones no figurativas. Empleaban un lenguaje basado en las formas abstractas que les daría libertad gráfica y se transformaría en un nuevo aliciente para el público. También, el invento del cinematógrafo posibilito la experimentación de la sinestesia en el medio audiovisual. Este nuevo camino fue explorado por compositores, como: Alexander László (1895-1970), y cineastas como Oskar Fischinger (1900-1967). Fischinger toma de referente los trabajos de Walter Ruttmann (1887-1941), cineasta precursor del concepto del “cine absoluto”. Los proyectos de Fischinger, se centran en figuras abstractas con ritmo y movimiento (Roncero Palomar, 2017; González Compeán, 2011).



Fig.19: *An Optical Poem*. Oskar Fischinger, 1937.

El movimiento artístico del Cine absoluto fue la consecuencia de la investigación de artistas en explorar la variable del tiempo en sus obras. Esta corriente artística estaba influenciada con la tradición artística que relacionaba experiencia musical con visual. Los artistas de este movimiento fueron precursores en crear obras audiovisuales que relacionaban el lenguaje visual abstracto y la idea de ritmo musical. Estas estructuras musicales en medios visuales se denominan música visual.

El cine absoluto se fundamentó en aspectos esenciales de la música, como el ritmo, la armonía, el tiempo, contrapuntos, etc. (Roncero Palomar, 2017; González Compeán, 2011). Asimismo, la expresión nació en relación al término música absoluta, música sin un objetivo concreto.

*“El “cine absoluto” plantea correspondencias entre las leyes de la acústica y de la óptica; el movimiento de las imágenes y sus cambios en formas y colores, corresponde a cambios en la instrumentación, amplitud sonora, y “movimiento sonoro”. Como un nuevo camino en el arte sinestésico, las posibilidades de interacción entre las imágenes en movimiento y la música como arte temporal, y las leyes que le son propias; dotó de un panorama completamente nuevo al arte sinestésico teniendo como nueva herramienta, el movimiento:*

*(...) cuando estos artistas de origen preferentemente pictórico, se plantean una pintura en movimiento que tecnológicamente ya se lo permitía la filmación fotograma a fotograma, chocan con el tiempo cinematográfico ¿Se puede hacer una película sin contar una historia? ¿Qué sentido tiene moverse una pintura? Para resolver este dilema, recurren a un lenguaje no mimético que utiliza el tiempo, y ese es la música. Pero no para utilizarla como ilustración sonora de las imágenes, sino para crear una conexión estructural con su lenguaje. De esta forma recogen formas transdisciplinarias comunes a los dos: el ritmo, la armonía..., como otras propias del lenguaje musical: sinfonía, fuga, preludio, ballet, etc.” (González Compeán, 2011, p. 261).*

Los artistas del cine absoluto buscaron una visión artística del medio cinematográfico, por ello emplearon la forma abstracta. Con este recurso conseguían acercarse a esa forma pura o absoluta vinculada con la música. Los cineastas absolutos hallarían en la música esta inspiración abstracta que dirigía sus piezas.

Uno de los artistas precursores que se inició con la pintura en movimiento fue Léopold Survage. En 1914 ideó un proyecto para filmar sus propias pinturas de manera que obtendría movimiento. El proyecto fue interrumpido y no fue filmado por la guerra. Sin embargo, en 1917 Apollinaire presentó una exposición de las obras del pintor preparadas para el film (Mitry J., 1971).



Fig.20 y 21: *Colored Rhythm: Study for the Film*. Léopold Survage, 1913.

*“El ritmo coloreado no es de ninguna manera una ilustración o una interpretación de una obra musical. Es un arte autónomo, aunque fundado sobre los mismos datos psicológicos que la música”* (Mitry J., 1971, p. 29).

Antes de este autor la idea había sido propuesta por Wassili Kandinsky y Franz Marc en su obra *Der Blaue Reiter* (El Caballero Azul), publicada en 1912. En ella se mencionaba los conceptos de “movimientos coloreados” y de “una ópera de formas y colores”. Estas ideas impulsaron el inicio de la investigación del pintor sueco Vicking Eggeling. Entre 1921 a 1924 creó la *Symphonie diagonale* (Sinfonía Diagonal), el primer film abstracto. Fue proyectado en sesiones privadas y la primera vez en público fue en 1925 en Berlín (Mitry J., 1971).

*“Las formas transcurren, a causa de las variaciones de todas sus posibilidades, simultánea y sucesivamente; durante este procedimiento rítmico las formas entrar en relaciones una junto a otra, una contra la otra, es decir, juegan entre ellas”* (Mitry J., 1971, p. 98).

Entre los autores del movimiento del Cine absoluto encontramos a Oskar Fischinger artista experimental que realizó más de cincuenta cortos. Las piezas que creó son una unión de formas geométricas y música. Trabajo con su propia música compuesta con anterioridad y con una sincronía completa. Cabe resaltar que las relaciones de sonido e imagen de Fischinger eran muy distintas a las de

Newton. Se parecían a las teorías subjetivas de Kandinsky que les proporcionaba mayor libertad. Por ejemplo, en su pieza *Espirales* experimento con la profundidad mediante la repetición de los elementos pictóricos y de movimientos concéntricos y excéntricos. Más tarde, en proyectos como *Estudios* y *Allegretto* exploró un campo más emocional incluyendo el color y la música.

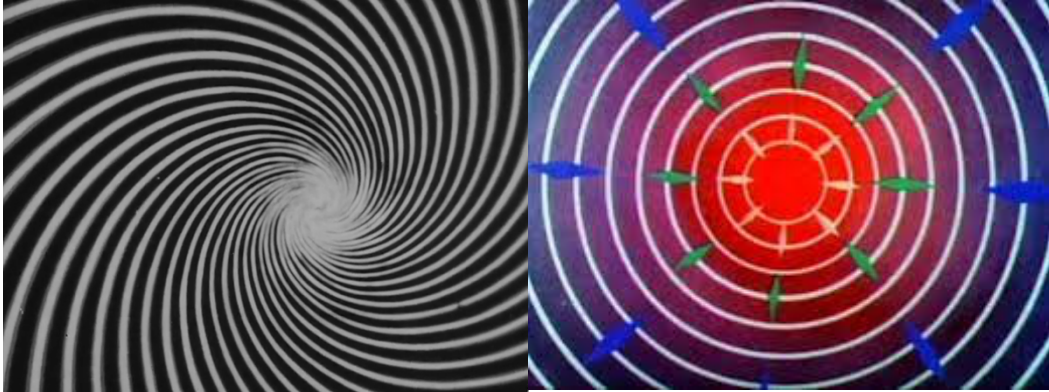


Fig.22: *Spirals*. Oskar Fischinger, 1926.

Fig.23: *Allegretto: Study for the Film*. Oskar Fischinger, 1936.

Otros autores como Eggeling y Richter no emplean el recurso del color en sus obras. La relación con la música la fundamentan en función a su sistema de libertad, abstracción y al ritmo. Sin embargo, Ruttmann sí utiliza el color y crea una partitura musical para algunas de sus piezas. Tenía técnicas que involucraba una relación entre la partitura con las imágenes. De hecho, las figuras geométricas se relacionan con la música, pero no hay una relación entre color y sonido (Roncero Palomar, 2017; González Compeán, 2011).

Como hemos mencionado los artistas del cine absoluto siguieron con la trayectoria de la música visual. Gracias al invento del cinematógrafo tuvieron la oportunidad de experimentar la sinestesia con el recurso de movimiento en el cine. Esta investigación que se realizó las primeras décadas del siglo XX ha continuado hasta nuestros días. Un ejemplo es el movimiento artístico del Live cinema que gracias a las nuevas tecnologías ha propiciado explorar nuevas vías artísticas vinculadas con la sinestesia.

### 2.2.2. *Live Cinema*

El concepto Live cinema abarca múltiples formas de creación audiovisual en tiempo real. El montaje se construye en vivo fundamentado en la improvisación. Es una redefinición del lenguaje narrativo audiovisual, además, la trama existe por la sucesión temporal y por las asociaciones entre los recursos. De hecho, se emplea de forma recurrente el recurso del *Loop*. Sugiere una narrativa abierta, rompiendo el esquema causa-efecto del cine tradicional y explorando nuevas narrativas audiovisuales. Por otra parte, la estructura sonora sirve como soporte e hilo conductor de la imagen. Asimismo, para comprender este movimiento artístico debemos de hacer la comparación con el lenguaje poético que nos proporciona propiedades estéticas y evocativas (Makela, 2005; Munárriz Ortiz, 2013).

*“Encontramos que la repetición, el ritmo, la presentación formal y visual son los elementos básicos de la poesía, compuesta por líneas generalmente se construye mediante partes más pequeñas que la prosa. Estas partes más pequeñas en el Live Cinema pueden ser: Clips o Sampleos visuales o directamente líneas de código que crean gráficos a través de algoritmos”* (Makela, 2005, p.4).

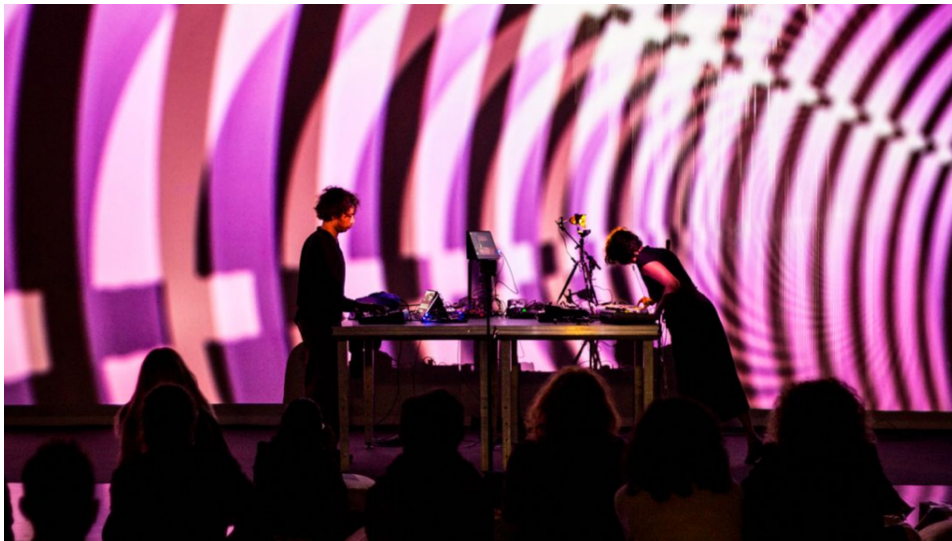


Fig.24: *Live Cinema Festival*, Tarik barri y Lea Fabrikant, 2020.

Este lenguaje comprende la particularidad de necesitar la figura del artista para crear mediante la performance o la acción artística. Las prácticas performativas con proyecciones en directo se han agrupado en el concepto de Live cinema (cine en directo). Y cabe destacar que la utilización del término Cinema es una decisión que implica una intención de aportar mayor valor para este movimiento artístico. Según el concepto debería de emplear material cinematográfico en directo, sin embargo, se utiliza para cualquier tipo de proyecciones en directo que se cuestione la narrativa, el tiempo y el lenguaje audiovisual (Makela, 2005; Munárriz Ortiz, 2013).

*“El Live Cinema se propone pues como cualquier posible actuación en directo con proyecciones y material audiovisual. Se agrupan prácticas muy diversas con otros nombres como: visualistas, Vjs, proyecciones escénicas, performance audiovisual, remix cinema, performance cinema, live video, etc.”* (Munárriz Ortiz, 2013, p.155).

*“El empleo de proyectores para generar imágenes cambiantes puede trazarse desde los juegos de sombras chinescas, los espectáculos con linternas mágicas, el cine abstracto experimental, hasta los espectáculos inmersivos psicodélicos. El rupturismo utópico de las vanguardias imagina órganos de luz, artefactos capaces de generar formas y colores sintéticos. Leger y Man Ray exploran un cine de animación con objetos y formas en movimiento”* (Munárriz Ortiz, 2013, p.151).

Respecto al modo de trabajo visual destacamos la utilización de varias capas visuales simultáneamente. Este modo de crear es similar a la composición musical, la cual confluyen diversos instrumentos a la vez. El artista mientras realiza la performance va mezclando, editando en directo el material dando un resultado único. Estas imágenes pueden ser material de archivo o por ejemplo pueden ser generadas en tiempo real a partir de una cámara de video. De hecho, muchas obras se emplean las cámaras para propiciar un espectador activo ante la pieza. De este modo, se utiliza el dispositivo como un sensor para captar el movimiento. Un ejemplo es la *Messa di Voce* de los artistas Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara (Makela, 2005; Munárriz Ortiz, 2013).

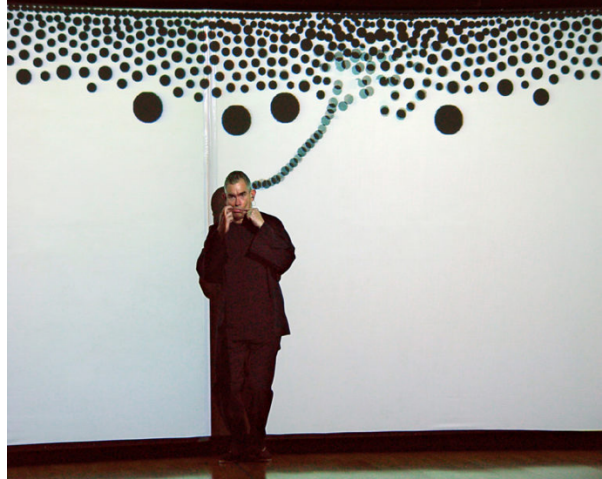


Fig. 25: *Messa di Voce*. Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara, 2003.

*“El Live Cinema se propone como una redefinición del lenguaje narrativo audiovisual, enfrentándose a prácticas de proyecciones en directo estrictamente plasticistas o abstractas. Defendemos la importancia del factor narrativo, de la búsqueda de un nuevo lenguaje fluido, basado en asociaciones y deslizamientos de significado. [...] El nuevo modo narrativo se analiza desde las teorías de la imagen líquida, y se propone como mecanismo de producción de significado especialmente adecuado en nuestro entorno de acumulación visual en continua transformación, un reflejo del instante permanente en el que nos hayamos”* (Munárriz Ortiz, 2013, p.150).

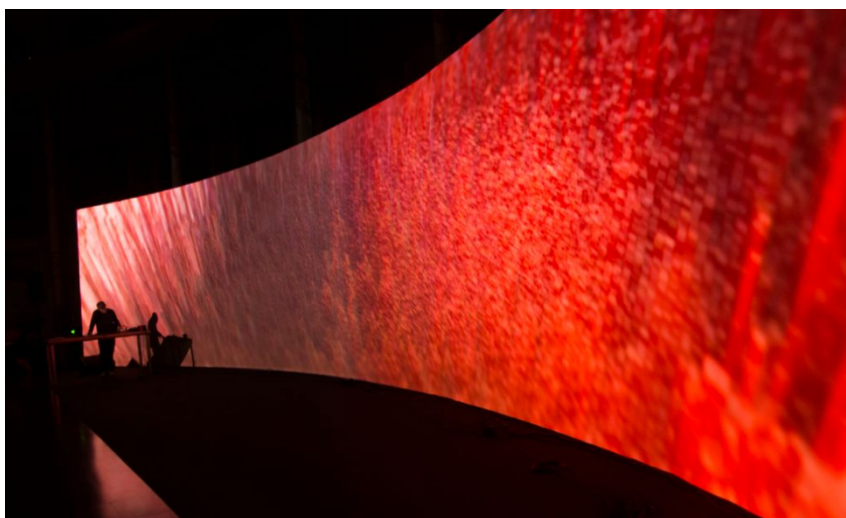


Fig. 26: *Live Cinema Festival*. Aeryon Maotik, 2020.



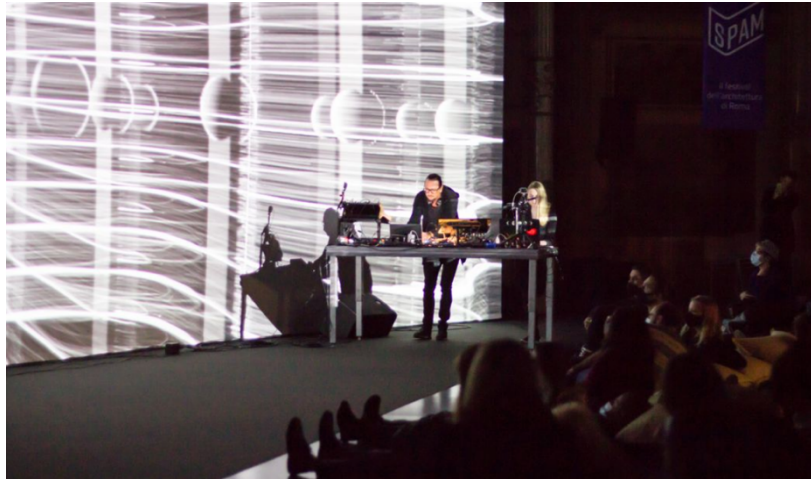


Fig. 27: *Live Cinema Festival. Zagarmusic, 2020.*

Un antecedente de este movimiento es el espectáculo del Joshua Light Show que realizaba con dispositivos óptico-mecánicos capaces de producir efectos visuales. Por ejemplo, planchas perforadas, tubos con líquidos de colores o diapositivas pintadas a mano. Es esencial señalar las construcciones que crea el artista para realizar su directo e ir modificando el audiovisual. Estas piezas son fundamentales, ya que con ellas tomamos las decisiones mediante posibles gestos o recursos expresivos. La interfaz envía los datos recogidos al software y gracias al avance tecnológico se ha podido evolucionar en este movimiento artístico (Makela, 2005; Munárriz Ortiz, 2013).

Cabe destacar el papel que juega el espacio en estas acciones artísticas. Es el lugar donde convergen el propio artista con el público y la interacción con los audiovisuales en directo. Comparado con el cine es un espacio con una mayor capacidad flexible, cambiante y con una gran carga de improvisación. Esta característica de improvisación y de carácter performativo nos influye en nuestro trabajo, al igual que la vinculación imagen y sonido que trabaja este movimiento.

*“En muchas performances de live cinema, la audiencia puede estar sentada, caminar alrededor, bailar o participar. El performer maneja varios espacios de forma simultánea durante su actuación, yo los he dividido en cinco clases diferentes según sus características: el digital, el escritorio, el de la performance, el de la proyección y el espacio físico” (Makela, 2005, p.7).*

Por último, destacamos los trabajos de Peter Greenaway y del grupo The Light Surgeons. Peter se unió al proyecto de Tulsa Luper con el objetivo de experimentar y redefinir la narración audiovisual. Además, en sus trabajos propicio la interfaz tangible en el propio directo. Respecto al grupo The Light Surgeons sus obras investigan el espacio proyectando diversas fuentes de video que dialogan entre ellas.

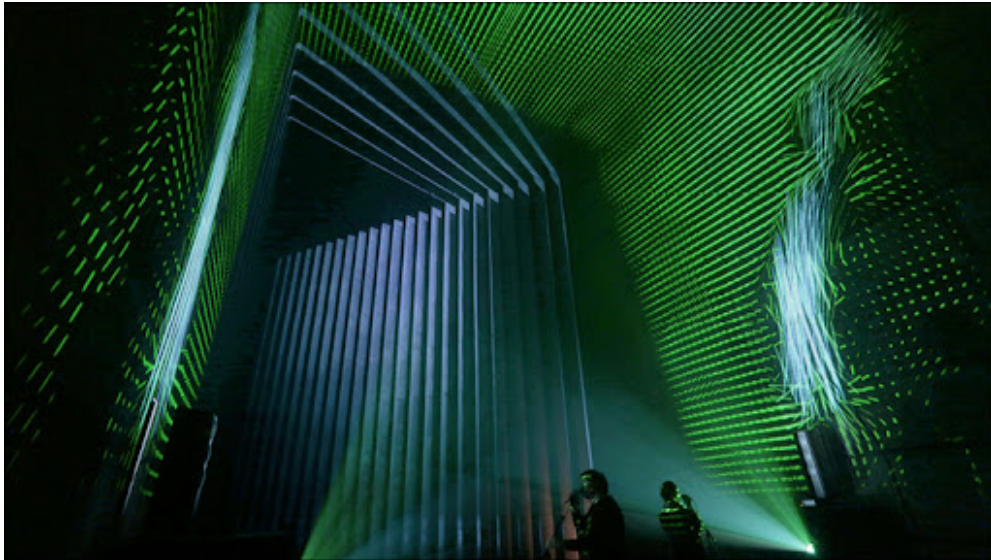


Fig. 28: *Soundfield*. The Light Surgeons, 2014.



Fig. 29: *SuperEverything*. The Light Surgeons, 2014.



Fig. 30: *The Tulse Luper Suitcases*. Peter Greenaway, 2003.

### 2.3. Estudio del ojo/oído de las máquinas

Como hemos comentado anteriormente durante el siglo XX el avance tecnológico propicio la evolución en el arte hacia nuevas herramientas de trabajo. Por ejemplo, los artistas de las vanguardias hayaron en el cine una nueva manera de experimentación artística y de plasmar su punto de vista de la sociedad.

Por otra parte, gracias a los nuevos materiales y recursos tecnológicos con base científica se pudo comenzar a investigar la percepción humana.

