

**Software para generar  
visuales / animaciones  
sincronizadas con la música  
en tiempo real para eventos de  
música**

**Adrián Valverde Mora**

**Fabián Valverde Mora**

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Diseño  
Industrial

Informe final del proyecto para optar por el título de  
Ingeniería en Diseño Industrial con el Grado Académico de  
Bachiller

**Asesor Académico:**

Ph. D. Franklin Hernandez-Castro.

Cartago, Noviembre 2023

Trabajo Final de Graduación  
Bachillerato Ingeniería en Diseño Industrial

Constancia de la Defensa

El Trabajo Final de Graduación presentado por los estudiantes Adrián Valverde Mora, carné 2017109590 y Fabián Valverde Mora, carné 2019206083 para optar por el Título de Ingeniería en Diseño Industrial con grado académico Bachiller Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica, titulado:

*“Software para generar visuales / animaciones sincronizadas con la música en tiempo real para eventos de música”*

ha sido defendido el día 27 de noviembre del año 2023 ante el Tribunal Evaluador y su Profesor Asesor.



Digitally signed by  
FRANKLIN  
HERNANDEZ  
CASTRO (FIRMA)  
Date: 2023.11.28  
10:13:03 -06'00'

MARIA EUGENIA QUESADA MONTERO (FIRMA)  
PERSONA FISICA, CPF-03-0459-0529.  
Fecha declarada: 28/11/2023 09:41:13 AM  
Esta es una representación gráfica únicamente,  
verifique la validez de la firma.

Ph.D. Franklin Hernández-Castro  
Profesor Tutor

Ing. Eugenia Quesada  
Tribunal Evaluador 1

Ing. Esteban Hurtado  
Tribunal Evaluador 2

noviembre, 2023

# Imagen resumen

Escuela de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Tecnológico de  
Costa Rica



Figura 1. Imagen resumen del software desarrollado

## **Resumen**

Este proyecto presenta el desarrollo de un software interactivo que permite crear, manipular y sincronizar con la música composiciones visuales construidas a partir de funciones matemáticas tridimensionales en tiempo real para presentaciones de eventos musicales en vivo. El desarrollo del programa se llevó a cabo utilizando Processing de Java, aplicando un enfoque iterativo y centrado en el usuario que posibilitó la mejora continua del código y la incorporación de nuevas funcionalidades, afinando la interactividad del sistema.

El resultado es un software que proporciona una interfaz interactiva con un alto enfoque en diseño y experiencia de uso. Este permite a los Videojockeys tener el control total de las visualizaciones en tiempo real, y en consecuencia crear experiencias audiovisuales inmersivas, sinestésicas y personalizadas que cautivan al público.

## **Palabras clave**

Visualización en tiempo real, sincronización musical, experiencia audiovisual.

## **Abstract**

This project details the development of interactive software designed to create, manipulate, and synchronize visualizations with live music, utilizing real-time three-dimensional mathematical functions for live musical event presentations. The software's evolution was achieved through Java's Processing environment, embracing a user-centric, iterative approach that facilitated continuous code refinement and the integration of new features to enhance system interactivity. The final product is a sophisticated software that provides Video Jockeys with an interactive interface, emphasizing design and user experience, enabling them to command real-time visualizations and thus create immersive, synesthetic, and personalized audio-visual experiences that captivate audiences.

## **Keywords**

Real-time visualization, musical synchronization, audiovisual experience.

# Indice

Escuela de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Tecnológico de  
Costa Rica

Imagen resumen	2
Resumen	3
Abstract	4
Índice de Figuras	6
Índice de Tablas	6
Constancia de la defensa	8
1. Introducción	9
2. Antecedentes	10
2.1. Antecedentes	10
2.2 Problema	10
2.3 Objetivos	11
2.3.1. Objetivo General	11
2.3.2. Objetivos específicos	11
2.3.3. Metodología usada	11
3. Investigación previa	13
3.1. Análisis de referenciales	13
3.2. Análisis de usuarios	15
3.3. Tecnologías usadas	16
3.4. Concepto semántico	20
4. Desarrollo	21
4.1. Diseño de las interacciones	21
4.2. Look & feel	35
4.3. Implementación	38
5. Validación	42
5.1. Diseño de las pruebas	42
5.2. Análisis de resultados	45
6. Conclusiones y recomendaciones	54
6.1. Conclusiones	54
6.2. Recomendaciones y trabajo futuro	56
Apéndices	57
Bibliografía	65

# Índice de Figuras

Escuela de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Tecnológico de  
Costa Rica

Figura 1. Imagen resumen de software	18
Figura 2. Moodboard de concepto semántico	17
Figura 3. Interfaz con controles GUI activos	20
Figura 4. Iconografía seleccionada	21
Figura 5. Tipografía seleccionada	21
Figura 6. Matriz cromática	22
Figura 7. Diagrama de diseño del sistema que se implementó	22
Figura 8. Variación de composición visual al manipular los límites del control Size Range	24
Figura 9. Ecuación paramétrica de un Torus	25
Figura 10. Cambios de visualización senoidal a partir de variación de parámetros (Modifiers)	26
Figura 11. Ecuación paramétrica de un Torus	27
Figura 12. Representación de efecto Fade	28
Figura 13. Representación de efecto Lines	28
Figura 14. Representación de efecto Mirror A	29
Figura 15. Representación de efecto Mirror B	29
Figura 15. Panel Cinematics	30
Figura 16. Controles de Panel Sound Sync	31
Figura 17. Asignación de señal de bloque medio-bajo a Vector B (color amarillo)	32
Figura 18. Controles de Panel Sound Sync	33
Figura 19. Grupos de animaciones y animaciones	34
Figura 20. Botón Color y botón Guardar	34
Figura 21. Interfaz con cuatro paneles activos	35
Figura 22. Iconografía seleccionada	36
Figura 23. Tipografía seleccionada	36
Figura 24. Matriz cromática	37
Figura 25. Pantalla Táctil utilizada (Dell P2418HT)	38
Figura 26. Controlador Launch Control XL y sus componentes	39
Figura 27. Interfaz de audio (izquierda) y mezcladora de DJ (derecha)	39

Figura 28. Cables utilizados para realizar las conexiones	40
Figura 29. Pantallas LED de gran formato	41
Figura 30. Esquema de conexión del sistema	41
Figura 31. Cambio de panel Cinematics	47
Figura 32. Cambio de panel de Animaciones	48
Figura 33. Cambio de paneles Laterales	49
Figura 34. Cambio de animación	50
Figura 35. Cambio de paneles Sound Sync	51
Figura 36. Cambio interfaz durante últimas 8 semanas previo a entrega final	53

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Mínimos comunes de referenciales	14
---	----

# Constancia de la Defensa

Escuela de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Tecnológico de  
Costa Rica

El Trabajo Final de Graduación presentado por Adrián Valverde Mora (carné 201831925) y Fabián Valverde Mora (carné 2018319126), para optar por el Título de Ingeniería en Diseño Industrial con grado académico Bachiller Universitario del Instituto

Tecnológico de Costa Rica.

“Software para generar visuales / animaciones sincronizadas con la música en tiempo real para eventos de música”

ha sido defendido el día 27 de Noviembre del año 2023 ante el Tribunal Evaluador y su Profesor Asesor.

Ph.D. Franklin Hernández-Castro  
Profesor Asesor

Lic. Paula Morales  
Rodríguez  
Coordinadora TFG

Ph.D. Joselyn Walsh Zúñiga  
Tribunal Evaluador 1

Ing. María Eugenia Quesada  
Tribunal Evaluador 2

# 1. Introducción

El presente informe detalla el desarrollo del proyecto final de graduación realizado durante el segundo semestre del año 2023, en el marco de la carrera de Ingeniería en Diseño Industrial. El proyecto, bajo la asesoría del profesor PH.D. Franklin Hernandez, busca abordar una oportunidad en el campo de las experiencias audiovisuales en vivo, centrándose en los Videojockeys (VJs) y la creación de composiciones visuales inmersivas.

La motivación para llevar a cabo este proyecto surge de la necesidad de llenar una brecha en el mercado de software para VJs. A pesar de existir opciones para mostrar y manipular visuales en tiempo real, no se ha logrado aún una sincronización total y precisa con la música, lo que limita la capacidad de los VJs para proporcionar experiencias inmersivas que se correspondan plenamente con las variaciones y matices de la música. Además, los softwares actuales carecen de interfaces intuitivas y visualmente atractivas, lo cual podría afectar la experiencia del Visualjockey.

La relevancia de este proyecto radica en su enfoque en el desarrollo de un software de manipulación visual en tiempo real, que permite a los VJs sincronizar completamente los visuales con la música durante eventos en vivo y además les permite manipular los visuales en tiempo real. La herramienta está diseñada con una interfaz que brinda un alto nivel de control y personalización a los usuarios, revolucionando la forma en que interactúan con la música y los visuales.

Tomando en cuenta los principios del diseño industrial y la comunicación visual aprendidos en la carrera, la interfaz del software está diseñada con un enfoque en la facilidad de uso y la estética, asegurando una experiencia de usuario intuitiva y agradable.

A través de este informe, documentamos el proceso de diseño e implementación de la maqueta funcional del software, sentando las bases para futuras iteraciones y el desarrollo de una herramienta revolucionaria en el campo de las experiencias audiovisuales en vivo. El proyecto final de graduación representa el esfuerzo y la dedicación de un equipo entusiasta en busca de innovación y excelencia en el campo del diseño industrial y las experiencias multisensoriales.

## 2. Antecedentes

### 2.1. Antecedentes

El presente proyecto surge de una iniciativa propia con el objetivo de abordar una necesidad identificada en el ámbito de las experiencias audiovisuales en vivo. La idea nace al observar que, a pesar de la existencia de softwares para VideoJookeys que permiten manipular visuales en tiempo real, ninguno ofrece una interfaz que permita sincronizar los visuales con la música, lo que limita la creación de experiencias más inmersivas y personalizadas. De ahí surge la oportunidad de desarrollar un software que solucione esta problemática y permita a los VJs sincronizar con la música y manipular completamente los visuales.

Al diseñar e implementar una interfaz intuitiva y estéticamente atractiva que permita la sincronización total de visuales con la música, pretendemos brindar a los VJs una herramienta innovadora y poderosa para crear experiencias inmersivas. Además, al aplicar los principios del diseño industrial, buscamos asegurar que la interfaz sea fácil de usar y contribuya a la calidad general de la experiencia de uso, impactando positivamente en el campo del entretenimiento y la cultura en eventos musicales en vivo.

### 2.2. Problema

La problemática que hemos identificado se resume en dos puntos clave. En primer lugar, existe una carencia evidente de una solución integral que permita la sincronización de visuales con la música en tiempo real, lo que limita la creatividad y personalización en eventos en vivo. En segundo lugar, hemos observado que los actuales software disponibles carecen de interfaces agradables, con un aporte vago en diseño y una experiencia de usuario poco intuitiva. Buscamos solucionar este problema mediante el enfoque del diseño industrial, que no solo se centra en la funcionalidad técnica, sino que también prioriza la usabilidad, la estética y la interacción humana. Nuestra respuesta a este desafío implica diseñar un software mediante algoritmos e interfaces que además de permitir la sincronización precisa de visuales y música, también ofrezca una plataforma intuitiva y estéticamente agradable de usar.

## 2.3. Objetivos

### 2.3.1. Objetivo general

*Desarrollar un software que permita la manipulación y sincronización en tiempo real de composiciones visuales con música durante eventos en vivo.*

### 2.3.2. Objetivos específicos

- 1. Investigar las necesidades y preferencias de los VJs y DJs en la sincronización de visuales y música*
- 2. Implementar algoritmos de procesamiento de señales de audio en tiempo real para analizar las frecuencias de la música.*
- 3. Diseñar interfaces interactivas para manipular visuales generados a partir de funciones matemáticas, en donde se puedan ajustar parámetros para cambiar su composición*
- 4. Diseñar una interfaz estéticamente atractiva utilizando principios de comunicación visual para seleccionar y sincronizar visualmente las frecuencias de la música*
- 5. Validar la usabilidad de las interfaces mediante pruebas de usuario para una experiencia intuitiva*

### 2.3.3. Metodología usada

Lean UX es una metodología de diseño de productos que se centra en la experiencia del usuario. Se basa en los principios del pensamiento Lean y del desarrollo ágil de software. En lugar de comenzar con un producto completamente definido, Lean UX empieza con asumir que existen algunas hipótesis sobre qué debería ser el producto. Estas hipótesis se prueban y se revisan a lo largo del proceso de diseño y desarrollo, mediante un ciclo de construcción-medición-aprendizaje. Este enfoque permite reducir el desperdicio y por el contrario permite centrarse en la creación de valor para el usuario.

Para aplicar la metodología Lean UX en el desarrollo de este software, se siguieron los siguientes pasos:

- 1. Descubrimiento e Investigación:** Iniciamos el proceso al investigar el mundo de los VJs para entender sus necesidades y desafíos. La investigación de campo, las entrevistas y el estudio de las tendencias actuales nos permiten obtener un conocimiento profundo de este campo.
- 2. Creación de Hipótesis y Definición de MVP:** A partir de los datos recopilados, formulamos una hipótesis sobre las posibles soluciones a los problemas identificados. Estas hipótesis ayudarán a definir un Producto Mínimo Viable (MVP), que será la versión más básica del software propuesto.
- 3. Construcción del MVP y Pruebas de Usuario:** Procedimos a construir el MVP utilizando habilidades de diseño y programación. Este MVP luego lo pusimos a prueba con usuarios reales, con el objetivo de obtener feedback y aprender de las respuestas de los mismos.
- 4. Iteración y Aprendizaje:** Con base en las respuestas obtenidas, revisamos las hipótesis y realizamos ajustes al MVP. Este ciclo de aprendizaje y mejora continuará hasta que se llegue a una versión del software que cumpla satisfactoriamente las necesidades de los usuarios.
- 5. Implementación:** Finalmente, una vez que el producto haya sido probado y mejorado suficientemente, procedimos a su implementación completa y se preparará para su lanzamiento al mercado.

## 3. Investigación previa

### 3.1. Análisis de referenciales

Estudiamos tres programas clave: Resolume, Synesthesia y TouchDesigner. Cada uno de estos programas ofrece capacidades únicas para la creación de experiencias visuales, aunque varían significativamente en su accesibilidad y complejidad.

**Resolume:** Es el software más popular para la creación y manipulación de visuales en tiempo real en eventos en vivo y actuaciones. Permite la mezcla de videos, efectos visuales y animaciones, lo que lo convierte en una herramienta esencial para VJs y profesionales del entretenimiento en vivo. Cuenta con un mercado en el cual se pueden comprar videos para poder utilizarlos como recursos durante las presentaciones en vivo. Sin embargo, posee una interfaz cargada de elementos y una curva de aprendizaje alta, lo cual puede ser abrumador para usuarios con poca experiencia.

**Synesthesia:** Es un instrumento visual o software que permite utilizar Shaders (pequeños programas escritos en un lenguaje específico como OpenGL que se encargan de realizar cálculos para determinar la apariencia visual de objetos en una escena 3D) para crear visuales en tiempo real a través de controles. De todos los programas, este es de los pocos que permiten la sincronización con la música.

**TouchDesigner:** Es una plataforma de diseño interactiva que funciona a partir de nodos que permite la creación de visuales, instalaciones multimedia y experiencias interactivas en tiempo real. Es ampliamente utilizado por artistas y diseñadores para desarrollar proyectos que involucran visuales, programación y tecnología. Sin embargo, requiere de un alto nivel de conocimiento para poder generar cualquier tipo de resultado. De todos los programas, este es el más complejo y poco intuitivo de utilizar.

A continuación, se presenta una tabla de los mínimos comunes basado en características clave identificadas durante el análisis:

Características	Resolume	Synesthesia	Touchdesigner
Mezcla de videos	Sí	No	Sí
Efectos visuales	Sí	No	Sí
Sincronización musical	Sí	Sí	Sí
Mercado de recursos	Sí	No	No
Programación visual	No	Sí	Sí
Interfaz intuitiva	No	Moderada	No
Curva de aprendizaje	Alta	Moderada	Muy alta
Flexibilidad creativa	Moderada	Alta	Muy alta

Tabla 1. Mínimos comunes de referenciales

Los patrones de diseño que se dedujeron de este análisis y que se aplicaron en el proyecto final incluyen la necesidad de una interfaz intuitiva, la importancia de la sincronización de audio y visuales para una experiencia de usuario inmersiva, y además que el software ofrezca opciones avanzadas para la creación y manipulación de visuales, pero que al mismo tiempo que sea fácil de aprender y utilizar.

## 3.2. Análisis de usuarios

**VJ (Visual Jockeys):** Los VJ son el núcleo del público meta. Son artistas visuales y técnicos que utilizarán el software y su interfaz para controlar y manipular las animaciones generadas y sincronizarlas adecuadamente con la música. El software les brinda un control sobre los parámetros y la personalización de las animaciones.

