

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Automatización de Sistema de Iluminación Escénica Controlado por
Señales Generadas con Síntesis de Sonido y Visión por Computador

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Magister en Automatización y Control

Presentado por:

Jairo Fabián Hidalgo Román

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico:

A mis hijos amados Mía, Aaron y Adam por ser lo más bonito que me ha dado la vida y ser mi principal fuente de inspiración.

A mis padres Laura y José, a mis hermanos José Fernando y Bryan, por ser mi soporte y fuente de afecto incondicional.

A Nadia por siempre haberme apoyado en todos mis proyectos durante nuestro tiempo juntos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a Dios por mantenerme con vida y por permitirme materializar en este proyecto mi proceso de sanación luego de la profunda depresión en la que caí.

También quiero extender mi más sincero agradecimiento al Dr. Dennys Paillacho, tutor de mi tesis, quien siempre fue muy cordial y atento en cada una de mis solicitudes y consultas durante el desarrollo de este proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jairo Fabián Hidalgo Román y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Jairo Fabián Hidalgo Román

COMITÉ EVALUADOR

Dennys Paillacho, Ph.D.

PROFESOR TUTOR

Efrén Herrera, Ph.D.

PROFESOR EVALUADOR

RESUMEN

En el presente documento se describe la implementación de un sistema de iluminación escénica automatizado y controlado a través de elementos de síntesis de sonido y visión por computador. Este proyecto se desarrolló bajo la premisa de obtener un sistema capaz de proyectar luces y animaciones visuales en directo, que se ajusten automáticamente al ritmo, tono y modulaciones del sonido realizadas por un músico electrónico, así como a sus movimientos en el escenario durante la ejecución de un 'Live set' o 'DJ set'.

La implementación de este sistema se realizó con equipamiento de iluminación escénica y audio profesional, teniendo como locación de desarrollo el 'home studio' propiedad del autor. Todo el conexionado de señales e interfaces de comunicación se realizó considerando las características de los protocolos MIDI, OSC y DMX512; los ruteos y demás configuraciones se realizaron en el software secuenciador de audio digital Ableton Live 11 Suite en conjunto con los plugin de pago del desarrollador Showsync y la herramienta web de visión por computador 'sounds.pink'.

Como resultado se obtuvo un sistema de iluminación que permite al artista generar efectos visuales sorprendentes y sincronizados con las diferentes técnicas de producción sonora que se ejecutan en directo durante una presentación.

El sistema implementado tiene la capacidad de elevar el nivel de percepción de la audiencia, al permitirle al público interactuar con un mayor flujo de información que estimule sus sentidos de forma adicional al sonido generado.

Palabras Clave: Tono, Modulación, MIDI, OSC, DMX

ABSTRACT

This document describes the implementation of an automated stage lighting system controlled through sound synthesis and computer vision elements. This project was developed under the premise of obtaining a system capable of projecting lights and live visual animations, which automatically adjust to the rhythm, tone and sound modulations made by an electronic musician, as well as their movements on stage during the performance of a 'Live set' or 'DJ set'.

The implementation of this system was carried out with stage lighting and professional audio equipment, with the 'home studio' owned by the author as the development location. All the connection of signals and communication interfaces was carried out considering the characteristics of the MIDI, OSC and DMX512 protocols; The routing and other configurations were carried out in the digital audio sequencer software Ableton Live 11 Suite in conjunction with the developer's paid plugins Showsync and the computer vision web tool 'sounds.pink'.

As a result, a lighting system was obtained that allows the artist to generate surprising visual effects that are synchronized with the different sound production techniques that are executed live during a presentation.

The implemented system has the capacity to raise the audience's level of perception, by allowing the public to interact with a greater flow of information that stimulates their senses in addition to the sound generated.

Keywords: Tone, Modulation, MIDI, OSC, DMX

ÍNDICE GENERAL

COMITÉ EVALUADOR	5
RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE PLANOS	XI
CAPÍTULO 1	12
1. Introducción.....	12
1.1 Descripción del problema	14
1.2 Justificación del problema.....	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Especificos	16
1.4 Marco teórico	17
1.4.1 Síntesis de Sonido	17
1.4.2 Visión por computador	19
1.4.3 MIDI.....	21
1.4.4 DMX512	25
1.4.5 OSC.....	29
CAPÍTULO 2	32
2. Metodología.....	32
2.1 Desarrollo Inicial	32
2.2 Arquitectura del sistema	34
2.2.1 Elementos de Control.....	34

2.2.2	Elementos de Procesamiento y Comunicación	35
2.2.2.1	Análisis de Audio	36
2.2.2.2	Mapeo MIDI	38
2.2.2.3	Parámetros de control DMX	41
2.2.2.4	Red OSC	42
2.2.2.5	Parámetros de control ISF	42
2.2.2.6	Visión por Computador	45
2.2.3	Elementos Actuadores	46
2.3	Requerimientos de Hardware	47
2.4	Requerimientos de Software.....	48
2.4.1	Ableton Live.....	49
2.4.2	Beam	50
2.4.3	Videosync.....	52
2.4.4	LiveGrabber.....	54
2.4.5	Sounds.pink.....	57
CAPÍTULO 3		58
3.	Resultados y Analisis	58
3.1	Implementación en Software	58
3.1.1	Desarrollo de Autolight2.0_DMX+OSC, laptop 1	58
3.1.2	Desarrollo de Autolight2.0_ISF+Vision, laptop 2.....	63
3.2	Implementación en Hardware	67
3.3	Pruebas del Sistema.....	68
3.4	Análisis de Costos	70
CAPÍTULO 4		71
4	Conclusiones y recomendaciones.....	71
4.1	Conclusiones	71
4.2	Recomendaciones	72

BIBLIOGRAFÍA	73
APÉNDICES	75

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMX	Digital MultipleX / Protocolo de Multiplexación Digital
MIDI	Musical Instrument Digital Interface / Interfaz Digital de Instrumentos Musicales
OSC	Open Sound Control / Protocolo de Control de Sonido Abierto
M4L	Max for Live
LFO	Low Frequency Oscillator / Oscilador de Baja Frecuencia
EQ	Equalizer / Ecuador
USITT	Instituto de Tecnología Teatral de los Estados Unidos
DAW	Digital Audio Workstation / Estación de Trabajo de Audio Digital
ISF	Interactive Shader Format / Formato de Sombreado Interactivo
AI	Artificial Intelligence / Inteligencia Artificial
VCF	Voltage Controlled Filter / Filtro Controlado por Voltaje
DJ	Disc-Jockey / Pincha Discos

SIMBOLOGÍA

Hz	Hercios
3D	Tridimensional

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ejemplo de 'live set' desde el estudio del autor	12
Figura 1.2 Esquema del flujo de señal a través de un sintetizador sustractivo [3]	17
Figura 1.3 Esquema de una configuración MIDI moderna [6].....	22
Figura 2.1 Esquema de la arquitectura del sistema Autolight 1.0	32
Figura 2.2 Esquema de la arquitectura del sistema Autolight 2.0	34
Figura 2.3 Elementos de control del sistema Autolight 2.0	35
Figura 2.4 Función de análisis de audio 1	36
Figura 2.5 Conexionado de la función de análisis de audio 1.....	37
Figura 2.6 Función de análisis de audio 2	38
Figura 2.7 Mapeo MIDI y asignación a parámetros de control DMX	39
Figura 2.8 Mapeo MIDI y asignación a direcciones de envío de datos OSC	40
Figura 2.9 Parámetros de control DMX.....	41
Figura 2.10 Red OSC del sistema Autolight 2.0	42
Figura 2.11 Mapeo de parámetros de control de Imágenes ISF.....	43
Figura 2.12 Mapeo de efecto Wavvy en el canal de Imágenes ISF.....	44
Figura 2.13 Función de visión por computador.....	46
Figura 2.14 Elementos actuadores del sistema Autolight 2.0	46
Figura 2.15 Proyecto Autolight2.0_DMX+OSC en Ableton Live 11 Suite	50
Figura 2.16 Controles del instrumento Par de Beam [11].....	51
Figura 2.17 Controles del instrumento Generic de Beam [11].....	51
Figura 2.18 Controles del instrumento Generic de Beam [12].....	52
Figura 2.19 Controles del instrumento External In de Videosync [14]	52
Figura 2.20 Controles del dispositivo ISF Loader de Videosync [15].....	53
Figura 2.21 Controles del efecto Wavvy de Videosync [16].....	53
Figura 2.22 Controles del efecto Feedback de Videosync [16].....	54
Figura 2.23 Controles del plugin AnalysisGrabber [17].....	55
Figura 2.24 Controles del plugin GrabberSender [17].	55
Figura 2.25 Controles del plugin GrabberReceiver [17].....	55
Figura 2.26 Controles del plugin ParamGrabber [17]	56
Figura 2.27 Controles del plugin TrackGrabber [17].....	56

Figura 2.28 Controles del plugin VoidGrabber [17].....	56
Figura 2.29 Sitio web sounds.pink [18]	57
Figura 3.1 Proyecto Autolight2.0_DMX+OSC en Ableton Live	58
Figura 3.2 Cadena de efectos del analisis de frecuencias graves.....	59
Figura 3.3 Control de la intensidad del color azul en luces led DMX.....	59
Figura 3.4 Control de la intensidad del colores RGB en luces led DMX.....	59
Figura 3.5 Cadena de efectos del analisis de frecuencias agudas.....	60
Figura 3.6 Control de la intensidad del color rojo en luces led DMX	60
Figura 3.7 Cadena de efectos del control de la luz robotica cabezal movil	60
Figura 3.8 Asignaciones MIDI en Ableton Live	61
Figura 3.9 Analisis de Audio 2 en Ableton Live.....	62
Figura 3.10 Mapeo MIDI del VCF a direcciones de envio OSC.....	62
Figura 3.11 Mapeo MIDI del modulo de efectos a direcciones de envio OSC.....	62
Figura 3.12 Mapeo MIDI de deslizadores de canal a direcciones de envio OSC	63
Figura 3.13 Envio de datos OSC con GrabberSender.....	63
Figura 3.14 Proyecto Autolight2.0_ISF+Vision en Ableton Live.....	64
Figura 3.15 Recepción de Datos OSC con GrabberReceiver.....	64
Figura 3.16 Clips de proyección de imágenes ISF	65
Figura 3.17 Cadena de efectos de proyección de imagenes ISF	65
Figura 3.18 Modo EMOTION de sounds.pink	66
Figura 3.19 Cadena de efectos de la imagen captada por la webcam	66
Figura 3.20 Instalación del sistema Autolight 2.0 en DJ Set y Live Set.....	67
Figura 3.21 Vista frontal del sistema Autolight 2.0.....	67
Figura 3.22 Presentaciones del autor con Autolight 2.0	68
Figura 3.23 Pruebas de funcionamiento del sistema Autolight 2.0	68
Figura 3.24 Pruebas de funcionamiento del sistema Autolight 2.0	69
Figura 3.25 Pruebas de funcionamiento del sistema Autolight 2.0	69
Figura 3.26 Pruebas de funcionamiento del sistema Autolight 2.0	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Elementos hardware del sistema de iluminación	47
Tabla 2.2 Elementos hardware del sistema de iluminación	48
Tabla 3.1 Inversión económica	70

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1. Esquema de conexionado de Laptop 1 del sistema Autolight 2.0.....	75
PLANO 2. Esquema de conexionado de Laptop 2 del sistema Autolight 2.0, parte 1.....	76
PLANO 3. Esquema de conexionado de Laptop 2 del sistema Autolight 2.0, parte 2.....	77

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La iluminación es un aspecto fundamental en cualquier espectáculo, ya sea teatral, musical o de cualquier otro tipo. La iluminación puede cambiar el ambiente del lugar, resaltar la actuación de los artistas y crear una atmósfera única que puede ser disfrutada por el público. Sin embargo, controlar la iluminación escénica puede ser una tarea compleja y desafiante, especialmente si se requiere coordinarla con otros elementos de producción, como la música o el sonido.