La vinculación que se creó entre técnica y/o tecnología y obra de arte y cultura motivó interesantes debates que afectaron a las propias obras. Produciendo sobre temáticas que reflejaban sobre los cambios que afectaban a la sociedad del momento. Este avance tecnológico motivó centrar la producción artística alrededor de la máquina como pilar fundamental del cambio social (Molinari, 2011).

*“Está claro que el artista no puede plasmar más que lo que su herramienta y su medio son capaces de representar. Su técnica le restringe la libertad de elección”* (Gombrich, 1979, p.69).

La máquina como hallazgo de una nueva sociedad y como transformación de la percepción de las personas sobre su posibilidad de cambiar el entorno que les rodea constantemente. Este progreso sin límites se ha seguido experimentado con

las nuevas herramientas que nos aporta la tecnología. Bajo la denominación del arte de los nuevos medios podemos englobar toda aquella producción artística realizada mediante las nuevas tecnologías.

En cuanto al estudio del ojo/oído de las máquinas en la actualidad podemos destacar la pieza *24 Frames* (2021) realizada por el Laboratorio de luz.

Esta pieza ha sido presentada en el museo del IVAM y se basa en un cinematógrafo con múltiples ojos y oídos. La máquina y los conceptos técnicos audiovisuales convergen en la instalación. Reinterpretando los componentes que conforman la imagen en movimiento, los conceptos técnicos que derivan de ella y la idea de museo.

Genera un mecanismo que permite al espectador una mirada múltiple del espacio del museo mediante los dispositivos audiovisuales. De tal forma, percibimos espacios permitidos al público y espacios no visibles del museo mediante imágenes y sonidos grabados anteriormente de lugares internos del museo.



Fig. 31: *24 Frames*. Laboratorio de la luz, 2021.

Esta obra artística nos puede evocar, por ejemplo, el recuerdo de las instalaciones del artista Bruce Nauman. La videoinstalación *Live-Taped Video Corridor* realizada en 1970, y también, la instalación *Video Surveillance Piece: Public Room, Private Room* presentada en 1969.

En las dos piezas se centra en redefinir el papel del observador y observado en el espectador. Trabaja la percepción del público y emplea la imagen en tiempo real a través de circuitos cerrados de video analógico. En su obra lo privado y lo público convergen en su discurso y los asistentes participan activamente en la obra.

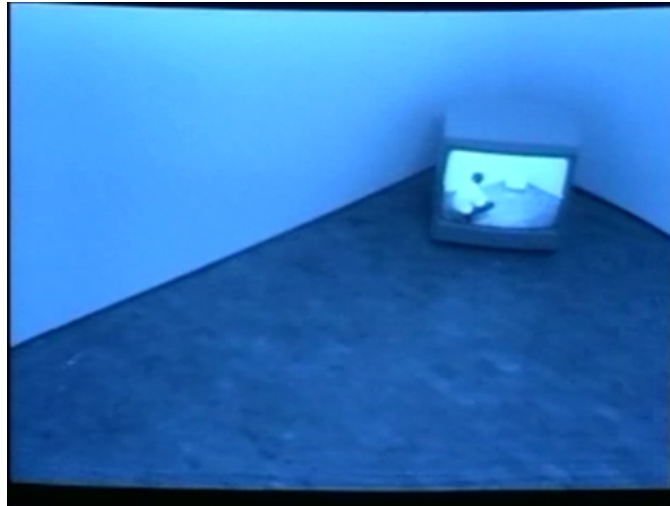


Fig. 32: *Vídeo Surveillance Piece: Public Room, Private Room*. Bruce Nauman, 1969.



Fig. 33: *Live-Taped Video Corridor*. Bruce Nauman, 1970.

De tal forma, como hemos mencionado el avance tecnológico ha propiciado el uso de las nuevas tecnologías y se han producido obras que redefinen los conceptos que conforman la imagen en movimiento. Ha motivado la

experimentación con el concepto ojo/oído de las máquinas, lo cual nos ha permitido trabajar la percepción humana desde un punto de vista artístico. Y de esta manera poder plasmar las problemáticas o motivaciones sociales o artísticas de cada momento de la historia.

### **2.3.1. Conceptos técnicos del sonido y la imagen**

En este capítulo plantearemos los conceptos técnicos y teóricos del sonido y la imagen e introduciremos conceptos referidos a la percepción humana. Además, explicaremos brevemente el funcionamiento interno de las cámaras de video y los proyectores de tipo LCD. También, comentaremos la percepción visual y sonora vinculado al concepto de la neuroestética. El apartado de neuroestética estará acotado ya que no es el objetivo de esta investigación. Todos estos conceptos quedan plasmados en la práctica, en la cual abordamos la separación de los componentes de la luz, la imagen invertida, la diferencia entre captura y percepción, el modelo de color RGB, etc.

#### **2.3.1.1. Captación de la imagen y la percepción visual**

Para tratar la captación de imágenes debemos explicar en un primer término el concepto de luz. Se define como energía electromagnética radiante emitida por una fuente, a la cual es sensible la retina del ojo. Las propiedades fundamentales se basan en ser irradiada en línea recta, a partir de una fuente energética. Y se desplaza por el vacío en forma de ondas perpendiculares a la dirección del rayo a una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo (según el material disminuye la velocidad). Las ondas electromagnéticas al hallar una superficie en su trayectoria pueden ser absorbidas, reflejadas (especular o difusa), transmitidas (directa o difusa), refractadas y dispersadas.

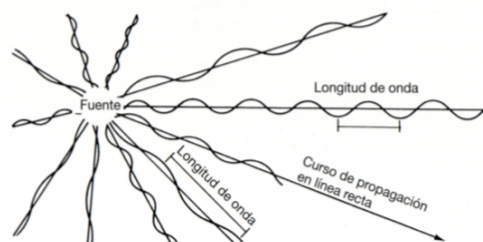


Fig. 34: *Concepción elemental de la energía electromagnética.*

El estudio de la luz mantiene una doble interpretación por una parte es el concepto energético y científico. Y por otra, se investiga la parte artística referida a la percepción humana.

Respecto a las radiaciones electromagnéticas están diferenciadas en distintas longitudes de onda que forman el llamado espectro electromagnético. Del espectro el ojo humano solo es capaz de percibir las radiaciones cuyas longitudes de onda miden entre 380nm y 780nm. Estas longitudes de onda están medidas en nanómetros y se clasifican dentro del espectro visible (Langford, Fox, Smith, Renn, Nolle y Bolland, 2007).

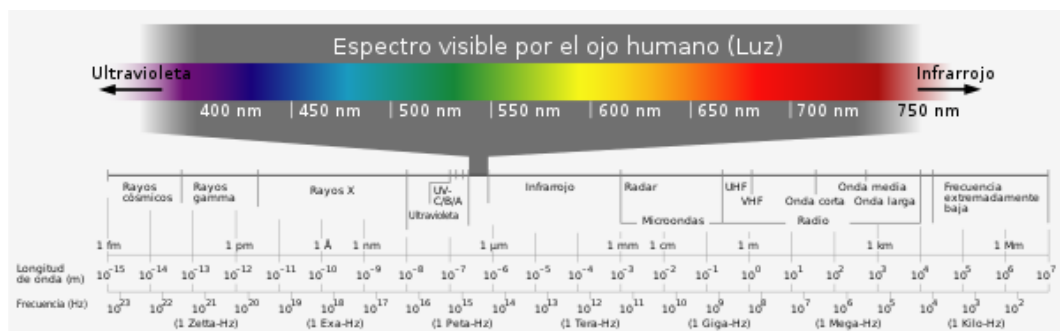


Fig. 35: *Espectro electromagnético.*

Como hemos mencionado anteriormente Isaac Newton desarrollo diversas teorías que han sido fundamentales en la historia. Cabe destacar que trabajando con un prisma consiguió demostrar que la luz blanca se compone de siete colores.

*“Cuando hube separado los rayos, el espectro formado apareció teñido con esta serie de colores: violeta, añil, azul, verde, amarillo, naranja, rojo, junto con todos sus grados intermedios, en una continua sucesión”* (Isaac Newton, 1704).

Estas teorías fueron recopiladas en el libro *Opticks* en 1704 que sirvieron de referencia en las teorías del científico ilustrado Jesse Ramsden. De hecho, las investigaciones en la ciencia del color han sido utilizadas en otras ramas de conocimiento como la farmacología, la neurociencia, la astrofísica y hasta la inteligencia artificial (Color. El conocimiento de lo invisible. Espacio Fundación Telefónica, 2021).

Retomando la teoría del espectro electromagnético cabe destacar que nuestro ojo no percibe todas las ondas por igual y es más sensible a la radiación cuya longitud de onda tiene 555 nm. Esta franja de energía es la cual el ser humano percibe como color verde.

<i>Longitud de onda de los colores que percibe el ojo</i>	
<b>Color</b>	<b>Longitud de onda (nm)</b>
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-780

Fig. 36: Longitud de onda visible por el ojo humano.

También, debemos destacar el hecho de que la fisionomía del ojo nos ayuda a percibir con mayor facilidad el brillo que el color. Esto se debe a que las células que se encargan de procesar el color se denominan conos y las del brillo se encargan un número superior de células llamadas bastones.

Las células conos se ubican en la fóvea y tenemos seis millones aproximadamente y en algunas de estas células tienen una terminación nerviosa que va al cerebro. Su función es la visión del color y hay tres tipos de conos, sensibles a los colores rojo son el 60%, el 30% a los verdes y el 10% a los azules. Somos más sensibles al verde, ya que los conos rojos también poseen sensibilidad a él. Asimismo, les debemos a ellos la definición espacial y la visión fotópica.

Por otra parte, los bastones son aproximadamente cien millones, se concentran en zonas alejadas de la fóvea y su función es la visión escotópica. Aportan aspectos como el brillo y el tono, y son los responsables de la visión nocturna (Cortés Parejo, 2000).

Estas cuestiones sobre el color con superior sensibilidad y la mayor facilidad al brillo que al color se deben a aspectos de supervivencia del ser humano. También, debemos de señalar que nuestra manera de percibir se relaciona con la forma de reproducir la imagen en movimiento de los televisores CRT. Los cuales trabajan con la imagen entrelazada y gracias a la capacidad de persistencia retiniana de los seres humanos podemos ver la imagen en movimiento. La imagen se divide



en dos campos y mediante el fosforo del dispositivo, el número de fotogramas por segundo y nuestra retina consigue que percibamos el movimiento natural de la imagen.

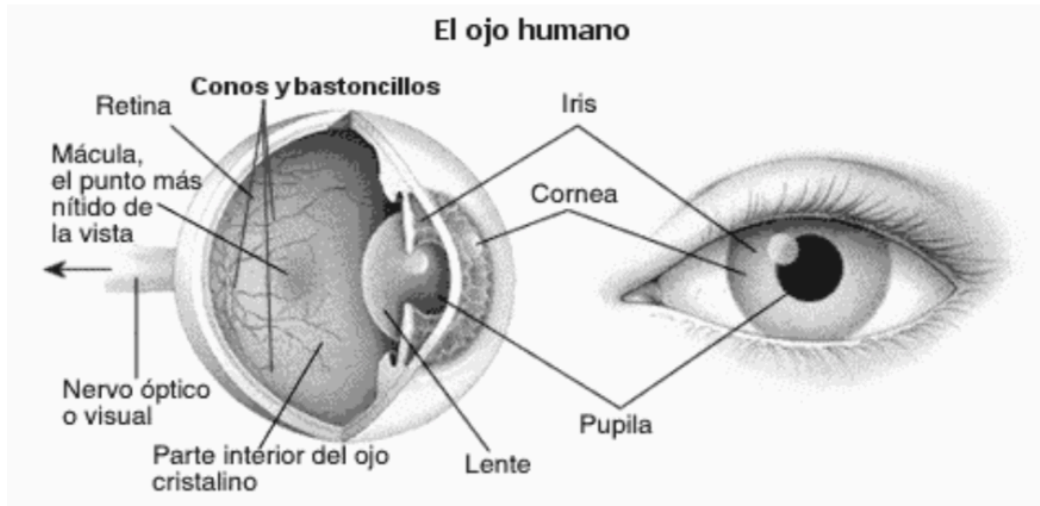


Fig. 37: Partes del ojo humano.

Respecto al color es una lectura que el cerebro realiza de las radiaciones electromagnéticas que el ojo es capaz de percibir. Los cuerpos reflejan, transmiten o absorben parte o todas las radiaciones electromagnéticas que inciden sobre ellos. Nosotros percibimos el color según las ondas electromagnéticas que reflejan y el resto son absorbidas por él. Según Semir Zeki concluye que la percepción de un color es en realidad la interpretación que el cerebro hace de tal propiedad física del objeto (Semir Zeki (2000) en "Esplendores y miserias del cerebro").

Asimismo, distinguimos los colores en virtud de la tonalidad o tono (longitud de onda), saturación (pureza del color) y brillo (luminancia del color).

Por otra parte, en cuanto a cómo percibimos la tonalidad de la luz en una escena se debe en parte a la temperatura de color de las luminarias. El ser humano tiene la capacidad de adaptarse e interpretar cualquier luz como blanca. Sin embargo, en los dispositivos de captación debemos de utilizar el balance de blancos y negros incorporado en las cámaras.

El físico William T. Kelvin investigó la temperatura de color e inventó la escala Kelvin. Es un sistema para medir la calidad del color de la luz comparando las radiaciones luminosas de un cuerpo negro. Al calentar el cuerpo negro emite energía, primero las radiaciones de longitud de onda más larga 780 nm (color rojo) hasta llegar a 380 nm (azules-violeta). Así podemos relacionar la composición

espectral de la luz emitida con su temperatura de color. Respecto a la equivalencia de cero grados centígrados en grados Kelvin son 273,15 (Cuevas Ortiz, 2010).

Por otra parte, los dispositivos electrónicos audiovisuales trabajan con la síntesis aditiva. Este sistema de color se basa en los colores primarios rojo, verde y azul. Estos al mezclarse crean los colores secundarios cian, magenta y amarillo, que forman la síntesis sustractiva (CMYK). El proceso de síntesis aditiva se identifica por el acrónimo de RGB y para obtener la luz blanca se suman la misma cantidad de los tres colores, la ausencia de ellos resulta negro.

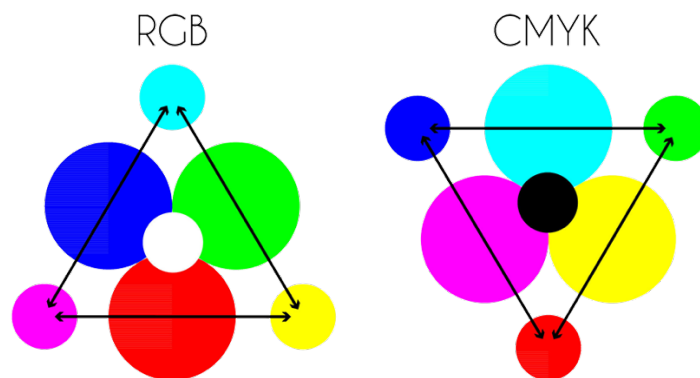


Fig. 38: Modelos de color RGB y CMYK.

También cabe señalar que en los dispositivos de captación de imagen empleamos lentes que hacen converger los haces de luz en un plano. Según las lentes obtenemos una imagen real o una imagen virtual. La lente de tipo convergente hace convergen los rayos y producen imágenes reales e invertidas. Y las lentes divergentes producen imágenes virtuales (la imagen es recta), los rayos de luz no llegan a converger. Todos los objetivos empleados en dispositivos de captación tienen un funcionamiento de una lente convergente (imagen real e invertida) aunque se construyen con lentes de las dos clases. (Cuevas Ortiz, 2010)

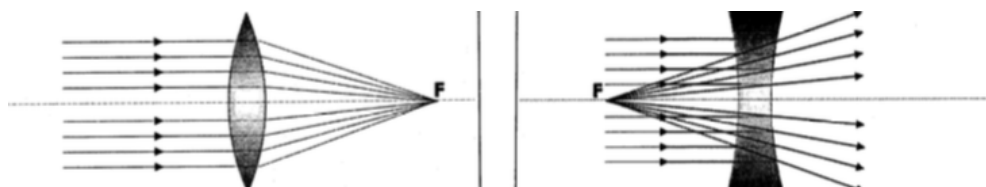


Fig. 39: Representación de una lente convergente y una lente divergente.

Las imágenes invertidas al igual que sucede en las cámaras también nos suceden en nuestros ojos. En los seres humanos el cerebro se encarga de voltear la imagen para percibirla correctamente. Los ojos funcionan de manera similar a la cámara. La córnea dirige la luz que pasa por la pupila que controla la cantidad que entra, al igual que el diafragma de la cámara. A continuación, el cristalino realiza la función de enfocar y seguidamente llega a la retina en la cual se crea la imagen invertida. Y, por último, la luz captada se convierte en señales eléctricas que procesa el cerebro como el sensor de la cámara.

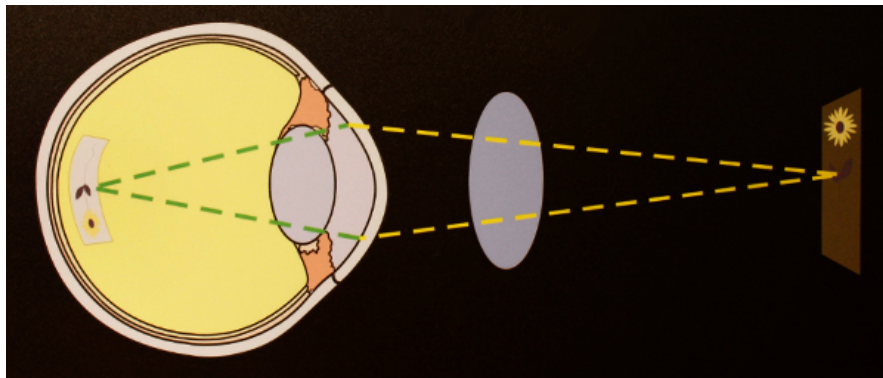


Fig. 40: Formación de la imagen invertida en la retina.

En la cámara se emplean diversos elementos de cristal para invertir la imagen. Para poder visualizar por el ocular en un primer término los rayos que forman la imagen se refleja en un cristal con un ángulo de  $45^\circ$ . Este primer proceso corrige la imagen que está al revés. El siguiente paso es la utilización del pentaprisma para voltear la imagen de izquierda a derecha y poder ver el resultado por el ocular. (Perez, 2021; Carrillo de Albornoz, 2012)

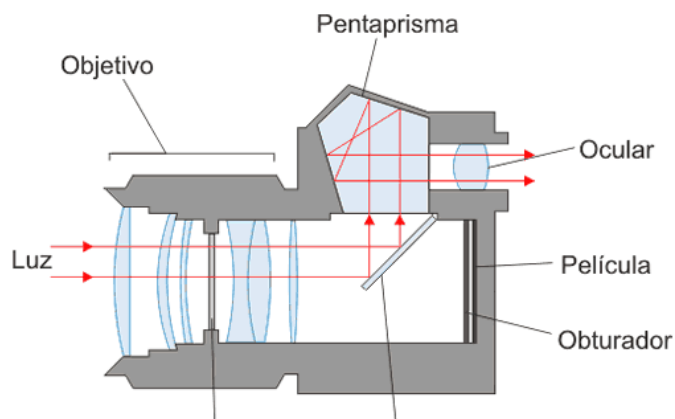


Fig. 41: Esquema de las partes de una cámara.

El mecanismo interno de trabajo de una cámara imita al del ojo humano. Los dispositivos de captación están creados para nuestra capacidad perceptiva, por lo tanto, para comprender como funciona un dispositivo debemos de comprender como nosotros percibimos.

El cerebro completa los datos que capta el ojo interpretando esta información dando lugar a las emociones. Por ello una cámara siempre será más objetiva e imparcial, pero nunca podrá recoger tal cual las sensaciones que nuestros ojos nos proporcionan junto al cerebro. La diferencia entre que la cámara trabaje con el ordenador y nuestros ojos con el cerebro es el concepto de percepción. El cual implica emociones y sentimientos únicos en cada persona y por los cuales interpretamos la información de distinta manera.

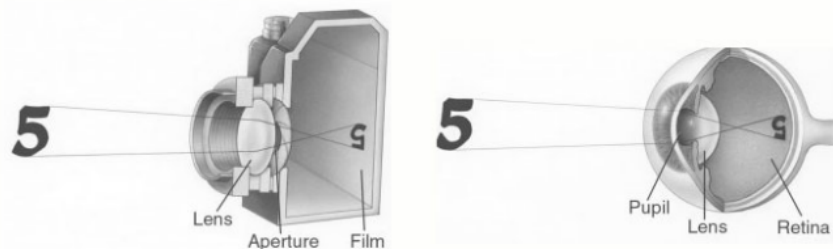


Fig. 42: Comparación de la captación de una imagen en una cámara y en el ojo humano.

Respecto a dispositivos de captación nos centraremos en las cámaras de video profesionales, las cuales separan el haz de luz en sus tres componentes RGB. Este proceso se realiza mediante un prisma dicróico, elemento de cristal con la principal finalidad de separar en sus tres componentes RGB la luz

Es un conjunto de espejos semirreflectantes que permiten el paso de uno de los colores principales, reflejando el resto. Para garantizar que a cada sensor CCD o CMOS le llega solo la componente lumínica deseada se incorporan unos filtros que transferirán las componentes rojo, verde y azul, discriminando el resto. Los sensores CCD y CMOS son elementos de las cámaras digitales que sustituyen la película de las cámaras analógicas. Su función es convertir las ondas de luz en señales eléctricas. El proceso de digitalización de una señal analógica son distintas etapas denominadas muestreo, cuantificación, codificación y, por último, obtención de la señal de vídeo digital (Cuevas Ortiz, 2010).