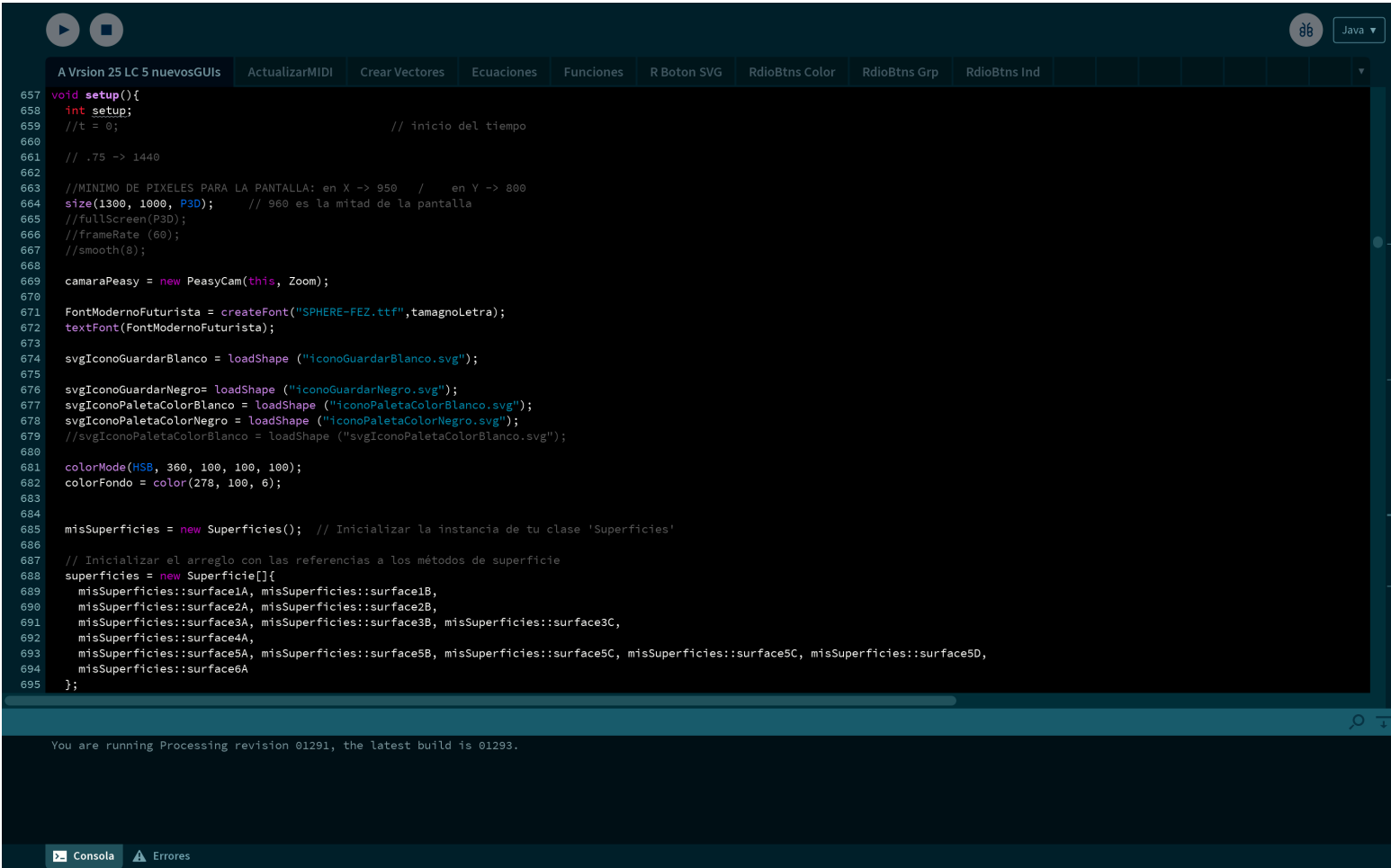
**DJs:** Como figura central en los eventos de música en vivo, el DJ no solo influye en el ambiente a través de la selección musical, sino que también interactúa con el espacio visual que rodea su actuación. En este sentido, los DJs se convierten en usuarios indirectos de nuestro software, ya que los visuales que se despliegan a su alrededor deben resonar con su estilo y la energía de su música, influyendo así en los visuales generados. Asimismo, están acostumbrados a utilizar hardware con controles similares a los que utilizan los VJs, lo cual podría facilitarles la comprensión del controlador e interfaz.

**Organizadores de Eventos:** Estos usuarios ven en el software como una herramienta innovadora para enriquecer sus eventos. El programa brinda la posibilidad de diferenciar sus eventos y atraer a una audiencia que busca experiencias sensoriales y visuales.

**Asistentes a Eventos:** Estas personas son quienes vivirán directamente la experiencia multisensorial que el proyecto proporciona, al experimentar una conexión más profunda entre la música y las imágenes visuales. Esto crea una experiencia envolvente que estimula sus sentidos y les brinda una nueva perspectiva sobre la música y el arte, permitiéndoles reinterpretar y conectarse con la música de una manera única.

### 3.3. Tecnologías usadas

Processing (<https://processing.org>), el cual se basa en el lenguaje de programación Java, fue la elección principal para desarrollar el software. Esta herramienta ofrece la posibilidad de crear elementos gráficos con la posibilidad de manipularlos en tiempo real para lograr múltiples objetivos. Su capacidad para trabajar con espacios bidimensionales y tridimensionales permite crear tanto elementos de interacción en 2D, como vectores con coordenadas  $x$ ,  $y$  y  $z$  en 3D. Una característica positiva que brinda este programa es que posee una página web para aclarar dudas básicas; además de una comunidad de miles de personas que buscan ayudar a los demás en línea. Asimismo, posee una amplia biblioteca de funciones y herramientas de código abierto.



```
657 void setup(){
658   int setup;
659   //t = 0; // inicio del tiempo
660
661   // .75 -> 1440
662
663   //MINIMO DE PÍXELES PARA LA PANTALLA: en X -> 950 / en Y -> 800
664   size(1300, 1000, P3D); // 960 es la mitad de la pantalla
665   //fullScreen(P3D);
666   //frameRate(60);
667   //smooth(8);
668
669   camaraPeasy = new PeasyCam(this, Zoom);
670
671   FontModernoFuturista = createFont("SPHERE-FEZ.ttf", tamagnoLetra);
672   textFont(FontModernoFuturista);
673
674   svgIconoGuardarBlanco = loadShape ("IconoGuardarBlanco.svg");
675
676   svgIconoGuardarNegro= loadShape ("IconoGuardarNegro.svg");
677   svgIconoPaletaColorBlanco = loadShape ("IconoPaletaColorBlanco.svg");
678   svgIconoPaletaColorNegro = loadShape ("IconoPaletaColorNegro.svg");
679   //svgIconoPaletaColorBlanco = loadShape ("svgIconoPaletaColorBlanco.svg");
680
681   colorMode(HSB, 360, 100, 100, 100);
682   colorFondo = color(278, 100, 6);
683
684
685   misSuperficies = new Superficies(); // Inicializar la instancia de tu clase 'Superficies'
686
687   // Inicializar el arreglo con las referencias a los métodos de superficie
688   superficies = new Superficie[]{
689     misSuperficies::surface1A, misSuperficies::surface1B,
690     misSuperficies::surface2A, misSuperficies::surface2B,
691     misSuperficies::surface3A, misSuperficies::surface3B, misSuperficies::surface3C,
692     misSuperficies::surface4A,
693     misSuperficies::surface5A, misSuperficies::surface5B, misSuperficies::surface5C, misSuperficies::surface5D,
694     misSuperficies::surface6A
695   };

```

You are running Processing revision 01291, the latest build is 01293.

Consola Errores

Figura 2. Interfaz de Processing (parte de código desarrollado)

Para el desarrollo del software, utilizamos la Versión 4.1.3. Además integramos diversas bibliotecas y clases con distintas funciones, las cuales se comentan a continuación:

**PeasyCam:** Permite agregar controles de cámara en 3D, siendo útil para visualizar y navegar por espacios tridimensionales.

**processing.data.Table y TableRow:** Estas clases son utilizadas para manejar datos, facilitando la organización y manipulación de la información.

**pLaunchControl:** Biblioteca especializada para trabajar con el controlador MIDI Launch Control XL, permitiendo una integración directa y eficaz con el software.

**oscP5:** Esta biblioteca funciona para implementar la comunicación OSC, siendo esta útil para transmitir información de un programa a otro.

Además, en la construcción del código, nos apoyamos en ChatGPT como recurso consultivo para comprender y elaborar ciertas funciones. La interacción con ChatGPT fue de guía, ampliando y adaptando la información proporcionada a las necesidades específicas de nuestro proyecto. El software desarrollado cuenta con alrededor de 7000 líneas de código, reflejando la amplitud y profundidad del trabajo realizado.

Por otro lado, para poder manipular los parámetros mostrados en la interfaz de forma manual, decidimos implementar el uso de hardware. En nuestro caso utilizamos un controlador MIDI Launch Control XL (<https://novationmusic.com/products/launch-control-xl>). Este producto tiene la ventaja de que cuenta con una librería en Processing, lo cual simplifica notablemente la asignación de funciones a sus elementos físicos, como lo son los knobs, faders y botones. La selección de estas funciones fue el resultado de un proceso de diseño centrado en el usuario, donde cada elemento físico fue configurado para ejecutar una acción específica dentro del software, basándonos en las preferencias y la retroalimentación obtenida en múltiples pruebas con usuarios.

La personalización de los controles del Launch Control XL permite una manipulación directa y simultánea de los elementos visuales, otorgando a los VJs una ventaja tangible sobre métodos digitales más estáticos. Esta interacción física con el software no solo mejora la precisión y el dinamismo durante las actuaciones en vivo, sino que también enriquece la experiencia del usuario al poder manipular los controles de la interfaz de distintas maneras.

Por último, gracias a que la interfaz cuenta con un panel que permite el de análisis de frecuencias (*panel Sound Sync*), este recopila datos detallados sobre las frecuencias de la música, permitiendo obtener información relacionada a los bajos, medios-bajos, medios-altos y altos, siendo posible transmitir esta sea otros softwares.

Para transmitir esta información a los otros programas se utiliza el protocolo OpenSound Control (OSC), el cual es un estándar en la comunicación entre dispositivos musicales electrónicos, computadoras y otros medios multimedia por medio de puertos. En nuestro software complementario utilizado para generar visualizaciones utilizando las señales mencionadas corresponde a Touchdesigner (Versión 2022.35320).

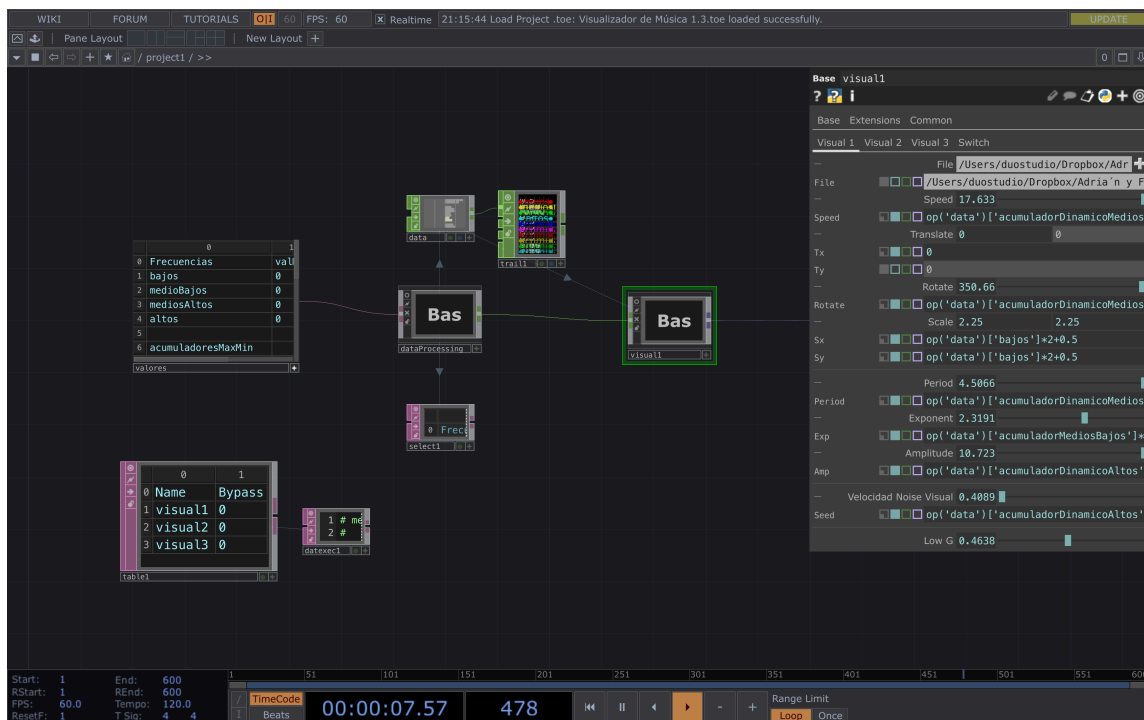


Figura 3. Interfaz de Touchdesigner (parte de trabajo realizado en este software)

TouchDesigner (<https://derivative.ca>) es una herramienta de programación visual robusta, conocida por su interfaz basada en nodos, que permite a los usuarios crear sistemas interactivos multimedia complejos. Los nodos, que son las unidades fundamentales de operación en TouchDesigner, se pueden enlazar para procesar imagen, sonido y otros datos, formando una red que puede comprender geometría 3D (SOPs), datos de canales (CHOPs), texturas o imágenes (TOPs) y datos (DATs).

A través de la comunicación OSC, los datos analizados por Processing se envían a TouchDesigner, donde se asignan a parámetros específicos dentro de los nodos, permitiendo una transformación en tiempo real de las visualizaciones a través de la información obtenida por el algoritmo del panel que analiza las frecuencias. Estos parámetros pueden ajustar desde la posición y el color de los elementos visuales creadas, hasta la rotación de geometrías 3D y la intensidad de efectos visuales, permitiendo una sincronización precisa con la música.

Lo anterior permite comprender cómo el software propuesto desarrollado con Processing puede utilizar la información recopilada no solo para crear acciones dentro del programa, sino que puede ser transmitida a otros softwares mediante el uso del protocolo de comunicación OSC. Esta capacidad de interconexión nos brinda una oportunidad invaluable para futuras investigaciones, permitiéndonos explorar la compatibilidad y el potencial de integración con una gama más amplia de tecnologías y sistemas.

### 3.4. Concepto semántico

#### **Neón:**

Para el desarrollo de la interfaz utilizamos colores saturados y brillantes que evocan la luminosidad y energía asociadas con las luces de neón. Estos colores, aparte de dar vivacidad a la interfaz, transmiten mensajes visuales claros y comunicativos. Además, el contraste de estos tonos vibrantes sobre un fondo oscuro añade una sensación futurista, lo cual se relaciona al siguiente concepto.

#### **Futurista:**

El término futurista refleja la aspiración de explorar y materializar una visión avanzada y vanguardista de la experiencia audiovisual en vivo. El objetivo es que tanto el software como cada panel que conforma la interfaz sean innovadores, desafiando los estándares tradicionales y ofreciendo una perspectiva visual única que se alinee con las últimas tendencias y tecnologías en el campo del diseño y las experiencias inmersivas.



Figura 4. Moodboard de concepto semántico

# 4.Desarrollo

## 4.1.Diseño de las interacciones

En la presente sección se detallan los controles que permiten manipular y sincronizar las composiciones visuales con la música ubicados dentro de los distintos paneles. En la Figura 5, puede observar una descripción breve de cada uno de los paneles.

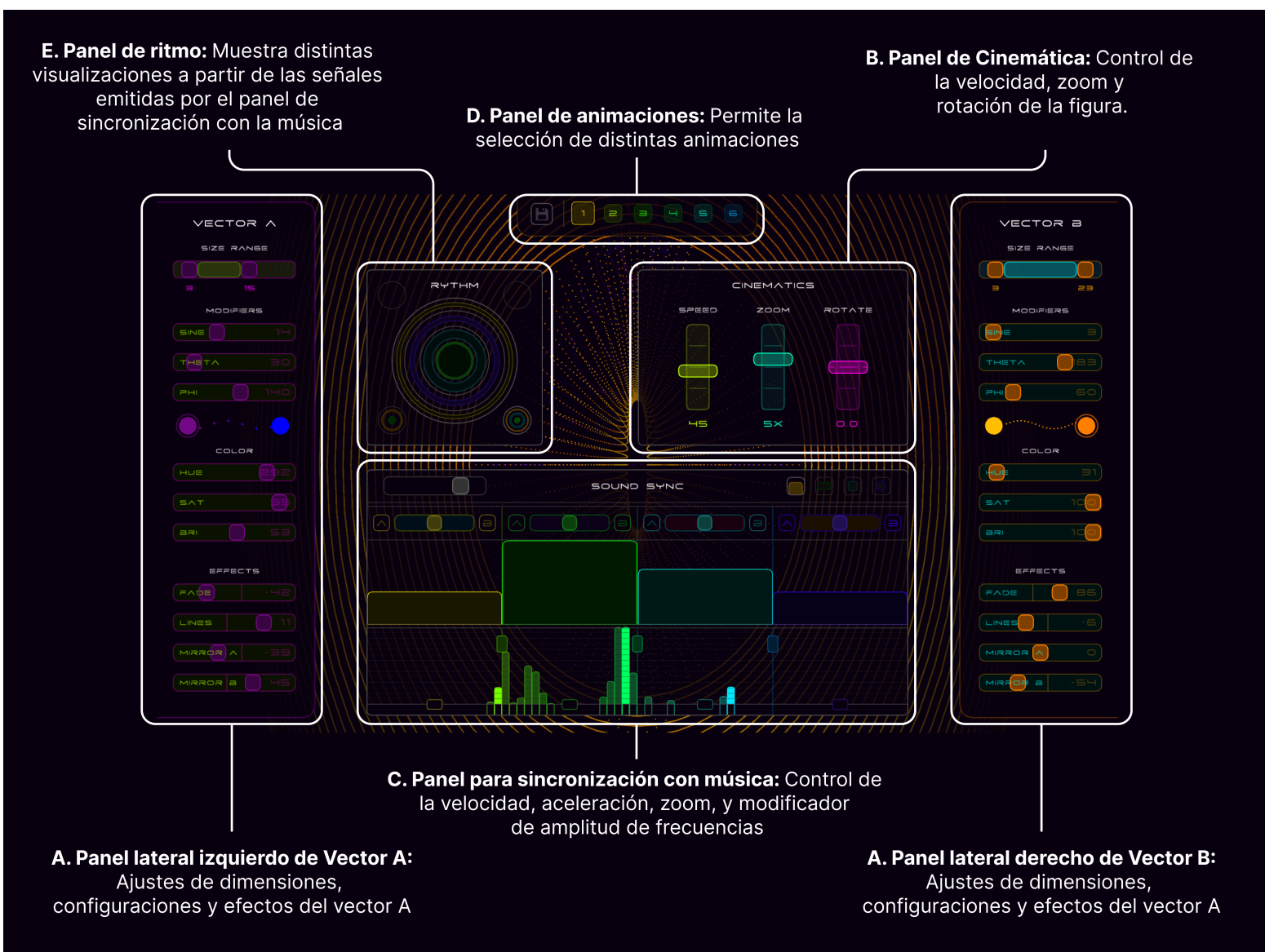


Figura 5.Descripción general de paneles que conforman la interfaz

Para comprender ciertos parámetros, es necesario conocer la naturaleza de las composiciones visuales creadas por el software. Tal y como se mencionó en la sección *Resumen*, estas composiciones son generadas a partir de puntos mostrados en el espacio, los cuales obtienen sus coordenadas mediante la ejecución de una ecuación matemática. En este caso, fue utilizada la ecuación paramétrica de un Torus la cuál en su forma más básica corresponde a:

$$\begin{aligned}x(\theta, \phi) &= (r_2 + r_1 \cdot \cos(\theta)) \cdot \cos(\phi) \\y(\theta, \phi) &= (r_2 + r_1 \cdot \cos(\theta)) \cdot \sin(\phi) \\z(\theta, \phi) &= r_1 \cdot \sin(\theta)\end{aligned}$$