La implementación de este proyecto surge como un impulso creativo de las cualidades artísticas y musicales del autor. Jairo Hidalgo, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones proveniente del sur del Ecuador, con ocho años de experiencia trabajando en el Área de Instrumentación y Control en algunas plantas del sector industrial de Bajo Alto, El Oro en donde se explota el Gas Natural, y quien en sus tiempos libres empezó a desarrollar una carrera en paralelo como 'Productor de Música Electrónica & Live Performer' y más recientemente como 'DJ'; su amplio interés por los sintetizadores analógicos y demás equipamiento de audio profesional, sumado a su vasto conocimiento técnico de dispositivos electrónicos, lo llevo a querer extender su puesta en escena hacia el campo de lo Visual, implementando así un sistema de iluminación escénica automatizado que pudiese ser controlado desde su 'Live set' o 'DJ set', ver Fig. 1.1.



Figura 1.1 Ejemplo de 'live set' desde el estudio del autor

Nota. Elaboración propia

Entiéndase como ‘Live set’ a cualquier acto de música electrónica que se genera en vivo con hardware como sintetizadores, cajas de ritmo, procesadores de audio, pedales de efectos, secuenciadores o computadoras; y ‘DJ set’ al acto de mezclar en vivo pistas ya grabadas utilizando una mesa de mezclas.

Una parte fundamental en el desarrollo de este sistema es la integración conjunta de los protocolos: MIDI (Musical Instrument Digital Interface), DMX512 (Digital Multiplex) y OSC (Open Sound Control). Esto se logró a través de las colecciones de plugins Beam, Videosync y LiveGrabber, creados por el desarrollador Showsync para el software secuenciador Ableton Live 11. Sumándose a estos la herramienta web de visión por computador ‘sounds.pink’.

Beam permite el control y modulación de parámetros en dispositivos de iluminación DMX512, mientras que Videosync permite la manipulación de diferentes fuentes de video, creación de efectos y en nuestro caso en particular la carga y manipulación de parámetros de imágenes ISF (Interactive Shader Format). LiveGrabber permite el envío de parámetros de dispositivo, parámetros de pista, envolvente de clips e información de análisis de audio desde Ableton Live a cualquier dispositivo en la red que soporte el protocolo OSC.

Sounds.pink, es un sitio web abierto de IA que permite traducir el movimiento, las emociones y la orientación de lo captado por una cámara de video en datos de control MIDI.

Como resultado final de este proyecto se obtuvo un sistema de iluminación escénica automatizado que permite a un artista crear efectos visuales sorprendentes y coordinados con otros elementos de producción. Este sistema podría ser utilizado en una amplia variedad de eventos, desde conciertos y festivales de música hasta obras de teatro.

1.1 Descripción del problema

El movimiento ondulatorio de las ondas sonoras generadas con síntesis de sonido, que en la complejidad de su composición tienen la capacidad de crear espacios sonoros envolventes y agradables al ser humano; el hecho de considerar la proyección de estas modulaciones y sonoridades al plano de la iluminación resultaría bastante conveniente con la finalidad de mejorar el nivel de percepción de los espectadores.

Desde hace ya algunas décadas los avances tecnológicos han permitido la automatización de los procesos en diferentes tipos de industrias. En donde la industria teatral no se ha quedado fuera del foco de estos avances, sobre todo en cuanto a la tecnología de los sistemas de iluminación escénicos.

En el año de 1986 fue desarrollado por la Comisión de Ingeniería del Instituto de Tecnología Teatral de los Estados Unidos (USITT), el estándar DMX para transmisión de datos digitales en serie para controlar equipos y accesorios de iluminación [1].

En un principio existía el problema de que muchos fabricantes de sistemas de iluminación tenían patentados luces y dispositivos inteligentes, al igual que en otras aplicaciones, en donde los productos de diferentes compañías no podían hablar el mismo idioma o entender un conjunto de direcciones centralizadas. DMX512 ofreció una solución a este problema al establecerse como un protocolo, o un conjunto de reglas, que rige el control de los atenuadores y dispositivos de iluminación inteligentes en todos los ámbitos [2].

El protocolo de iluminación DMX (Digital MultipleX), permite controlar la iluminación y otros accesorios inteligentes desde un solo controlador a través de la multiplexación digital de señales que viajan por un mismo cable hacia diferentes componentes en línea.

Sin embargo, para alcanzar un alto nivel de control y automatización en un sistema de iluminación escénico, resulta necesario poder integrar elementos hardware y software que permitan captar y procesar a detalle la ejecución

artística de la o las personas en el escenario. Ya que, por ejemplo, crear patrones de luces que se resuelvan a detalle autónomamente en base a las modulaciones sonoras y a los movimientos que realice un artista en un 'live set', no sería posible únicamente a través de las instrucciones enviadas desde un controlador DMX típico.

Es por eso que los sistemas de iluminación escénica inteligentes se han vuelto cada vez más populares en la industria del entretenimiento. Estos sistemas permiten controlar la iluminación de manera más precisa y eficiente, lo que a su vez permite a los diseñadores de iluminación crear efectos más complejos y espectaculares. Además, estos sistemas pueden ser controlados de manera remota, lo que simplifica la tarea de coordinación entre los diferentes elementos de producción.

1.2 Justificación del problema

Este planteamiento surgió de la necesidad de llevar la musicalidad de una composición basada en síntesis de sonido al ámbito visual, con el propósito de expandir la expresión artística de quien está detrás de un 'Live set' o 'Dj set'. Se busco transformar las ondas sonoras generadas por diversas modulaciones en un patrón de iluminación, así como en movimientos y deformaciones de animaciones a proyectarse. Teniendo como objetivo principal la creación de un sistema de iluminación capaz de funcionar de manera autónoma durante la ejecución de un set.

Esto se logró aprovechando las bondades de los protocolos MIDI, OSC y DMX512, en especial de este último. DMX512 nos permite controlar la panorámica, inclinación, cambio de color, intensidad, encendido y apagado de luces, siguiendo un patrón preprogramado o siendo manipulado en tiempo real por un operador desde una consola. No obstante, el enfoque principal de este proyecto reside en la automatización de un sistema de iluminación escénica, eliminando la necesidad de un operador detrás de una consola DMX.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar un sistema de iluminación escénica automatizado y controlado a través de elementos de síntesis de sonido y visión por computador, que permita resolver patrones de iluminación y animaciones visuales en directo, que se ajusten automáticamente al ritmo, tono y modulaciones del sonido realizadas por un músico electrónico, así como a sus movimientos en el escenario durante la ejecución de un 'Live set' o 'DJ set'

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar la arquitectura de conexión de controladores, procesadores y actuadores que se van a utilizar y el esquema en el que podrían ser implementados.
2. Identificar tipos de enlaces de comunicación más idóneos, considerando los diferentes protocolos de audio y de iluminación que existen en la industria.
3. Implementar un sistema de control de iluminación basado en modulaciones sonoras de sintetizadores y en el movimiento del artista captado mediante el uso de visión por computador.
4. Desarrollar una prueba de concepto del sistema de iluminación escénica en un live set.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Síntesis de Sonido

La síntesis de sonido es un proceso mediante el cual se generan señales de audio de forma artificial. Se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la producción musical hasta la creación de efectos de sonido para películas y videojuegos [3].

1.4.1.1 Componentes de la Síntesis de Sonido

En la Figura 1.2, se muestra el esquema simplificado del flujo de señal a través de un sintetizador sustractivo.

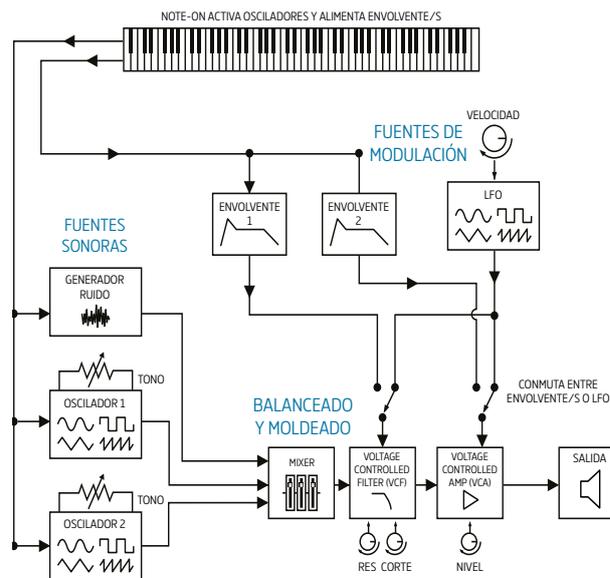


Figura 1.2 Esquema del flujo de señal a través de un sintetizador sustractivo [3]

1. Osciladores: Son los componentes que generan la señal de audio básica. Los osciladores pueden generar diferentes formas de onda, como ondas sinusoidales, cuadradas, triangulares y en diente de sierra.