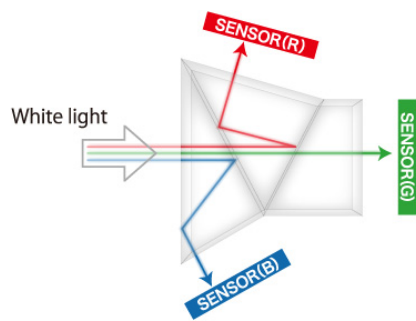


Fig. 43: Prisma dicróico en una cámara de video.

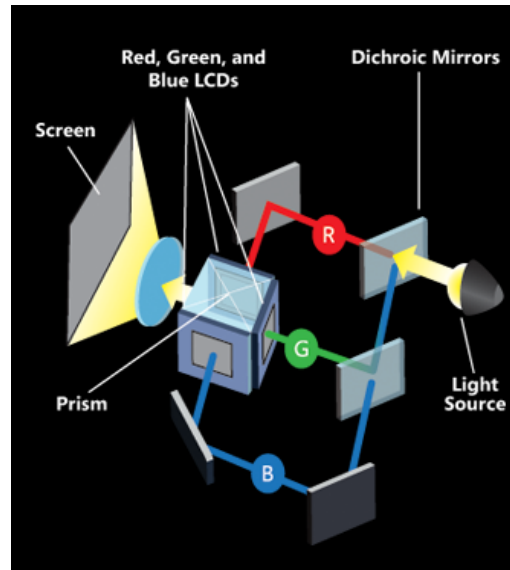


Fig. 44: Prisma en un proyector LCD.

El proceso de descomponer la luz en sus componentes RGB es similar al de los proyectores de tipo LCD. En su interior se emplea un haz de luz que mediante espejos dicróicos separa en sus componentes roja, verde y azul. A continuación, la luz traspasa tres chips LCD compuestos por piezas de cristal líquido que crearan tres imágenes. Finalmente, estas tres son combinadas por un prisma creando la imagen final (3LCD, 2021; Illuminet, 2021).

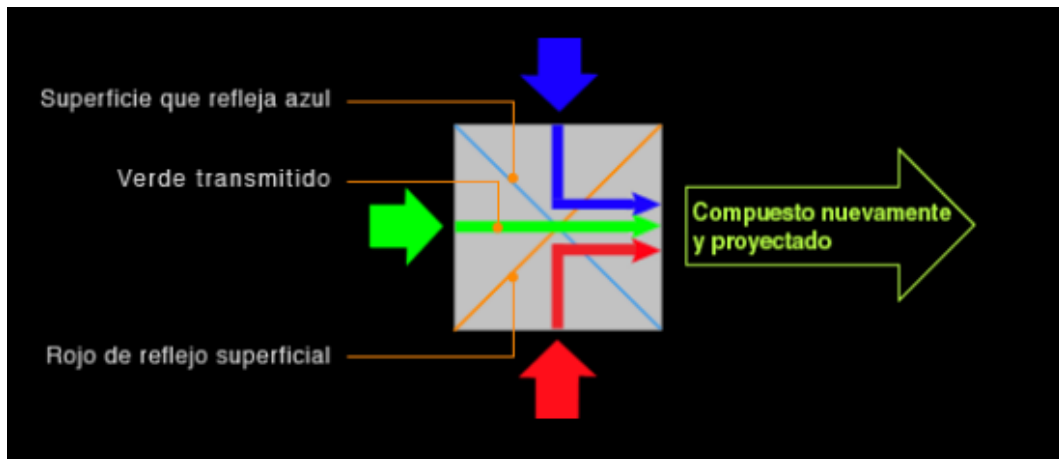


Fig. 45: Formación de la imagen en un proyector LCD.

En este apartado hemos detallado los principales conceptos técnicos de la parte visual en los cuales hemos estudiado a la hora de realizar la pieza artística. Asimismo, debemos de reflejar que la captura es el proceso mecánico que realizan los dispositivos electrónicos y al mismo tiempo podemos realizar un paralelismo

con el ser humano. Aunque, respecto al proceso de percepción visual es subjetiva de cada persona. Según las circunstancias vividas, sus patologías médicas, su contexto cultural o social podemos percibir de una manera única. Sin embargo, hay teorías de percepción visual que enmarcan teóricamente leyes de percepción comunes en los seres humanos. Por ejemplo, las leyes de la Gestalt realizadas en 1912, esta publicación está compuesta por los escritos de un grupo de psicólogos de la Gestalt (movimiento surgido en Alemania, 1910) sobre la percepción. Las leyes de la Gestalt concluyen en que nuestro cerebro simplifica y organiza las pequeñas partes como parte de un todo. Se fundamenta en que el todo tiene mayor valor en nuestra percepción que las pequeñas fracciones.

Este estudio desarrollado a comienzos del siglo XX se componía de diversas leyes: ley de la proximidad, ley de la similitud, ley de la buena continuidad, ley del contraste, ley de la clausura y la ley de la inclusividad (Universidad de Valencia, 2010).

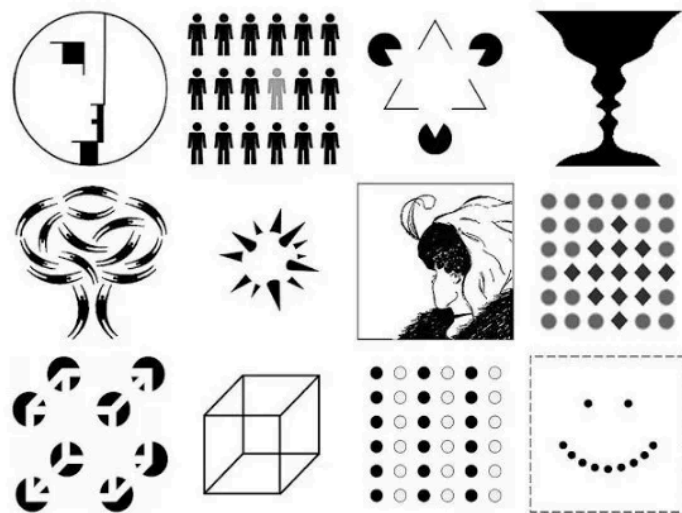


Fig. 46: Ejemplos de las Leyes de la Gestalt.

Por otra parte, hay reglas sobre el color que determinan la percepción del peso visual en una composición. Por ejemplo, los colores con mayor peso son el rojo, el naranja, el azul y el verde. Y los colores de menor peso son los amarillos y blancos. Los colores con más fuerza hacen parecer objetos más pequeños y al contrario parecen que los elementos son más grandes. Asimismo, los colores transmiten emociones y sentimientos vinculados a sus características (Gonzaga Vicedo, 2018). Esto nos hace seguir experimentado e investigando la percepción

de una forma artística, pero a la vez la neurociencia o la disciplina de la neuroestética, también desean estudiar desde su punto de vista científico. En el presente documento generamos diálogo entre los campos de la ciencia y el arte.

### 2.3.1.2. Captación del sonido y la percepción sonora

Según el diccionario de la Real Academia Española define el sonido como *“sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire”*.

El sonido viaja a una velocidad de 340 metros por segundo en el aire cuando hay una temperatura media de 20 grados centígrados. Si se provoca cualquier cambio en el medio o en la temperatura se modifica la velocidad de transmisión. Además, la medida que se emplea para el nivel de potencia o el nivel de intensidad es la unidad de decibelio.

El oído humano sólo percibe unas determinadas ondas sonoras que forman el espectro audible, es capaz de escuchar una frecuencia de entre 20Hz y 20kHz. Además, se conoce que se produce una sensación dolorosa para un oído sano a partir de 120dB. Por otra parte, las ondas sonoras son mecánicas, se crean por la vibración de algún elemento y necesitan un medio para desplazarse. Existe otro tipo de ondas que se les denomina radiofrecuencias, son electromagnéticas que pueden viajar en el vacío; y se basan en electricidad y magnetismo. De hecho, su origen puede ser natural (la luz solar y sus colores) o artificial (radio o de TV). Tanto las ondas sonoras como las electromagnéticas se clasifican por frecuencias dentro del espectro electromagnético (García Gago, 2013).

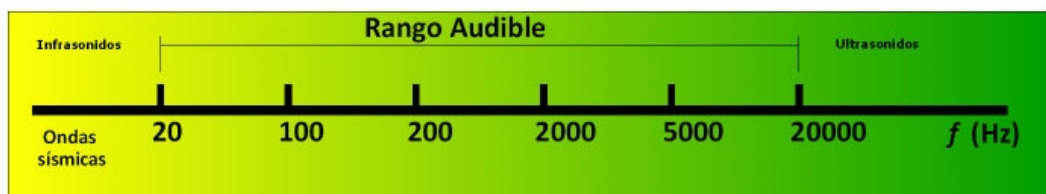


Fig. 47: Rango audible para el ser humano.

El proceso para poder captar las ondas sonoras por parte de nuestro oído comienza por las variaciones de presión producidas por un objeto en vibración. Cuando llegan a la membrana del tímpano le hacen vibrar a la misma frecuencia

que el objeto productor del sonido. La vibración se transmite a través de oído medio hasta el órgano de Corti, donde se modifican en estímulos nerviosos que viajan hasta el cerebro y se transforman en sensaciones auditivas. (Tresguerres, J.A.F., Ariznavarreta, C., Cachofeiro, V., Cardinali, D., Escrich, E., Gil, P., Lahera, V., Mora, F., Romano, M., Tamargo, J., 2005). Una vez se encarga el cerebro de comprender la información recibida es donde introducimos el concepto de percepción. La subjetividad del individuo y sus emociones juegan un papel relevante en una experiencia única del sonido para cada ser humano. El simple hecho de clasificar si un volumen es alto o bajo ya es una percepción de cada persona. Teóricamente se puede hablar de unidades como decibelios o concepto de amplitud, pero la sensación producida es perceptiva.

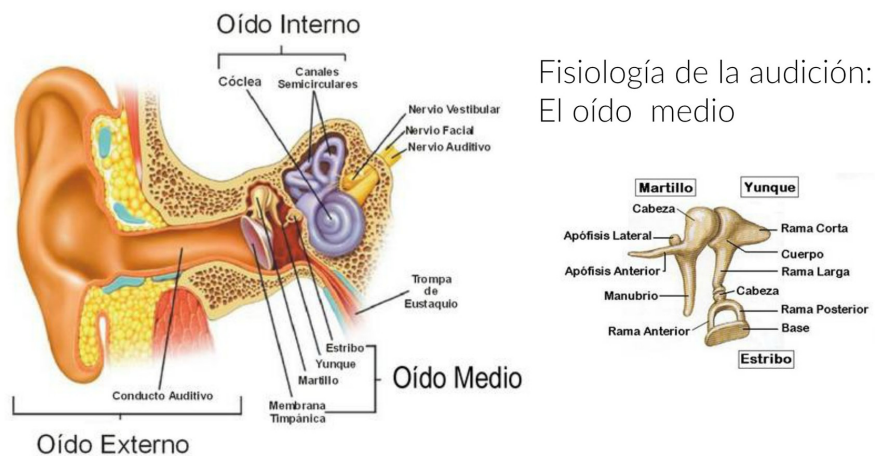


Fig. 48: Fisiología de la audición humana.

Respecto al paralelismo de captación del sonido por parte de los micrófonos debemos de señalar que las vibraciones que recibe el dispositivo hacen mover la membrana artificial llamada diafragma del micrófono. El diafragma se conecta a una bobina que se une a un imán. Estas vibraciones de la membrana desplazan la bobina generando en ella una corriente eléctrica por el principio del electromagnetismo. Este proceso transforma la energía mecánica de las ondas sonoras en electricidad. Por ejemplo, a la salida del micrófono viaja la corriente eléctrica hasta una mesa de sonido y de ella mediante cables conectamos los altavoces. Estos mediante su membrana conectada a una bobina transforma la corriente eléctrica en ondas que mueven las partículas que hay en el aire hasta nuestros oídos. De tal manera que el micrófono capta el sonido y lo transforma en electricidad y los altavoces realizan el proceso inverso.



Por otra parte, cabe señalar que debemos de diferenciar entre los términos de sonido y audio. Sonido se refiere a las ondas que podemos escuchar con nuestros órganos auditivos. Y el audio es la transformación del sonido en señal eléctrica tratada, por ejemplo, por un ordenador. El proceso de digitalización de una señal analógica son distintas etapas denominadas muestreo, cuantificación, codificación y, por último, obtención de la señal de audio digital.

Asimismo, los tipos de micrófonos según su construcción son: micrófonos dinámicos, micrófonos de condensador, micrófonos electrec, micrófonos de cristal, micrófonos de cinta y micrófonos de carbón (García Gago, 2013).

Respecto a la percepción auditiva queremos señalar la falta de educación sonora realizando un paralelismo con el sentido de la vista. En general, los seres humanos tenemos color absoluto, pero menos del 1% de la población tiene oído absoluto. Respecto a la vista a no ser que se tenga alguna anomalía podemos diferenciar los colores. En cambio, para definir que nota es sin una referencia es una capacidad muy poco habitual. Es más probable en personas que han recibido entrenamiento musical desde muy pequeños, el resto tenemos oído relativo (Martín Castro A., 2021).





Ondas <b>Electromagnéticas</b>	Ondas <b>Acústicas</b>
 <b>450.000.000.000.000 Hz</b>	<b>La</b>  <b>440 Hz</b>
 <b>560.000.000.000.000 Hz</b>	<b>Do#</b>  <b>555 Hz</b>

Fig. 49: *Paralelismo entre las ondas electromagnéticas y ondas acústicas.*

### **2.3.2. Percepción visual y sonora. Neuroestética**

En primer lugar, debemos de diferenciar los conceptos de captura y percepción. Refiriéndonos a la terminología según la Real Academia Española obtenemos las siguientes definiciones:

#### **Capturar:**

*De captura.*

1. *tr. Apresar o hacer prisionero a alguien, especialmente a un delincuente.*
2. *tr. Aprender, apoderarse de alguien o algo.*
3. *tr. Captar o reflejar un aspecto de la realidad en una obra o soporte.*
4. *tr. Fís. Dicho de un átomo: Absorber una partícula atómica o una radiación.*
5. *tr. Inform. Tomar datos.*

#### **Captura:**

*Del lat. captūra.*

1. *f. Acción y efecto de capturar.*

#### **Percepción:**

*Del lat. perceptio, -ōnis.*

1. *f. Acción y efecto de percibir.*
2. *f. Sensación interior que resulta de una impresión material producida en los sentidos corporales.*
3. *f. Conocimiento, idea.*

Podemos concluir de las diversas acepciones de captura como obtención de datos e información. Y sobre la percepción podemos resumir como la experiencia subjetiva de cada ser humano a partir de un estímulo captado. Es el proceso cognoscitivo mediante el individuo se relaciona con su entorno y actúa según comprende mediante su cerebro los estímulos recibidos a través de sus sentidos.

Al igual que el arte ha investigado la percepción del ser humano para desarrollar la producción artística. También, en la ciencia ha surgido diferentes disciplinas que han desarrollado diversas teorías apoyadas en investigaciones de imágenes cerebrales para su comprensión. De este modo se ha generado diálogo entre los campos de la ciencia y el arte.



Fig. 50: *Self Reflected*. Dr. Greg Dunn (artista y neurocientífico) y el Dr. Brian Edwards (artista y físico aplicado), 2016.

Como podemos comprobar en la imagen del proyecto *Self Reflected* realizado por el artista neurocientífico Dr. Greg Dunn y el artista físico Dr. Brian Edwards. En las piezas obtenidas mediante la técnica del micrograbado se puede ver la actividad cerebral. En él plasma la actividad eléctrica de nuestra mente mientras percibimos estímulos artísticos. Estas piezas se abordan vinculando la neurociencia y el arte (Greg Dunn, 2016).

De hecho, a partir de las técnicas de neuroimagen y neurofisiología se ha podido analizar de forma objetiva la sinestesia. Se ha descubierto relaciones entre las experiencias sinestésicas y la actividad neuronal de las zonas del cerebro (De Córdoba y Riccò, 2012, p.25)

Según Cytowic R. E., es el cerebro límbico el cual trabaja las asociaciones sinestésicas. Esta parte del cerebro es una estructura más antigua que la corteza cerebral de los mamíferos (Salas Vilar, 2015, p.16).

*“El cerebro límbico, una estructura mucho más antigua que la corteza cerebral, maneja las emociones, la memoria y aloja las sensaciones de convicción por las que un individuo se adhiere a sus ideas y creencias” (Cytowic, 1981).*

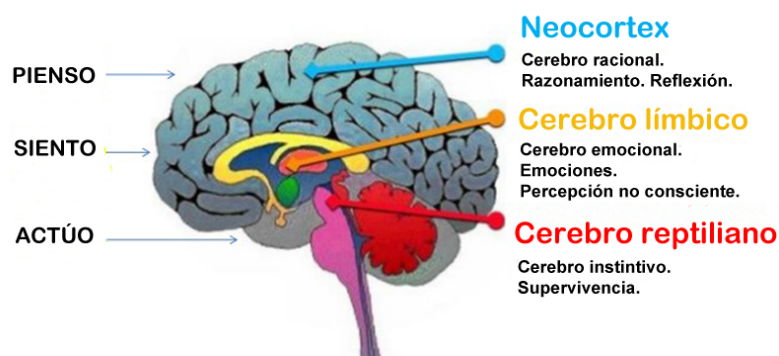


Fig. 51: Representación del cerebro.

Respecto a la disciplina estética empírica de la neurociencia denominada neuroestética, investiga los procesos cerebrales y mentales de los seres humanos al tener experiencias estéticas o durante el proceso creativo. Esta disciplina emplea la neurociencia para explicar y comprender las experiencias estéticas a nivel neurológico.

Busca explicar científicamente, desde la neurociencia, tanto la producción como la contemplación del arte. Y también, relaciona como reaccionamos a los estímulos del medio que nos rodea en relación con la evolución humana.

La neuroestética puede contribuir a entender mejor la percepción humana ante estímulos causados por las diversas disciplinas artísticas. De tal modo, a partir de imágenes obtenidas por escáneres cerebrales se ha podido concluir en las relaciones que se crean en la activación de las diferentes áreas cerebrales. (Lorne, 2018)

El origen del concepto de la neuroestética comenzó con los estudios de Semir Zeki (profesor de neurobiología en University College London). Este investigador analizó la relación causa-efecto en el cerebro al observar una pieza artística. Zeki creó el concepto con la finalidad de definir el dualismo mente-cerebro y de relacionar las disciplinas humanísticas y científicas (Sanitaria Publicación Médica de Neurología, 2011).

Asimismo, según Brown y Dissanayake *“el término implica el estudio científico de aspectos neuronales de la percepción de obras de arte como pinturas, o elementos de obras de arte como intervalos musicales”* (Brown y Dissanayake, 2009, p. 43).

De hecho, el vocablo de neuroestética combina el prefijo “neuro-“ relacionado a la neurociencia y el término “estética” *“fue concebido por el filósofo alemán Alexander Baumgarten en 1750, como el estudio del conocimiento sensorial”*

(Conway y Rehding, 2004, p. 1), *“y puede ser empleado de dos maneras: para describir la respuesta emocional provocada por una obra de arte, o cualquier otro sistema de valor que tenga que ver con la apreciación de la belleza”* (Brown y Dissanayake, 2009, p. 43; Jacobsen, 2010, pp. 184-187).

*“La estética es una disciplina filosófica que se dedica al entendimiento de la naturaleza de la belleza y cómo el ser humano interpreta los estímulos sensoriales que recibe del mundo circundante. El arte es la actividad o producto en los que el ser humano expresa esta belleza, o ideas y emociones, a través de diversos recursos; como los plásticos, lingüísticos, sonoros o mixtos”* (Moreno Ramos, 2009).

Respecto a las diversas disciplinas científicas, como es el caso de la neuroestética, nos centraremos para la práctica artística en la atracción del cerebro en ciertos colores, formas geométricas y a los estímulos sonoros.

De tal forma, cumpliremos el objetivo de introducir al usuario mediante la interacción de este con la interfaz en una experiencia lúdica y experimental. Centrándonos sobre la percepción única de cada ser humano que aporta valor y significado a la pieza artística.

Para el cerebro humano le motiva más las formas orgánicas y curvas que las rectas. Las formas triangulares y líneas diagonales nos proporcionan dinamismo, las formas cuadradas nos aportan estabilidad asociada a las líneas rectas y los ángulos rectos. Asimismo, los círculos, líneas curvas y espirales nos transmiten movimiento y continuidad (García Espínola, 2019; Benitez, 2020).

Por otra parte, según el neurocientífico Bevil Conway y su equipo concluyeron, a partir de investigaciones, que hay diversos grupos de neuronas que trabajan las distintas tonalidades, con la finalidad de interpretar los colores. Los que más nos atraen a nivel neuronal son en este orden color rojo, verde, azul y amarillo (Melgar, 2017). Los colores incitan emociones y sentimientos, por una parte, por nuestra fisiología y, por otra parte, desde el ámbito sociocultural. Por ello existe en la psicología teorías sobre el color y las formas geométricas, por ejemplo, la teoría de Gestalt sobre la percepción humana comentada anteriormente.