Figura 6. Ecuación paramétrica de un Torus

Como se puede observar en la figura 6, la ecuación cuenta con distintos términos matemáticos. Al variar sus valores, es posible obtener distintas coordenadas de puntos  $x$ ,  $y$ , y  $z$  que generan diferentes figuras a partir de una misma ecuación. Estos términos, los cuales puede observar de manera gráfica en la Figura 7, hacen referencia a:

- **$\theta$  (Theta),  $\phi$  (Phi):** son ángulos que se mueven alrededor de los distintos círculos que definen la forma del Torus. Al aumentar sus valores, aumenta la cantidad de puntos/ círculos que conforman la figura.
- **$r_1$ :** radio menor
- **$r_2$ :** radio mayor
- **$x( )$ ,  $y( )$ ,  $y z( )$ :** funciones que dan coordenadas de un punto en la superficie del Torus. Dicho punto define una de las intersecciones entre los círculos creados por  $\theta$  (Theta) y  $\phi$  (Phi)

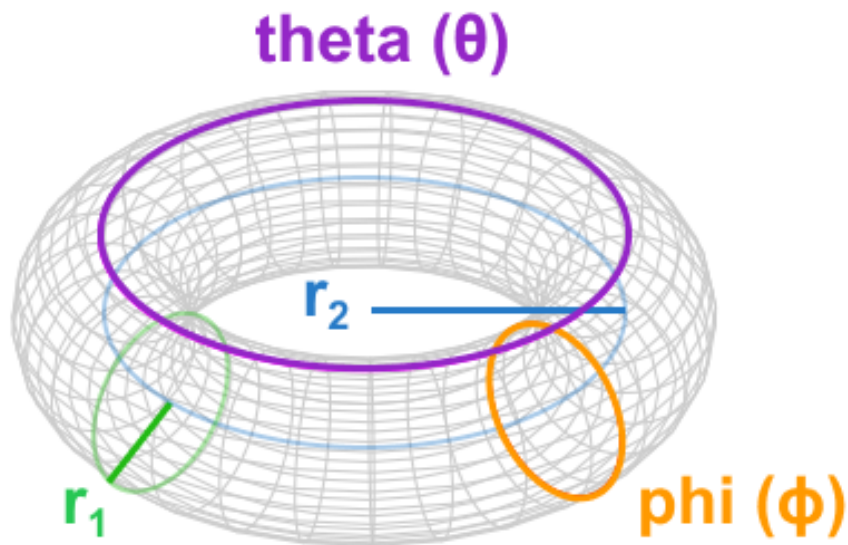


Figura 7. Figura creada a partir de la ecuación Torus

Como se podría imaginar, al variar los valores de  $\theta$  (theta),  $\phi$  (phi),  $r_1$  y  $r_2$ , la forma de la Figura 7 del Torus cambiaría. Basándose en este principio, el software desarrollado facilita la creación de composiciones visuales mediante la modificación de estos parámetros. Además, ofrece la capacidad de ajustar otros controles y sincronizar los visuales con la música, abriendo así un abanico de posibilidades para generar composiciones visuales únicas y dinámicas.

A continuación, se presenta un desglose detallado de los diversos controles disponibles en la interfaz que permiten manipular tanto los parámetros, como las visualizaciones generadas. Para tener una visión más general de la interfaz, puede consultar la nuevamente la Figura 5.

## A. Paneles laterales (Vector A y Vector B)

### Sección Size Range (Rango de Tamaño)

Uno de los controles que permite alterar el tamaño y forma, es Size Range. Este se puede manipular a partir de dos botones que definen los límites del rango, siendo en la representación de la izquierda de la Figura 8 los botones con valores 1 y 25 respectivamente.

En esta misma figura se puede apreciar cómo al variar dichos límites se forman distintas composiciones, al comprimir o agrandar la figura. Asimismo, es posible mover el rango definido a partir de los límites, el cuál se observa de color celeste en las distintas representaciones de la imagen. Al presionar y mover esta zona/ botón, cambia la visualización de las animaciones, ya que altera la posición de los límites dentro del rango establecido.

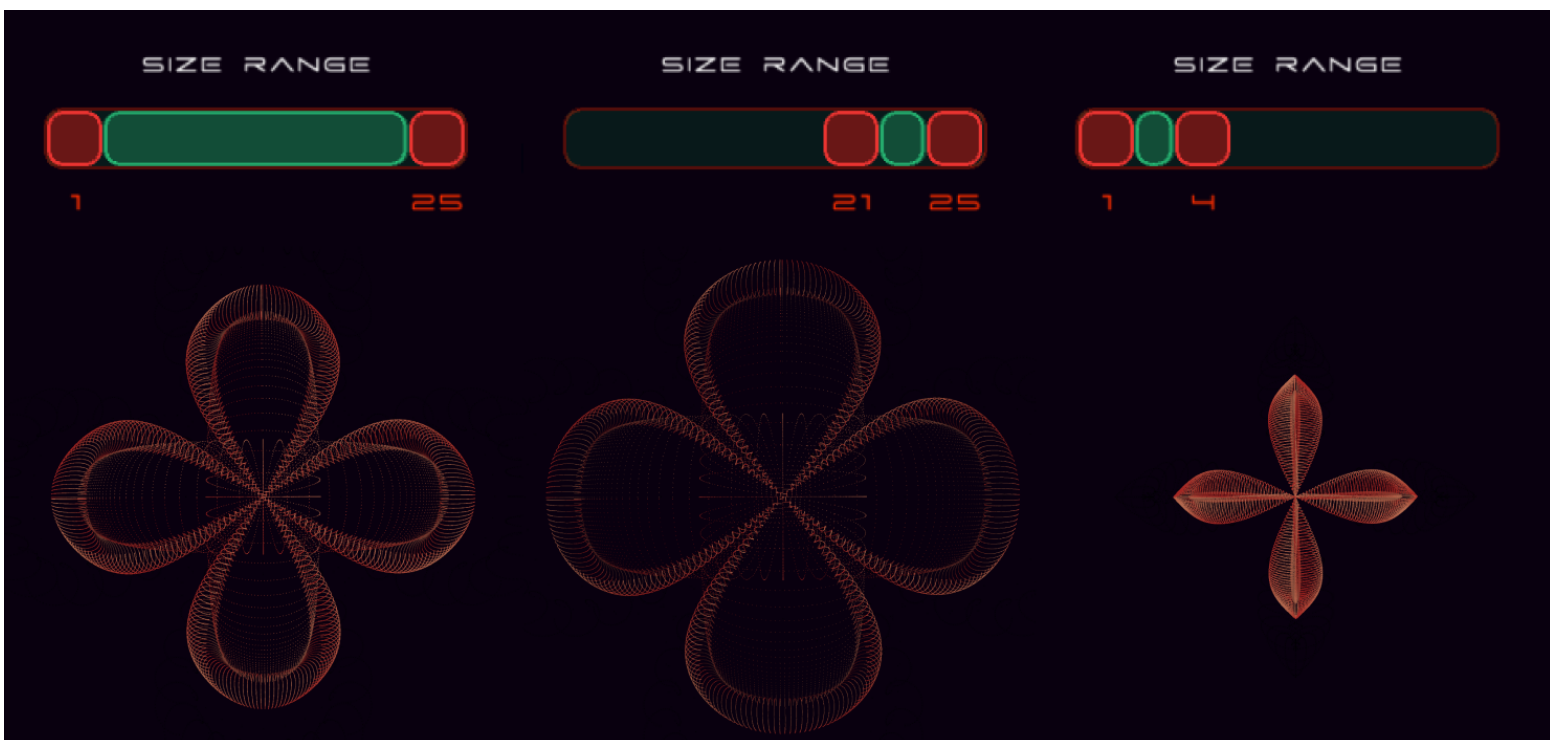


Figura 8. Variación de composición visual al manipular los límites del control Size Range

## Sección Modifiers (Modificadores)

**Sine:** Corresponde a la velocidad con la que el vector pasa del límite menor, al límite mayor definido en el control Size Range. Entre mayor sea el valor de Sin, más rápido sucede esta variación.

Para entender cómo **Theta** y **Phi** afectan la composición visual, diríjase a la la Figura 7 nuevamente, en donde se puede ver la relación de Theta ( $\theta$ ) con el círculo morado y Phi ( $\phi$ ) con el círculo naranja. Entre mayor sean estos parámetros, mayor será la cantidad de círculos que conforman la figura.

Ahora haga esa misma relación con la Figura 9, mostrada a continuación. De esta manera entre mayor sean estos parámetros, más puntos al rededor de los círculos que definen Theta y Phi se mostraran, aumentando así la resolución de la composición

Para comprender mejor cómo estos parámetros actúan en las composiciones generadas, la Figura 9 muestra distintas visualizaciones a partir de la variación de los parámetros Theta y Phi, los cuales afectan la cantidad de puntos que conforman una de las figuras.

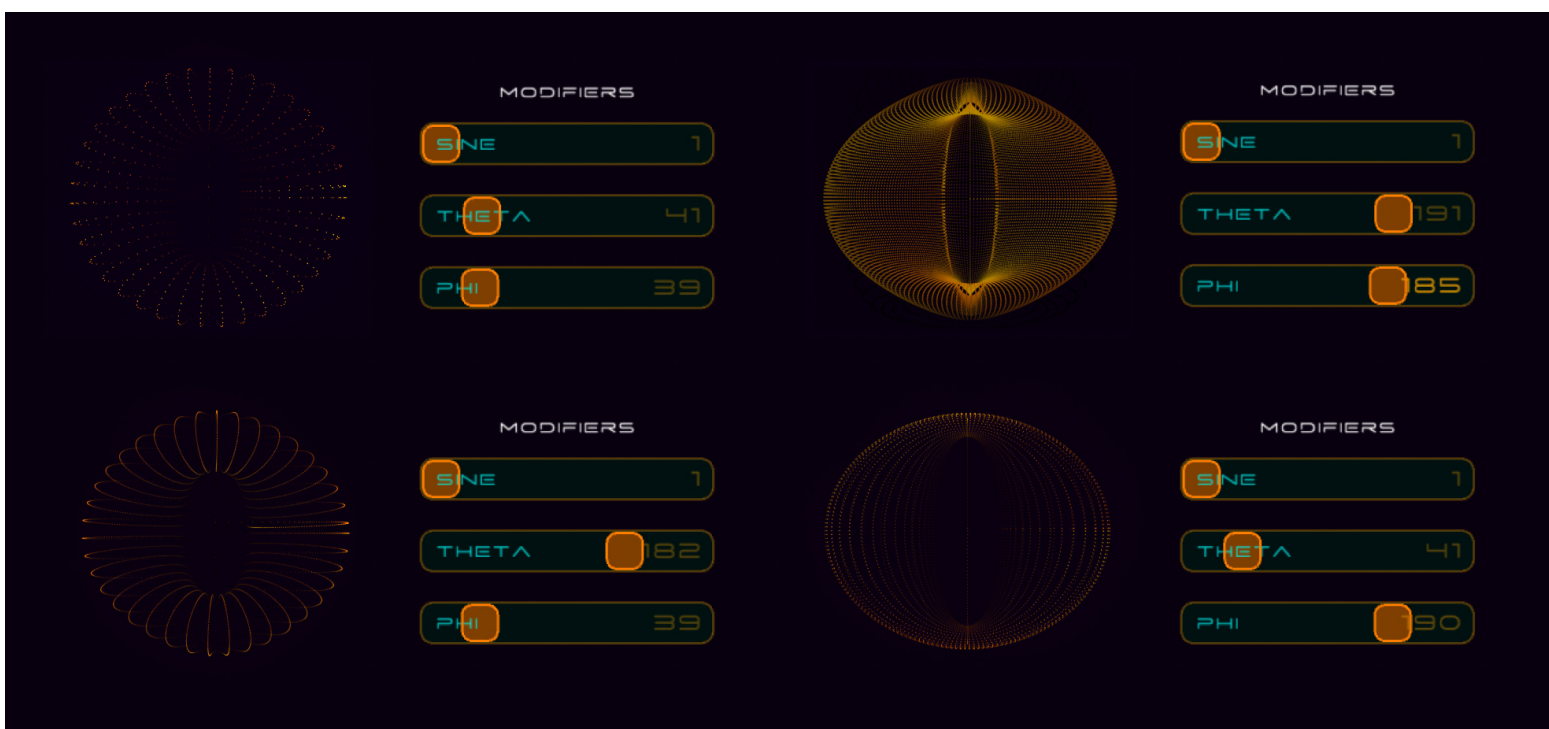


Figura 9. Ecuación paramétrica de un Torus

## Visualización senoidal

Debajo de la sección Modifiers se encuentra la visualización senoidal, la cuál también funciona como selector del color (se detalla en siguiente punto). Dicha visualización se conforma a partir de una curva senoidal definida por varios puntos (Ver Figura 10). Note como al variar los parámetros Theta y Phi, los puntos aumentan o disminuyen su tamaño y cantidad. Por otro lado, el parámetro Sine, aumenta la velocidad con la que se representa esta curva (no se puede observar en la figura). Esta visualización crea una representación simplificada de cómo los parámetros Sine, Theta y Phi modifican las composiciones visuales.

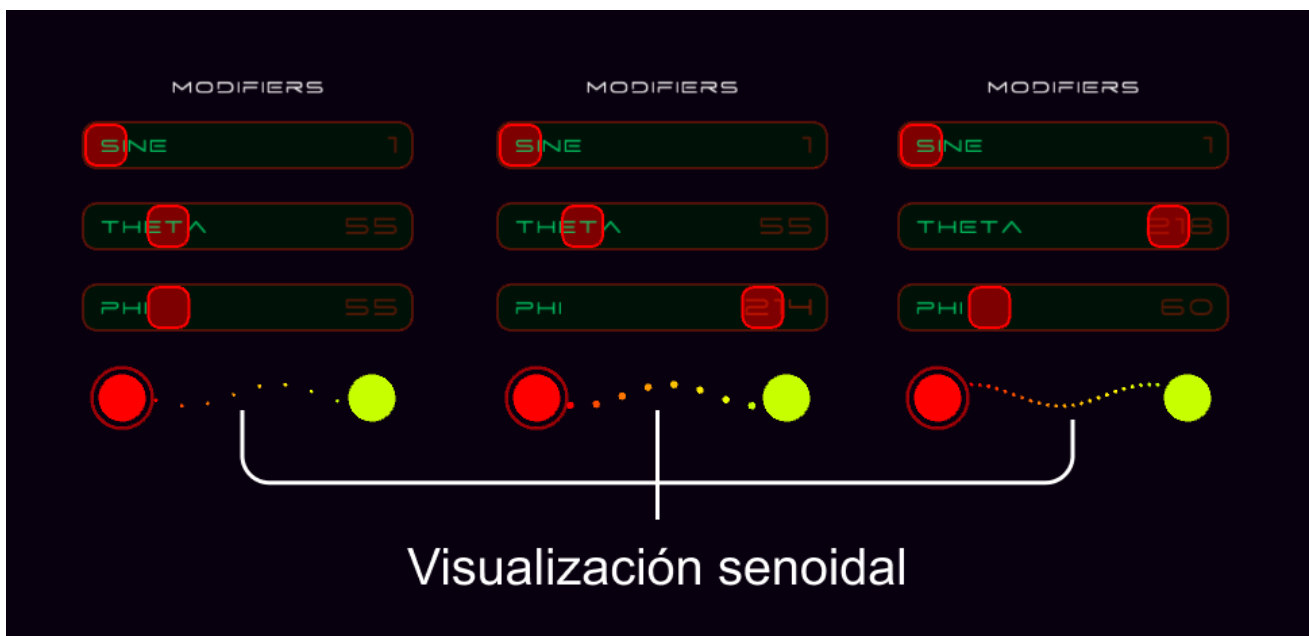


Figura 10. Cambios de visualización senoidal a partir de variación de parámetros (Modifiers)

## Sección Color

Los Vectores A y B que se manipulan con los paneles laterales, se conforman a partir de dos colores. En la Figura 11, es posible notar como el Vector B se constituye de puntos de color verde y amarillo. En el primer panel mostrado, se puede notar como el color seleccionado corresponde al verde, gracias a que los botones del panel, así como el contorno del mismo, cuentan con esta coloración.