2. Filtros: Son los componentes que se utilizan para modificar el timbre del sonido. Los filtros pueden atenuar o amplificar ciertas frecuencias del sonido, lo que puede cambiar la calidad y el carácter de este.
3. Amplificadores: Son los componentes que se utilizan para aumentar la amplitud de la señal de audio. Los amplificadores también pueden usarse para controlar el volumen del sonido.
4. Generadores de Envolventes: Son los componentes que controlan la forma en que el sonido cambia a lo largo del tiempo. Las envolventes pueden usarse para controlar el volumen, la duración y el timbre del sonido.
5. LFOs: Son los componentes que generan señales de baja frecuencia que se utilizan para modular otros componentes. Los LFOs pueden usarse para crear efectos de vibrato, trémolo y otros efectos de modulación.
6. Efectos: Son los componentes que se utilizan para agregar efectos adicionales al sonido, como reverberación, eco y delay.

1.4.1.2 Aplicaciones de la síntesis de sonido

La síntesis de sonido se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, algunas de las más populares incluyen:

- Producción musical: la síntesis de sonido se utiliza para crear sonidos y efectos especiales para canciones y composiciones musicales.
- Efectos de sonido para películas y videojuegos: la síntesis de sonido se utiliza para crear sonidos especiales para películas y videojuegos, como explosiones, disparos y efectos atmosféricos.

- Sonido para anuncios publicitarios: la síntesis de sonido se utiliza para crear bandas sonoras y efectos especiales para anuncios publicitarios.

1.4.2 Visión por computador

La Visión por Computadora se centra en la automatización de la extracción de información de imágenes. En la actualidad, la presencia de imágenes y videos es ubicua, desde plataformas de redes sociales hasta dispositivos con cámaras integradas. Programar computadoras y diseñar algoritmos para comprender el contenido de estas imágenes y videos define el campo de estudio de la Visión por Computadora. Este campo implica la extracción de una variedad de información, como modelos 3D, posición de la cámara, reconocimiento de objetos y organización y búsqueda de contenido. También puede abordar la deformación de imágenes, eliminación de ruido y realidad aumentada. A menudo, la Visión por Computadora busca emular la capacidad visual humana, aunque en ocasiones la geometría o enfoques estadísticos son cruciales para resolver problemas específicos. La mezcla de programación, modelado y matemáticas hace que la Visión por Computadora sea un campo de estudio fascinante [4].

1.4.2.1 Aplicaciones de la Visión por Computadora

La Visión por Computadora, con más de 40 años de investigación, ha generado diversas aplicaciones a partir de las técnicas desarrolladas. Estas aplicaciones comprenden:

- Reconocimiento óptico de caracteres (OCR): Implica la identificación automática de símbolos o caracteres pertenecientes a un alfabeto específico a partir de una imagen, seguido de su almacenamiento en formato de datos.

- Inspección robotizada: Consiste en la inspección rápida de piezas para asegurar la calidad de los componentes de fabricación mediante el uso de visión estéreo y una iluminación especializada.
- Venta al por menor: Incluye tecnologías como los lectores de códigos de barras en supermercados, diseñados para reconocer los precios de los productos en las líneas de caja.
- Construcción de modelos 3D: Refiere a la creación automatizada de modelos tridimensionales a partir de fotografías.
- Imágenes médicas: Engloba la tecnología utilizada en la toma de radiografías y técnicas para la detección de tumores malignos y anomalías.
- Seguridad automotriz: Contribuye a la detección de obstáculos mediante sistemas de conducción asistida que emplean diversas cámaras.
- Captura de movimiento: Se vale de marcadores retro-reflectivos observados desde múltiples cámaras u otras técnicas para registrar los movimientos de actores, utilizado especialmente en animación por computadora.
- Vigilancia: Engloba la monitorización de intrusos, análisis del tráfico vial y la supervisión de piscinas para prevenir ahogamientos.
- Reconocimiento de huellas dactilares y biometría: Utilizado para la identificación automática de accesos, así como en aplicaciones forenses.

- Detección de caras: Aplicado para mejorar el enfoque de cámaras y facilitar búsquedas más relevantes de personas en imágenes.

1.4.3 MIDI

El protocolo MIDI (acrónimo de "Musical Instrument Digital Interface") ha sido un estándar de comunicación utilizado en la música y la producción musical desde su creación en los años 80. Su objetivo principal es permitir que los instrumentos musicales electrónicos y las computadoras se comuniquen entre sí y puedan enviar y recibir información musical en tiempo real.

La importancia del protocolo MIDI en la producción musical radica en la capacidad de enviar datos en tiempo real sobre eventos musicales como notas, cambios de tono, cambios de volumen y otros parámetros. Esto permite a los músicos y productores editar y manipular la información musical en tiempo real, lo que da lugar a un proceso creativo y productivo más eficiente.

El protocolo MIDI se ha utilizado en una amplia gama de dispositivos, desde sintetizadores hasta cajas de ritmos, controladores MIDI y software de producción musical. Los músicos y productores utilizan el protocolo MIDI para controlar y secuenciar instrumentos virtuales y físicos, crear arreglos musicales y efectos de sonido, y grabar y reproducir actuaciones musicales [5], *ver Fig. 1.3*.

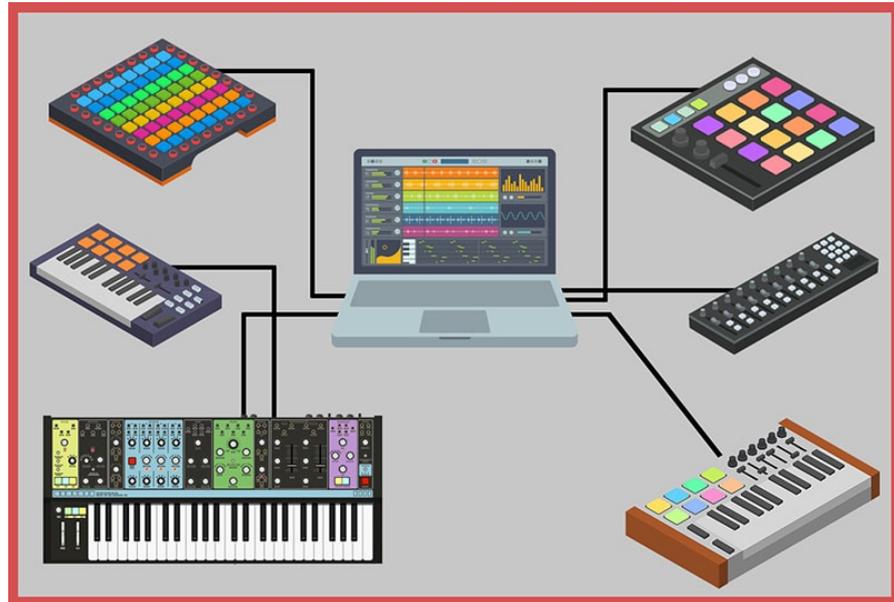


Figura 1.3 Esquema de una configuración MIDI moderna [6]

1.4.3.1 Especificaciones del protocolo MIDI:

- Velocidad de transmisión: 31.250 baudios (bps).
- Mensajes MIDI: hay varios tipos de mensajes MIDI, entre ellos: notas, controladores, cambios de programa, mensajes de sistema, entre otros.
- Resolución de notas: se pueden enviar mensajes MIDI para 128 notas diferentes, desde C-2 hasta G8, lo que se conoce como resolución de 7 bits.
- Canales MIDI: el protocolo MIDI permite hasta 16 canales MIDI diferentes, lo que permite a un dispositivo enviar y recibir información en canales específicos.
- Comandos de sistema: el protocolo MIDI incluye varios comandos de sistema que permiten el control de los dispositivos MIDI, como mensajes de sincronización, cambios de tempo y ajustes de afinación.

1.4.3.2 Mensajes MIDI:

Los mensajes MIDI están diseñados para transmitir información musical entre dispositivos electrónicos. Cada mensaje MIDI se compone de tres partes básicas: el encabezado, el dato y el estado. A continuación, se detallan las características de cada una de estas partes:

1. Encabezado MIDI: El encabezado MIDI se compone de tres elementos: el estado, el canal y el tipo de mensaje. Estos elementos informan al dispositivo receptor acerca del tipo de mensaje que se está enviando y cómo interpretarlo.
 - Estado: El estado es un valor numérico de 0 a 255 que indica el tipo de mensaje MIDI que se está enviando. Por ejemplo, un estado de 144 indica que se está transmitiendo un mensaje de nota en el canal 1.
 - Canal: El canal es un número de 1 a 16 que indica el canal MIDI al que se está enviando el mensaje.
 - Tipo de mensaje: El tipo de mensaje MIDI puede ser de varios tipos, como mensajes de nota, mensajes de controlador, mensajes de cambio de programa, mensajes de sistema, entre otros.
2. Dato MIDI: El dato MIDI es la información que se está transmitiendo en el mensaje. La cantidad y el tipo de datos varían según el tipo de mensaje MIDI. Por ejemplo, en un mensaje de nota, el dato incluye el número de nota y la velocidad, mientras que, en un mensaje de cambio de programa, el dato solo incluye el número de programa.

3. Estado final MIDI: El estado final MIDI se utiliza para indicar el final de un mensaje MIDI. El estado final es un valor numérico de 0 a 127 que indica que el mensaje ha sido completamente transmitido.

1.4.3.3 USB MIDI

El protocolo MIDI sobre USB combina el Protocolo MIDI (Interfaz Digital de Instrumentos Musicales) con la tecnología de conexión USB (Universal Serial Bus). Este enfoque proporciona una forma eficiente y versátil de transmitir datos MIDI entre dispositivos electrónicos musicales y computadoras [7].

A continuación, se presenta una descripción detallada de cómo funciona el protocolo MIDI sobre USB:

1. Comunicación Serie Universal (USB): El USB es un estándar de conexión ampliamente utilizado para la transferencia de datos entre dispositivos electrónicos. Proporciona una interfaz plug-and-play que permite la conexión fácil y rápida de dispositivos sin necesidad de reiniciar la computadora.
2. Capa Física y de Enlace: La comunicación MIDI sobre USB utiliza la capa física y de enlace del estándar USB para la transmisión de datos. Esto incluye aspectos como la velocidad de transferencia, la codificación de bits y la gestión del flujo de datos.
3. Endpoint USB: En el contexto de MIDI sobre USB, los datos MIDI se transmiten a través de los denominados "endpoints" USB. Estos endpoints son puntos finales de la comunicación USB y pueden ser de dos tipos: "in" (entrada) y "out" (salida), permitiendo así la comunicación bidireccional.
4. Descripción de Dispositivos USB (Descriptor): Los dispositivos que admiten MIDI sobre USB incluyen descriptor USB específicos

que indican su capacidad para trabajar con datos MIDI. Esto facilita la identificación y configuración automática de los dispositivos cuando se conectan a una computadora.