De hecho, el doctor Juan Carlos Portilla, vocal de la Sociedad Española de Neurología concluye en sus estudios que zonas relacionadas con la recompensa y el placer se activan como respuesta a un estímulo artístico. La experiencia artística origina placer en el espectador o en el creador de la producción artística. Además, según el doctor Portilla *“Aunque existen unos*

*mecanismos comunes cerebrales de respuesta ante un objeto artístico, la influencia cultural y la relación individual con el objeto observado son determinantes” (Nogueira Calvar, 2020).*

Asimismo, entre los elementos que provocan en nuestro cerebro emociones y la posible incentivación de los neurotransmisores de la dopamina son los estímulos musicales. Según estudios de neuroimagen afirman que se *“estimulan conexiones en una amplia franja de regiones cerebrales normalmente involucradas en la emoción, la recompensa, la cognición, la sensación y el movimiento”*. De hecho, a partir de investigaciones se han realizado terapias que favorecen regiones cerebrales dañadas mediante estímulos sonoros. (Manes, 2015)

Estas investigaciones comentadas son parte de los estudios realizados por la ciencia en la comprensión humana sobre la percepción. Además, es fundamental seguir creando colaboración entre la ciencia y el arte con el propósito de generar diálogo. Hacer hincapié en conocer desde otro punto de vista, desde otro ámbito disciplinar, la percepción humana buscando beneficios recíprocos. A partir de estas conclusiones se puede comprobar la importancia de trabajar conjuntamente la ciencia y las diversas disciplinas artísticas para mejorar la vida de las personas desde diferentes ámbitos: aprendizaje, producción artística, salud, entretenimiento, etc.

## **2.4. Referentes**

A partir de la investigación realizada detallamos los referentes elegidos para la práctica artística propuesta. Nos basamos en los/as siguientes artistas, obras y movimientos artísticos fundamentalmente por la experimentación visual, la vinculación sonido e imagen, la interacción, la geometría y por el estudio sobre la percepción humana. Además, recalamos la importancia de conocer ciertas piezas artísticas que han marcado una etapa del pasado que nos han influenciado en la producción artística actual.

### 2.4.1. *Primeras experimentaciones audiovisuales*

Las primeras experimentaciones visuales o audiovisuales se realizaron con la tecnología que se disponía en el momento. Algunos de los experimentos se realizaron con los dispositivos electrónicos que se investigaron en los avances tecnológicos por la industria y por la Segunda Guerra Mundial.

Por ejemplo, *Permutations* (1968) es una película creada por una computadora realizada por John Whitney y Jack P. Citron en los laboratorios de IBM. De este proyecto nos influye la experimentación geométrica.

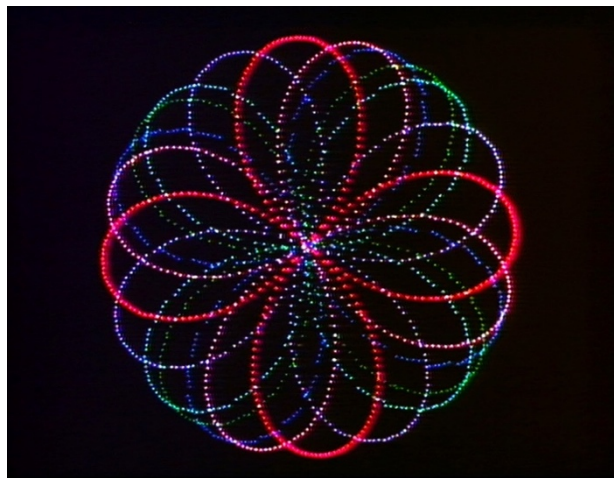


Fig. 52: *Permutations*. John Whitney y Jack P. Citron, 1968.

*Around Perception* (1968) es un trabajo que se aborda la percepción sensorial realizado por Pierre Hébert. A partir de una computadora IBM 7042, una IBM 7040 y otra IBM 720 realizo esta pieza experimental.

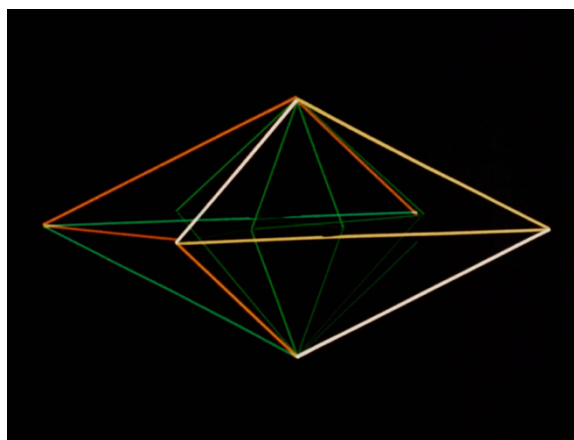


Fig. 53: *Around Perception*. Pierre Hébert, 1968.

Metadata (1971) fue una pieza pionera en la animación por computadora realizada por Peter Foldés. En ella se emplea por primera vez la técnica de animación de fotogramas clave (*Key Frame Animation*). El *film* fue creado en colaboración con los científicos Nestor Burtnyk y Marcell Wein, que habían desarrollado el sistema de animación *NRC*. De este trabajo nos influye la experimentación con animación basada en las formas geométricas.

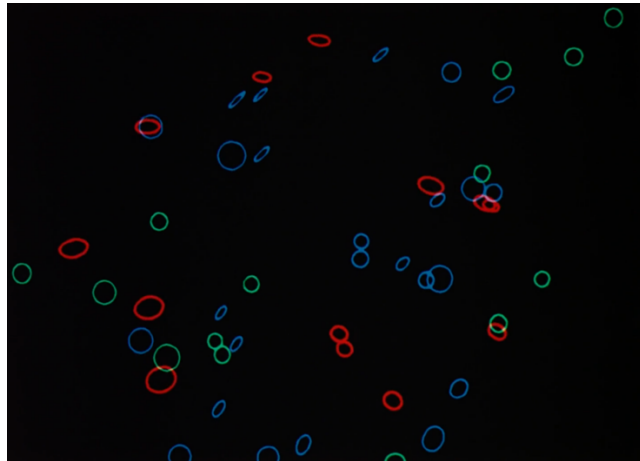


Fig. 54: *Metadata*. Peter Foldés, 1971.

*Cubic Limit* (1973-74) realizada por Manfred Mohr generada por la computadora CDC 6400. Además, el lenguaje empleado es FORTRAN IV y realizada con la grabadora DATAGRAPHIX 4460. Esta pieza es una obra fundamental para la historia, en la cual trabaja la ilusión perceptiva tridimensional. Al igual que las anteriores mencionamos esta obra por su gran relevancia como una de las primeras experimentaciones en animación de formas geométricas.

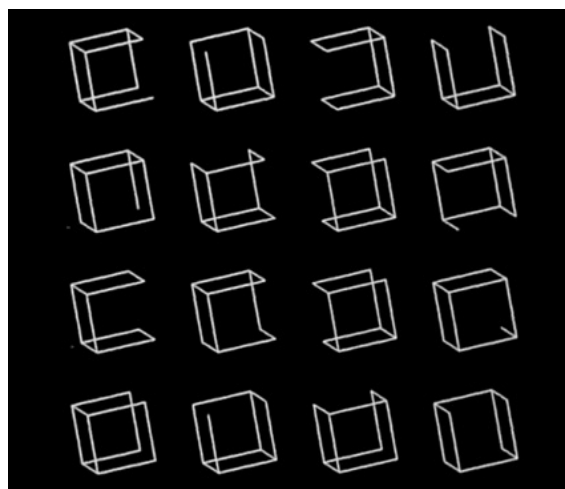


Fig. 55: *Cubic Limit*. Manfred Mohr, 1973-74.



A continuación, muestro otros proyectos en los cuales nos influyen a la hora de experimentar con el color, la forma geométrica y el trabajo con visuales vinculados al sonido. *Electronic Visualization Event 3* (1978), *Rutt-etra Video Synthesizer* (1974), *Objects* (1978), *Anemic cinema* (1926), *Particle Dreams in Spherical Harmonics* (2011), *Spiral 5 Perhaps The Last* (1979) y *Participation TV* (1969).



Fig. 56: *Electronic Visualization Event 3 (EVE3)*. Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois at Chicago, 1978.

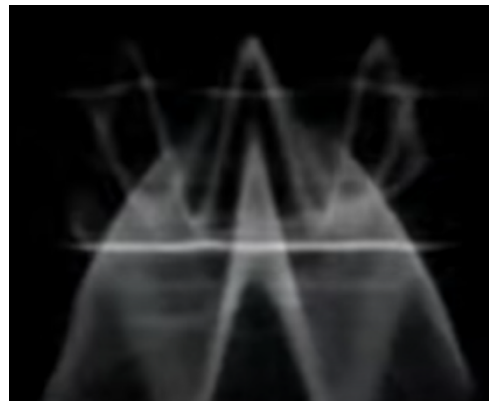


Fig. 57: *Rutt-etra Video Synthesizer*. Steve Rutt y Bill Etra, 1974.

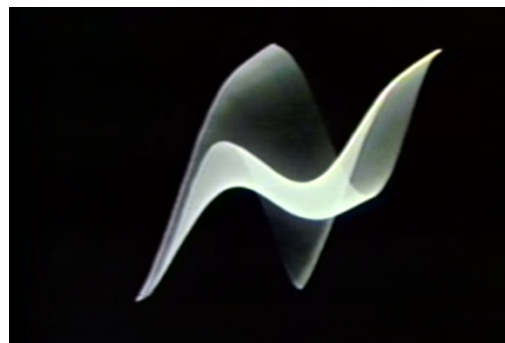
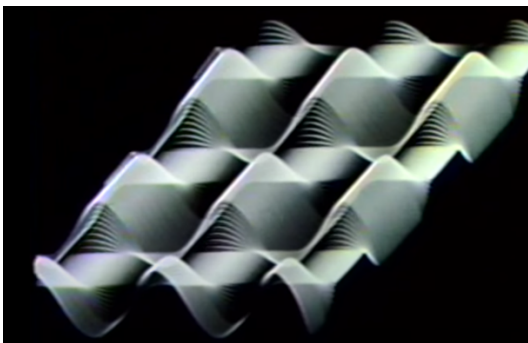


Fig. 58 y 59: *Objects*. Steina y Woody Vasulka, 1978.

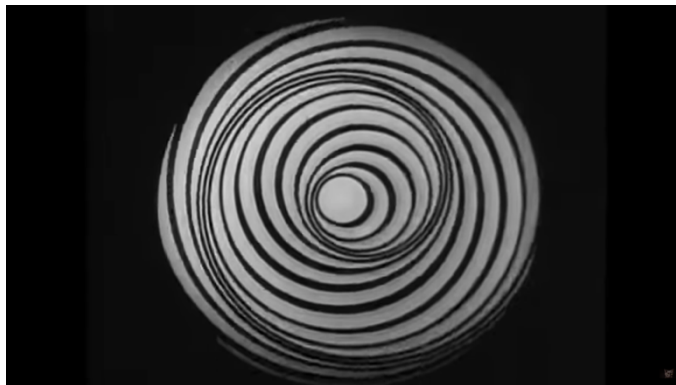


Fig. 60: *Anemic cinema*. Marcel Duchamp, 1926.

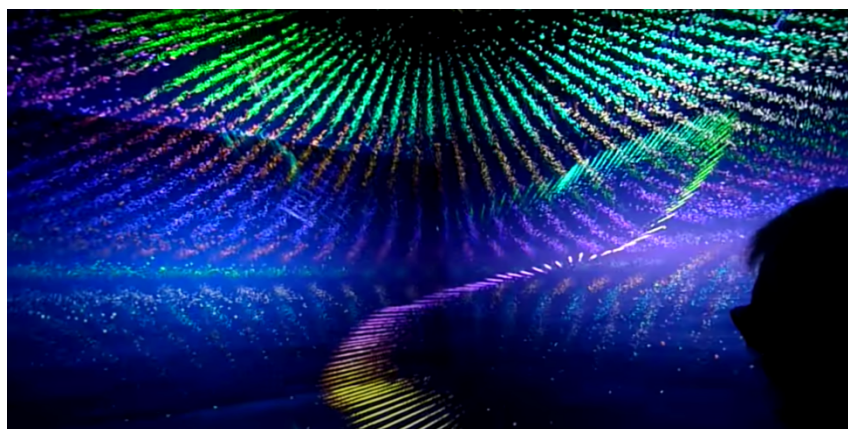


Fig. 61: *Particle Dreams in Spherical Harmonics*. Dan Sandin, Robert Kooima, Laurie Spiegel y Tom DeFanti, 2011.



Fig. 62 y 63: *Spiral 5 PTL (Perhaps The Last)*. Dan Sandin, Tom DeFanti y Mimi Shevitz, 1979.



Fig. 64: *Participation TV*. Nam June Paik, 1969.

## 2.4.2. Cine Absoluto

Como hemos referenciado anteriormente el cine absoluto es el movimiento artístico que nace de la necesidad de artistas de empezar a trabajar con la variable del tiempo en sus piezas. A partir de las formas musicales crearon piezas cinematográficas que conseguían aunar el lenguaje visual abstracto y la idea de ritmo musical. Estos proyectos se les conoce como música visual y me influyen en la experimentación de las formas geométricas vinculando al sonido.



Fig. 65: *An Optical Poem*.  
Oskar Fischinger, 1937.

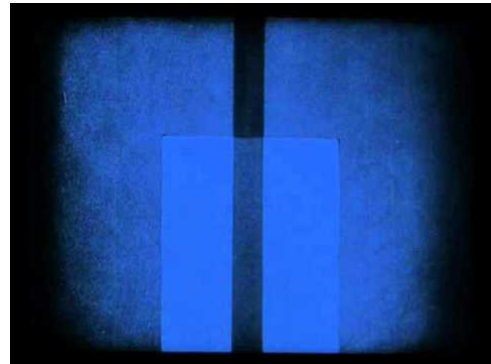


Fig. 66: *Opus 2*. Walther Ruttmann, 1924.



Fig. 67: *Opus 2*. Walther Ruttmann, 1921.

## 2.4.3. Piezas artísticas basadas en la geometría

Respecto a la pieza creada para la práctica artística nos basamos en referencias de trabajos con prismas cuadrangulares. La principal razón es la influencia del procedimiento técnico de las cámaras de video y los proyectores. Estos dispositivos trabajan la luz blanca proyectándola sobre un prisma, el cual separa la luz en diversas longitudes de onda. Este procedimiento nos influye a la hora de investigarlo desde una propuesta personal artística.

A continuación, mostramos piezas las cuales trabajan el prisma cuadrangular. Como podemos comprobar en el trabajo del artista José María Yturralde y Rachel Valdés.

En el primer caso, el autor trabaja la forma geométrica del cubo desde diversas disciplinas artísticas.

*“El cuadrado, en el sentido psíquico, es una de las figuras básicas y pregnantes: regularidad, simetría, cerramiento, unidad, sencillez máxima y simplicidad” (Fundación Bancaja, 2021).*

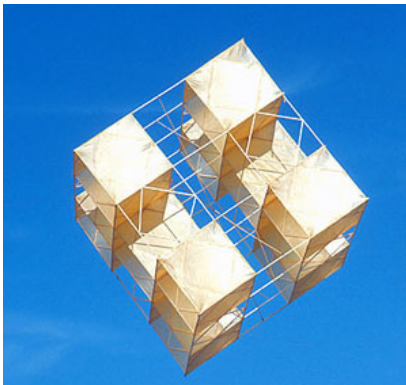


Fig. 68: *Serie cubos*. José María Yturralde, 1976.

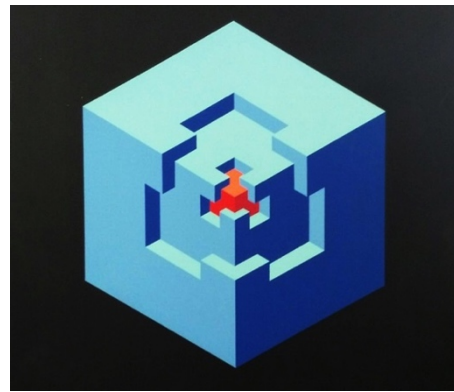


Fig. 69: *Figura imposible*. José María Yturralde, 1970.

En el segundo referente, la autora crea una instalación llamada Cubo azul. Permite al visitante introducirse en el interior y experimentar la percepción de nuestro entorno a través de los cristales azules. Este tono es elegido en su trayectoria profesional como su visión particular de percibir el entorno. La instalación se realizó en el marco de la XII Bienal de La Habana en 2015.



Fig. 70 y 71: *Cubo azul*. Rachel Valdés, 2015.

Por otra parte, destaco otros proyectos que tomo de referencia llevados acabo por Olafur Eliasson principalmente por su estética, por trabajar con la luz, el color, las formas geométricas y la percepción de los espectadores.



Fig. 72: *OE Quasi Light*.  
Olafur Eliasson, 2019.



Fig. 73: *Future memory star*.  
Olafur Eliasson, 2020.



Fig. 74: *Yellow atmosphere projector*,  
Olafur Eliasson, 2018.

#### 2.4.4. *Instalaciones artísticas*

En este apartado destacamos instalaciones artísticas que trabajan la percepción del espectador y la interactividad. En un primer caso mencionamos un proyecto innovador sobre la interacción humano-computadora denominada Put That There (1979-1980) realizado por MIT Medialab. La voz y los movimientos del usuario conseguían generar respuestas audiovisuales en la habitación. Las respuestas generadas eran crear, transformar o desplazar figuras geométricas de colores sobre un fondo neutro o geolocalizado (mapas reales).

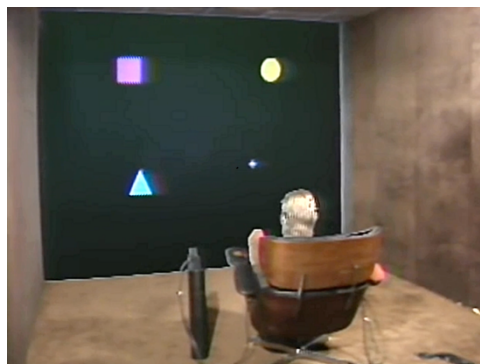


Fig. 74: *Put That There*. MIT Medialab, 1979-1980.

A continuación, destaco en las siguientes imágenes proyectos interactivos en los cuales nos hemos influenciado. Trabajos como *Bubble* (2002) de Wolfgang Muench, *Towards Interactive Aesthetics* (2004) de Timeshift, Myron W. Krueger, *Murmur* (2013) de Chevalvert (Julia Puyo) y *Messa di Voce* (2003), Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara son referentes en cuanto su interés en la interactividad del usuario. El espectador se convierte en un elemento activo de la instalación.

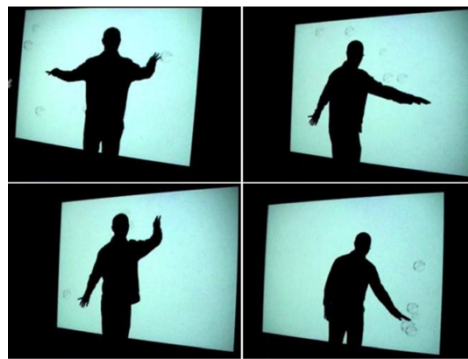


Fig. 75: *Bubble*. Wolfgang Muench, 2002.

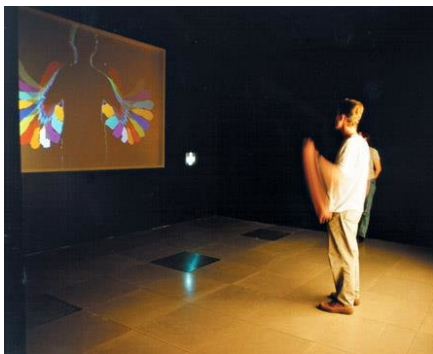


Fig.76 y 77: *Towards Interactive Aesthetics* en Arts Electronica, Timeshift, Myron W. Krueger, 2004.

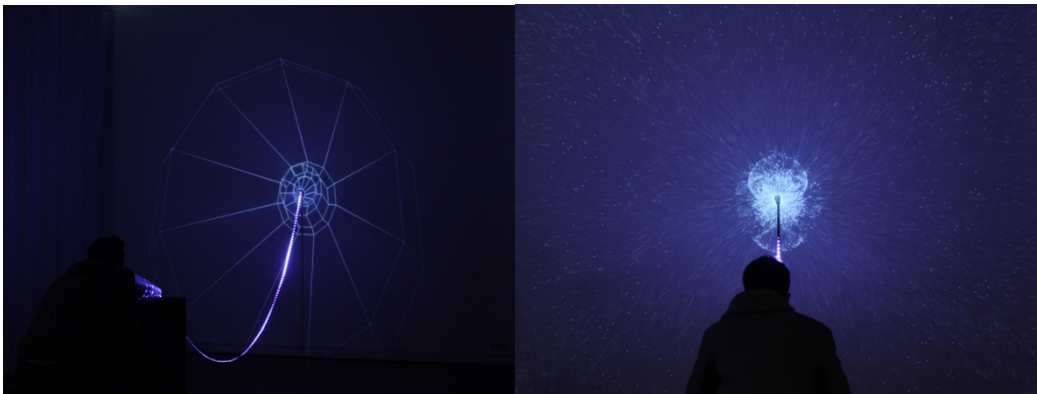


Fig. 78: *Murmur*. Chevalvert (Julia Puyo), 2013.