Para cambiar este color al otro que conforma la figura, es decir el amarillo, se debe presionar el botón correspondiente, siendo en la figura mostrada el círculo color amarillo. Al presionar este botón se crea una línea al rededor del mismo, indicando su selección. Además, es posible notar como altera los colores del panel, con el fin de comunicar al usuario que el color amarillo se encuentra seleccionado.

Por otro lado, los parámetros **Hue (Matíz)**, **Sat (Saturación)**, y **Bri (Brillo)**, permiten alterar los colores seleccionados utilizando el modelo HSB. Al alterar estos controles, cambia la cromática del panel.

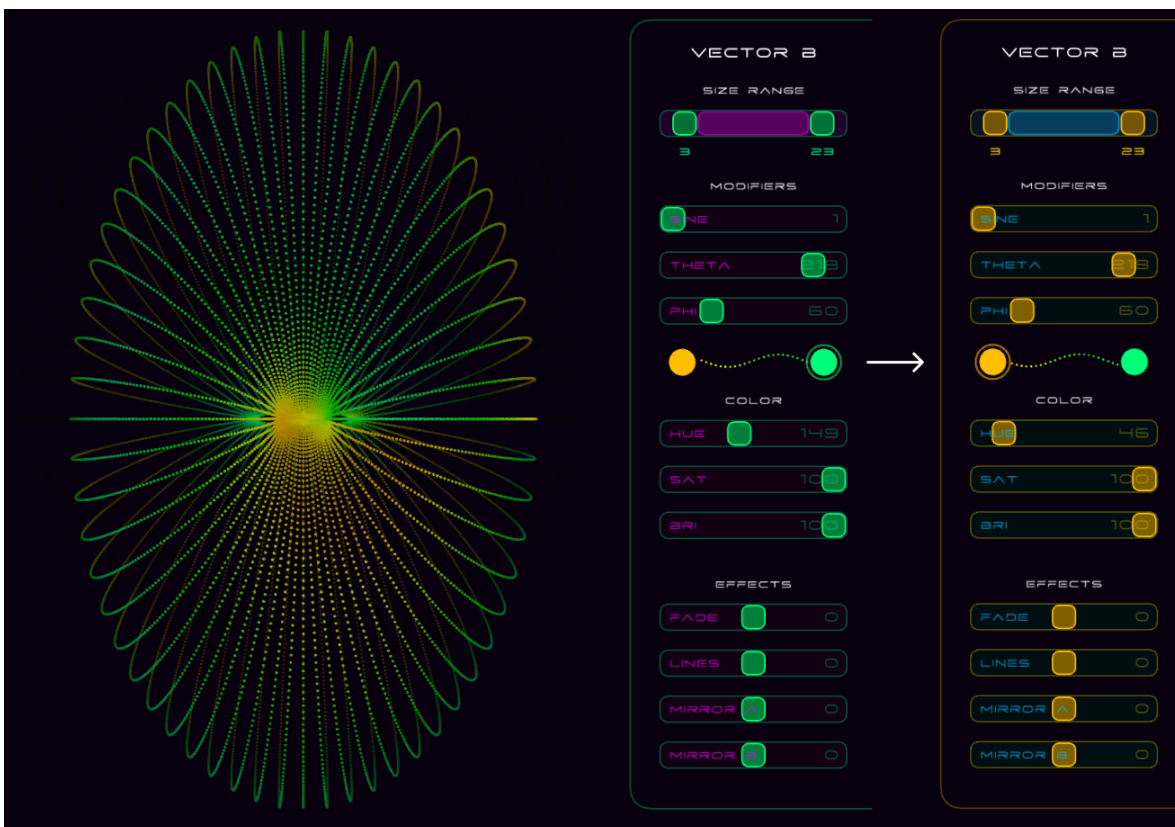


Figura 11. Ecuación paramétrica de un Torus

## Sección Effects (Efectos)

Para utilizar variar tanto las figuras que generan las composiciones, así como el espacio de las mismas, es posible utilizar Efectos ubicados en la sección Effects. A continuación se muestran sus características:

**Fade:** Efecto que crea una degradación de líneas con forma elíptica sobre los puntos definidos por Theta. Al alterar el parámetro, se varía la posición de la línea con mayor opacidad.

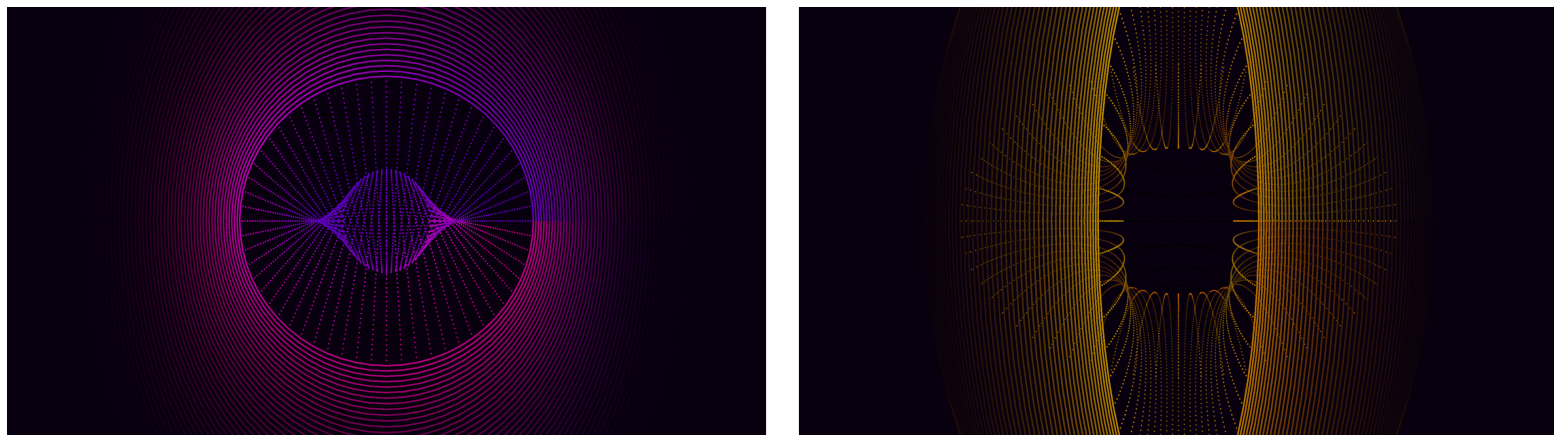


Figura 12. Representación de efecto Fade

**Lines:** Efecto que crea elipses en distintas partes de la figura a partir de los puntos definidos por Theta.

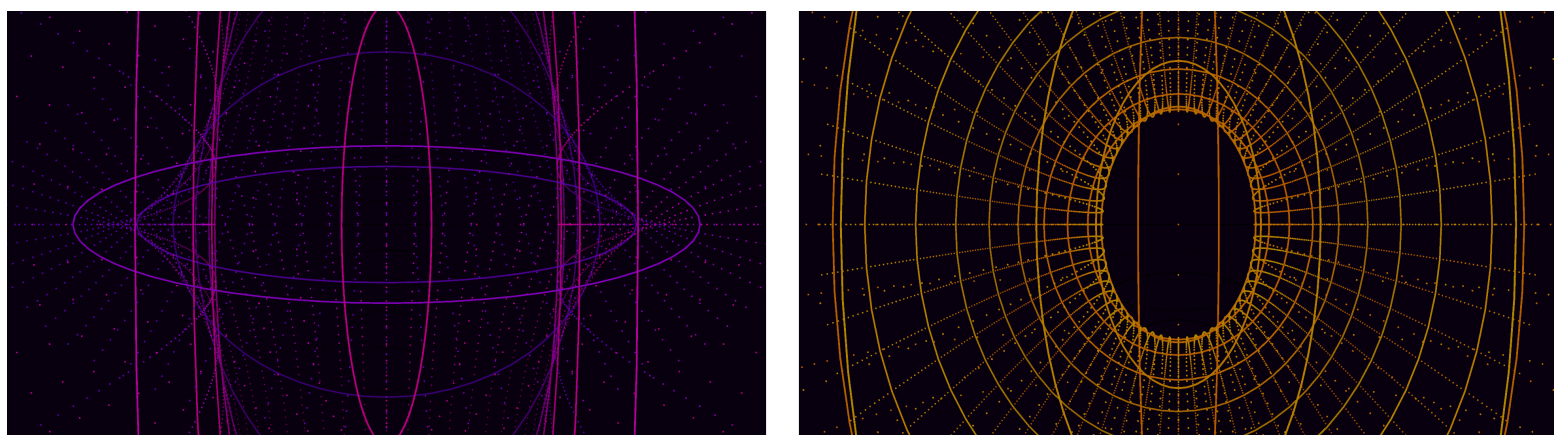


Figura 13. Representación de efecto Lines

**Mirror A:** Efecto que crea una reflexión horizontal, al duplicar en el lado derecho e izquierdo de la figura principal una copia de la misma.

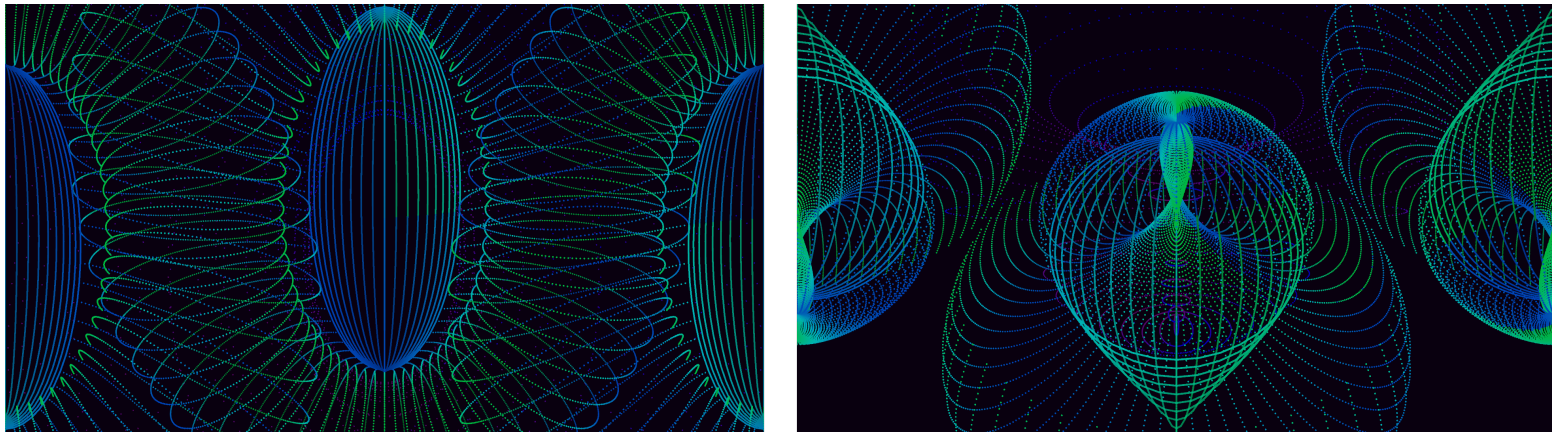


Figura 14. Representación de efecto  
Mirror A

**Mirror B:** Efecto que crea una reflexión vertical, al duplicar en el lado superior e inferior de la figura principal una copia de la misma.

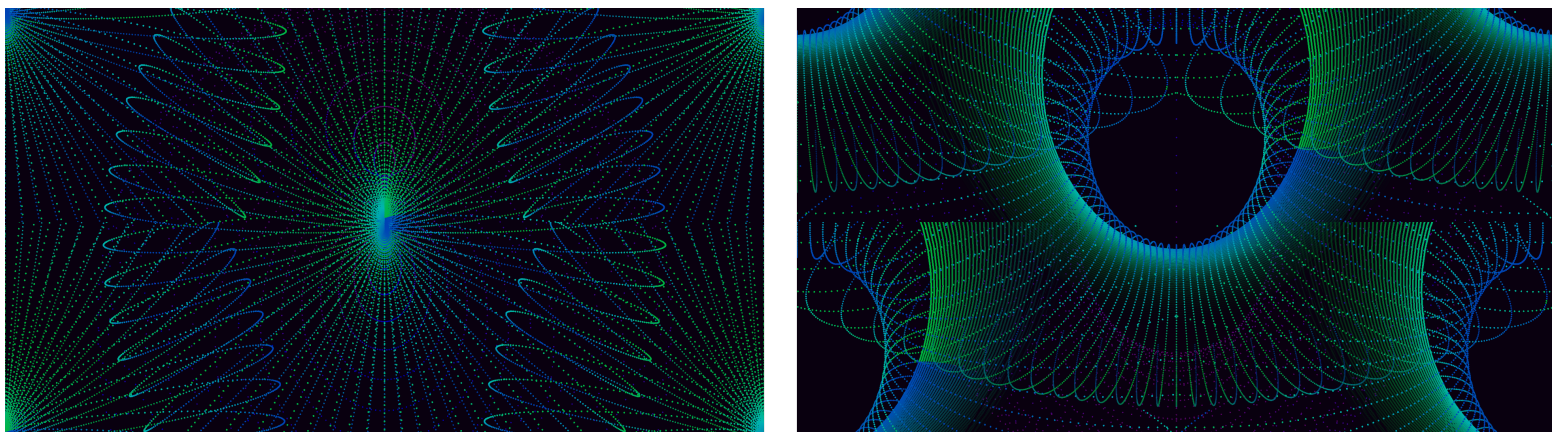


Figura 15. Representación de efecto  
Mirror B

Estos efectos al crear un espejo horizontal y vertical en la composición, permite rellenar los espacios vacíos que se crean en los laterales de la figura, principalmente cuando el control Zoom posee un valor bajo.

## B. Panel Cinematics (Cinemática)

**Speed:** Aumenta o disminuye la velocidad en la que la composición visual evoluciona a lo largo del tiempo

**Zoom:** Permite acercar o alejar la composición visual. Al acercarse, se crea un entorno más inmersivo, mientras que al alejarse se puede observar la composición en su totalidad.

**Rotation:** Al mover el slider hacia arriba, es posible rotar la figura para una dirección mientras que al moverlo para abajo, se rota para la dirección contraria.

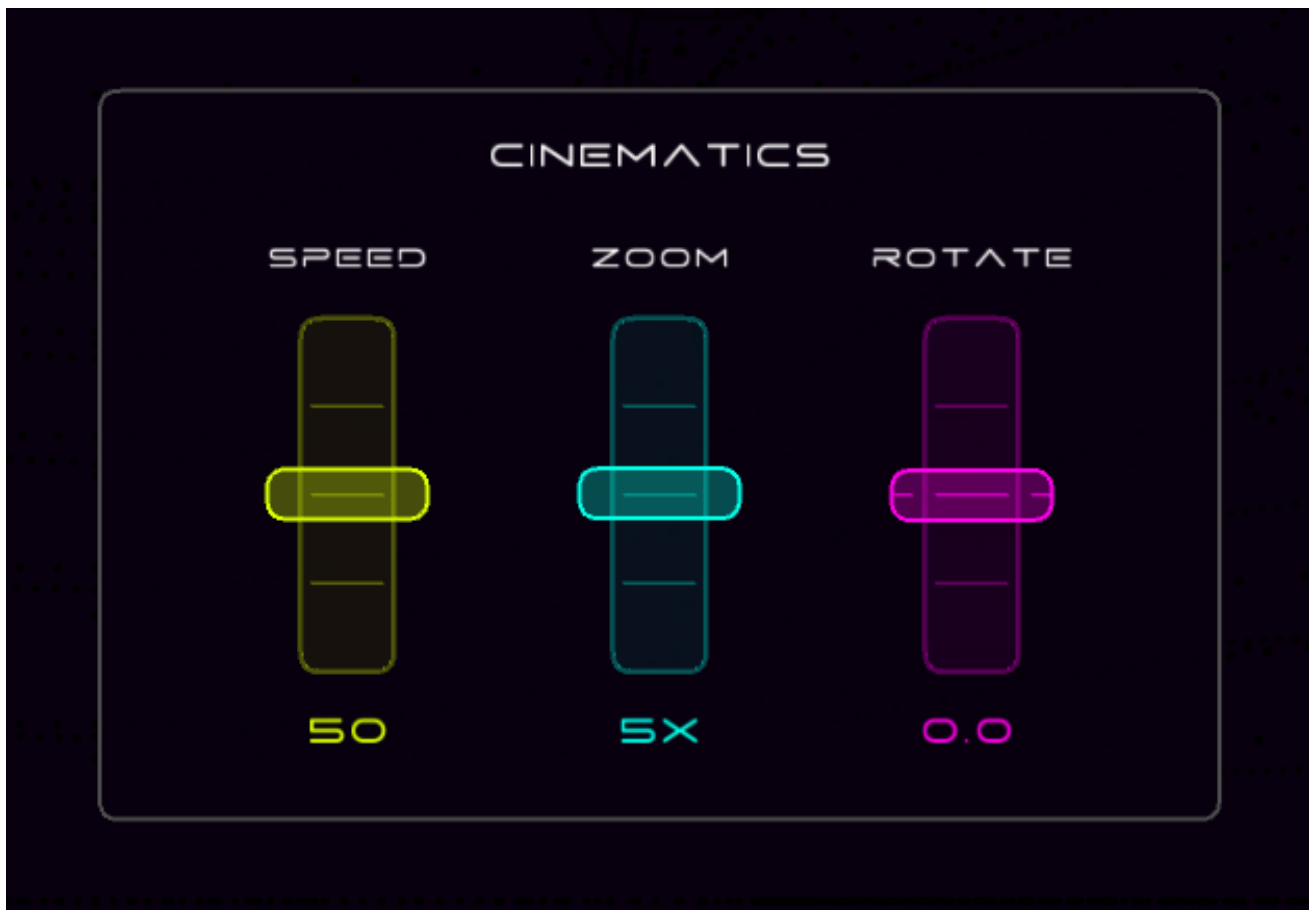


Figura 15. Panel Cinematics

## C. Panel Sound Sync (Sincronización con la Música)

El panel Sound Sync permite al usuario seleccionar cuáles sonidos relevantes de las frecuencias de la música reproducida desea destacar, con el fin de asignar estas señales a los visuales. En la Figura 16, se muestran los nombres de los controles de este panel, mientras que en la Figura 17, se observan dichos controles en uso. A continuación, conforme lee la descripción de cada control, haga una relación entre ambas imágenes para comprender mejor cómo funciona cada uno de ellos.