5. **Transferencia de Datos MIDI:** Los datos MIDI, que representan eventos musicales como notas, cambios de control y mensajes de sistema, se encapsulan en paquetes de datos MIDI. Estos paquetes son luego transmitidos a través de los endpoints USB correspondientes.
6. **Latencia y Velocidad de Transferencia:** La latencia, o el retraso en la transmisión de datos, es una consideración importante en aplicaciones musicales. MIDI sobre USB generalmente ofrece baja latencia, lo que es esencial para garantizar una respuesta en tiempo real en la producción musical.
7. **Compatibilidad con Controladores USB MIDI:** Muchos dispositivos, como teclados y controladores MIDI, ahora vienen equipados con conectividad USB MIDI integrada. Esto permite a los músicos conectar directamente sus instrumentos a una computadora sin la necesidad de interfaces MIDI adicionales.
8. **Controladores y Sistemas Operativos:** Los sistemas operativos modernos, como Windows, macOS y Linux, generalmente incluyen controladores USB MIDI genéricos que permiten la comunicación con dispositivos MIDI. Sin embargo, algunos dispositivos pueden requerir controladores específicos del fabricante para un rendimiento óptimo.

1.4.4 DMX512

El protocolo DMX512 es un estándar de comunicación digital utilizado en la industria del entretenimiento para controlar dispositivos de iluminación y

efectos especiales, como luces de escenario, cabezales móviles, máquinas de humo, entre otros [1].

1. Funciones: El protocolo DMX512 permite controlar varios dispositivos desde un solo controlador o consola. Esto significa que un operador puede programar y ajustar la intensidad, el color, la posición y otros parámetros de un conjunto de luces o efectos especiales de forma simultánea, lo que ahorra tiempo y mejora la precisión del control.
2. Características: DMX512 utiliza una transmisión serie de bits en un solo par de cables, con una tasa de transferencia de 250 kbps. El protocolo permite hasta 512 canales de control, lo que significa que se pueden controlar hasta 512 dispositivos con un solo cable DMX. Además, DMX512 es un protocolo bidireccional, lo que significa que el controlador puede recibir información de los dispositivos, como el estado de un sensor o la temperatura de un dispositivo.
3. Especificaciones: El protocolo DMX512 especifica un formato de trama de 44 bits, que se divide en un bit de inicio, 8 bits de dirección, 1 bit de interrupción, y 24 bits de datos por canal. Esto significa que cada canal puede transmitir valores entre 0 y 255, lo que permite un rango de 256 niveles de intensidad para cada canal. La longitud máxima del cable DMX es de 1200 metros, y se recomienda utilizar un amplificador de señal DMX cada 300 metros para evitar la degradación de la señal.
4. Arquitectura: La arquitectura DMX512 consta de tres elementos principales: el controlador, los dispositivos y el cableado. El controlador envía los datos de control a los dispositivos a través de un cable DMX, que se conecta a un conector XLR de 5 pines. Los dispositivos tienen un conector DMX de entrada y salida, lo que significa que se pueden encadenar varios dispositivos juntos en una

cadena de DMX, lo que se conoce como "daisy chaining". Además, algunos dispositivos tienen un selector de dirección DMX, que permite asignar una dirección única a cada dispositivo en la cadena.

5. Topología de red: La topología de red DMX512 es una topología de bus lineal, lo que significa que los dispositivos se conectan en serie en un solo cable DMX. El controlador se conecta al inicio del cable, y los dispositivos se conectan en cadena uno tras otro en el orden deseado. Para evitar problemas de interferencia, se recomienda que los cables DMX no se crucen con cables de alimentación eléctrica.
6. Capa física: El protocolo DMX512 utiliza una capa física RS-485, que es un estándar industrial para comunicaciones en serie de larga distancia. El cable DMX tiene un conector XLR de 5 pines, con los pines 2 y 3 utilizados para la transmisión de datos DMX.

1.4.4.1 Dispositivos DMX

- Luces LED DMX: Estas luces LED pueden ser programadas para emitir diferentes colores y efectos mediante el protocolo DMX. Por lo general, vienen con un selector de dirección DMX que permite asignar una dirección única para cada luz en la cadena.
- Cabezales móviles DMX: Estos dispositivos son luces móviles que pueden moverse en diferentes direcciones y patrones de movimiento, y pueden ser controlados mediante el protocolo DMX. Vienen con un conjunto de canales DMX asignados para controlar diferentes funciones, como la velocidad del movimiento, el ángulo de rotación y los colores de la luz.
- Máquinas de humo DMX: Estas máquinas pueden producir niebla o humo que se utiliza para crear efectos en el escenario. Pueden

ser controladas mediante el protocolo DMX para ajustar la cantidad y la densidad del humo producido.

- Paneles LED DMX: Estos paneles LED pueden ser programados para mostrar diferentes patrones y colores de luz mediante el protocolo DMX. Vienen con un conjunto de canales DMX asignados para controlar diferentes funciones, como el color, la intensidad y los patrones de movimiento.
- Controladores DMX: Estos dispositivos se utilizan para programar y controlar los dispositivos DMX en un espectáculo o evento. Pueden ser consolas físicas o software de control que se ejecuta en una computadora.

Algunas características comunes a muchos dispositivos DMX incluyen:

- Selector de dirección DMX: Permite asignar una dirección única a cada dispositivo en la cadena DMX.
- Canales DMX: Cada dispositivo DMX tiene un conjunto de canales asignados que se utilizan para controlar diferentes funciones.
- Modos de funcionamiento: Algunos dispositivos DMX tienen diferentes modos de funcionamiento, que permiten seleccionar diferentes conjuntos de canales DMX para controlar diferentes funciones.
- Soporte de RDM: Algunos dispositivos DMX también admiten RDM (Remote Device Management), que permite a un controlador DMX interactuar con los dispositivos DMX y recuperar información sobre ellos, como la temperatura y el estado de los sensores.

1.4.4.2 Universo DMX:

En el protocolo DMX, un universo es una secuencia de 512 canales de datos que pueden ser controlados por un único controlador DMX. Cada canal en el universo se utiliza para controlar un único dispositivo DMX, como una luz o un efecto de sonido.

Un sistema DMX puede tener varios universos, cada uno controlando un conjunto diferente de dispositivos. Los universos se identifican por un número de universo, que se puede configurar en el controlador DMX.

En una configuración típica, un controlador DMX puede enviar datos a varios universos a través de múltiples salidas DMX. Por ejemplo, un sistema de iluminación de escenario puede tener varios universos, uno para controlar las luces en el escenario principal, otro para controlar las luces de la audiencia y otro para controlar las luces de efectos especiales.

1.4.5 OSC

El Protocolo de Configuración Abierta (Open Sound Control u OSC, por sus siglas en inglés) es un protocolo de red desarrollado para la comunicación entre dispositivos y software en entornos de producción y procesamiento de audio. A diferencia del Protocolo MIDI, que se centra principalmente en la música, el OSC es más general y puede utilizarse para transmitir una variedad de datos, desde información musical hasta parámetros de control en aplicaciones multimedia y de arte interactivo [8].

A continuación, se presenta una descripción general del Protocolo OSC:

1. Estructura de Mensajes: OSC se basa en el envío de mensajes que contienen direcciones y valores. Estos mensajes están estructurados de manera jerárquica y son flexibles en términos de tipos de datos que pueden transportar, como enteros, números de punto flotante, cadenas de texto, entre otros.

2. Direcciones OSC: Cada mensaje OSC tiene una dirección que indica el destino del mensaje. Las direcciones pueden ser organizadas en una estructura de ruta, permitiendo una jerarquía que facilita la organización lógica de los mensajes.
3. Tipos de Datos: OSC es capaz de transmitir una variedad de tipos de datos, lo que lo hace versátil para diferentes aplicaciones. Puede enviar información sobre eventos musicales, cambios de parámetros, gestos de usuario, y más.
4. Transporte de Datos: OSC puede utilizar varios protocolos de transporte, siendo UDP (User Datagram Protocol) el más común. UDP es adecuado para aplicaciones en tiempo real, ya que no garantiza la entrega de mensajes, pero proporciona una transmisión rápida y eficiente.
5. Interoperabilidad: OSC es conocido por su capacidad de interoperabilidad entre diferentes plataformas y sistemas operativos. Esto facilita la comunicación entre dispositivos y software de distintos fabricantes.
6. Aplicaciones Prácticas: Se utiliza ampliamente en entornos de música electrónica, instalaciones artísticas interactivas, aplicaciones multimedia, y cualquier situación donde la comunicación de datos en tiempo real sea esencial.
7. Librerías y Herramientas: Existen varias librerías y herramientas para trabajar con OSC en diversos entornos de programación, como SuperCollider, Pure Data, Max/MSP, y también en lenguajes de programación como Python y Java.

8. Flexibilidad y Extensibilidad: OSC es altamente flexible y extensible. La estructura simple de sus mensajes y su capacidad para transportar diferentes tipos de datos permiten adaptarse a diversas necesidades creativas.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la implementación del sistema de iluminación escénica automatizado, se utilizaron herramientas de diseño y dispositivos tecnológicos actuales. El proceso de diseño partió de la consideración principal, de que la ejecución musical no deba verse afectada por problemas de sincronización o latencia asociados al exceso de carga por procesamiento de datos en el hardware que forma parte del 'Live set' o 'DJ set'.

En la siguiente sección se detallan los pasos y pruebas iniciales que se realizaron en el desarrollo del proyecto, a través de los cuales se pudo determinar la arquitectura definitiva del sistema y los elementos que lo conformarían en su diseño final.

2.1 Desarrollo Inicial

Al sistema de control de iluminación escénica automatizado, se lo denominó Autolight, su desarrollo tuvo una primera etapa de diseño y pruebas denominada Autolight 1.0, en esta primera etapa se dispuso el equipamiento físico en un esquema sencillo, considerando como dispositivo de procesamiento a una laptop Apple MacBook Pro-Retina 13" 2015. Como dispositivos de entrada, se utilizaron, una mesa de mezclas con interfaz de audio digital y control MIDI incluidos, y la webcam de la laptop; como dispositivos de salida, una interfaz USB DMX512 más dispositivos DMX conectados en serie y un proyector de video, *ver Fig. 2.1*.