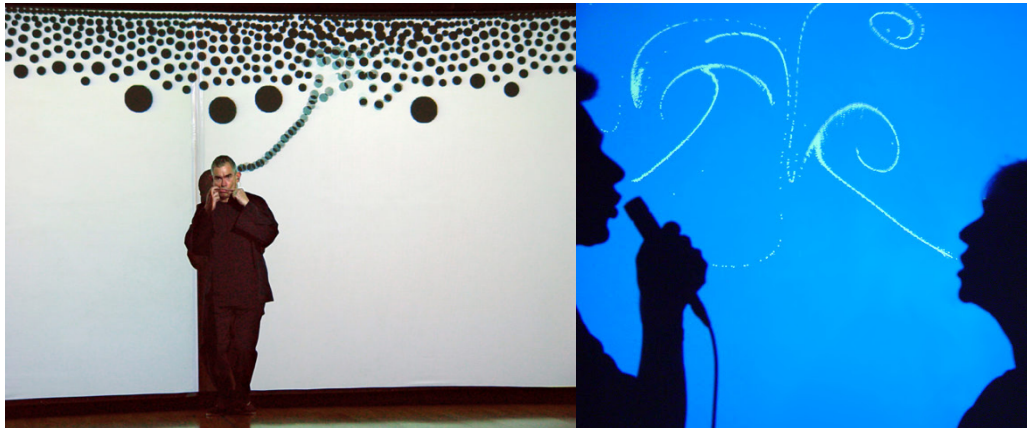


Fig. 79: *Messa di Voce*, Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara, 2003.

Respecto al siguiente proyecto *The Manual Input Workstation* (Golan Levin and Zachary Lieberman, 2004) investiga las posibilidades de la interacción mediante el movimiento de las manos. Los gestos de la mano de los usuarios son interpretados por un sistema de tracking video al pasar por la parte superior de cristal. El software crea gráficos y sonidos sintéticos que se ajustan a las acciones de los usuarios.

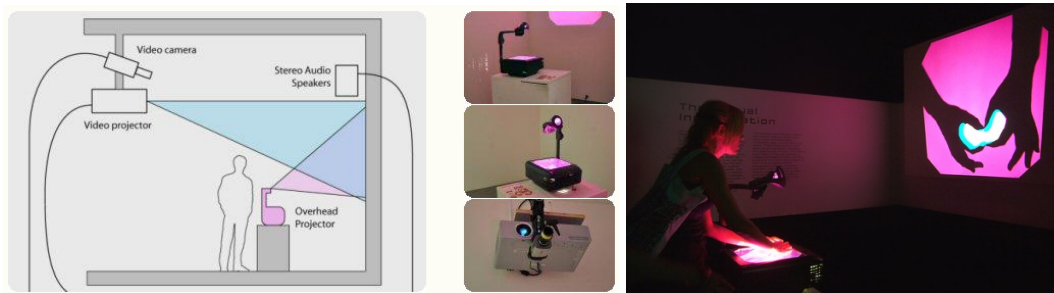


Fig.80 y 81: *The Manual Input Workstation*. Golan Levin y Zachary Lieberman, 2004.

A continuación, indicamos las referencias de otras obras artísticas sobre la percepción. Trabajos *Ángulos del vacío* (2016) de Carolina Ferrer y Encarna Sepúlveda, *Test Pattern* (2013) de Ryoji Ikeda y *Perfectly Clear* de James Turrell nos muestran como indagan desde un punto artístico la percepción humana.

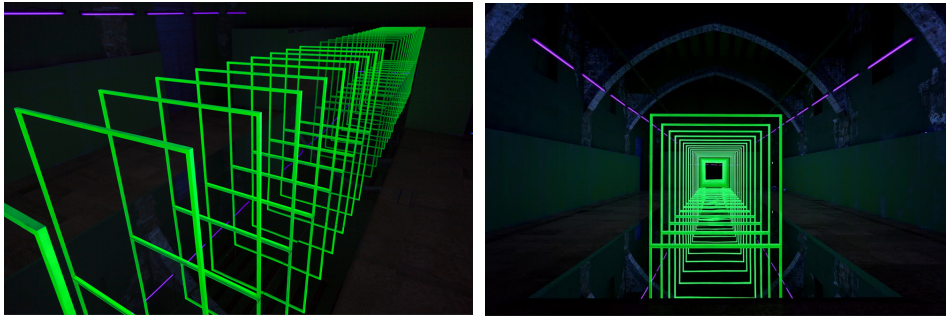


Fig. 82 y 83: *Ángulos del vacío*. Carolina Ferrer y Encarna Sepúlveda, 2016.

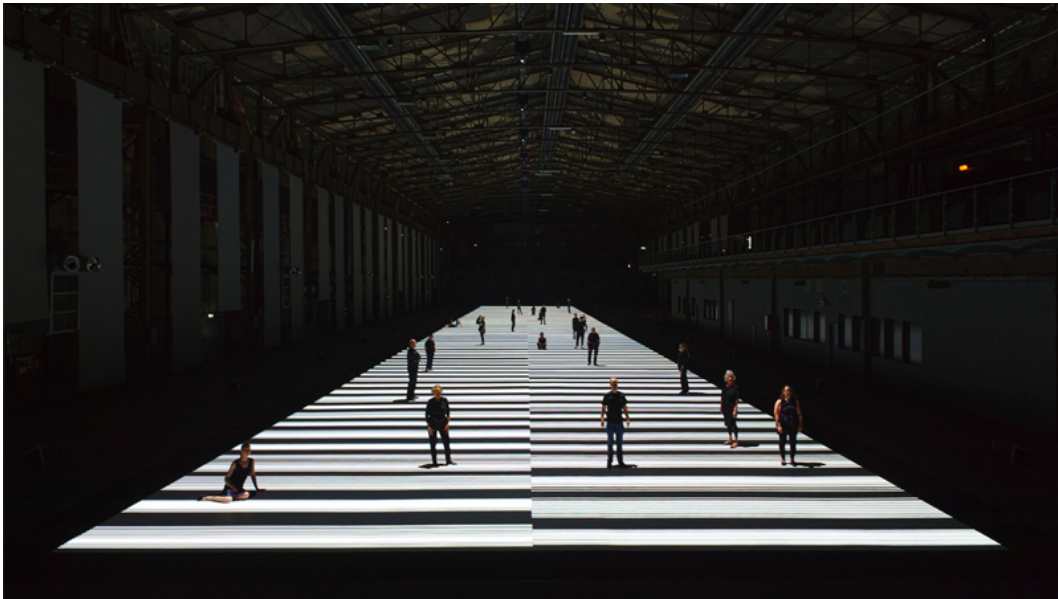


Fig.84: *Test Pattern*. Ryoji Ikeda, 2013.

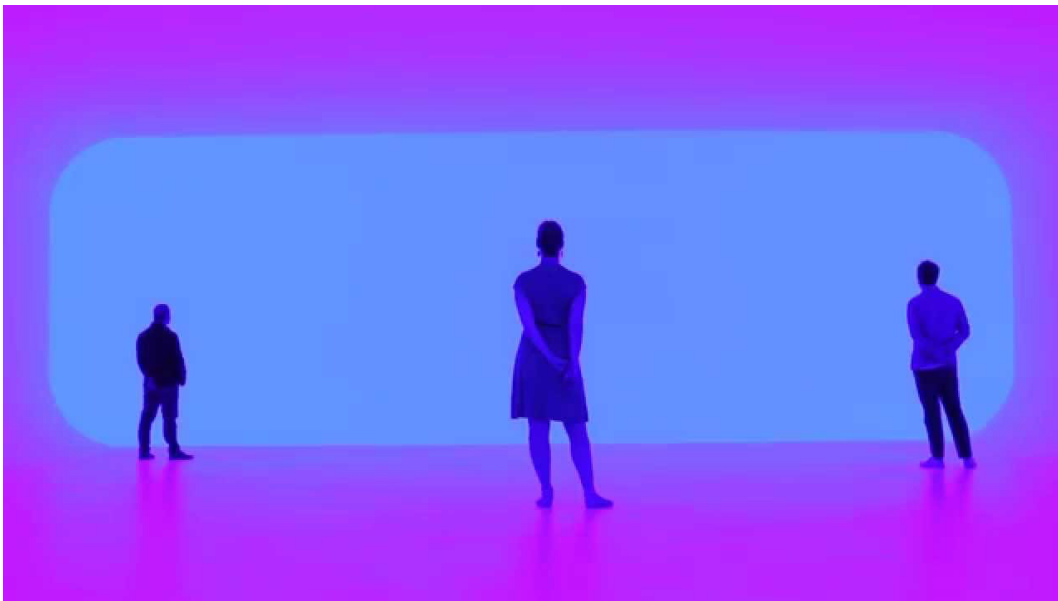


Fig. 85: *Perfectly Clear*. James Turrell, 1991.



Por otra parte, destaco otros proyectos que tomo de referencia llevados a cabo por Olafur Eliasson principalmente por su estética, por trabajar con la luz, el color, las formas geométricas, el movimiento y la percepción de los espectadores. En sus proyectos deja espacio para la evaluación, los sentimientos y los pensamientos individuales.



Fig. 86: *Tu sombra incierta*. Olafur Eliasson, 2010.



Fig.87: *Straight back*. Olafur Eliasson, 2018.

### 2.4.5. *Live cinema*

Respecto al movimiento artístico del Live cinema tomo de referencia la experimentación visual, la vinculación imagen sonido y el carácter performativo para llevar a cabo la práctica artística.

En las siguientes imágenes podemos contemplar visuales realizados por el artista Byetone y Markus Heckmann de los cuales tomamos de referencia en su trabajo con la geometría y el color asociado al sonido.



Fig.88: *Concierto Sónar*. Byetone, 2009.

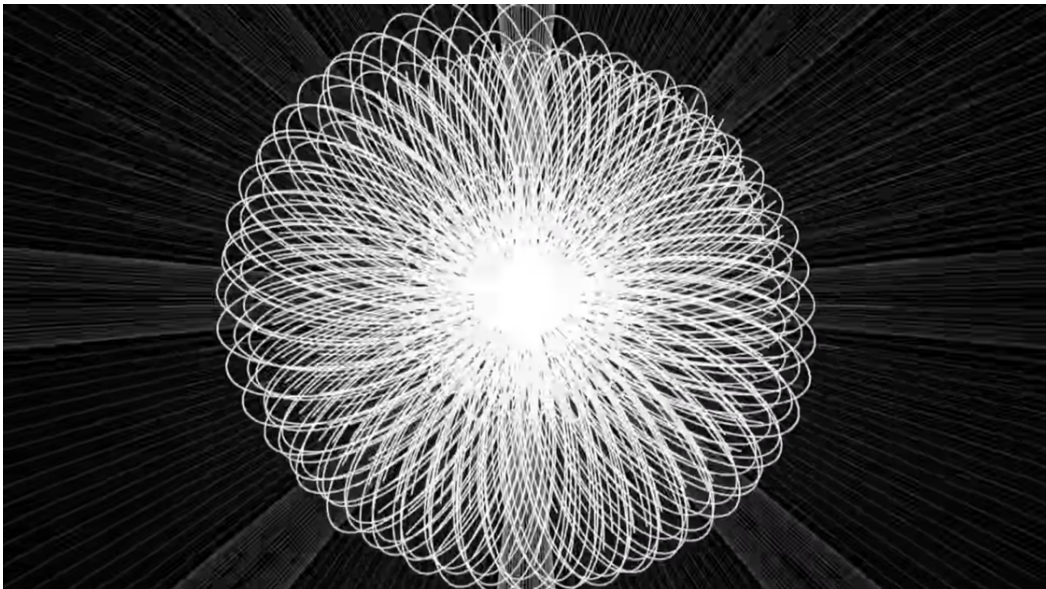


Fig.89: *Plastic Star*. Byetone, 2008.



Fig. 90: *Festival Mutek*, Olaf Bender (byetone) y Carsten Nicolai (alva noto), Markus Heckmann, 2009.

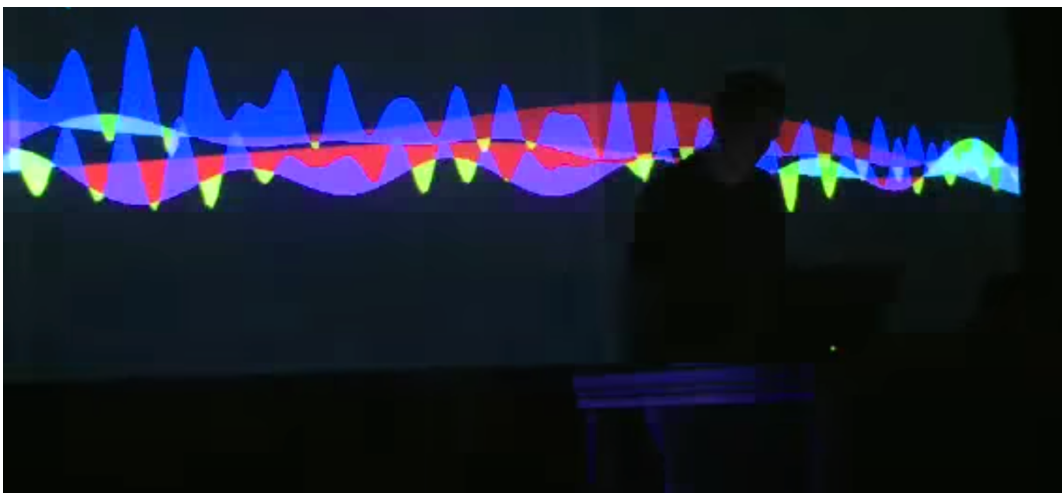


Fig. 91: *Sonar*. Olaf Bender (byetone) y Carsten Nicolai (alva noto), Markus Heckmann, 2009.

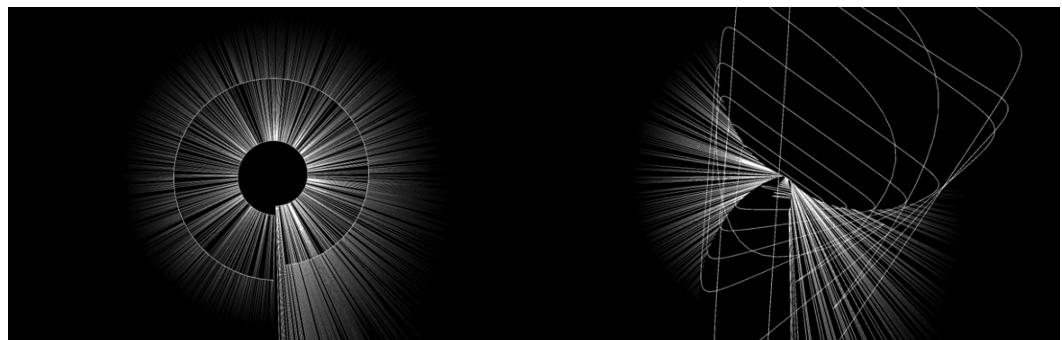


Fig. 92: *CIR*, Markus Heckmann, 2009.

### **3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA ARTÍSTICA**

#### **3.1. Introducción**

En el presente capítulo desarrollamos la práctica artística realizada para el trabajo final del Máster en Artes Visuales y Multimedia. La investigación teórica y el estudio del marco referencial lo plasmamos en la realización de un prototipo de una instalación audiovisual interactiva denominada SYNAESPACE. En ella reunimos los conceptos tratados en los puntos anteriores en la práctica.

La motivación en la cual nos rige el proyecto es la experimentación sobre el fenómeno de percepción de la sinestesia y el mecanismo de creación audiovisual. Siempre desde un punto de vista artístico, en el cual prevalece la percepción de cada usuario. De este modo, se refleja los cruces teóricos desarrollados en la parte teórica en torno a la percepción humana, la captura de los dispositivos, la sinestesia y la geometría en el arte.

#### **3.2. Descripción del prototipo Synaespace**

SYNAESPACE es un sistema que se basa en un cubo inalámbrico de veinte centímetros por cada lado situado en una sala con video proyección y una cámara que captura el movimiento del usuario. Su interactiva es de nivel 1, la interacción produce comportamientos emergentes que determinan el curso de la pieza. Cabe destacar que el modo de interacción es monousuario. Respecto al cubo hace referencia al funcionamiento interno de los dispositivos electrónicos de una cámara de video y de los proyectores LCD. Mediante el elemento del prisma se puede trabajar con diferentes longitudes de onda que forma la luz blanca. Asimismo, la elección ha sido esta figura por representar regularidad, simetría, sencillez y simplicidad.

Los principales elementos de este cubo son un prisma y un sistema de registro de sonido. El objetivo del sistema es introducir al usuario en una experiencia lúdica y experimental, mediante la interacción de este con la interfaz que genera diferentes respuestas visuales y sonoras en el entorno. La interfaz mantiene una interacción sinestésica, consiste en la interacción entre imagen y sonido, color y

música. Está relacionada con los sentidos, por lo cual se clasifica en multimodal. Los estilos de interacción que emplea son el gesto, el tacto y el lenguaje natural, donde el usuario se interrelaciona de una manera natural con la voz. En cuestión de la interfaz de usuario es NUI (Natural User Interface) y en concreto háptico, gestual y de Voz-Lenguaje Natural. Cabe resaltar que el sistema es sonoro, visual y reactivo, y su modo de interactividad es explícita, ya que se basa en la participación y elección de procesos diseñados. La interacción del usuario con el cubo consiste en la toma de valores que proporciona este y los aplica sobre el propio sistema. Asimismo, el enfoque del diseño se basa en recibir tres tipos de datos obtenidos a partir del usuario. Para modificar la parte visual la persona debe emitir sonidos, tocar los potenciómetros del cubo y mediante su movimiento corporal que captura una cámara. De hecho, los potenciómetros hacen que en su interior gire el prisma dicróico cambiando el color del visual y regular el valor de cada componente RGB. De este modo, al modificar el color se transforma el sonido de la sala. Esto sucede gracias al sensor de color RGB TCS34725 que capta la luz proyectada del prisma dicróico del interior del cubo. Asimismo, se debe señalar que la persona es un interruptor y proporciona los datos recogidos (vía WIFI) al entorno de procesamiento de datos, generando una serie de respuestas audiovisuales. De esta forma los usuarios hacen que se encienda el sistema y pueda estar apagado sin la interacción.

En cuanto al nivel conceptual la interfaz gestiona y manipula sonidos e imagen en movimiento a través de la interacción del usuario. A nivel semántico lee los valores de audio de la sala, los gestos, el tacto al regular los potenciómetros del cubo y los transforma en sonido e imagen en movimiento. Mediante la acción del usuario se aproxima al mecanismo de creación audiovisual. Realiza una edición de una pieza audiovisual en directo, generando un lugar de experimentación audiovisual lúdica a través de la interfaz.

A nivel sintáctico, el usuario activa el ciclo del funcionamiento, como he comentado anteriormente cuando emite sonido, con el movimiento de sus gestos corporales y la regulación de los potenciómetros de la pieza. Los gestos hacen que los movimientos capturados por la cámara permitan la edición del audiovisual en directo. Asimismo, el sensor de registro de audio lee el valor de sonido en la sala y lo envía al software desarrollado para insertar una animación en el visual. Además, para modificar la colorimetría se hace girar el prisma interior mediante la regulación de un potenciómetro del cubo y los otros tres sirven para regular el

valor de cada componente RGB. De este modo, se transforma el sonido de la sala generando unas sensaciones sinestésicas. También, para incitar la participación activa del usuario se puede alterar la animación del visual con el movimiento de la persona que capta una cámara. De hecho, tiene la cualidad de interfaz performativo, está basado en la performance del usuario. La persona tiene que hacer las interacciones para generar ese léxico que está relacionado con la parte semántica.

Por otra parte, el sistema tiene una medida de usabilidad que resulta interesante. El sistema es seguro, eficiente, efectivo, útil y sencillo su manejo. La interfaz no requiere de un usuario muy específico, tan solo se necesita una altura determinada para llegar al cubo y tener capacidad de habla, gestual y visual. Sin embargo, los problemas que se puede encontrar la persona con la accesibilidad está en discapacidades motrices, deficiencias en el habla o vista, trastorno de déficit de atención, discapacidades de salud mental, trastornos de epilepsia, daltonismo, etc. Respecto al tema de ergonomía y antropometría se debe destacar que la mesa donde se sitúa el cubo debe estar pensada para la altura de una persona en silla de ruedas. Y el diseño del cubo contiene unos embellecedores en los potenciómetros que indican su funcionalidad para regular los valores.

Respecto al visual cabe destacar que para su comprensión se ha desarrollado un punto rojo que sigue el movimiento. El color que se ha elegido se debe como se ha comentado anteriormente al ser un tono con mayor peso visual para la percepción del ser humano. Además, se muestra una representación de la captura de la cámara que muestra una percepción artística de la propia realidad alterada. De esta manera se le indica al usuario que sus gestos sirven y puede darse cuenta de la función de modificar y editar la imagen en movimiento. La imagen proyectada está invertida de derecha a izquierda en referencia a la imagen invertida que capta los dispositivos de captación o nuestro propio ojo.

El usuario puede editar en directo el visual mediante el gesto entre tres propuestas de animaciones. Estas opciones están influenciadas por los referentes que hemos mencionado anteriormente. Hemos elegido centrarnos en la experimentación del círculo porque como hemos argumentado anteriormente es la figura geométrica que más connotación tiene de movimiento y continuidad. Además de asociarlo con las imágenes de los diversos círculos cromáticos y de expansión de las ondas electromagnéticas y acústicas. Asimismo, a la hora de

relacionar el audio captado con la imagen se proyecta sobre el visual una animación que lo representa.