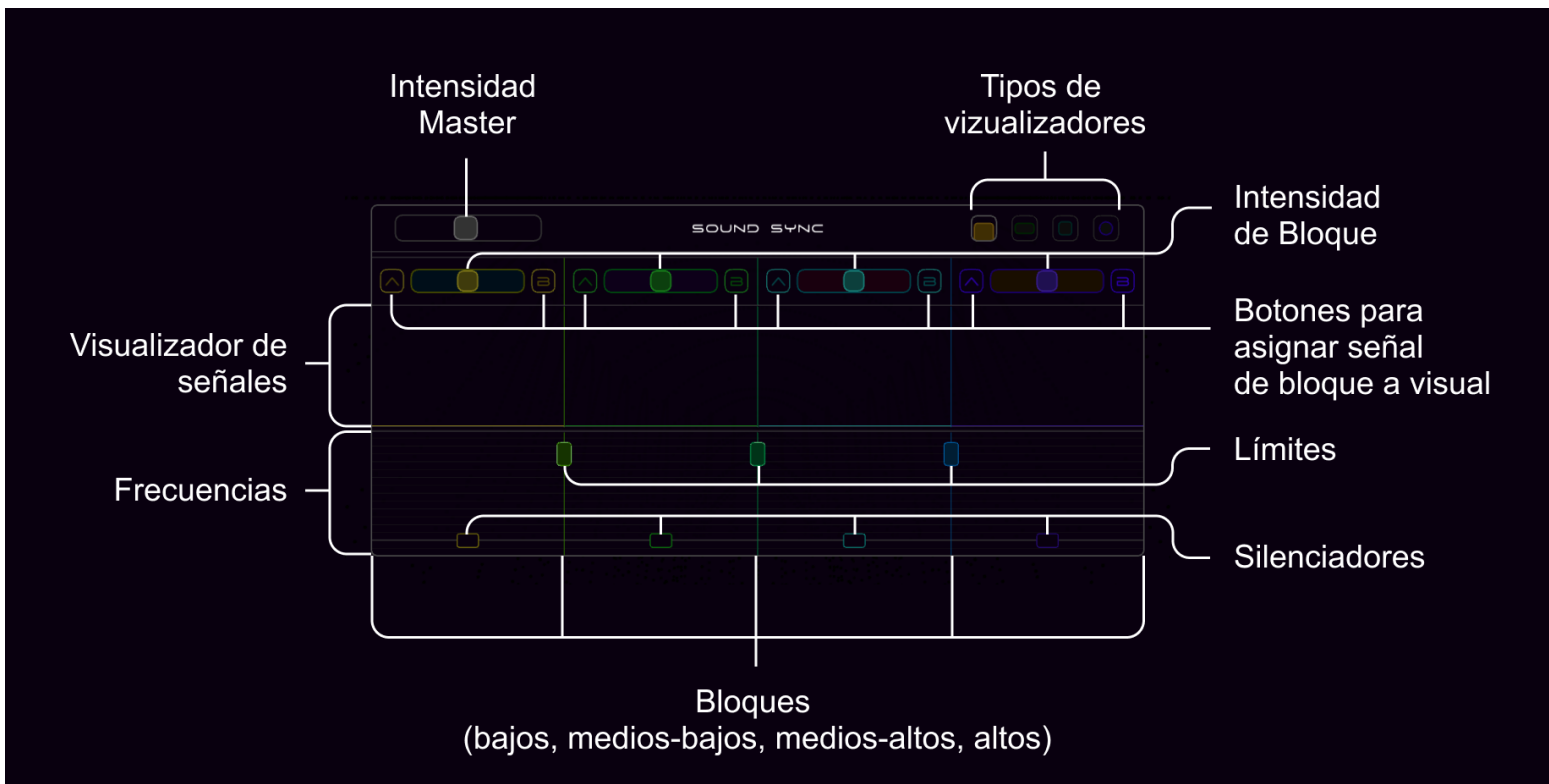


Figura 16. Controles de Panel Sound Sync

**Límites:** La interfaz se divide en 4 bloques. Estos definen los sonidos bajos, medios-bajos, medios-altos y altos respectivamente. Para definir cuáles frecuencias serán consideradas en cada bloque, es posible mover los límites hacia los laterales, para abarcar más o menos frecuencias en cada sección. Además, al cambiar de posición los límites, el color de los mismos varía de forma inteligente, adaptándose así al color de la frecuencia en la que se ubica.

**Silenciadores:** Estos controles permiten seleccionar aquellos sonidos de interés en cada bloque. Para ello se pueden subir o bajar para escoger cuáles frecuencias serán analizadas. De esta manera solamente serán mostradas aquellas que sobrepasen los silenciadores.

Como puede observar en la Figura 17, en el bloque medios-bajos representado de color verde, las frecuencias analizadas se identifican con un color relleno más brillante y saturado, siendo representadas las señales en los visualizadores de cada bloque. Por el contrario, las frecuencias que se encuentran por debajo del silenciador y que no ese encuentran rellenas, no son mostradas en el visualizador.

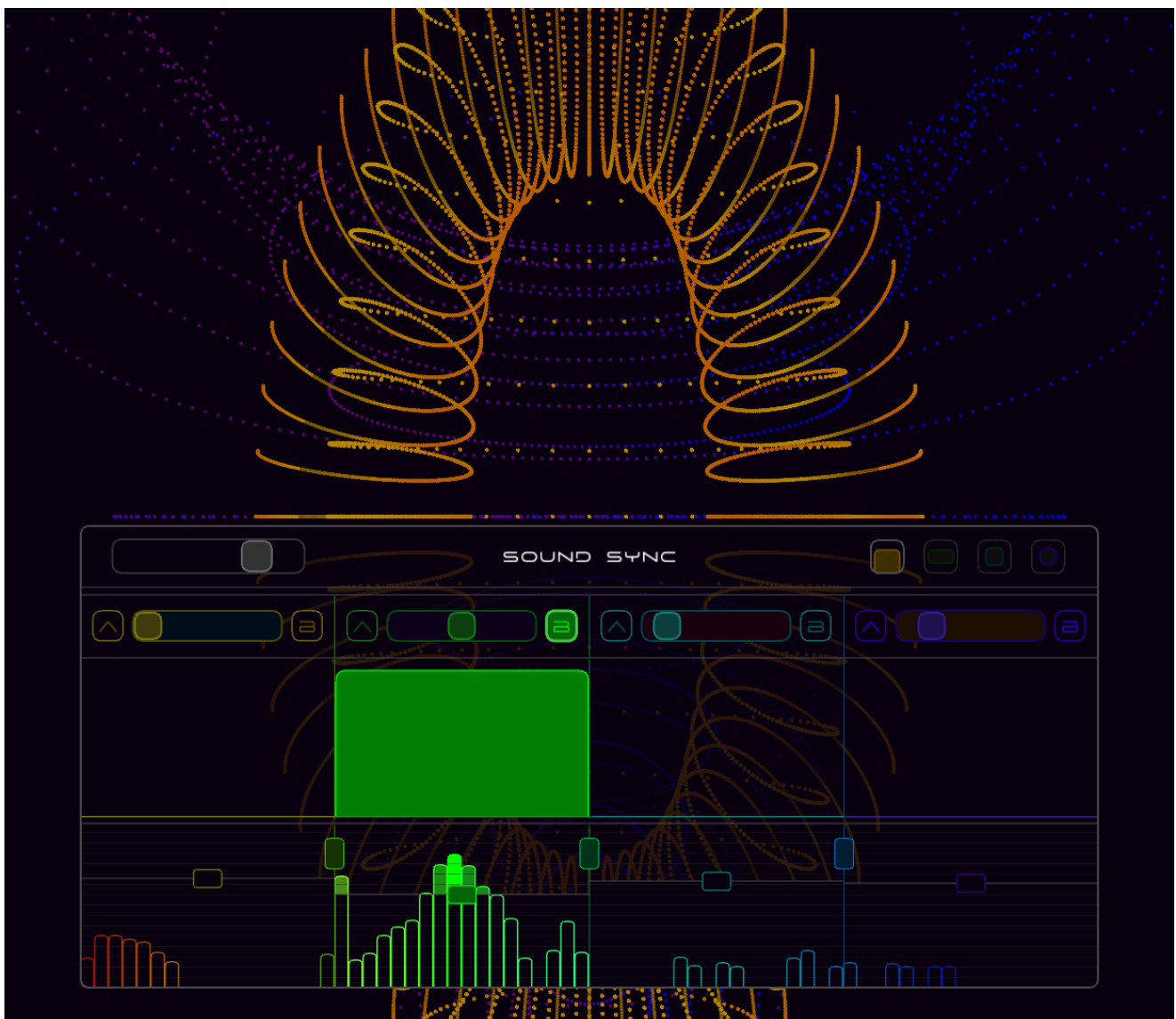


Figura 17. Asignación de señal de bloque medio-bajo a Vector B (color amarillo)

**Intensidad Master:** Debido a que las frecuencias analizadas provienen de una señal de audio, depende de cada canción la intensidad con la que estas son representadas. De este modo si una canción tiene el volumen bajo, sus frecuencias se representarán del mismo modo en el panel. Para ello es posible utilizar el Slider Intensidad Master, el cual varía la intensidad con la que se representan las frecuencias de forma general en el panel. Observe la Figura 18 para mayor claridad.

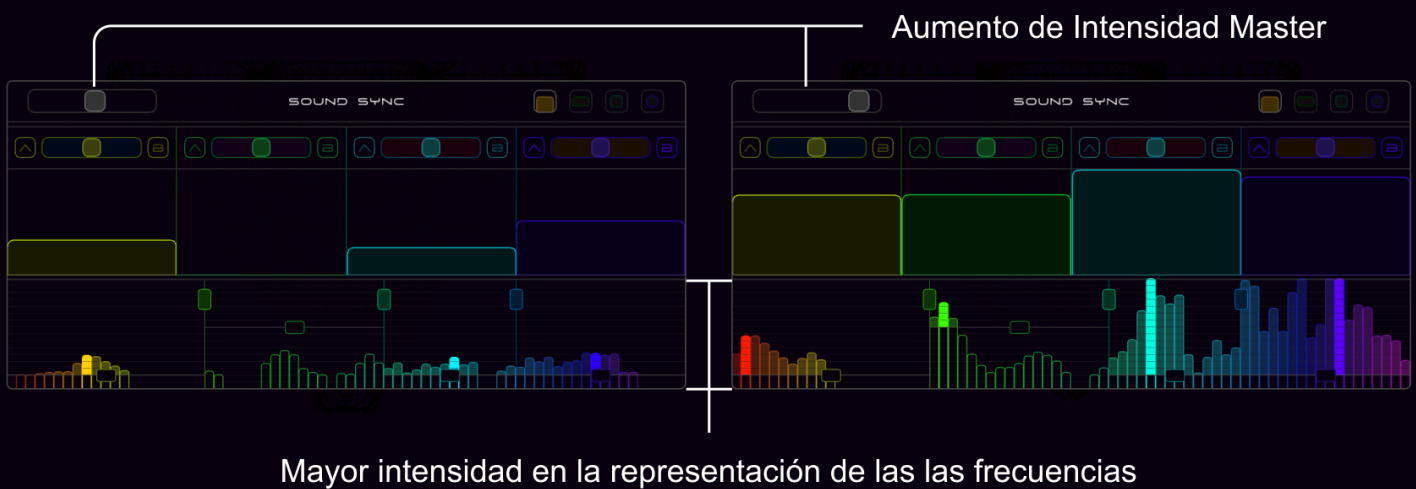


Figura 18. Controles de Panel Sound Sync

**Intensidad de Bloque:** Al igual que en el caso pasado, este control permite variar la intensidad con la que se representan las frecuencias. Sin embargo, en este caso permite variar la intensidad particular de cada bloque. Esto posibilita resaltar o atenuar la intensidad con la que se muestran las frecuencias en cada bloque.

**Botones para asignar señal de bloque a visual:** Una vez manipulados los controles pasados que permiten aislar aquellas frecuencias de interés, es posible transmitir dichas señales a las animaciones con el fin sincronizar los visuales con la música en vivo. De este modo en la Figura 17, se puede observar como en el bloque bajos-medios se encuentra activo el botón B, lo cual significa que las señales de este bloque están siendo asignadas al Vector B de color amarillo/naranja.

## D. Panel animaciones

El panel superior contiene las distintas animaciones que pueden ser seleccionadas. Como puede observar en la Figura 19, el panel está compuesto a partir de varios números los cuales corresponden a grupos que contienen distintas animaciones con características similares. Al presionar alguno de estos, como por ejemplo el botón 3, es posible acceder a dichas animaciones denotadas con letras. Observe como el panel cambia de color amarillo a verde en este caso de forma inteligente dependiendo del grupo de animaciones que se encuentre seleccionado.



Figura 19. Grupos de animaciones y animaciones

Por otro lado, para lograr identificar de manera más sencilla cuales son las animaciones disponibles en cada grupo, es posible presionar el botón Color, el cual cambia el color de los botones que contienen las animaciones. De esta manera, es posible identificar cuales son los colores principales que conforman cada animación.



Figura 20. Botón Color y botón Guardar

Por último se encuentra el botón **Guardar**, el cuál permite salvar las configuraciones actuales de alguna animación en el panel de animaciones.

## 4.2.Look & feel

### Estilo o Semántica:

El software desarrollado se utilizará en eventos de música en vivo, un ambiente donde las luces y los colores juegan un papel crucial en la creación de una atmósfera envolvente. Tomando en cuenta esto, el concepto semántico de "Neón-Futurista" fue seleccionado para capturar la esencia de estas experiencias. El neón brinda la capacidad de utilizar colores vivos y saturados que contrastan con fondos oscuros. Al tomar en cuenta esto en la interfaz, el fondo oscuro no sólo realza visualmente los elementos interactivos de la interfaz, sino que también tiene una función práctica: en los ambientes oscuros típicos de los eventos en vivo, facilita la lectura de la interfaz.

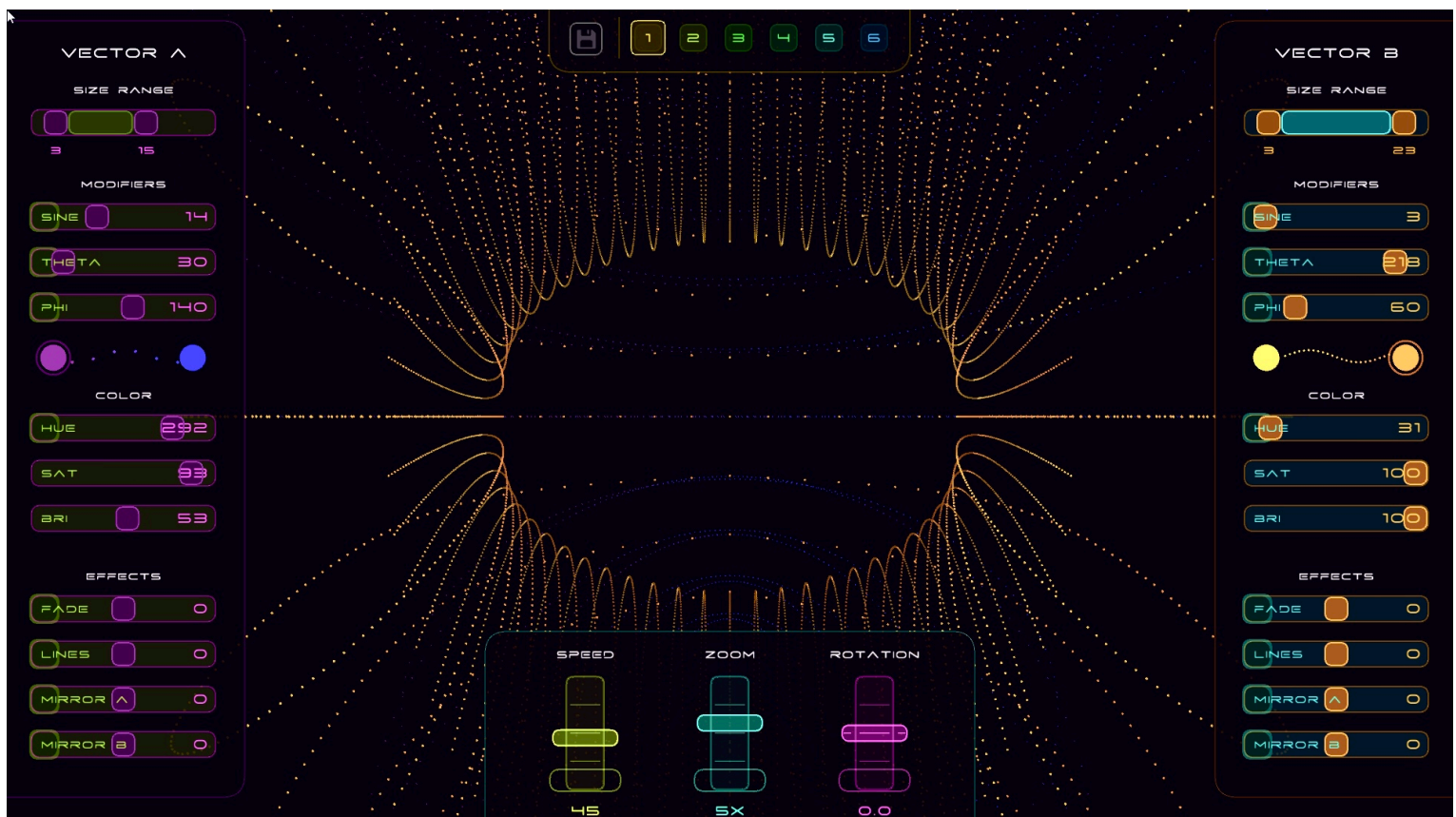


Figura 21. Interfaz con cuatro paneles activos

Por otro lado, el aspecto "Futurista" se alinea con la naturaleza vanguardista del software, al ofrecen una interfaz innovadora y una buena experiencia de uso. Tal y como fue mostrado en la sección pasada 4.1 Diseño de las interacciones, en la interfaz cada botón, slider y elemento interactivo responde y se adapta a las acciones del usuario.