Autolight 1.0

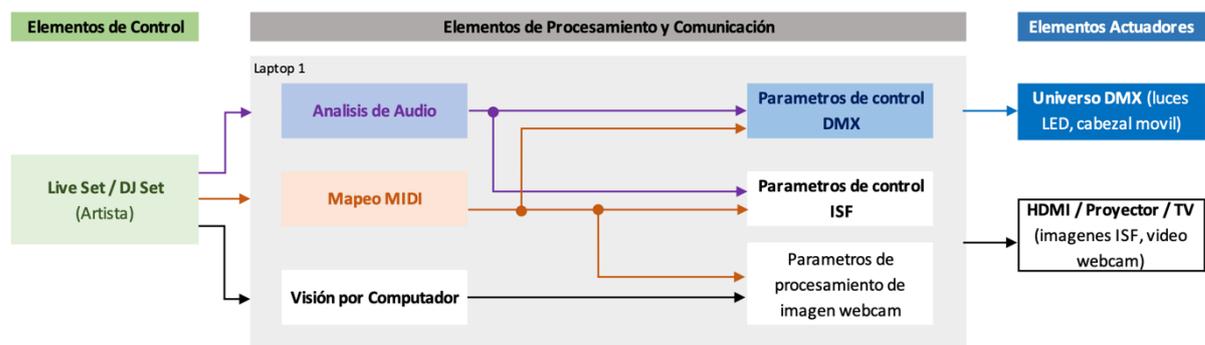


Figura 2.1 Esquema de la arquitectura del sistema Autolight 1.0

Nota. Elaboración propia

En primera instancia, se implementó un enlace de comunicación entre los protocolos MIDI y DMX512, utilizando el software Ableton Live 11 Suite como plataforma base para el desarrollo del proyecto; se utilizaron algunos de los plugins nativos de Ableton Live, entre los que se incluyeron EQ Eight, Envelope Follower, LFO, así como el conjunto de plugins de pago del software 'Beam'. Esto permitió vincular las automatizaciones, modulaciones, seguidores de envolvente, señales de disparo a los diferentes parámetros de iluminación en los dispositivos DMX a conectar.

Hasta este punto se realizaron diferentes pruebas del sistema Autolight 1.0 en conjunto con el DJ set, en donde se dividió la capacidad de procesamiento del computador, entre el proyecto ejecutándose en Ableton Live más los plugins de Beam y sincronizado a la vez con el software Traktor Pro-3 de Native Instruments, desde el cual se lanzaban las pistas a la mesa de mezclas. En esta fase no se identificaron problemas por interrupciones del sonido o latencias que entorpecieran la normal ejecución del artista en el DJ set.

Sin embargo, en una segunda instancia, en donde se empezó a trabajar con la proyección y manipulación de imágenes ISF a través de los plugins de Videosync, el computador empezó a recibir una mayor carga por procesamiento gráfico, lo cual ya generó interrupciones en el sonido y latencia entre los controles y el software. Por tal motivo, se consideró conveniente la adquisición de un segundo computador portátil con capacidad gráfica superior y que cubra la demanda de procesamiento gráfico correspondiente a las imágenes ISF, video y control de visión por computador.

Es así como surgió la siguiente etapa del proyecto denominada Autolight 2.0, en donde se añadió una laptop MacBook Air M2 2012 a la configuración del sistema de iluminación. En este punto también fue necesario recurrir al conjunto de plugins LiveGrabber de Showsync que operan bajo el protocolo OSC y que permiten garantizar la interoperabilidad entre los proyectos ejecutándose en Ableton Live sobre ambas laptops en una misma red.

Considerando los antecedentes del desarrollo del proyecto antes mencionados, a continuación, se detalla la arquitectura definitiva del sistema de iluminación Autolight 2.0 y los diferentes elementos que conformaron su diseño e implementación.

2.2 Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema Autolight 2.0, se definió como un sistema de control de lazo abierto compuesto por: elementos de control, elementos de procesamiento y comunicación y elementos actuadores, *ver Fig. 2.2*.

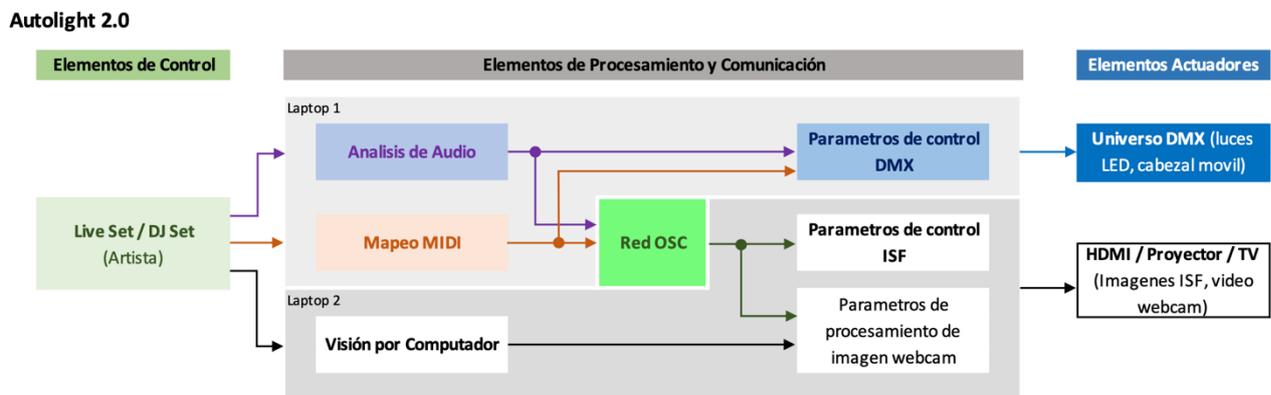


Figura 2.2 Esquema de la arquitectura del sistema Autolight 2.0

Nota. Elaboración propia

En la Fig. 2.2, podemos observar el esquema de la arquitectura definitiva del sistema Autolight 2.0, en este esquema se encuentran sintetizados todos los ruteos de señales y demás configuraciones realizadas entre los elementos hardware y software utilizados en el diseño e implementación del sistema. El esquema de conexionado de señales completo se lo puede observar en el Apéndice A.

2.2.1 Elementos de Control

Comprende la ejecución artística del músico electrónico o DJ como tal, utilizando la mesa de mezclas como medio de control. En donde la manipulación de potenciómetros, botones y deslizadores de los diferentes canales, filtros y módulo de efectos, que además de permitir la modulación,

atenuación o enfatización del sonido proveniente de sintetizadores o pistas lanzadas; envían datos de control MIDI a los elementos de procesamiento.

Cabe recalcar que esto fue posible gracias a las bondades del diseño de la mesa de mezclas utilizada, Allen & Heat XONE:PX5; esta se caracteriza principalmente por ser una mezcladora híbrida con sonido analógico e integrada con una interfaz de audio digital, con la capacidad de enviar y recibir datos de control MIDI, ver Fig. 2.3.

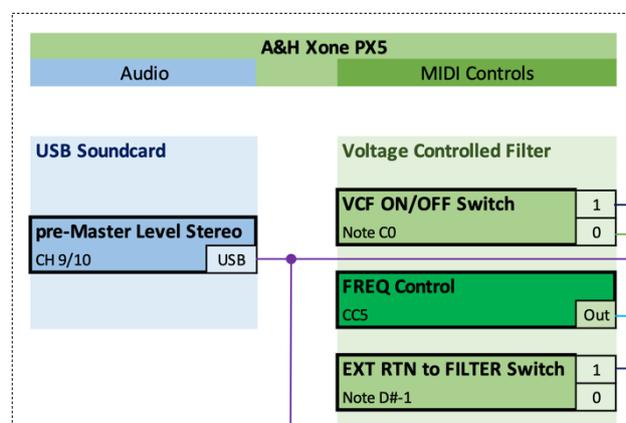


Figura 2.3 Elementos de control del sistema Autolight 2.0

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apéndice B

Adicionalmente, se consideró la captación de los movimientos del artista a través de la webcam de la segunda laptop, para su posterior procesamiento y traducción a señales de control de visión por computador.

2.2.2 Elementos de Procesamiento y Comunicación

El procesamiento del sistema se dividió entre dos laptops conectadas en red. La primera laptop es la encargada de ejecutar: el análisis de audio, el mapeo de controles MIDI y la asignación de información de análisis y datos MIDI proveniente de estos dos a los parámetros de control de los plugins de Beam y LiveGrabber. Cabe recalcar que en la primera laptop también se ejecuta de forma síncrona el software Traktor Pro-3 que forma parte del DJ set.

La segunda laptop se destinó a cubrir el procesamiento gráfico, encargándose así, de la recepción de la información de análisis de audio y datos de control MIDI a través de los plugins de LiveGrabber y su respectiva asignación tanto a los parámetros de control de las imágenes ISF como a los parámetros de procesamiento de la imagen captada por la webcam. La imagen captada por webcam pasa primeramente a través del canal web de IA sounds.pink, que permite traducir los movimientos del artista a datos de control MIDI y estos a su vez se asocian a los parámetros de procesamiento de la misma imagen captada para su posterior proyección.

A continuación, se detallan las diferentes funciones ejecutadas por los elementos de procesamiento y comunicación.

2.2.2.1 Análisis de Audio

La función del análisis de audio se desarrolló considerando las técnicas de producción sonora típicas que el autor ejecuta durante su DJ set, en donde se destacan la enfatización y atenuación de frecuencias graves y agudas del sonido utilizando el filtro pasa-altas de la mezcladora, además, del énfasis y modulaciones que se aplican en determinadas transiciones con el módulo de efectos de esta.

En las siguientes figuras del esquema de conexionado de señales del sistema de iluminación, se puede apreciar la cadena de efectos de audio que se utilizó para la configuración de esta función.

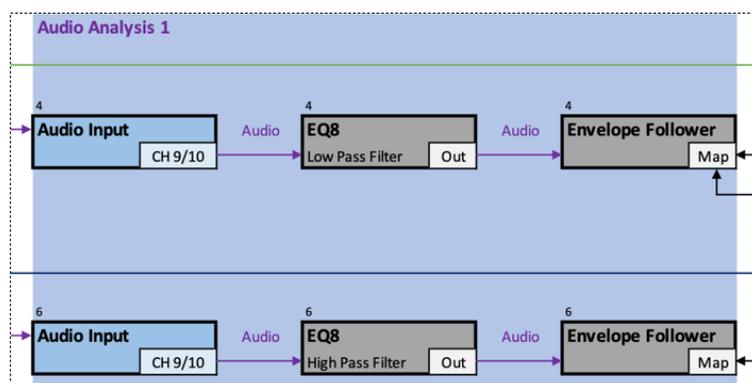


Figura 2.4 Función de análisis de audio 1

Nota. Elaboración propia, anexo completo en apéndice B

En la Fig. 2.4, se representa la cadena de efectos de la función de análisis de audio 1, en donde Ableton Live recibe el sonido de la línea máster a través de la interfaz de audio de la mezcladora, y está a la vez se rutea por dos canales de audio para su análisis.