Por otra parte, la propuesta sonora se ha decidido dividir cada componente RGB en cinco opciones auditivas. Desde una propuesta personal artística se ha decantado emplear un timbre diferente asociado a un color. Según el diccionario de Oxford Languages se define timbre como *“Cualidad del sonido de la voz de una persona o de un instrumento musical que permite distinguirlo de otro sonido del mismo tono”*.

El rojo lo hemos relacionado con audios de percusión de instrumentos de madera, el verde con sonidos electrónicos y el azul con sonidos de percusión sobre metal. Esta elección es una propuesta por la connotación del rojo con la madera, el verde con la introducción de una referencia al sonido electrónico con el movimiento artístico del Live cinema y el azul con el metal.

**Enlace al vídeo:** <https://youtu.be/xJxSoZIDUDE>

### 3.3. Descripción técnica

El prototipo realizado sobre la propuesta SYNAESPACE de una interfaz multimodal interactiva entorno al fenómeno de la sinestesia se ha desarrollado mediante tres software: Arduino 1.8.13, Processing 3.5.4. y Pure data 2.10.

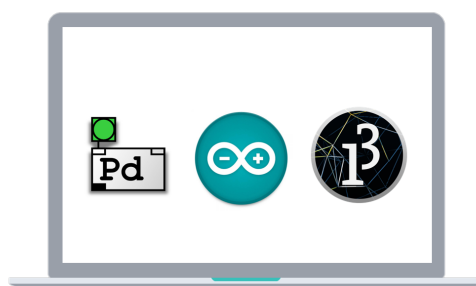


Fig. 93: Software empleado en el prototipo, Cristina Martínez, 2021.

Primero se ha elaborado la programación de Arduino para las tarjetas ESP8266 y Módulo Nano V3 con Atmel ATmega328P.

En esta etapa se han conectado los cuatro potenciómetros, el servo, el sensor de color RGB TCS34725 y el sensor de sonido detector Acústico KY-037. Asimismo, se ha conseguido enviar los datos mediante Wi-Fi al software

Processing. Además, para trabajar de manera inalámbrica se ha necesitado una power bank para proporcionar energía.

En la siguiente etapa se ha elaborado el diseño de las animaciones y se ha incluido los datos obtenidos para manipular la parte visual.

La técnica empleada para detectar el movimiento es frame differencing, técnica en la que la computadora verifica la diferencia entre dos cuadros de video. Si los píxeles han cambiado es porque detecta movimiento en la imagen. El primer tercio de la pantalla activa la primera animación, el segundo tercio la segunda animación y el último tercio la tercera animación, de izquierda a derecha horizontalmente.

Además, los valores recogidos RGB se envían mediante la conexión Open Sound Control (OSC) al programa Pure data para poder emitir el audio según la elección de color.

Respecto, a la fabricación del prototipo de la pieza del cubo ha sido elaborado mediante cuatro lienzos de veinte centímetros por cada lado. Además, un soporte para el prisma interior, los cuatro potenciómetros, el sensor de audio y de color con cartón pluma. También, se ha realizado una caja con contrachapado para introducir la electrónica del dispositivo que es ocultada mediante una tela.

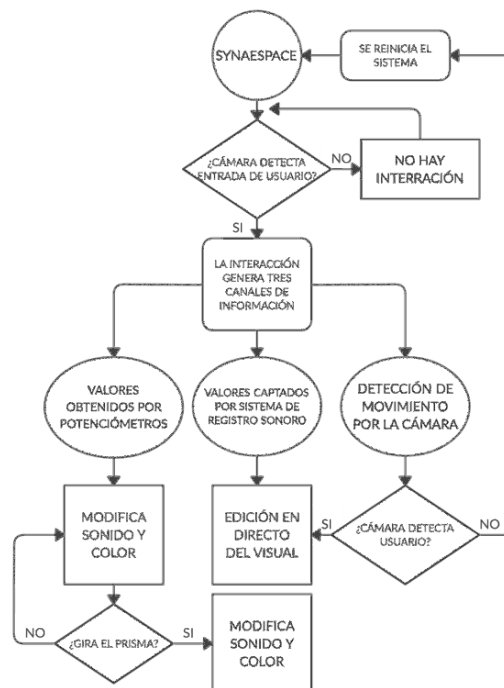


Fig. 94: Diagrama de interacción, Cristina Martínez, 2021.



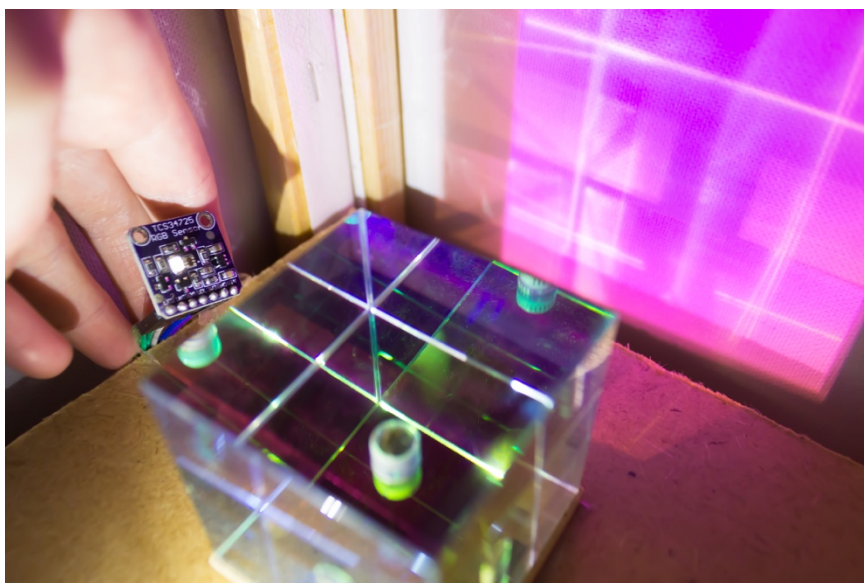
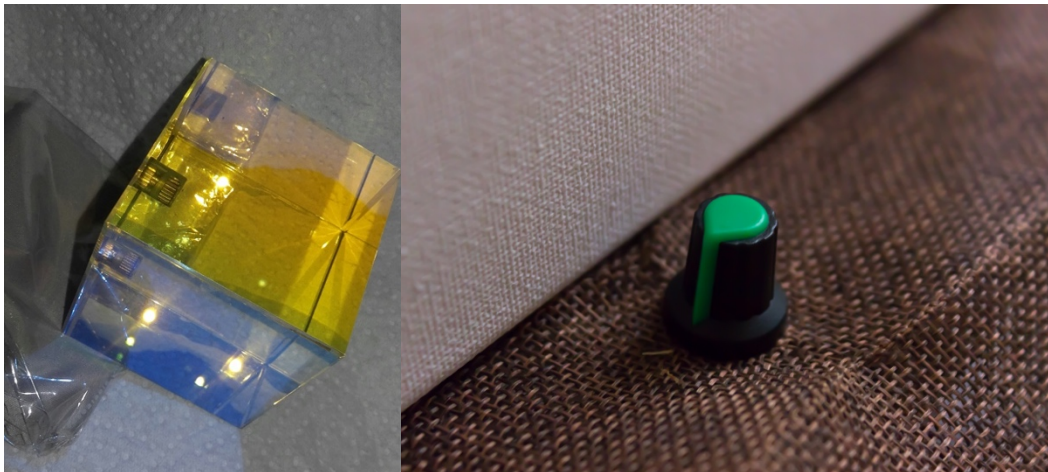
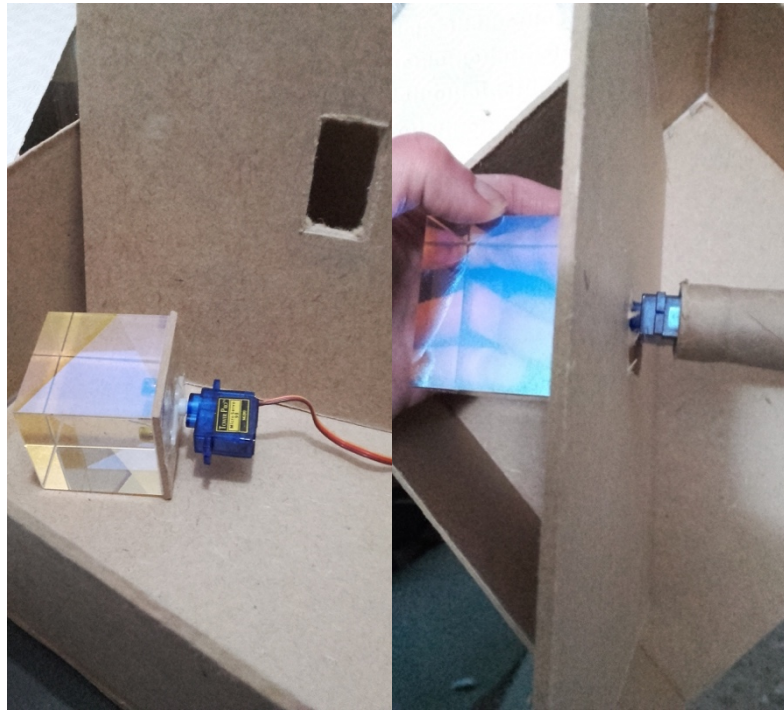


Fig. 95: *Fotografías prototipo Synaespace*, Cristina Martínez, 2021.

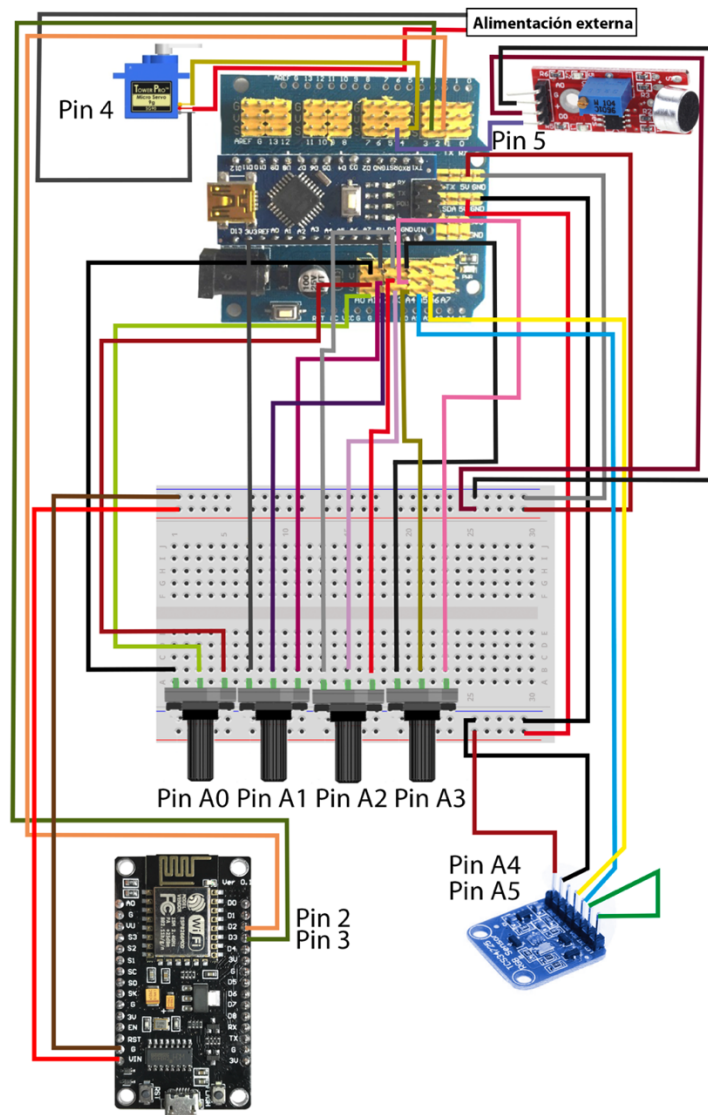


Fig. 96: *Esquema componentes prototipo*, Cristina Martínez, 2021.

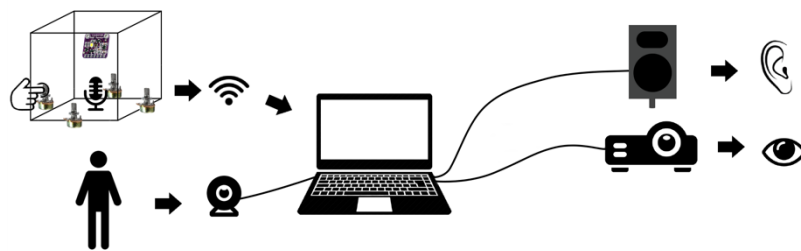


Fig. 97: *Diagrama técnico*, Cristina Martínez, 2021.

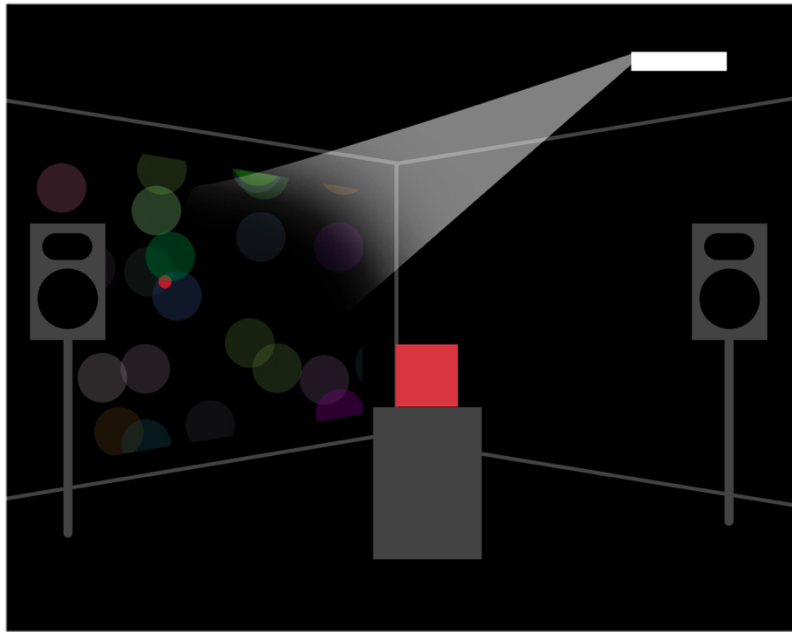


Fig. 98: *Boceto instalación Synaespace*, Cristina Martínez, 2021.

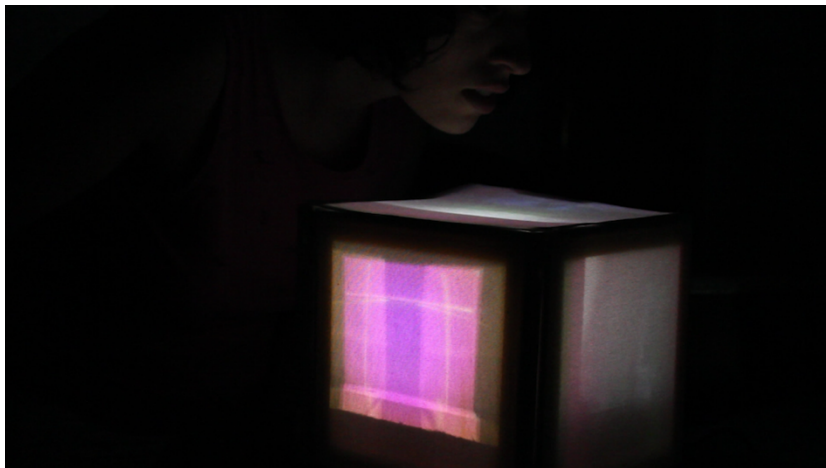


Fig. 99 y 100: *Pieza prototipo Synaespace*, Cristina Martínez, 2021.



Fig. 101. *Visual Synaespace*, Cristina Martínez, 2021.

### 3.4. Presupuesto prototipo Synaespace

<i>Presupuesto prototipo Synaespace</i>	
<b>Ítems</b>	<b>Precio (€)</b>
1 iMac de procesador 2,5 GHz Intel Core i5 4Gb RAM	1100
1 NodeMcu WiFi ESP8266	5,49
1 Módulo Nano V3 con Atmel ATmega328P	4,24 + 2,59
1 Protoboard	1,80
Kit de cables Jumpers Dupont 20cm	7,47
1 Power Bank 10000mAh	11,89
1 Servomotor 9g SG90 Servo	2,29
1 Micrófono sensor de sonido KY-037	1,89
1 Sensor de color RGB TCS34725	3,60
1 Cristal profesional óptico con 1/4" Orificio Roscado	11,00
4 Potenciómetros + 4 embellecedores	4 + 2,85
Portapilas + pilas	2,34 + 1,60
Duolite	2
Cartón pluma	1
4 Lienzos 20 x 20	11,99
Tela de manualidades	3
<b>GASTO TOTAL</b>	<b>1.181,04</b>

## 4. CONCLUSIONES

Como expresamos al comienzo de esta memoria el objetivo principal es desarrollar una instalación audiovisual interactiva que permita introducir al usuario en una experiencia lúdica y experimental. Desde nuestro punto de vista ha sido realizado y cumple con nuestras expectativas. Con la realización de la práctica artística hemos explorado desde una propuesta personal artística el fenómeno de la sinestesia. Mediante el diseño de la interfaz que permite realizar una edición a tiempo real en el audiovisual, el cual genera unas sensaciones sinestésicas.

El prototipo SYNAESPACE es una propuesta de instalación audiovisual interactiva, un proyecto que abarca trabajar con diversos software: Arduino, Processing y Pure Data. A raíz de la realización de este trabajo hemos podido plasmar los conocimientos y desarrollar un proyecto multimedia interactivo. Este trabajo de investigación propone un objeto o instrumento performativo. Asimismo, abre el camino para seguir analizando y plantear en un futuro algunas colaboraciones interdisciplinarias con el propósito de generar diálogo entre los campos de la ciencia, el arte y la tecnología.

El trabajo podemos concluir que refleja las referencias y el marco conceptual estudiado. Establece relaciones entre la imagen y el sonido al igual que los primeros experimentos que trabajaban esta correlación. Además, esta instalación artística guarda conexión con las corrientes actuales de creación contemporánea y con los nuevos medios.

Retomando los objetivos que me propuse cabe resaltar que hemos conseguido crear un espacio lúdico, donde experimentar sensaciones. De hecho, el usuario puede crear una pieza audiovisual única mediante el diseño de la interfaz. Hemos revisado los experimentos que se han desarrollado que trabajan la sinestesia. Además, hemos creado cruces teóricos en torno a la percepción humana, la captura de los dispositivos, la sinestesia y algunos movimientos artísticos. Y respecto a la teoría técnica hemos analizado los mecanismos de algunos dispositivos audiovisuales realizando una equivalencia al ser humano.

Todo el trabajo de investigación queda plasmado en una práctica artística que recuerda a importantes piezas artísticas interactivas e influencias de movimientos artísticos que hemos detallado en esta memoria. Podemos afirmar que la

metodología planteada ha sido coherente y ha propiciado poder finalizar el proyecto a tiempo y cumplir los objetivos descritos

Aunque hemos tenido algunas dificultades a la hora de desarrollar la práctica por la falta de desconocimiento en la conexión Wi-Fi y la complejidad del desarrollo de la programación. Estos problemas se han solucionado trabajándolos, investigando y experimentado para obtener un buen resultado. Dar una vuelta más a las conclusiones. Además, debido a la situación actual de la pandemia por el coronavirus COVID-19 no ha sido posible desarrollar un test de usuario que nos permitiera un análisis más preciso de la usabilidad del prototipo.

En definitiva, como futuro trabajo nos planteamos mejorar el prototipo con materiales más resistentes, desarrollar otras propuestas audiovisuales alternativas y realizar test de usuario. Asimismo, se pretende exponer el proyecto presentándolo a convocatorias, residencias y concursos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

### 5.1. Webs

Andreu Sánchez C. (2021, Abril) *Neuroestética: cómo el cerebro humano construye la belleza*.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3287099>

Arizona State University. (2021, Abril). *Ask a biologist. ¿Qué hace tu cerebro?*

[https://askabiologist.asu.edu/que\\_hace\\_tu\\_cerebro](https://askabiologist.asu.edu/que_hace_tu_cerebro)

BBC. (2021, Abril). *El experimento crucial con el que Isaac Newton derrocó el mundo antiguo y le dio paso a la ciencia moderna*.

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-53412005>

UPV.(2021, Abril) *Consolas. Democracia para la imagen digital, 1972- 2003*

<https://consolasimagendigital.org/>

Cortés Parejo J. (2021, Abril) *La Percepción del Color*

[https://personal.us.es/jcortes/Material/Material\\_archivos/Articulos%20PDF/Color.pdf](https://personal.us.es/jcortes/Material/Material_archivos/Articulos%20PDF/Color.pdf)

Cultura. Secretaría de cultura. INBAL. (2021, Abril). *Una aproximación a la neuroestética: creación y expresión artística*.

<http://piso9.net/una-aproximacion-a-la-neuroestetica-creacion-y-expresion-artistica/>

Diecisiete. (2021, Abril). *Escrituras Bruce Nauman*.

<https://diecisiete.org/escrituras/bruce-nauman/>

El blog de fernandez-vega. (2021, Abril). *Semejanzas y diferencias entre el ojo humano y la cámara de fotos*.