Esta adaptabilidad no solo refleja una estética de vanguardia, sino que también comunica cambios y ajustes en tiempo real, ofreciendo al VJ una retroalimentación visual directa.

### **Iconografía:**

La iconografía de la interfaz se caracteriza por formas geométricas con bordes suavemente curvados, creando un equilibrio entre modernidad y funcionalidad. Esta combinación aporta claridad visual, asegurando que los elementos sean tanto agradables a la vista como fáciles de interpretar y utilizar.

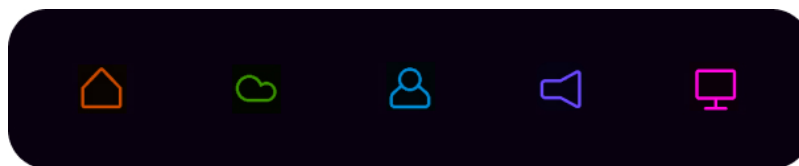


Figura 22. Iconografía seleccionada

### **Tipografía:**

La tipografía Sphere Fez, con su diseño geométrico y contemporáneo, es coherente con el concepto futurista. Su claridad y legibilidad en fondos oscuros la hacen una opción adecuada para la interfaz.



Figura 23. Tipografía seleccionada

### Cromática:

Para definir la cromática, fue creada una paleta que utiliza colores saturados y brillantes sobre un fondo oscuro, lo cual evoca la luminosidad y energía asociadas a las luces de neón. Estos colores van más allá de la estética ya que como se ha mencionado, son un componente integral de la interactividad del software.

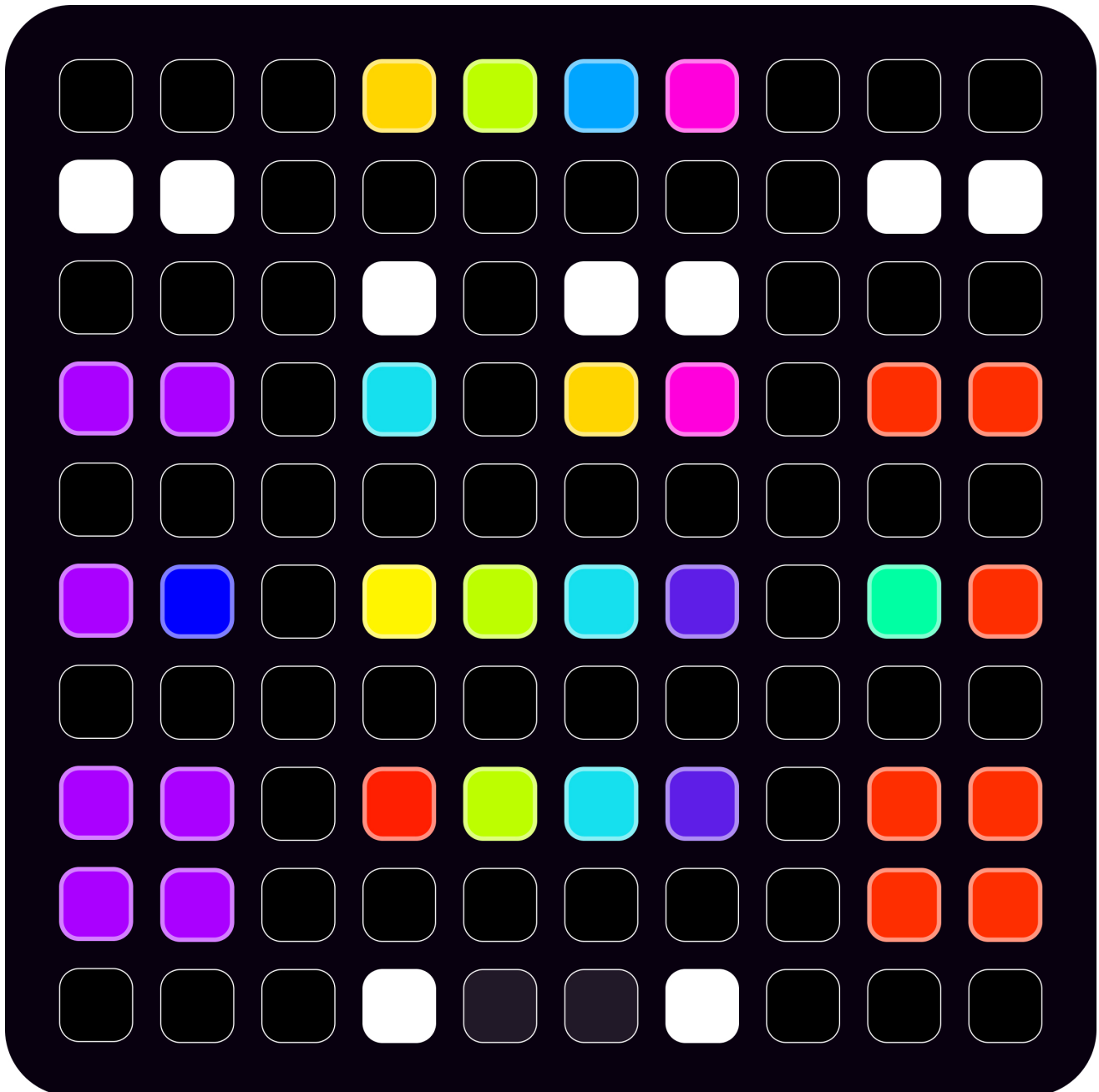


Figura 24. Matriz cromática

### 4.3. Implementación

Para poder utilizar el software, es necesario la unión de distintos componentes físicos o hardware el cual se detallará a continuación.

Inicialmente, el programa fue diseñado para ser operado mediante una pantalla táctil. Este aparato, el cual se conecta con la computadora utilizando un cable HDMI y un cable USB, permite a los usuarios interactuar directamente con los elementos visuales del software, ofreciendo una experiencia más directa y eficiente que la proporcionada por el uso del mouse de una computadora.



Figura 25. Pantalla Táctil utilizada (Dell P2418HT)

Sin embargo, para ampliar las capacidades de interacción y ofrecer una mayor precisión en la manipulación en vivo, integramos un controlador MIDI al sistema, específicamente el Launch Control XL (Ver Figura 26). Este dispositivo fue seleccionado por su compatibilidad con Processing a través de una librería llamada pLaunchControl, la cual simplifica la asignación de funciones de software a los controles físicos del hardware. Para realizar esta conexión, es necesario conectar el controlador a la computadora utilizando un cable USB (Ver Figura 26). Una vez conectado, se debe crear una asociación entre los controles físicos y digitales utilizando la librería mencionada, pero principalmente listas dentro de la programación que permitan realizar las conexiones pertinentes.

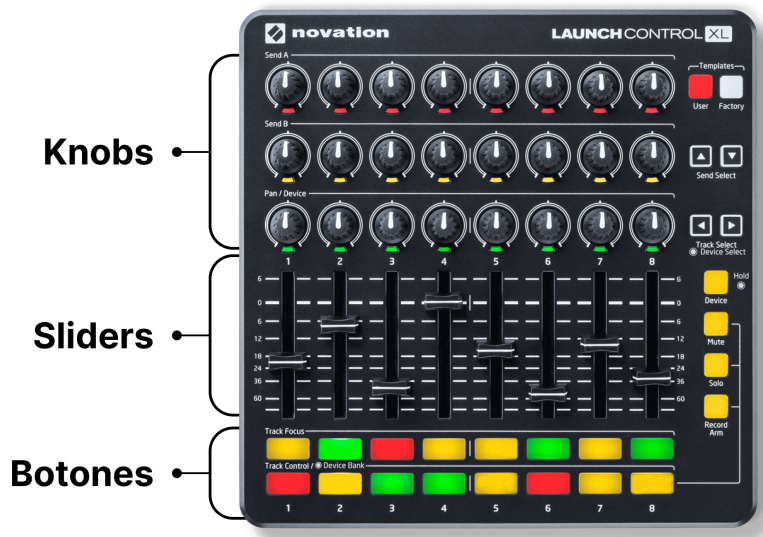


Figura 26. Controlador Launch Control XL y sus componentes

Cuando ya se ha realizado esta asociación es posible utilizar los knobs, faders y botones del Launch Control XL (Ver Figura 26), los cuales permiten a los usuarios realizar múltiples ajustes simultáneos, siendo esto crucial durante las actuaciones en vivo cuando la rapidez y la eficiencia son esenciales.

Por otro lado en cuanto al análisis de la música, el sistema comenzó con la funcionalidad de análisis de música almacenada y reproducida directamente desde la computadora. Esto funcionó principalmente para realizar pruebas con el software durante el proceso inicial de desarrollo. No obstante, para que el software fuera viable en un entorno de performance en vivo, necesitaba poder analizar y responder a la música manejada directamente por los DJs en tiempo real.



Figura 27. Interfaz de audio (izquierda) y mezcladora de DJ (derecha)

La solución a este desafío fue la implementación de una interfaz de audio externa (Ver Figura 27). Este producto, el cual puede encontrarse incorporado en una mezcladora de DJ o por separado, actúa como un puente entre la música reproducida y el software en la computadora. Mediante la utilización de esta interfaz física, el software puede recibir la señal de audio en vivo, procesarla y analizar las frecuencias en tiempo real para la sincronización visual. La conexión física entre la interfaz de audio y la computadora se realiza con un cable auxiliar de doble entrada como el mostrado en la siguiente figura, facilitando un método de conexión sencillo y efectivo que se puede establecer en cualquier entorno de evento en vivo.



**Cable HDMI**

Pantalla táctil -  
Computadora

**Cable Auxiliar 2x1**

Interfaz de audio -  
Computadora

**Cable USB A-B**

Controlador -  
Computadora

**Cable SDI**

Pantalla LED -  
Computadora

Figura 28. Cables utilizados para realizar las conexiones

Por último, para la presentación de las visualizaciones durante las pruebas, empleamos un proyector. No obstante, para eventos en vivo, optaríamos por una pantalla LED de gran formato para una visualización óptima (Ver figura 29). La conexión entre la computadora y estas pantallas se puede efectuar mediante un cable HDMI, una opción confiable por su disponibilidad, facilidad de uso y capacidad para transmitir audio y video en alta definición. No obstante, esta solución es viable para distancias cortas. Por ello, si la pantalla LED está considerablemente alejada de la computadora, una conexión SDI sería la alternativa preferida, ya que puede enviar señales de alta calidad a largas distancias sin comprometer la integridad de la imagen. En estos casos, es necesario un convertidor que adapte la señal para la transmisión a través de un cable HDMI conectado a la computadora.



Figura 29. Pantallas LED de gran formato

Gracias a las implementaciones del uso de hardware externo, siendo este útil para para manipular la interfaz, recibir audio externo para analizar las frecuencias y reproducir las visualizaciones, el software pasó a ser un producto más versátil, adaptándose a las necesidades reales de los eventos en vivo. A continuación en la Figura 30 se muestra un esquema que detalla la conexión entre los distintos componentes del sistema, permitiendo sacar el máximo potencial del programa.

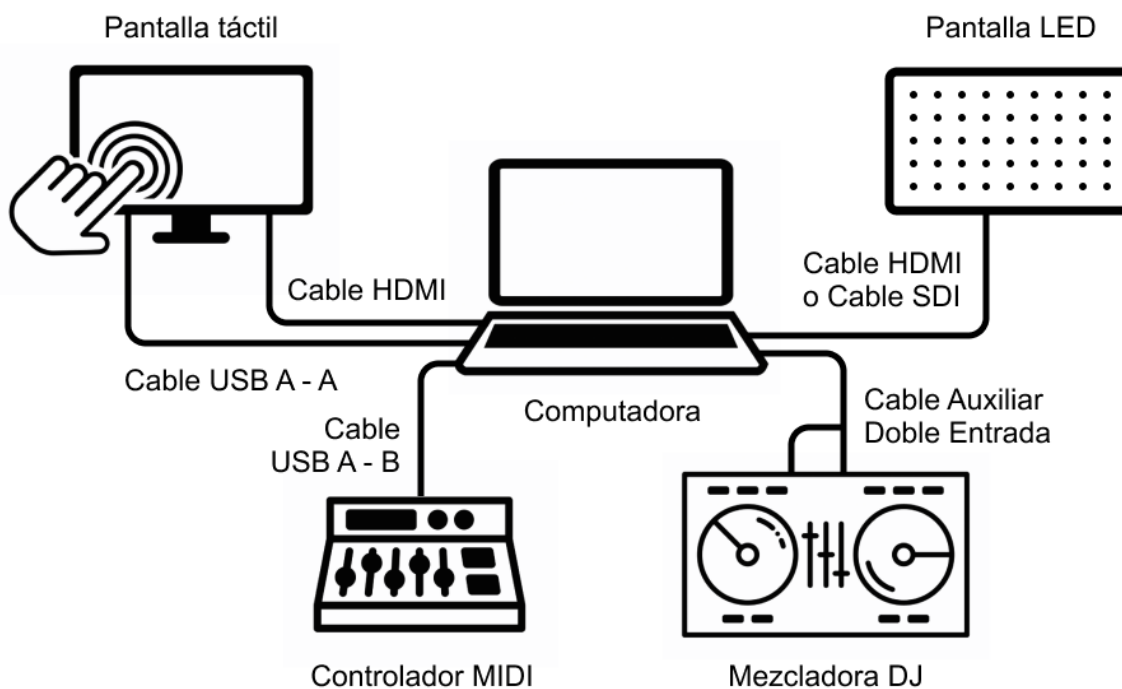


Figura 30. Esquema de conexión del sistema

## 5. Validación

### 5.1. Diseño de las pruebas

Para asegurar la funcionalidad y usabilidad del software, se implementaron pruebas de campo en varias etapas del desarrollo del producto. Estas pruebas se estructuraron en dos segmentos principales, basando el reclutamiento de participantes en el perfil de usuario descrito en la sección 3.2, Análisis de Usuarios. El primer segmento incluyó a VJs y DJs, mientras que el segundo agrupó a Organizadores de Eventos y Asistentes a Eventos. De forma general, este enfoque permitió recopilar información detallada sobre la interacción de los usuarios con el software en el caso de los VJs y DJs, y obtener retroalimentación sobre el impacto visual en el caso de los organizadores y asistentes.

Es importante destacar que el proceso de contacto con estos grupos presentó varios desafíos. En particular, localizar VJs fue difícil debido a su número limitado en el país. Sin embargo, logramos contactar a cinco profesionales en este campo a nivel nacional, y dos de ellos participaron en las pruebas.

Por otro lado, con respecto a los DJs logramos contactar a 10, de los cuales 4 aceptaron participar en las pruebas. El enfoque se basó en contactar específicamente a DJs de música electrónica, ya que en los eventos de este género suelen utilizarse visuales que se asemejan a los generados por el software. Estos fueron agrupados en la misma prueba que los VJs, tomando en cuenta su experiencia con equipos que incluyen knobs, sliders y botones para realizar ajustes en la música, como por ejemplo la mezcladora de DJ (Figura 27). Dichos controles son análogos a los encontrados en el dispositivo MIDI Launch Control XL (Figura 26), que actúa como la interfaz física para la manipulación del software.

## **Pruebas con VJs y DJs:**

Este segmento de la prueba se centró en entender cómo los VJs y DJs interactúan con las interfaces digital y física del software para generar y manipular composiciones visuales. La prueba comenzó con una introducción verbal general del software, describiendo cada panel de la interfaz sin entrar en detalles sobre las funciones de cada control ajustable. Un ejemplo de esta introducción se puede encontrar en el siguiente link (<https://drive.google.com/file/d/1V-se9bl3Rklk8f21EQnUNSlwCJxXjYh9/view?usp=drivesdk>).

Posteriormente, utilizamos una guía de preguntas detallada para dirigir la prueba y analizar cada aspecto de la interfaz digital (las preguntas específicas se pueden consultar en el Apéndice 1). Los usuarios utilizaron la técnica de pensamiento en voz alta para comentar que pensaban al manipular los parámetros, así como para responder cada pregunta efectuada por el equipo. El propósito de esto fue evaluar si los usuarios podían identificar de manera intuitiva la relación entre la modificación de cada parámetro y el resultado visual que se generaba.