En el primer canal, se analizan las frecuencias graves con la ayuda de un ecualizador configurado como filtro pasa-bajas con una frecuencia de corte alrededor de los 100 Hz; mientras que, en el segundo canal, se analizan las frecuencias agudas con un ecualizador configurado como filtro pasa-altas con una frecuencia de corte alrededor de los 1000 Hz.

Cada ecualizador está acompañado por un plugin seguidor de envolvente, al que se mapean los parámetros de intensidad de los plugins Par de Beam, ubicados en canales independientes y que controlan el color de la iluminación de las luces LED DMX.

Estéticamente se consideró conveniente, vincular el color azul a las frecuencias graves y el color rojo a las frecuencias agudas, ver Fig. 2.5.

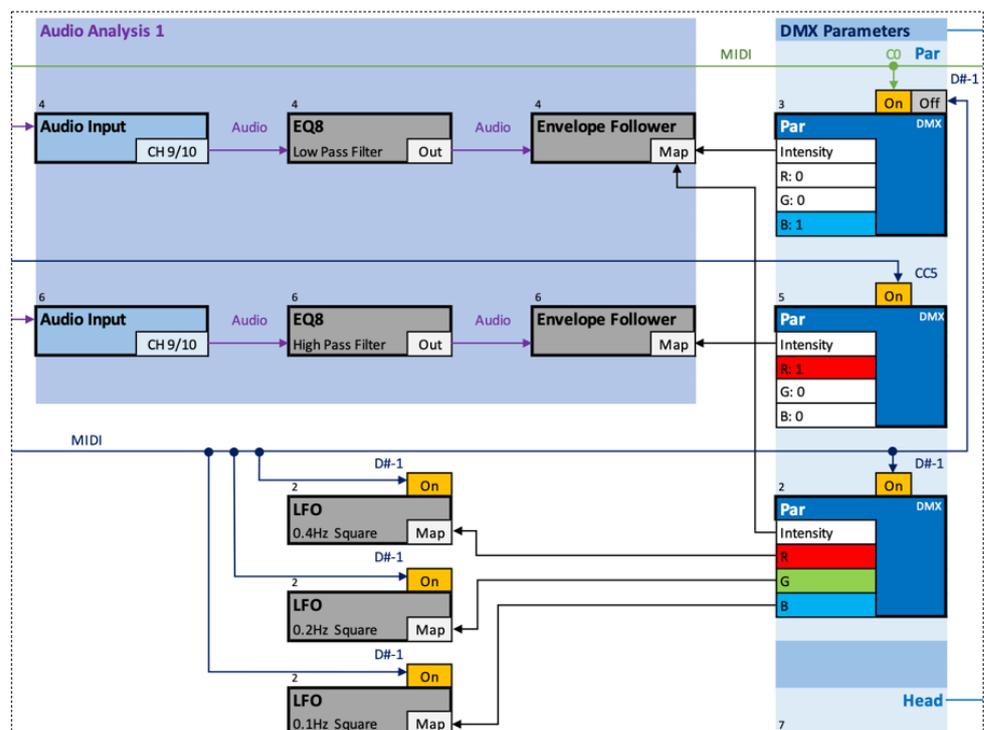


Figura 2.5 Conexionado de la función de análisis de audio 1

Nota. Elaboración propia, anexo completo en apendice B

En la *Fig. 2.5*, se puede observar que existe un tercer plugin Par también vinculado al análisis de audio de las frecuencias graves, pero con la cualidad de poder cambiar la intensidad de las luces LED DMX en diferentes colores, al tener mapeado sus parámetros RGB a tres LFOs, que modulan sus valores con ondas cuadradas en diferentes frecuencias.

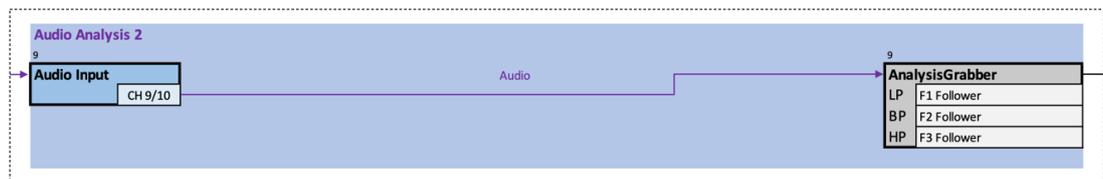


Figura 2.6 Función de análisis de audio 2

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apéndice B

En la *Fig. 2.6*, se representa el conexionado de la función de análisis de audio 2, la implementación de esta función se realizó en un punto más avanzado del desarrollo del proyecto, en donde se identificó que el plugin AnalysisGrabber, funciona de forma similar a las cadenas de efectos utilizadas en la función de análisis de audio 1, pero con la ventaja de estar directamente vinculado a la transmisión de la información a través del protocolo OSC.

Este plugin cuenta con un filtro pasa-bajas, un filtro pasa-altas y un filtro pasa-banda, con seguidores de envolventes ajustables; al igual que con los plugins de la sección anterior se lo utilizo dentro de un canal de audio independiente en donde recibe la señal de audio de la línea máster de la mezcladora.

2.2.2.2 Mapeo MIDI

El mapeo MIDI es una característica de Ableton Live, que permite la asignación de potenciómetros, botones y deslizadores de un controlador MIDI a los parámetros de los dispositivos virtuales, plugins, clips y demás funciones de control del software.

El mapeo se lo realizó desde la primera laptop sobre los controles MIDI de la mezcladora, considerando las técnicas de producción sonora típicas ejecutadas por el autor. Asignando de esta forma, los controles del filtro, módulo de efectos y deslizadores de canal a los parámetros de control de los plugins de Beam y LiveGrabber, ver Fig. 2.7 y 2.8.

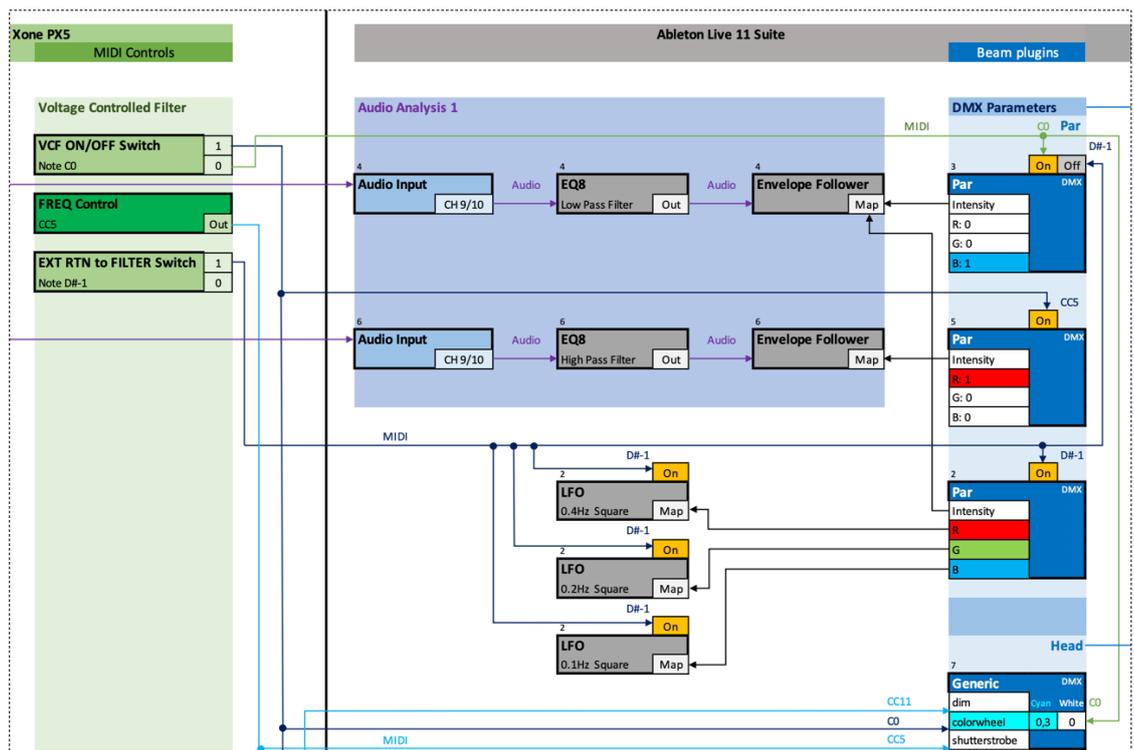


Figura 2.7 Mapeo MIDI y asignación a parámetros de control DMX

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apéndice B

En la Fig. 2.7, se representa el mapeo de los controles MIDI del VCF (filtro controlado por voltaje) de la mezcladora y su asignación a los parámetros de control de los plugins de Beam.

En el estado apagado '0' del VCF se mantiene habilitado el plugin Par asociado al análisis de audio de las frecuencias graves (color azul) y mantiene habilitado el color blanco en el plugin Generic que controla los parámetros de la luz de Cabezal Móvil DMX. Mientras que el estado encendido '1' habilita el plugin Par asociado al análisis de audio de las frecuencias agudas (color rojo), habilita el color turquesa en el plugin

Generic e inhabilita el plugin Par del análisis de audio de frecuencias graves.

El potenciómetro que controla la frecuencia de corte del VCF controla la tasa de encendido de la función estroboscópica en el plugin Generic.

El botón de asignación del VCF al canal de retorno de la mezcladora, en su estado encendido '1', habilita el tercer plugin Par (RGB), habilita los LFOs conectados a este e inhabilita el plugin Par asociado al análisis de frecuencias graves (color azul).