<https://fernandez-vega.com/blog/semejanzas-diferencias-ojo-humano-camara-fotos/>

El definido. (2021, Abril). *Los infinitos beneficios del arte en nuestro cerebro (según la ciencia)*.

<https://eldefinido.cl/actualidad/mundo/7381/Los-infinitos-beneficios-del-arte-en-nuestro-cerebro-segun-la-ciencia/>

El País. (2021, Abril). *¿Qué le hace la música a nuestro cerebro?*

[https://elpais.com/elpais/2015/08/31/ciencia/1441020979\\_017115.html](https://elpais.com/elpais/2015/08/31/ciencia/1441020979_017115.html)

El País. (2021, Abril). *El placer del arte para nuestro cerebro*.

[https://elpais.com/cultura/2020/01/09/actualidad/1578585325\\_165215.html](https://elpais.com/cultura/2020/01/09/actualidad/1578585325_165215.html)

Espacio Fundación Telefónica (2021, Abril). *Color. El conocimiento de lo invisible*.



<https://espacio.fundaciontelefonica.com/evento/color-el-conocimiento-de-lo-invisible/>  
EspejoRed. (2021, Abril). «*Mapean*» las neuronas en el cerebro para crear obras de arte.  
<https://espejored.com/mapean-las-neuronas-en-el-cerebro-para-crear-obras-de-arte/>  
Frontiers in Human Neuroscience. (2021, Abril). *Crossing boundaries: toward a general model of neuroaesthetics*.  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2015.00443/full>  
Greg Dunn neuro art. (2021, Abril) *Self Reflected*.  
<https://www.gregadunn.com/self-reflected/>  
Hipertextual. (2021, Abril). *La teoría del color de Goethe y su relación con la personalidad del ser humano*.  
<https://hipertextual.com/2015/04/teoria-del-color-goethe>  
Ida.Blog. (2021, Abril). *Psicología de las formas y su relevancia en el diseño*.  
<https://blog.ida.cl/disenio/psicologia-de-las-formas-y-disenio/>  
IDIS. (2021, Abril). *The Light Surgeons*.  
<https://proyectoidis.org/the-light-surgeons/>  
Instalación “24 Frames” del Laboratorio de Luz de la UPV  
Iluminet. Revista de iluminación. (2021, Abril). *De la luz a la imagen; la ciencia del proyector LED*.  
<https://www.iluminet.com/ciencia-proyector-led/>  
IVAM. (2021, Abril). *Instalación “24 Frames” del Laboratorio de Luz de la UPV*.  
Instalación “24 Frames” del Laboratorio de Luz de la UPV  
<https://www.ivam.es/es/exposiciones/instalacion-24-frames/>  
La mente es maravillosa. (2021, Abril). *El efecto del arte en nuestro cerebro*.  
<https://lamenteesmaravillosa.com/el-efecto-del-arte-en-nuestro-cerebro/>  
Makela M. (2021, Abril). *La práctica del live cinema*.  
[http://fba.unlp.edu.ar/lenguajemm/?wpfb\\_dl=44](http://fba.unlp.edu.ar/lenguajemm/?wpfb_dl=44)  
Mediateletipos. (2021, Abril). *Mary Hallock-Greenewalt y el arte de la música-color*.  
<https://www.mediateletipos.net/archives/23021>  
MoMA. (2021, Abril). *Léopold Survage. French, 1879–1968*.  
<https://www.moma.org/artists/5735?=&page=&direction=>  
Moreno Ramos T. (2021, Abril). *Neuroestética o el entendimiento de la belleza*.

[https://www.researchgate.net/publication/285578513\\_Neuroestetica\\_o\\_el\\_entendimiento\\_de\\_la\\_belleza](https://www.researchgate.net/publication/285578513_Neuroestetica_o_el_entendimiento_de_la_belleza)

Munárriz Ortiz J. (2021, Abril). *Live Cinema: redefiniendo la narración audiovisual*.  
<https://revistas.um.es/reapi/article/view/191881>

Neuromarketing.la. (2021, Abril). *Color y el Cerebro: ¿Qué colores capturan nuestra atención?*  
<https://neuromarketing.la/2017/02/color-y-el-cerebro-percepcion/>

Nexos. (2021, Abril). *Las conexiones entre arte y cerebro*.  
<https://discapacidades.nexos.com.mx/las-conexiones-entre-arte-y-cerebro/>

Paredro. (2021, Abril). *Psicología de la forma: las sensaciones que evocan las figuras geométricas*.  
<https://www.paredro.com/sensaciones-de-las-figuras-geometricas-segun-la-psicologia-de-la-forma/>

Psicología & comunicación. (2021, Abril). *La sinestesia: Un cocktail de los sentidos*.  
<https://psicologiaycomunicacion.com/tag/tipos-de-sinestesia/>

Psicología-Online. (2021, Abril). *Qué es la sinestesia en psicología: causas y tipos*.  
<https://www.psicologia-online.com/que-es-la-sinestesia-en-psicologia-causas-y-tipos-3713.html>

Psicología y mente. (2021, Abril). *Órgano de Corti: características de esta parte del oído interno*.  
<https://psicologiaymente.com/neurociencias/organo-de-corti>

Publicación médica de neurología. (2021, Abril). *Semir Zeki, padre de la Neuroestética, en el curso de El Escorial de la SEN*.  
<http://neurologia.publicacionmedica.com/noticia/semir-zeki-padre-de-la-neuroestetica-en-el-curso-de-el-escorial-de-la-sen>

Real Academia Española. (2021, Abril). *Diccionario de la lengua española*.  
<https://dle.rae.es/>

Revista Código. (2021, Abril). *9 obras de Bruce Nauman. La transgresión del lenguaje*.  
<https://revistacodigo.com/lista-bruce-nauman/>

Santiago García Gago. (2021, Abril) *Manual para radialistas analfatécnicos*.  
<https://www.analfatecnicos.net/ManualRadialistasAnalfatecnicos.pdf>

Universidad de Valencia. (2021, Abril). *2.1. Las Leyes de la Gestalt*.

[https://www.uv.es/asamar4/exelearning/21\\_las\\_leyes\\_de\\_la\\_gestalt.html](https://www.uv.es/asamar4/exelearning/21_las_leyes_de_la_gestalt.html)  
3LCD. (2021, Abril). *3LCD es la tecnología que incorporan la mayoría de los proyectores utilizados en centros educativos, empresas y hogares.*

<https://www.3lcd.com/la/explore/index.html>

## 5.2. Artículos

Carolina Fernández Castrillo. (2010). *El cine en las vanguardias: esperanto visual de la Modernidad/Avant-garde Cinema: a Visual Esperanto of Modernity*. Área abierta, 26, 1–.

Cytowic, R. E., & Wood, F. B. (1982). Synesthesia: I. A review of major theories and their brain basis. *Brain and Cognition*, 1(1), 23–35. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(82\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0278-2626(82)90004-5)

Cytowic, R. E., & Wood, F. B. (1982). Synesthesia: II. Psychophysical relations in the synesthesia of geometrically shaped taste and colored hearing. *Brain and Cognition*, 1(1), 36–49. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(82\)90005-7](https://doi.org/10.1016/0278-2626(82)90005-7)

García Miragall, C. M., Sanmartín Piquer, F., & Gracia Bensa, T. (2018). Música visual: De los órganos de color a los primeros ordenadores. *AusArt Aldizkaria*, 6(1), 125–138. <https://doi.org/10.1387/ausart.19463>

Marks, L. E. (1975). *On colored-hearing synesthesia: Cross-modal translations of sensory dimensions*. *Psychological Bulletin*, 82(3), 303–331. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.82.3.303>

Mezias, S. J. (2001). *The community dynamics of entrepreneurship: The birth of the American film industry, 1895 - 1929*. *Journal of business venturing*, 16(3).

Roncero Palomar, R. (2017). *Sinestesia y ritmo. El camino hacia el cine absoluto*. *Index.comunicacion*, 7(2), 127–156.

## 5.3. Libros

Burch, N. (1985). *Praxis del cine* ([5a-7a ed.]). Fundamentos.

Bresson, R. (1997). *Notas sobre el cinematógrafo*. Ardora.

Córdoba Serrano, M. J. de, Acuyo, F., & Riccò, D. (2012). *Sinestesia: los fundamentos teóricos, artísticos y científicos*. Fundación Internacional Artecittà.

Gombrich, E. H. (1979). *Arte e ilusión: estudio sobre la psicología de la representación pictórica* (1ª, 2ª ed.). Gustavo Gili.

Gubern, R. (2014). *Historia del cine*. Anagrama.

Langford, M. J., Bilissi, E., Allen, E., Golding, A., Muammar, H., & Triantaphillidou, S. (2009). *Tratado de fotografía* (7a ed.). Omega.

Langford, M. J., Fox, A., Smith, R. S., Renn, P., Nolle, C., & Bolland, M. (2007). *Fotografía básica* (8a ed.). Omega.

Mitry J. (1974) *Historia del cine experimental*. Fernando Torres Editor, Valencia

Molinari, Carlos A. J. (2011) *El arte en la era de la máquina: conexiones entre tecnología y obras de arte pictórico: 1900-1950*. 1ª ed. - Buenos Aires: Teseo; Universidad Abierta Interamericana.

Newton, I. (n.d.). *Opticks Or, A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections, and Colours of Light*. Project Gutenberg.

Nogueira Tavares, M. E. (2010). *Comprender el cine: las vanguardias y la construcción del texto fílmico*. Grupo Comunicar.

Olafur Eliasson. (2009). *Los modelos son reales*. Editorial Gustavo Gili, SL.

Tresguerres, J.A.F., Ariznavarreta, C., Cachafeiro, V., Cardinali, D., Escrich, E., Gil, P., Lahera, V., Mora, F., Romano, M., Tamargo, J. (2005). *Fisiología Humana*. 3ª Edición. McGraw Hill.

## **5.4. Tesis doctoral o trabajo académico**

Callejas Sevilla, A. (2006). *Sinestesia y emociones. Reacciones afectivas ante la percepción de estímulos sinestésicamente incongruentes*. [Tesis Doctoral. Facultad de Psicología. Departamento de Psicología Experimental y Fisiología del Comportamiento. Granada].

García Miragall, C. M. (2016). *Generación de imagen sintética en tiempo real basada en muestras de sonido digitalizado en el campo del arte digital*. [Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València].

Layden, T. B. (2005). *Aportaciones teóricas y prácticas sobre la sinestesia y las percepciones sonoras en la pintura contemporánea*. [Tesis doctoral, Universitat de Barcelona]. Tesis Doctorals en Xarxa. <http://hdl.handle.net/10803/1261>

Melero Carrasco H. (2015) *Sinestesia, bases neuroanatómicas y cognitivas*  
[Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid].

Salas Vilar J. (2015). *Sinestesia y arte hacia la autoinvestigación creativa*.  
[Tesis doctoral, Universitat de Granada]. <http://hdl.handle.net/10481/43019>

## 6. ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: *Cronograma*. Cristina Martínez.

Fig. 2: *Árbol de la sinestesia: clasificación de la tipología de manifestaciones sinestésicas* (Riccò, 1999).

Fig. 3: *Datos porcentuales de la modalidad de sensaciones inducidas por sinestesia*.

Day, 2005.

Fig. 4: *Las partes del cerebro y los sentidos*. ASU Arizona State University, 2021.

Fig. 5: *Círculo espectral*. Isaac Newton, 1704.

Fig. 6: *Círculo cromático*. Johann Wolfgang von Goeth, 1810.

Fig. 7: *Primera acuarela abstracta*. Wassily Kandinsky, 1912.

Fig. 8: *Composición VIII*. Wassily Kandinsky, 1923.

Fig. 9: *Ad Parnassum*. Paul Klee, 1932.

Fig. 10: *Messa di Voce*. Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara, 2003.

Fig. 11: *Tabla comparativa entre colores y sonidos*.

Fig. 12: *Caricatura del clavicordio ocular de Louis Bertrand Castel*. Autor Charles Germain de Saint Aubin.

Fig. 13: *Órgano de color de Bishop*

Fig. 14: *Órgano de color de Alexander Wallace Rimington*.

Fig. 15: *Scriabins key-color association*.

Fig. 16: *Clavilux de Thomas Wilfred*

Fig. 17: *Color Organ*. Hallock Greenewalt y su piano de luz eléctrica Sarabet.

Fig. 18: *Symphonie diagonale*. Viking Eggeling, 1921 - 1924.

Fig. 19: *An Optical Poem*. Oskar Fischinger, 1937.

Fig. 20 y 21: *Colored Rhythm: Study for the Film*. Léopold Survage, 1913.

Fig. 22: *Spirals*. Oskar Fischinger, 1926.

Fig. 23: *Allegretto: Study for the Film*. Oskar Fischinger, 1936.

Fig. 24: *Live Cinema Festival*, Tarik barri y Lea Fabrikant, 2020.

Fig. 25: *Messa di Voce*. Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara, 2003.

Fig. 26: *Live Cinema Festival*. Aeryon Maotik, 2020.

Fig. 27: *Live Cinema Festival*. Zagarmusic, 2020.

Fig. 28: *Soundfield*. The Light Surgeons, 2014.

Fig. 29: *SuperEverything*. The Light Surgeons, 2014.

Fig. 30: *The Tulse Luper Suitcases*. Peter Greenaway, 2003.

Fig. 31: *24 Frames*. Laboratorio de la luz, 2021.

Fig. 32: *Vídeo Surveillance Piece: Public Room, Private Room*. Bruce Nauman, 1969.

Fig. 33: *Live-Taped Video Corridor*. Bruce Nauman, 1970.

Fig. 34: *Concepción elemental de la energía electromagnética*.

Fig. 35: *Espectro electromagnético*.

Fig. 36: *Longitud de onda visible por el ojo humano*.

Fig. 37: *Partes del ojo humano*.

Fig. 38: *Modelos de color RGB y CMYK*.

Fig. 39: *Representación de una lente convergente y una lente divergente*.

Fig. 40: *Formación de la imagen invertida en la retina*.

Fig. 41: *Esquema de las partes de una cámara*.

Fig. 42: *Comparación de la captación de una imagen en una cámara y en el ojo humano*.

Fig. 43: *Prisma dicróico en una cámara de vídeo*.

Fig. 44: *Prisma en un proyector LCD*.

Fig. 45: *Formación de la imagen en un proyector LCD*.

Fig. 46: *Ejemplos de las Leyes de la Gestalt*.

Fig. 47: *Rango audible para el ser humano*.

Fig. 48: *Fisiología de la audición humana*.

Fig. 49: *Paralelismo entre las ondas electromagnéticas y ondas acústicas*.

Fig. 50: *Self Reflected*. Dr. Greg Dunn (artista y neurocientífico) y el Dr. Brian Edwards (artista y físico aplicado), 2016.

Fig. 51: *Representación del cerebro*.

Fig. 52: *Permutations*. John Whitney y Jack P. Citron, 1968.

Fig. 53: *Around Perception*. Pierre Hébert, 1968.

Fig. 54: *Metadata*. Peter Foldés, 1971.

Fig. 55: *Cubit Limit*. Manfred Mohr, 1973-74.

Fig. 56: *Electronic Visualization Event 3 (EVE3)*. Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois at Chicago, 1978.

Fig. 57: *Rutt-etra Video Synthesizer*. Steve Rutt y Bill Etra, 1974.

Fig. 58 y 59: *Objects*. Steina y Woody Vasulka, 1978.

Fig. 60: *Anemic cinema*. Marcel Duchamp, 1926.

Fig. 61: *Particle Dreams in Spherical Harmonics*. Dan Sandin, Robert Kooima, Laurie Spiegel y Tom DeFanti, 2011.

Fig. 62 y 63: *Spiral 5 PTL (Perhaps The Last)*. Dan Sandin, Tom DeFanti y Mimi Shevitz, 1979.

Fig. 64: *Participation TV*. Nam June Paik, 1969.

Fig. 65: *An Optical Poem*. Oskar Fischinger, 1937.

Fig. 66: *Opus 2*. Walther Ruttmann, 1924.

Fig. 67: *Opus 2*. Walther Ruttmann, 1921.

Fig. 68: *Serie cubos*. José María Yturralde, 1976.

Fig. 69: *Figura imposible*. José María Yturralde, 1970.

Fig. 70 y 71: *Cubo azul*. Rachel Valdés, 2015.

Fig. 72: *OE Quasi Light*. Olafur Elisasson, 2019.

Fig. 73: *Future memory star*. Olafur Elisasson, 2020.

Fig. 74: *Yellow atmosphere projector*, Olafur Elisasson, 2018.

Fig. 74: *Put That There*. MIT Medialab, 1979-1980.

Fig. 75: *Bubble*. Wolfgang Muench, 2002.

Fig. 76 y 77: *Towards Interactive Aesthetics en Arts Electronica*, Timeshift, Myron W. Krueger, 2004.

Fig. 78: *Murmur*. Chevalvert (Julia Puyo), 2013.

Fig. 79: *Messa di Voce*, Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk y Joan La Barbara, 2003.

Fig. 80 y 81: *The Manual Input Workstation*. Golan Levin y Zachary Lieberman, 2004.

Fig. 82 y 83: *Ángulos del vacío*. Carolina Ferrer y Encarna Sepúlveda, 2016.

Fig. 84: *Test Pattern*. Ryoji Ikeda, 2013.

Fig. 85: *Perfectly Clear*. James Turrell, 1991.

Fig. 86: *Tu sombra incierta*. Olafur Elisasson, 2010.

Fig. 87: *Straight back*. Olafur Elisasson, 2018.

Fig. 88: *Concierto Sónar*. Byetone, 2009.

Fig. 89: *Plastic Star*. Byetone, 2008.

Fig. 90: *Festival Mutek*, Olaf Bender (byetone) y Carsten Nicolai (alva noto), Markus Heckmann, 2009.

Fig. 91: *Sonar*. Olaf Bender (byetone) y Carsten Nicolai (alva noto), Markus Heckmann, 2009.

Fig. 92: *CIR*, Markus Heckmann, 2009.



- Fig. 93: *Software empleado en el prototipo*, Cristina Martínez, 2021.
- Fig. 94: *Diagrama de interacción*, Cristina Martínez, 2021.
- Fig. 95: *Fotografías prototipo Synaespace*, Cristina Martínez, 2021.
- Fig. 96: *Esquema componentes prototipo*, Cristina Martínez, 2021.
- Fig. 97: *Diagrama técnico*, Cristina Martínez, 2021.
- Fig. 98: *Boceto instalación Synaespace*, Cristina Martínez, 2021.
- Fig. 99 y 100: *Pieza prototipo Synaespace*, Cristina Martínez, 2021.
- Fig. 101. *Visual Synaespace*, Cristina Martínez, 2021.