Después de que los usuarios experimentaron con cada parámetro de la interfaz digital, les facilitamos el controlador Launch Control XL. Con este dispositivo, pudieron manipular las composiciones visuales a través de la interfaz física. Dicha etapa de la prueba no solo proporcionó información sobre su experiencia de uso, sino que también ayudó a entender qué tan intuitiva es la asociación entre la posición de los controles en la interfaz física y la interfaz digital.

Por otro lado, tal y como se mencionó, para las segunda prueba fueron agrupados los organizadores de eventos y los asistentes a eventos. Al igual que en el caso anterior, estos usuarios se centraron en personas con una afinidad especial por la música electrónica, tomando en cuenta que el enfoque de los visuales es principalmente para eventos que contemplan este género de música.

Para la selección de organizadores de eventos, tomamos en cuenta entidades como Electric Animals, Senses y 3AM. De estos, recibimos respuesta y asistencia de 3AM, quienes propusieron probar el software en uno de sus próximos eventos. Con respecto al reclutamiento de asistentes a eventos llevamos a cabo pruebas con un total de 20 individuos que se ajustaban al perfil descrito.

### **Pruebas con Organizadores de Eventos y Asistentes a Eventos:**

Este conjunto de usuarios se enfocó en la percepción y el impacto de las composiciones visuales. Al realizar demostraciones utilizando proyectores y pantallas para transmitir las animaciones, utilizamos una guía de preguntas, las cuales se encuentran en el Apéndice 2. Los usuarios participaron utilizando la técnica de pensamiento en voz alta, obteniendo así información respecto al impacto visual que provocan las composiciones creadas en ellos, la relación entre los visuales desarrollados y la música, su experiencia al observar los visuales, y feedback general.

Algunas de estas pruebas se realizaron en grupo, como la efectuada en DJLab (Academia de DJs) para evaluar la variedad de percepciones y reacciones conjuntas; mientras que otras se efectuaron individualmente para obtener respuestas más personalizadas y detalladas. Los comentarios ayudaron a ajustar el software para crear algoritmos más inteligentes que mejoraron la calidad de las animaciones y la experiencia de uso.

Adicionalmente con el objetivo de conseguir una perspectiva más amplia sobre cómo el público general percibe los visuales creados, extendimos las pruebas al ámbito de las redes sociales. Al publicar distintas composiciones visuales en historias de Instagram, invitamos a los usuarios a compartir sus impresiones. Esta estrategia proporcionó información valiosa sobre el impacto visual de las composiciones; la relación percibida entre los visuales y la música; y las preferencias y percepciones generales de la audiencia.

## 5.2. Análisis de resultados

Gracias a las pruebas efectuadas, obtuvimos feedback de los usuarios el cuál sirvió para realizar cambios en ciertos controles de la interfaz, mejorando la usabilidad y experiencia de uso. Además, este ayudó a realizar mejoras orientadas a ampliar las funcionalidades y capacidades que ofrece el software para lograr visualizaciones más envolventes y variadas. A continuación se detallan los cambios realizados de forma específica gracias a las sugerencias brindadas; así como información relacionada a la experiencia de uso y facilidad de reconocimiento de cada control.

### **Paneles laterales**

#### **Size Range**

Durante la prueba, la mayoría de usuarios lograron detectar que este control se conforma a partir de dos botones debido a que los movieron adecuadamente, siendo estos los límites del rango. No obstante, la función que permite mover el rango no fue identificada como intuitiva en algunos casos. Para ello, ahora al pasar el mouse sobre esta sección, el brillo y saturación aumenta, indicando que corresponde a un botón.

#### **Modifiers (Sine, Theta y Phi)**

Al modificar los controles de esta sección, todos los usuarios lograron reconocer cambios en la composición visual. Al variar el control Sine por ejemplo, la mayoría logró detectar cierta variación en la velocidad de la animación. Sin embargo, obtuvimos respuestas variadas en cuanto a qué percibían los usuarios con respecto a los cambios al modificar los parámetros Theta y Phi particularmente. Esto puede atribuirse a la naturaleza técnica de estos controles, que requieren un conocimiento más profundo para entender su impacto visual directo. Puede consultar la sección 4.1 Diseño de las interacciones para conocer la explicación técnica.

Ante estas dificultades, brindamos aclaraciones a los usuarios que lo necesitaban, con el objetivo de entender si los términos Sin, Theta y Phi se volvían más claros tras la explicación y evaluar también qué tan fácil o difícil les resultaba recordarlos. Después de eso, todos los participantes coincidieron en que los términos eran adecuados y comprensibles una vez que se entendía su función.

Además, acordaron en mantener estos nombres y no realizar cambios, debido a que les parece que estos conceptos técnicos ayudan a mantener una identidad en el programa. Sin embargo, aclararon la importancia de una orientación y explicación adecuada para la comprensión de conceptos técnicos como estos.

### **Colores (Hue, Sat, Bri), Selección de color y Visualización senoidal**

En la sección dedicada a los colores, la mayoría de los usuarios comprendieron rápidamente la función de los parámetros Hue (tono), Saturation (saturación) y Brightness (brillo). Sin embargo, aquellos usuarios que no estaban familiarizados con la selección de colores utilizando la escala HSB inicialmente mostraron cierta confusión. Al igual que en situaciones anteriores, una vez que se les proporcionó una explicación detallada de estos conceptos, lograron entender su función fácilmente.

Por otro lado, como se mencionó en la sección Diseño de Interacciones, las composiciones visuales se conforman a partir de dos figuras distintas llamadas Vector A y Vector B, las cuales se componen a partir de dos colores. Para poder cambiar entre colores, y por ende poder manipular los parámetros HSB de cada uno de ellos, los usuarios deben presionar el círculo opuesto al que se encuentra seleccionado. Esto permite acceder el otro color, lo cual modifica la cromática de los botones y contorno del panel, indicando su selección

De manera similar, la visualización senoidal, ofrece una representación gráfica que cambia su forma en respuesta a las variaciones de los parámetros Sine, Theta y Phi.

Inicialmente, estas dos funciones, cambiar de color y observar la visualización senoidal, presentaron cierta dificultad de identificación para los usuarios. Sin embargo, tras una explicación detallada de estos conceptos, y al manipularlos, todos los usuarios estuvieron de acuerdo en que son fáciles de comprender y recordar. Enfatizaron el cambio inteligente de color de los botones y del contorno del panel. Además, la visualización senoidal fue resaltada por ser una representación gráfica inteligente y práctica.

## B. Panel Cinematics

### Speed, Zoom y Rotation

En general este fue el panel más fácil de comprender y utilizar por parte de los usuarios estudiados. Esto por la clara relación de los nombres de los controles Speed (Velocidad), Zoom y Rotate (Rotación), con el comportamiento que tiene la animación.

A pesar de esto, es importante destacar que, basándonos en los comentarios de los usuarios, realizamos varias modificaciones en este panel. Entre ellos, ajustes en la estética de los controles, así como en los rangos de los parámetros. Por ejemplo, el control Zoom, que originalmente variaba de -1500 a 3000, ahora tiene un rango de 1x a 8x.

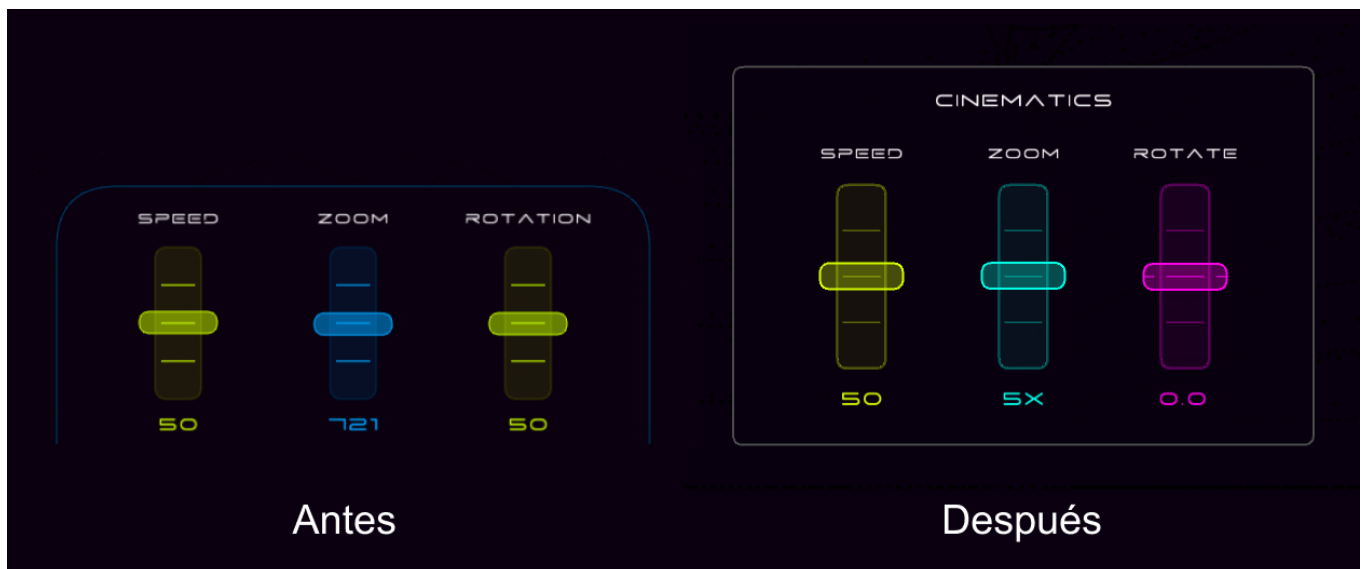


Figura 31. Cambio de panel Cinematics

De manera similar, el control Rotation, que antes permitía movimiento en una sola dirección con un rango de 0 a 100, y ha sido modificado para abarcar de -10 a 10, permitiendo así movimiento en ambas direcciones.

Estos cambios en la terminología y funcionalidad han demostrado ser más intuitivos y fáciles de usar para los usuarios entrevistados. La posibilidad de rotación en dos direcciones, en particular, brinda a los VJs una mayor flexibilidad para crear efectos visuales más dinámicos y personalizados, enriqueciendo significativamente la experiencia visual.

### Panel de Animaciones

Con respecto al panel superior, este fue modificado para ampliar sus funcionalidades gracias a recomendaciones brindadas por los fiscales y usuarios. Previamente, cada botón numérico correspondía a una animación distinta. Sin embargo, para ampliar la cantidad de visualizaciones que se pueden mostrar y además, crear agrupaciones de visuales similares, ahora cada botón numérico corresponde a un grupo de animaciones. De esta forma, al presionar el botón del grupo 3 por ejemplo, se despliegan animaciones similares, las cuales pueden ser seleccionadas. Además se agregaron los botones Guardar y Color.



Figura 32. Cambio de panel de Animaciones

## Sección Effects (Fade, Lines, Mirror A y Mirror B) / Paneles laterales

La sección Effects surgió a partir de comentarios realizados por personas de todos los grupos de usuarios entrevistados, quienes destacaban la posibilidad de tener efectos capaces de generar composiciones más artísticas y variadas. A partir de ahí, se incorporó dicha sección en los paneles laterales, la cuál cuenta cuatro efectos distintos explicados en la sección Diseño de interacciones.



Figura 33. Cambio de paneles Laterales

Los efectos Mirror A y B responden a una observación común entre varios usuarios, quienes notaron que las visualizaciones podían percibirse muy oscuras, especialmente cuando el parámetro de Zoom era bajo. Al implementar estos efectos, estos permiten llenar los espacios vacíos en la visualización, aportando así más luminosidad y equilibrio a la imagen general.

## Cambio de animación

Al cambiar de animación los parámetros cambian de forma automática a la nueva animación. Inicialmente estos controles mantenían el mismo color. Sin embargo, no era muy claro para los usuarios cuáles parámetros estaban cambiando ni en qué momento, debido a que el color general era el mismo. Gracias a estos resultados, se implementaron distintas formas de representar el cambio. Para ello, los colores de los controles amplifican o atenúan su brillo basados a si están siendo automatizados. Además, en los paneles laterales se puede ver una animación en los controles que permite identificar cuándo está sucediendo el cambio. En la Figura 34, esto se nota en el control Bri (Brillo). Asimismo, los controles que no se están alterando se muestran con una opacidad baja, lo cual indica que todavía no pueden ser manipulados.

Esta representación visual de la automatización de los controles, le permite a los usuarios comprender cuando los controles están transicionando y no se pueden usar; y cuando están activos listos para ser manipulados nuevamente.

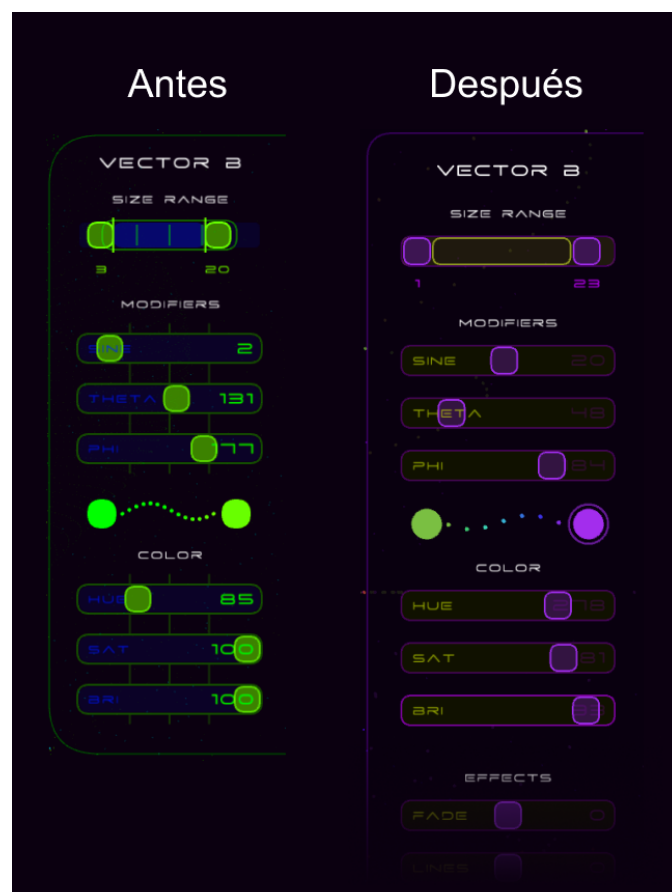


Figura 34. Cambio de animación

### Panel de sincronización con la música (Límites, Silenciadores, Intensidad de bloques, Intensidad master, Botones para asignación de señal a visual)

El panel dedicado a la sincronización con la música fue desarrollado durante el semestre anterior en el curso de Diseño VII. Aunque los controles de este panel ya habían sido evaluados previamente, fue necesario realizar ajustes para asegurar una mayor coherencia con los controles de la interfaz general y para que encajasen adecuadamente en el diseño final de la interfaz. Estos cambios se sometieron a prueba con algunos usuarios y, afortunadamente, todos ellos lograron entender rápidamente el funcionamiento de cada control.

Sin embargo, es importante mencionar que, a diferencia de otros controles, estos requerían una mayor interacción entre sí. Esto implicó que los usuarios necesitaran más tiempo del habitual para poder utilizarlos de manera fluida y eficiente.



Figura 35. Cambio de paneles Sound Sync

En general los usuarios tuvieron una buena percepción en cuanto a la interacción con el programa y los visuales generados. En aquellos casos en donde los usuarios necesitaron de ayuda para entender la función de algún parámetro, posteriormente les fue sencillo comprender la relación entre la variación del control con la composición visual; siendo además fácil de recordar.

Cabe recalcar que para facilitar la comprensión de los distintos controles, es importante explicar previo al uso del producto para que funciona cada control. De esta manera, les es más fácil e intuitivo de utilizar a los usuarios durante la primera y siguientes veces.

Gracias a las sugerencias dadas, fue posible realizar cambios en ciertos controles de la interfaz y a mejorar las interacciones con la misma; aumentando así la comprensión y la experiencia de uso. Además, los comentarios obtenidos, ayudaron a realizar mejoras orientadas a ampliar las funcionalidades y capacidades que ofrece el software.

En la Figura 36 mostrada en la siguiente página, es posible notar la evolución del proyecto durante las últimas 8 semanas previo a la entrega final.