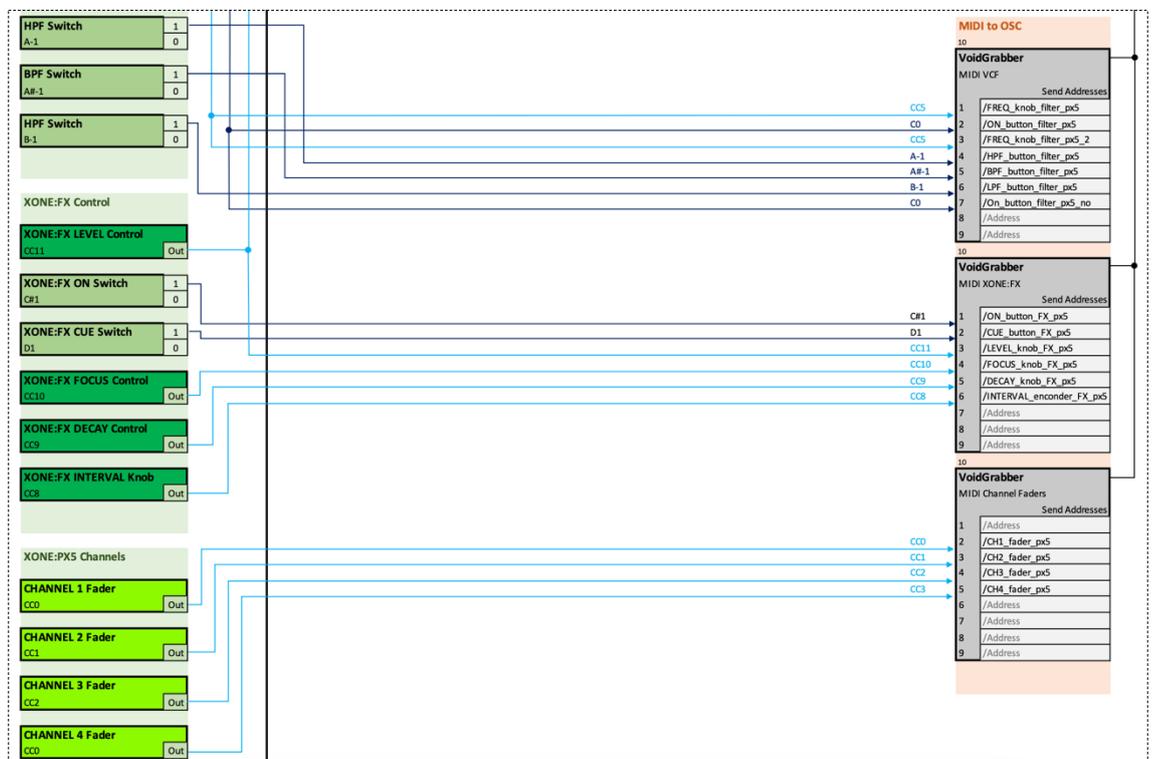


Figura 2.8 Mapeo MIDI y asignación a direcciones de envío de datos OSC

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apéndice B

En la Fig. 2.8, se representa la función de mapeo MIDI de los controles del filtro VCF, módulo de efectos y deslizadores de canal de la mezcladora y su respectiva asignación a las direcciones de envío en los plugins VoidGrabber, a través del cual se enviarán como datos OSC a la segunda laptop.

2.2.2.3 Parámetros de control DMX

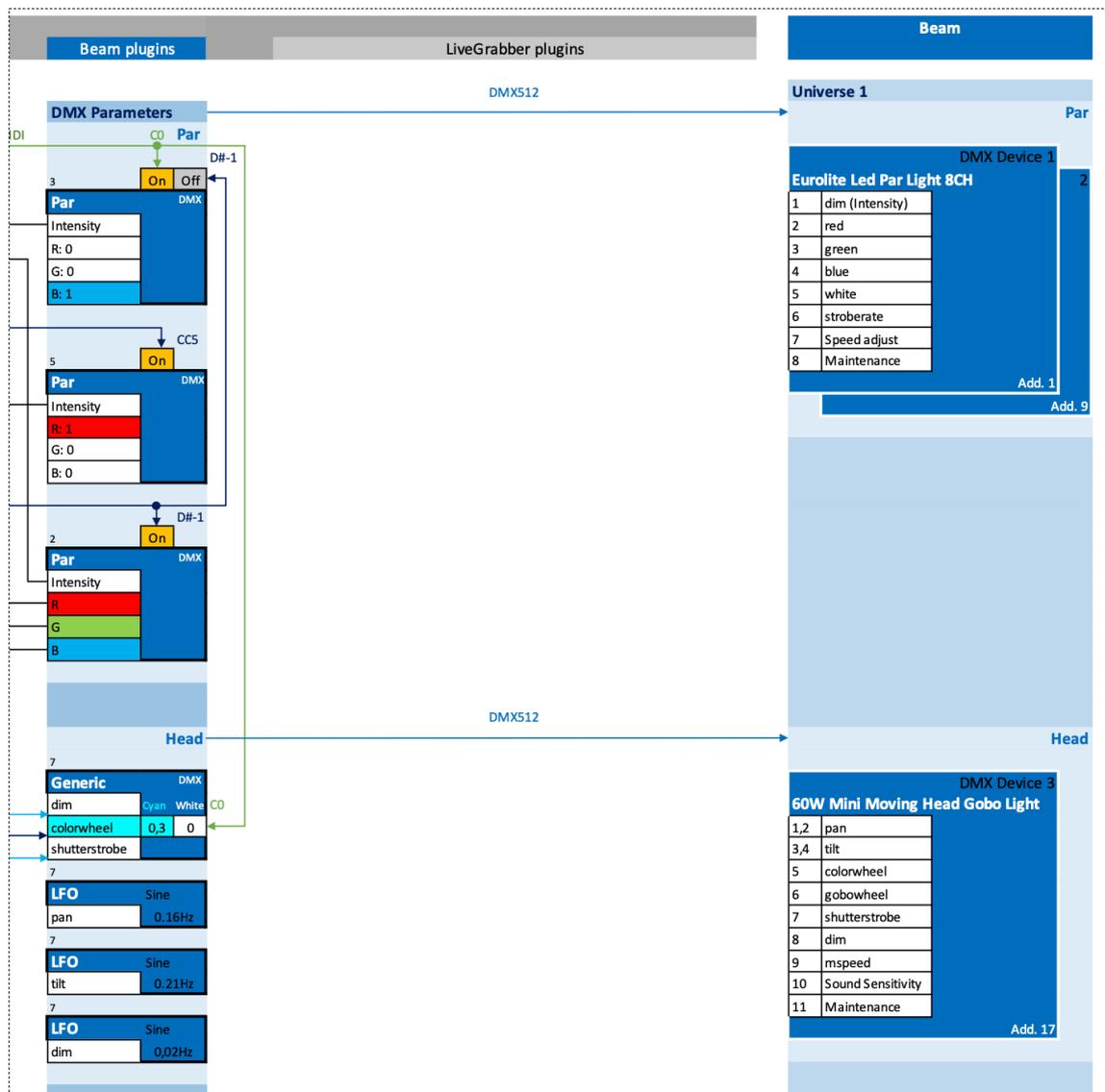


Figura 2.9 Parámetros de control DMX

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apéndice B

En la *Fig. 2.9*, se representan los parámetros de control correspondientes a los dispositivos de iluminación que forman parte del universo DMX y como estos fueron mapeados a través de los plugins de Beam en Ableton Live. Como se puede observar en la figura, no precisamente todos los parámetros fueron asignados a alguna determinada función o control MIDI, esto se debió a los criterios estéticos de diseño considerados por el autor.

También podemos observar que los parámetros pan, tilt y dim correspondientes al control de luz robótica cabezal móvil fueron controlados por tres LFOs de forma independiente al plugin Generic.

2.2.2.4 Red OSC

La red OSC está conformada por las dos laptops que forman parte de los elementos de procesamiento y que interoperan entre si a través del envío de datos OSC por medio de los plugins LiveGrabber en Ableton Live.

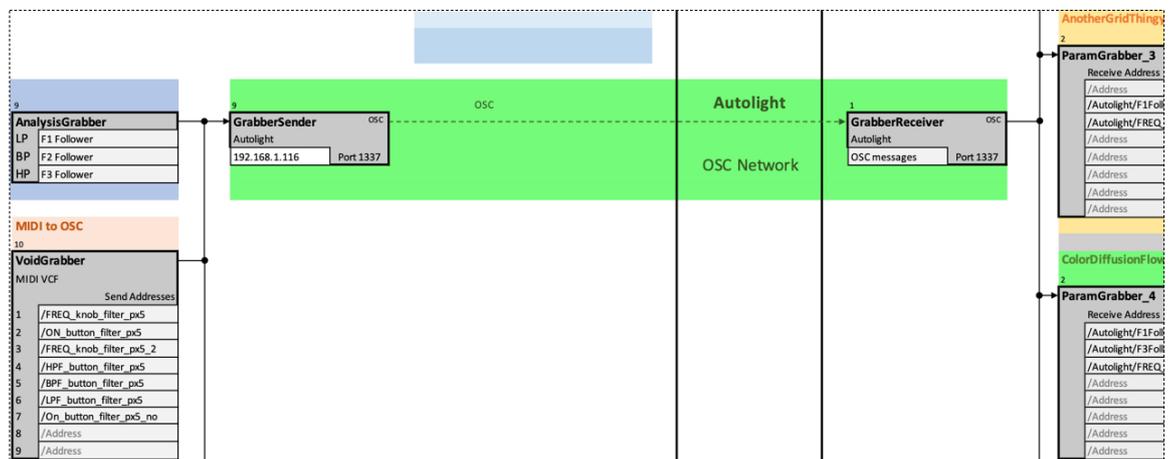


Figura 2.10 Red OSC del sistema Autolight 2.0

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apéndice B

En la *Fig. 2.10*, se representa el envío de información de **AnalysisGrabber** y **VoidGrabber** de la primera laptop, como datos OSC a través del plugin **GrabberSender**, en el cual se ha configurado la dirección IP de la segunda laptop como destino OSC en la red. La segunda laptop recibe los datos OSC a través del plugin **GrabberReceiver** utilizando el puerto 1337, configurado por defecto. Estos datos luego pueden ser mapeados a otro dispositivo virtual utilizando **ParamGrabber** y **TrackGrabber**.

2.2.2.5 Parámetros de control ISF

La carga y asignación de parámetros control de imágenes ISF (Interactive Shape Forms), se realizó con el plugin **ISF Loader** de

Videosync acompañado del plugin ParamGrabber, que permite conectar los parámetros de cualquier dispositivo virtual a las direcciones de los datos OSC recibidos. En total se parametrizaron 16 imágenes controladas por clips, y distribuidas en dos canales del proyecto en Ableton Live.

La mayoría de los parámetros de control de las imágenes ISF utilizadas, se vincularon a la información de análisis de audio 2, a los datos de control MIDI mapeados del VCF y del módulo de efectos y también se utilizaron LFOs para el control de determinados parámetros, esto se representa en la *Fig. 2.11*.