## 7. ANEXOS

### 7.1. Programación Arduino

```
esp8266
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiUdp.h>

SoftwareSerial NodeMCU(D2, D3);
WiFiServer server(5204);

char ssid[] = "-----"; // network SSID (name)
char pass[] = "-----"; // network password
WiFiClient client;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  NodeMCU.begin(4800);
  pinMode(D2, INPUT);
  pinMode(D3, OUTPUT);

  // Connect to WiFi network
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, pass);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

  server.begin();
  while (!client) client=server.available();
}

void loop(){
  while(NodeMCU.available()>0){
    String val = NodeMCU.readStringUntil(10);
    if (client) {
      client.print(val);
    }
  }
  delay(200);
}
```

```
arduino_nano
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial ArduinoNano(3, 2);

#include <Servo.h> // libreria servo
Servo servo; // libreria servo
//Servo
int lectura[4];
int N = 4;

#include "Adafruit_TCS34725.h" // libreria sensor TCS34725
// sensor color TCS34725
Adafruit_TCS34725 tcs = Adafruit_TCS34725(TCS34725_INTEGRATIONTIME_24MS, TCS34725_GAIN_1X);
int sensorValue4, sensorValue5, sensorValue6;

//Potenciómetros y micro.
int analogPin0 = A0;
int valorPot0;
int analogPin1 = A1;
int valorPot1;
int analogPin2 = A2;
int valorPot2;
int analogPin3 = A3;
int valorPot3;

int valorPotR, valorPotG, valorPotB;
int datoR, datoG, datoB, valorMicro;

const int pinMicrophone = 5;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  ArduinoNano.begin(4800);

  //Servo
  int i;
  servo.attach(4);
  for(i=0; i<N; i++)
    lectura[i] = 0;

  //Micro
  pinMode(pinMicrophone, INPUT);
}
```

```

void loop(){
  //Servo
  int i,suma,promedio,salida;

  //Se lee la señal del potenciómetro.
  for(i=0;i<N-1;i++)
    lectura[i] = lectura[i+1];
  lectura[N-1] = analogRead(A0);
  suma = 0;
  for(i=0;i<N;i++)
    suma += lectura[i];
  promedio = suma/N;
  // Se escala la señal de 1024 niveles a 180 grados.
  salida = map(promedio, 0, 1023, 0, 179);
  // Se establece el valor del servo.
  servo.write(salida);

  // Sensor color
  uint16_t valorR, valorG, valorB, c, colorTemp, lux;

  tcs.getRawData(&valorR, &valorG, &valorB, &c);
  colorTemp = tcs.calculateColorTemperature(valorR, valorG, valorB);
  lux = tcs.calculateLux(valorR, valorG, valorB);

  datoR = map(valorR, 0, 80, 0, 255);
  datoG = map(valorG, 0, 80, 0, 255);
  datoB = map(valorB, 0, 80, 0, 255);

  valorPot1 = analogRead(analogPin1);
  valorPotR = map(valorPot1, 0, 1023, 0, datoR);

  valorPot2 = analogRead(analogPin2);
  valorPotG = map(valorPot2, 0, 1023, 0, datoG);

  valorPot3 = analogRead(analogPin3);
  valorPotB = map(valorPot3, 0, 1023, 0, datoB);
  // FIN Sensor color

  // Micro
  bool soundDetected = digitalRead(pinMicrophone);
  if (soundDetected)
  {
    valorMicro = 1;
  }
  else
  {
    valorMicro = 0;
  }
  // FIN Micro

  //Datos enviados a Processing
  ArduinoNano.print(valorPotR);
  ArduinoNano.print(" ");
  ArduinoNano.print(valorPotG);
  ArduinoNano.print(" ");
  ArduinoNano.print(valorPotB);
  ArduinoNano.print(" ");
  ArduinoNano.print(valorMicro);
  ArduinoNano.println("\n");

  delay(100);
}

```

## 7.2. Programación Processing

```
1 //Entrada de datos
2 import processing.net.*;
3 Client myClient;
4 String inString;
5 byte interesting = 10;
6 int val;
7
8 //Interactividad vídeo
9 import processing.video.*;
10 Capture video;
11 PImage prev;
12 float threshold = 25;
13 float motionX = 0;
14 float motionY = 0;
15 float lerpX = 0;
16 float lerpY = 0;
17
18 // Visuales
19 int minX, minY, maxX, maxY;
20 int shapeRadius = 100;
21 int shapeQty = 50;
22
23 float distanceToDrawLine = 50;
24 float [][] shapes = new float[shapeQty][2];
25 int [][] shapeColors = new int[shapeQty][4];
26 int [] shapeAngle = new int[shapeQty];
27 float [] shapeSpeed = new float[shapeQty];
28 float randomX, randomY;
29
30
31 float circleSize = 600;
32 float radius = circleSize/2;
33 int period = 5; //speed
34 float x = 0;
35 float particleY;
36 float amplitude;
37 float sineEl = 0;
38 float r = 0;
39 int randomPart[] = new int[1000];
40
41
42 int num=12, frames = 90;
43 float theta;
44
45
46
47
48 import oscPS.*;
49 import netPS.*;
50 OscPS oscPS; //OSC Pure data
51 NetAddress direccionRemota; //OSC Pure data
52
53 int lf = 10; // ASCII linefeed.
54 int s0,s1,s2; // Datos potenciómetros y ultrasonidos.
55
56 //OSC
57 int puerto;
58 String ip;
59
60 void setup() {
61   fullscreen ();
62   //size(1500,900);
63   myClient = new Client(this, "192.168.1.128", 5204);
64   video = new Capture(this, width, height);
65   video.start();
66   prev = createImage(width, height, RGB);
67
68
69
70
71 //OSC Pure data
72 ip = "127.0.0.1"; //---dirección ip a donde se envían los mensajes (en este caso localhost)
73 puerto = 11112;
74 oscPS = new OscPS(this, puerto); //---inicialización del objeto
75 direccionRemota = new NetAddress(ip, puerto); //---Entrada: mensajes de entrada por el puerto especificado
76 //Fin OSC
```

```

77
78 minX = 0;
79 minY = 0;
80 maxX = width;
81 maxY = height;
82
83 for (int i=0; i < shapeQty; i++) {
84   shapes[i][0]=random(minX, maxX);
85   shapes[i][1]=random(minY, maxY);
86   shapeColors[i][0] = (int)random(240); //red
87   shapeColors[i][1] = (int)random(240); //green
88   shapeColors[i][2] = (int)random(240); //blue
89   shapeColors[i][3] = (int)random(20, 100); //alpha
90   shapeAngle[i] = (int)random(0, 360);
91   shapeSpeed[i] = random(0.5,5);
92 }
93 }
94
95
96 void captureEvent(Capture video) {
97   prev.copy(video, 0, 0, video.width, video.height, 0, 0, prev.width, prev.height);
98   prev.updatePixels();
99   video.read();
100 }
101
102
103
104 void draw() {
105   background(0);
106   video.loadPixels();
107   prev.loadPixels();
108   image(video, 0, 0, width, height);
109   threshold = 50;
110   int count = 0;
111   float avgX = 0;
112   float avgY = 0;
113
114   loadPixels();
115   for (int x = 0; x < video.width; x++) {
116     for (int y = 0; y < video.height; y++) {
117       int loc = x + y * video.width;
118       color currentColor = video.pixels[loc];
119       float r1 = red(currentColor);
120       float g1 = green(currentColor);
121       float b1 = blue(currentColor);
122       color prevColor = prev.pixels[loc];
123       float r2 = red(prevColor);
124       float g2 = green(prevColor);
125       float b2 = blue(prevColor);
126       float d = distSq(r1, g1, b1, r2, g2, b2);
127
128       if (d > threshold*threshold) {
129         avgX += x;
130         avgY += y;
131         count++;
132         pixels[loc] = color(255);
133       } else {
134         pixels[loc] = color(0);
135       }
136     }
137   }
138   updatePixels();
139
140
141   if (count > 200) {
142     motionX = avgX / count;
143     motionY = avgY / count;
144   }
145
146   //Circulo rojo que sigue el movimiento
147   lerpX = lerp(lerpX, motionX, 0.1);
148   lerpY = lerp(lerpY, motionY, 0.1);
149   fill(255, 0, 0);
150   stroke(0);
151   ellipse(lerpX, lerpY, 36, 36);
152
153 // INTERATIVIDAD
154 //1º Visual
155 if (lerpX < width/3){
156   float nextX;
157   float nextY;
158
159   noStroke();
160   randomX = random(0, 2);
161   randomY = random(0, 2);
162
163   for (int i = 0; i < shapeQty; i++) {
164     fill(shapeColors[i][0], shapeColors[i][1], shapeColors[i][2], shapeColors[i][3]); //colores
165     ellipse(shapes[i][0], shapes[i][1], lerpX/4, lerpY/4);
166     nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
167     nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
168
169
170     if ((nextX+shapes[i][0] <= minX) || (nextX+shapes[i][0] >= maxX)) {
171       shapeAngle[i]= 180 - shapeAngle[i];
172       nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
173       nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
174     }
175
176     else if ((nextY+shapes[i][1] <= minY) || (nextY+shapes[i][1] >= maxY)) {
177       shapeAngle[i]= 360 - shapeAngle[i];
178       nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
179       nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
180     }
181
182     shapes[i][0] += nextX;
183     shapes[i][1] += nextY;
184
185     for (int j=0; j < shapeQty; j++) {
186       float currentDistance = sqrt(sq(shapes[j][0]-shapes[i][0])+sq(shapes[j][1]-shapes[i][1]));
187       if (currentDistance < distanceToDrawLine) {
188         }
189     }
190   }
191 }
192 }
193
194

```

```

153 // INTERATIVIDAD
154 //1° Visual
155 if (lerpX < width/3){
156 float nextX;
157 float nextY;
158
159 noStroke();
160 randomX = random(0, 2);
161 randomY = random(0, 2);
162
163
164 for (int i = 0; i < shapeQty; i++) {
165 fill(shapeColors[i][0], shapeColors[i][1], shapeColors[i][2], shapeColors[i][3]); //colores
166 ellipse(shapes[i][0], shapes[i][1], lerpX/4, lerpX/4);
167 nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
168 nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
169
170
171 if ((nextX-shapes[i][0] <= minX) || (nextX-shapes[i][0] >= maxX)) {
172 shapeAngle[i]= 180 - shapeAngle[i];
173 nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
174 nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
175 }
176
177 else if ((nextY+shapes[i][1] <= minY) || (nextY+shapes[i][1] >= maxY)) {
178 shapeAngle[i]= 360 - shapeAngle[i];
179 nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
180 nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
181 }
182
183 shapes[i][0]+= nextX;
184 shapes[i][1]+= nextY;
185
186 for (int j=0; j < shapeQty; j++) {
187 float currentDistance = sqrt(sq(shapes[j][0]-shapes[i][0])+sq(shapes[j][1]-shapes[i][1]));
188 if (currentDistance < distanceToDrawLine) {
189 }
190 }
191 }
192 }
193
194

```

```

195
196 //2° Visual
197 if ((lerpX > width/3) && (lerpX < (width/3)*2)){
198 int rSizeX;
199 int rSizeY;
200 float timer;
201 rSizeX=width/4;
202 rSizeY=height/2;
203 timer=0.0;
204
205 for (int i=0; i<=7; i++) {
206 for (int j=0; j<=3; j++) {
207 for (int c=0; c<7; c++) {
208 strokeWeight(20);
209 noFill();
210 stroke(255, lerpX+i/10, (lerpX+lerpX)/20, 100);//colores
211 ellipse(i*rSizeX, j*rSizeY, c*lerpX/10, c*lerpY/10);
212 }
213 strokeWeight(5);
214 noFill();
215 //stroke(lerpX+j/10, lerpY+1/10, (lerpX+lerpX)/20, 100);
216 stroke(255, lerpY+1/10, (lerpX+lerpX)/20, 100);//colores
217 pushMatrix();
218 translate(i*rSizeX, j*rSizeY);
219 rotate(j*0.2+timer);
220 popMatrix();
221 }
222 }
223 timer=timer+0.01;
224 }
225
226
227 //3° Visual
228 if (lerpX > (width/3)*2){
229 for (int i = 0; i < randomPart.length; i++) {
230 randomPart[i] = int(random(100, 734));
231 }
232
233 for (int i = 0; i < randomPart.length; i++) {
234 randomPart[i] = int(random(100, 734));
235 }
236

```

```

237 lerpY = height / 2;
238 fill(0, 15);
239 rect(0,0,width, height);
240 x += 0.008;
241
242 for (int yRand = 0; yRand < randomPart.length; yRand++) {
243   particleY = randomPart[yRand];
244   float sine = sin((2*PI*x)/period + randomPart[yRand]);
245   amplitude = sqrt(sq(radius) - sq(abs(height/2 - particleY)));
246   sineEL = width/2 + sine * amplitude;
247   pushMatrix();
248   translate(width/2, height/2);
249   rotate(radians(lerpX));
250   translate(-width/2, -height/2);
251   noStroke();
252   fill(x*100%255, 200, 255); //Colores
253   if (sineEL - 200 > 10) ellipse(sineEL - 200, particleY, 4, 4);
254   fill((127+x*100)%255, 200, 255); //Colores
255   if (sineEL + 200 > 10) ellipse(sineEL + 200, particleY, 4, 4);
256   fill((300+x*100)%255, 100, 255); //Colores
257   if (sineEL - 0 > 10) ellipse(sineEL - 0, particleY, 4, 4);
258   popMatrix();
259 }
260 }
261 //FIN visuales
262
263
264 // Entrada de datos de arduino
265 if (myClient.available() > 0) {
266   inString = myClient.readStringUntil(13);
267   if (inString != null) {
268     String[] valores = inString.split(" ");
269     println("valorPotR = " + valores[0] + " valorPotG = " + valores[1] + " valorPotB = " + valores[2] + " valorMicro = " + valores[3]);
270
271     int s0 = int (valores[0]);
272     int s1 = int (valores[1]);
273     int s2 = int (valores[2]);
274
275     float R = int (valores[0]);
276     float G = int (valores[1]);
277     float B = int (valores[2]);
278     OscMessage mensaje1 = new OscMessage("/mensaje/R"); //-->crea una etiqueta para el mensaje
279     OscMessage mensaje2 = new OscMessage("/mensaje/G"); //-->crea una etiqueta para el mensaje
280     OscMessage mensaje3 = new OscMessage("/mensaje/B"); //-->crea una etiqueta para el mensaje
281     mensaje1.add(R);
282     mensaje2.add(G);
283     mensaje3.add(B);
284
285     oscPS.send(mensaje1, direccionRemota); //-->Se envia el mensaje
286     oscPS.send(mensaje2, direccionRemota);
287     oscPS.send(mensaje3, direccionRemota);
288
289     // INTERATIVIDAD Modificaciones datos de arduino
290     // ONDAS SONORAS
291     if ((lerpX > 0)){
292       stroke(255,255, 255, int (valores[3])*100);
293       noFill();
294       for (int i=0; i<num; i++) {
295         float sz = i*35;
296         float sw = map(sin(theta+TWO_PI/num*i), -1, 1, 1, 16);
297         strokeWeight(sw);
298         ellipse(width/2, height/2, sz, sz);
299       }
300       theta += TWO_PI/frames;
301     }
302
303
304 //1° Visual
305 if (lerpX < width/3){
306   float nextX;
307   float nextY;
308
309   noStroke();
310   randomX = random(0, 2);
311   randomY = random(0, 2);
312
313

```

```

314 for (int i = 0; i < shapeQty; i++) {
315   fill((int (valores[0])), (int (valores[1])),(int (valores[2])), shapeColors[i][3]); //colores datos de arduino
316   ellipse(shapes[i][0], shapes[i][1], lerpX/4, lerpX/4);
317   nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
318   nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
319
320
321   if ((nextX+shapes[i][0] <= minX) || (nextX+shapes[i][0] >= maxX)) {
322     shapeAngle[i]= 180 - shapeAngle[i];
323     nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
324     nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
325   }
326
327   else if ((nextY+shapes[i][1] <= minY) || (nextY+shapes[i][1] >= maxY)) {
328     shapeAngle[i]= 360 - shapeAngle[i];
329     nextX = CalculateNextX(shapes[i][0], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
330     nextY = CalculateNextY(shapes[i][1], shapeAngle[i], shapeSpeed[i]);
331   }
332
333   shapes[i][0]+= nextX;
334   shapes[i][1]+= nextY;
335
336   for (int j=0; j < shapeQty; j++) {
337     float currentDistance = sqrt(sq(shapes[j][0]-shapes[i][0])+sq(shapes[j][1]-shapes[i][1]));
338     if (currentDistance < distanceToDrawLine) {
339       }
340     }
341   }
342 }
343
344
345 //2º Visual
346 if ((lerpX > width/3) && (lerpX < (width/3)+2)){
347   int rSizeX;
348   int rSizeY;
349   float timer;
350   rSizeX=width/4;
351   rSizeY=height/2;
352   timer=0.0;
353
354   for (int i=0; i<=7; i++) {
355     for (int j=0; j<=3; j++) {
356       for (int c=0; c<7; c++) {
357         strokeWeight(20);
358         noFill();
359         stroke((int (valores[0])), (int (valores[1])), (int (valores[2])), 100); //colores datos de arduino
360         ellipse(i*rSizeX, j*rSizeY, c*lerpV/10, c*lerpV/10);
361       }
362       strokeWeight(5);
363       noFill();
364       stroke((int (valores[0])), (int (valores[1])), (int (valores[2])), 100); //colores datos de arduino
365       pushMatrix();
366       translate(i*rSizeX, j*rSizeY);
367       rotate(j*0.2+timer);
368       popMatrix();
369     }
370   }
371   timer=timer+0.01;
372 }
373
374
375 //3º Visual
376 if (lerpX > (width/3)+2){
377   for (int i = 0; i < randomPart.length; i++) {
378     randomPart[i] = int(random(100, 734));
379   }
380
381   for (int i = 0; i < randomPart.length; i++) {
382     randomPart[i] = int(random(100, 734));
383   }
384
385   lerpY = height / 2;
386   fill(0, 15);
387   rect(0,0,width, height);
388   x += 0.008;
389

```

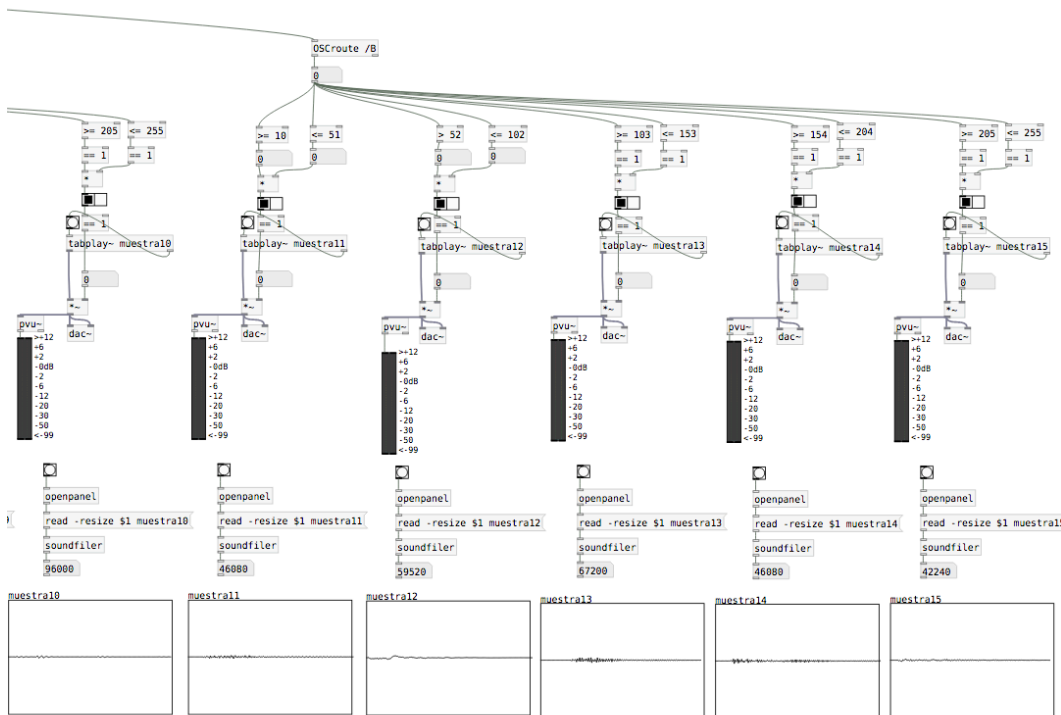
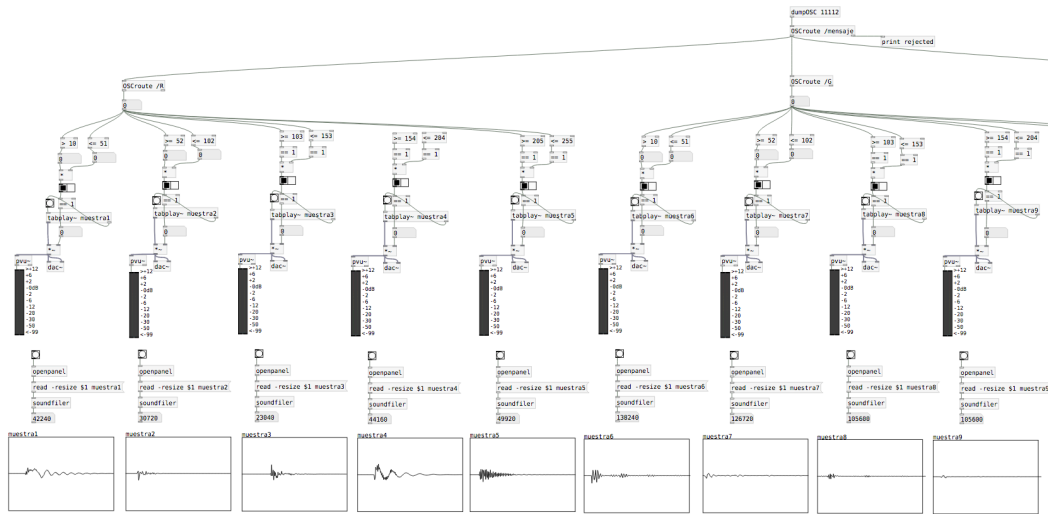


```

390 for (int yRand = 0; yRand < randomPart.length; yRand++) {
391   particleY = randomPart[yRand];
392   float sine = sin((2*PI*x)/period + randomPart[yRand]);
393   amplitude = sqrt(sq(radius) - sq(abs(height/2 - particleY)));
394   sineEl = width/2 + sine * amplitude;
395   pushMatrix();
396   translate(width/2, height/2);
397   rotate(radians(lerpX));
398   translate(-width/2, -height/2);
399   noStroke();
400   fill(int (valores[0]), 200, 255); //colores datos de arduino
401   if (sineEl - 200 > 10) ellipse(sineEl - 200, particleY, 4, 4);
402   fill((127+x*100)%255, int (valores[1]), 255); //colores datos de arduino
403   if (sineEl + 200 > 10) ellipse(sineEl + 200, particleY, 4, 4);
404   fill((300+x*100)%255, 100, int (valores[2])); //colores datos de arduino
405   if (sineEl - 0 > 10) ellipse(sineEl - 0, particleY, 4, 4);
406   popMatrix();
407 }
408 }
409 //FIN visuales
410 // FIN INTERATIVIDAD Modificaciones datos de arduino
411 }
412 }
413 }
414
415 //Visuales
416 float distSq(float x1, float y1, float z1, float x2, float y2, float z2) {
417   float d = (x2-x1)*(x2-x1) + (y2-y1)*(y2-y1) +(z2-z1)*(z2-z1);
418   return d;
419 }
420
421 float CalculateNextX(float x, float angle, float speed) {
422   return -1 * speed * cos(radians(angle));
423 }
424
425 float CalculateNextY(float y, float angle, float speed) {
426   return -1 * speed * sin(radians(angle));
427 }

```

### 7.3. Programación Pure Data



## 7.4. Resultado final prototipo Synaespace

Enlace al vídeo: <https://youtu.be/xJxSoZIDUDE>