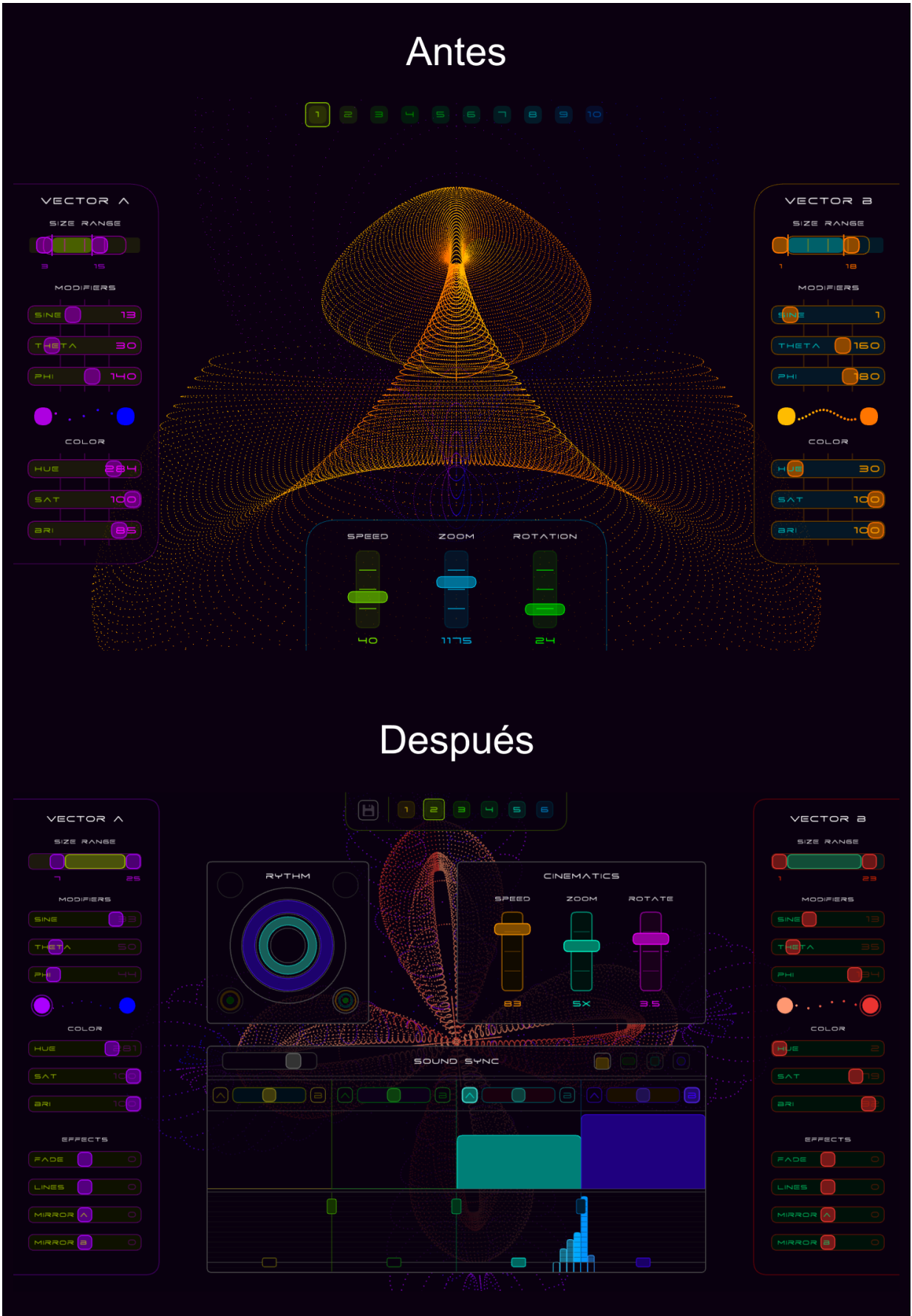


Figura 36. Cambio interfaz durante últimas 8 semanas previo a entrega final

## 6. Conclusiones y recomendaciones

### 6.1. Conclusiones

Gracias a las pruebas realizadas, a las recomendaciones de tutores y profesor tutor, así como el deseo de nosotros como grupo de lograr la mejor versión posible, pudimos mejorar el software continuamente. Las pruebas, las cuales fueron realizadas durante diferentes etapas del proyecto, ayudaron a evaluar las funcionalidades pasadas, así como las nuevas implementaciones que se fueron dando gracias al feedback recolectado.

Dentro de las funcionalidades añadidas a lo largo del tiempo, tales como: agregar efectos, mejorar la transición entre visualizaciones, mejorar e incorporar la interfaz que analiza las frecuencias, implementar el visualizador de señales y el poder utilizar hardware para manipular los parámetros de la interfaz; fue posible mejorar considerablemente las posibilidades de visualizaciones que se pueden realizar, así como la interacción con el producto. Afortunadamente, tuvimos muy buenas reacciones con respecto al programa por parte de los distintos usuarios estudiados. Esto nos ayudó a cumplir todos los objetivos propuestos, a resolver el problema planteado y a cumplir con la meta establecida.

Por otro lado, considerando que este software está diseñado para los VJs como usuarios principales, ofrece a estos profesionales una interfaz que sobresale por su claridad, intuición y facilidad de uso. Esta no solo es sencilla de recordar y manejar, sino que también es inteligente al variar parámetros automáticamente que comunican al usuario, ofreciendo a la vez una amplia gama de funcionalidades para la creación de diversas composiciones visuales. Esta combinación de simplicidad y versatilidad representa una ventaja significativa sobre los softwares existentes en el mercado, que aunque pueden enfocarse en la calidad de los visuales, a menudo no prestan la misma atención a la experiencia de uso del VJ.

Asimismo, ha aportado beneficios significativos para los otros usuarios identificados. Para los DJs, ofrece la posibilidad de sincronizar su música con visuales únicos, proporcionándoles una herramienta que les podría ayudar a realzar su identidad propia y distintiva. Para los organizadores de eventos, el software se convierte en un recurso valioso para crear eventos más atractivos y memorables, atrayendo a un público que busca experiencias inmersivas y multisensoriales. Y finalmente, para los asistentes a estos eventos, contribuye a la creación de espacios envolventes y sinérgicos, enriqueciendo su experiencia a través de los visuales reproducidos

Además, debido a que será un programa que utilizaremos para nuestras futuras actuaciones como DJs, estamos comprometidos a continuar mejorando el software para cada vez lograr una mejor versión más profesional y robusta del mismo. Nuestra intención es exponencial nuestras presentaciones como artistas, al crear animaciones únicas e inteligentes, que reaccionen con la música y que mejoren la experiencia de los asistentes a eventos.

Por último, logramos evidenciar las posibilidades que brinda el software al poder utilizar las señales obtenidas por la interfaz que analiza las frecuencias, en otros programas como Touchdesigner. Esto nos amplía el panorama para continuar explorando y ampliando las capacidades que se pueden lograr con el software propuesto.

## 6.2.Recomendaciones y trabajo futuro

El proyecto ha cumplido con nuestras expectativas y nos llena de orgullo, pero somos conscientes de que hay margen para mejorarlo. Con el compromiso de continuar el desarrollo del software, estas son las áreas clave que hemos identificado para mejoras futuras:

- Incorporación de más ecuaciones matemáticas para ampliar la variedad más amplia de visualizaciones, una tarea que no se pudo completar anteriormente por centrarnos en funcionalidades prioritarias.
- Desarrollo adicional de efectos visuales para potenciar la creatividad y el impacto artístico de las presentaciones.
- Por el momento, solamente es posible asignar dos señales de la interfaz que analiza las frecuencias a los visuales. Planeamos ampliar esto para poder asignar mas señales a la visualización para aprovechar los cuatro canales disponibles (bajos, medios-bajos, medios-altos, y altos)
- Profundización en la experimentación con TouchDesigner y la exploración de otros programas que complementen la capacidad de nuestra interfaz para analizar frecuencias.
- Ejecución de más pruebas enfocadas en la interfaz de análisis de frecuencias para asegurar una interacción intuitiva y efectiva con los usuarios, debido a que esta fue implementada en las últimas etapas del proyecto.
- Durante el desarrollo del software, utilizamos televisores y proyectores para transmitir los visuales. Sin embargo, pensamos realizar pruebas en pantallas LED de gran formato y de alta resolución para comprender mejor cómo se perciben las visualizaciones.
- Dado que el desarrollo del software está orientado a su uso en nuestras actuaciones como DJs, también planeamos presentarlo en eventos de música y observar las reacciones de los asistentes, lo que nos proporcionará retroalimentación valiosa para futuras actualizaciones.
- Desarrollar un botón o video introductorio, que permita a los usuarios acceder a información de cada control. Esto facilitaría la comprensión intuitiva del software durante el proceso de aprendizaje.

Tal y como se mencionó en la sección “Diseño de las pruebas”, segmentamos las pruebas en dos. Una de ellas fue dirigida a VJs y DJs, mientras que la otra a organizadores de eventos y asistentes a eventos. Antes de cada prueba, brindamos una breve explicación acerca del software en general, así como de cada panel que conforma la interfaz. Puede consultar la Figura X para observar la distribución de los paneles. Además, en ambos casos conforme fuimos desarrollando las pruebas en diferentes etapas, realizamos cambios a las preguntas con el fin de mejorarlas. A continuación se muestran la última versión de preguntas que realizamos.

## Apéndice 1: Prueba a VJs y DJs

### A. Paneles laterales

#### Modifiers

- Al variar el parámetro seno, que cambio observa?
- Lo mismo con theta y con phi
- Con respecto al nombre de los modificadores, considera que utilizar elementos matemáticos (sin, theta y phi) es entendible. Le cambiaría de nombre, en caso de que sí, como le pondría?
- Al variar los sliders, notó que algún elemento de la interfaz, a parte de la animación cambió?
- Qué le parece esta visualización (curva seno dinámica) para entender la relación que hay entre el elemento y la animación creada al modificar los parámetros pasa con la animación?
- Le parece que esta visualización de la curva seno dinámica le ayuda a comprender mejor cómo es que varía la animación al variar los distintos parámetros de sin, theta y phi?
- Que tan difícil o fácil de recordar le parece
- Si quisiera cambiar el tamaño de un vector en específico cómo lo haría? (Size Range)
- Comprende cómo funciona?
- Mejoraría o cambiaría algo?

## **Colores**

- Cuantos colores observa que conforman la animación?
- Si quisiera cambiar el color de una de las animaciones, cómo lo haría?
- Sabe qué es Hue (matiz) , saturation (saturación), y brightness (luminosidad)? Considera útil los nombres técnicos para variar el color?
- Al variar los parámetros, entiende cómo funciona la sección de color?
- Que tan difícil o fácil de recordar le parece
- Mejoraría o cambiaría algo?

## **Efectos**

- Manipule los efectos
- Qué opina acerca de cómo los efectos alteran las visualizaciones?
- Cuando utilizaría los efectos?
- Tiene alguna propuesta acerca de algún efecto?
- Mejoraría o cambiaría algo?

## **B. Panel Inferior**

### **Manipulación de velocidad, zoom y rotación**

- Manipule el parámetro de velocidad
- Le parece útil?
- Utilice el slider de zoom
- Le parece útil
- Al alejarse, cómo percibe el espacio vacío a los lados
- Considera que al rellenar dichos espacios vacíos con los efectos de mirror, mejora la visualización?
- Ahora utilice el control para modificar la rotación
- Qué tan útil le parece alterar este parámetro, y cuando lo utilizaría?
- Considera que estos parámetros podrían ayudarle a modificar la animación para crear mejores efectos? Porqué?

## **C. Panel Superior**

### **Cambio de animaciones**

- Si quisiera cambiar de animación, a donde pensaría dirigirse?
- Diríjase al grupo de animaciones numero 5
- Qué entiende por las letras y color de los botones mostrados?
- Seleccione la animación 5.D

### **Percepción**

- Qué le parece el cambio de animaciones?
- Logra identificar que los parámetros están cambiando?
- Cómo lo identifica?
- Al cambiar de animación, qué le sería útil para saber que se están cambiando los parámetros?
- Después de que se realiza el cambio, que le ayudaría a usted a saber que ya puede continuar editando las animaciones?
- En un set, cuando utilizaría los cambios de animación?

### **Identificación de color de animación**

- Diríjase nuevamente al panel superior y seleccione el grupo de animaciones 2.
- Si quisiera saber cuál es el color de las animaciones del grupo 2, sin tener que meterse a alguna animación, cómo lo haría?
- Considera que este método para identificar el color de la animación, puede ayudar a recordar las mismas sin tener que ingresar a una diferente?
- Qué tan difícil o fácil de recordar le parece?
- Mejoraría algo?

### **Guardar animación**

- Manipule los parámetros por un rato
- Guarde la animación

## **D. Panel Central**

### **Sincronización con la música**

- Manipule el panel que permite sincronizar la música con los visuales
- Manipule los silenciadores
- Qué percibe que sucede al manipular estos controles?
- Manipule los límites
- Cuando considera útil utilizar estos controles?
- Manipule los sliders horizontales
- Qué observa que sucede?
- Cuando le parece útil utilizarlos?
- Cómo cree que podría subir
- Si quisiera asignar la señal generada por los bajos al vector A, como lo haría?
- Considera útil estos botones?
- Considera que utilizar esta interfaz es fácil, moderado, o difícil?
- Haría algún cambio para mejorar este panel?

## **E. Preguntas generales**

### **Elementos UI que cambian de color**

- Considera que al variar los distintos parámetros en la interfaz, le es útil que ciertos elementos, como por ejemplo... cambien de color.
- Esto le comunica que hay una relación entre ambas partes?

### **Hardware**

- Qué tan útil considera que es utilizar un controlador MIDI para alterar las animaciones?
- Realizaría algún cambio en el orden en el que están asignadas las acciones con cada knob, slider y botón?

## **D. Panel Central**

### **Sincronización con la música**

- Manipule el panel que permite sincronizar la música con los visuales
- Manipule los silenciadores
- Qué percibe que sucede al manipular estos controles?
- Manipule los límites
- Cuando considera útil utilizar estos controles?
- Manipule los sliders horizontales
- Qué observa que sucede?
- Cuándo le parece útil utilizarlos?
- Cómo cree que podría subir
- Si quisiera asignar la señal generada por los bajos al vector A, como lo haría?
- Considera útil estos botones?
- Considera que utilizar esta interfaz es fácil, moderado, o difícil?
- Haría algún cambio para mejorar este panel?

## **E. Preguntas generales**

### **Elementos UI que cambian de color**

- Considera que al variar los distintos parámetros en la interfaz, le es útil que ciertos elementos, como por ejemplo... cambien de color.
- Esto le comunica que hay una relación entre ambas partes?

### **Hardware**

- Qué tan útil considera que es utilizar un controlador MIDI para alterar las animaciones?
- Realizaría algún cambio en el orden en el que están asignadas las acciones con cada knob, slider y botón?

## **Percepción**

- Cómo percibe el software?
- Considera que el software permite mejorar la experiencia de las personas asistentes a eventos musicales en vivo?
- Considera que es fácil, moderado, difícil de manipular?
- ¿Qué tan intuitiva encontró la interacción con el software, si se le diera la oportunidad de manipularlo?
- ¿Qué elementos de la interfaz cree que podrían mejorarse para facilitar el uso por parte de los VJs o el personal técnico durante un evento?
- Cómo considera que es la curva de aprendizaje

## **Apéndice 2: Prueba a Asistentes de Eventos y Organizadores de Eventos**

### **Impacto Visual**

- ¿Qué emociones o sensaciones le transmitieron las visualizaciones durante la presentación?
- ¿Cree que la calidad de las animaciones visuales puede influir en su decisión para asistir a eventos futuros?
- ¿Piensa que las visualizaciones podrían aportar valor a su experiencia general del evento? ¿De qué manera?

### **Relación Visual-Musical:**

- ¿Qué tan importante es para usted la coherencia entre el contenido visual y la música en un evento?
- ¿Cómo percibe la sincronización entre la música y las animaciones?
- ¿Considera que las transiciones y los efectos visuales se perciben en armonía con la música?
- ¿Hay algún cambio en las animaciones que sugiera que respondan mejor al tipo de música?

### **Preferencias y Percepciones**

- ¿Qué elementos visuales considera más memorables o impactantes al observar las animaciones?
- ¿Cómo valoraría la diversidad de las visualizaciones presentadas en términos de colores, formas y movimientos?
- ¿Considera que el agregar láseres que se puedan sincronizar y manipular con la interfaz, pueda mejorar la experiencia y calidad de los visuales?

### **Experiencia de Usuario:**

- ¿Cómo evaluaría la facilidad de comprensión de las visualizaciones presentadas?
- ¿Encuentra que la variedad de visualizaciones es suficiente para mantener su interés durante un evento?
- ¿Qué características considera esenciales para que las visualizaciones mejoren su experiencia en un evento?

### **Feedback General**

- ¿Tiene alguna recomendación específica para mejorar la integración de las visualizaciones en el flujo del evento?
- ¿Qué tan relevante considera la innovación visual para diferenciar un evento de otros en el mercado?
- ¿Qué impacto cree que tienen las visualizaciones en la percepción del evento por parte de los asistentes?

### **Resultados**

Para consultar la carpeta que cuenta con los videos, audios e imágenes de las pruebas, puede acceder a [https://drive.google.com/drive/folders/11bYru3\\_yvFse8Nnx5QfEZmuBZBRAynLc?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/11bYru3_yvFse8Nnx5QfEZmuBZBRAynLc?usp=share_link):

## Bibliografía

[1] F. Hernández-Castro, (2016). Metodología para el análisis y diseño de aplicaciones (usability cookbook). Escuela de Diseño Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. RepositorioTEC, Junio 2016. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6776>

[2] Resolume, "Resolume VJ Software & Media Server," Resolume. [Online]. Disponible: <https://resolume.com/>. [Accedido: Agosto, 2023].

[3] Derivative, "TouchDesigner," Derivative. [Online]. Disponible: <https://derivative.ca/>. [Accedido: Agosto, 2023].

[4] Synesthesia Live, "Synesthesia - Live Music Visualizer - VJ Software," Synesthesia Live. [Online]. Disponible: <https://synesthesia.live/>. [Accedido: Agosto, 2023].

[5] Processing Foundation, "Welcome to Processing!," Processing.org. [Online]. Disponible: <https://processing.org/>. [Accedido: Agosto, 2023].

[6] Interaction Design Foundation, "A Simple Introduction to Lean UX," Interaction Design Foundation, [Online]. Disponible: <https://www.interaction-design.org/literature/article/a-simple-introduction-to-lean-ux>. [Accedido: Agosto, 2023].

[7] OpenSoundControl.org, "OSC index," OpenSoundControl.org. [Online]. Disponible: <https://opensoundcontrol.stanford.edu/>. [Accedido: Agosto, 2023].