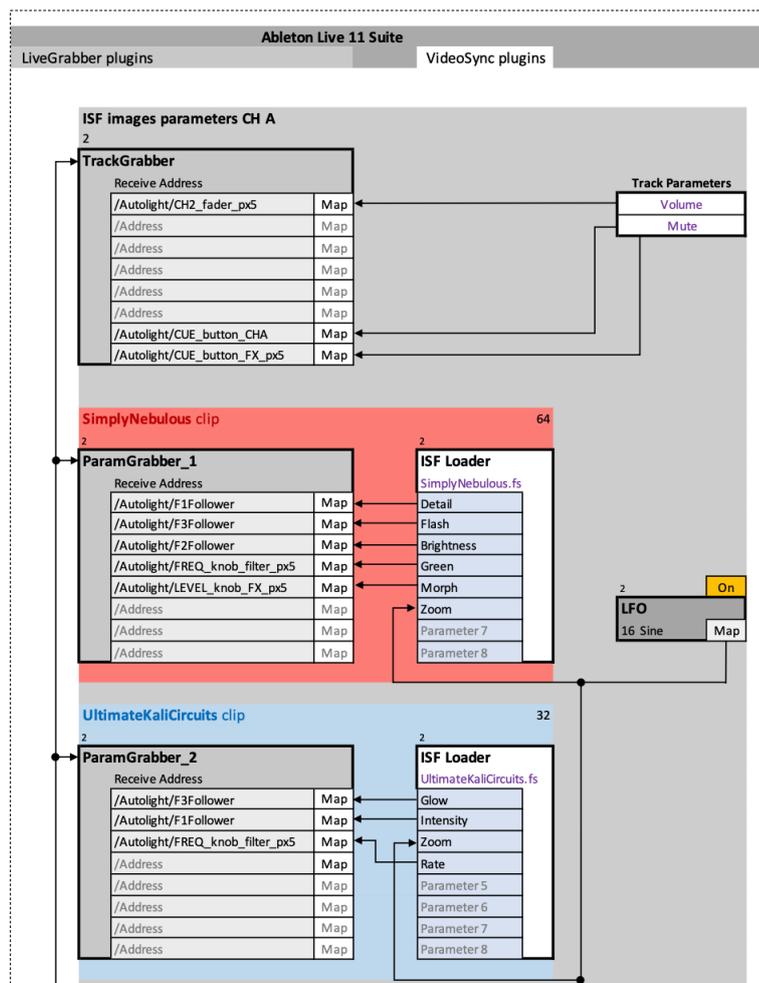


Figura 2.11 Mapeo de parámetros de control de Imágenes ISF

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apéndice B

En la Fig. 2.11, también se representa el conexionado del plugin TrackGrabber, a través del cual se vinculan los datos mapeados de los deslizadores de canal de la mezcladora a los controles de volumen del canal en Ableton Live. Cabe recalcar que al tener habilitado los plugins de Videosync en Ableton Live, los controles de la consola de Live también controlan la proyección de los videos o procesadores de imagen cargados desde los diferentes canales, de esta forma, cuando el control de volumen de uno de los canales se encuentre en 0dB se proyectará la imagen completa y en -60dB la imagen desaparecerá por completo, quedando la pantalla totalmente oscura.

También se utilizó el plugin Wavvy de Videosync, con la finalidad de crear un efecto de deformación en las imágenes ISF al momento de encender el VCF de la mezcladora. Para este fin se vinculó el nivel de deformación del plugin Wavvy al potenciómetro de la frecuencia de corte del filtro, esto se representa en la Fig. 2.12.

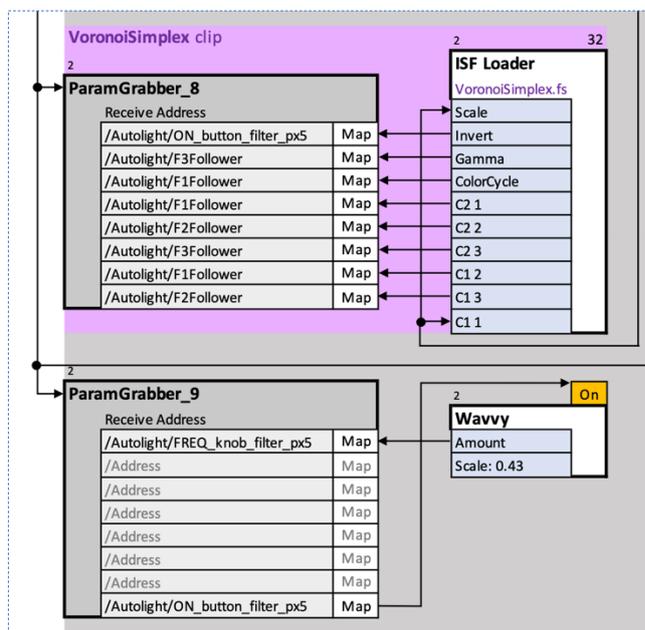


Figura 2.12 Mapeo de efecto Wavvy en el canal de Imágenes ISF

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apéndice B

La asignación de los diferentes parámetros de control de las imágenes ISF, se realizó evaluando el diseño y comportamiento de cada una al

proyectarse durante las pruebas de ejecución del sistema. Todo el mapeo de señales y demás configuraciones puede observarse a detalle en el esquema de conexionado del sistema Autolight 2.0 que se encuentra en el apéndice A.

2.2.2.6 Visión por Computador

La función de visión por computador, se implemento tomando como fuente de video a la webcam Facetime HD Camera de la segunda laptop a traves del plugin External In de Videosync, seguido por los efectos de Wavvy y Feedback, tambien plugins de Videosync, a traves de los cuales, se deforma y retroalimenta la nitidez de la imagen, con la finalidad de crear un efecto de psicodelia sobre el video captado.

Cada uno de estos plugins esta acompaño por un plugin ParamGrabber, que asigna su activación al boton CUE del canal A de la mezcladora. El efecto Wavvy mantiene sus parámetros Amount en 0.02 y Scale en 0.10, sin vincularse a controles MIDI mapeados. En cambio, el efecto Feedback vincula su parámetro de Amount al potenciometro de LEVEL del modulo de efectos de la mezcladora y vincula el parámetro de Input Gain al canal MIDI CC 15 correspondiente a los datos enviados por el canal de inteligencia artificial sounds.pink configurado en su modo Emotion y que envia datos MIDI dependiendo de las emociones captadas por la camara, el canal CC 15 corresponde a la emocion de felicidad, *ver Fig 2.13*.

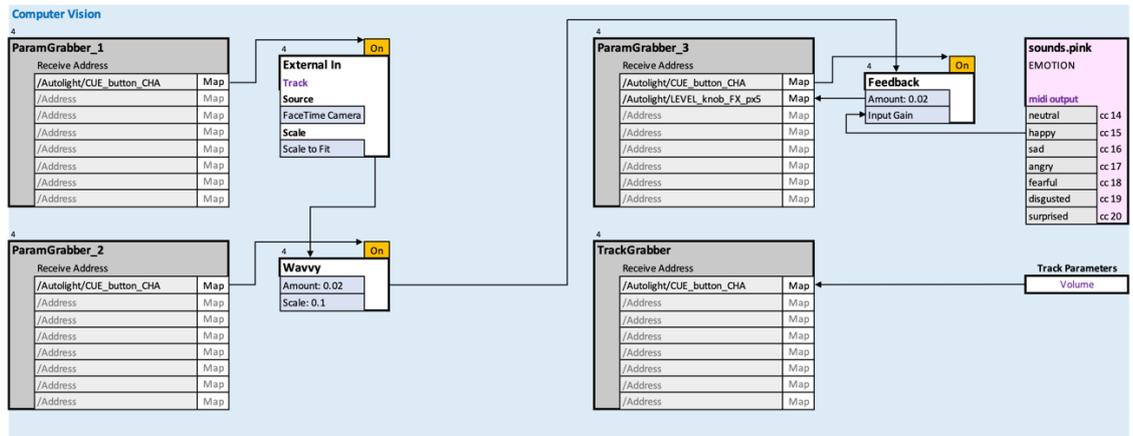


Figura 2.13 Función de visión por computador

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apendice B

2.2.3 Elementos Actuadores

Los elementos actuadores del sistema Autolight 2.0, se conformaron por los dispositivos de iluminación que forman parte del universo DMX y por el dispositivo proyector de video, por el cual se transmitirían las Imágenes ISF y el video captado por la webcam.

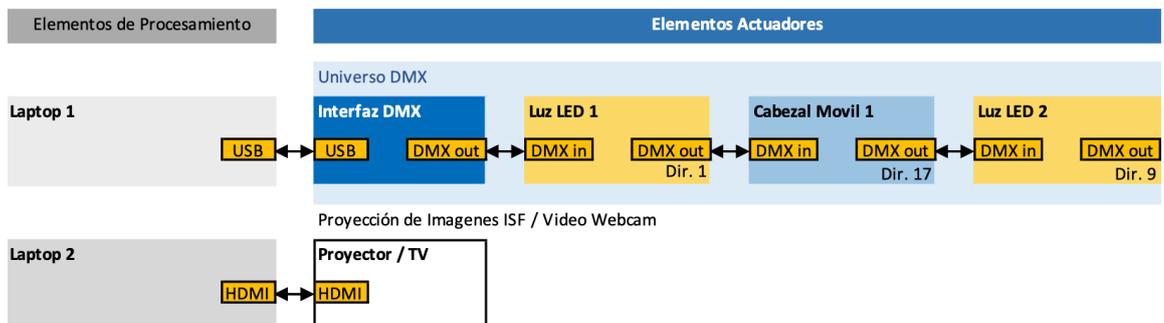


Figura 2.14 Elementos actuadores del sistema Autolight 2.0

Nota. Elaboración propia, esquema completo en apendice B

En la Fig. 2.14, se puede observar que el universo DMX esta conformado por dos luces LED (Eurolite LED Par Light 8CH), asignadas a las direcciones .1 y .9; y una luz cabezal movil (60W mini Moving Head Gobo Light) asignada a la dirección .17. Entre las direcciones y parámetros de funcionamiento de las luces se ocuparon 27 canales. Estas luces se

conectaron en serie y recibieron los datos de control a través de una interfaz DMX (ENTTEC USB 2.0 / DMX512).

El proyector de video es un Happrun Projector, sin embargo, también se podría considerar el uso de un televisor o cualquier otro equipo proyector que sea compatible con la salida HDMI de la laptop.

2.3 Requerimientos de Hardware

En la tabla 2.1, se detallan los elementos hardware utilizados en la implementación del sistema Autolight 2.0:

Tabla 2.1 Elementos Hardware del sistema Autolight 2.0

Elemento	Descripción / Especificaciones
Allen & Heat Xone:PX5 Mezcladora	Mesa de mezclas encargada de recibir las señales de audio provenientes de los sintetizadores y máquinas de ritmos en el Live Set o pistas lanzadas en el DJ Set, en donde el artista podrá pre-amplificar, ecualizar, modular y añadir efectos a estas señales que posteriormente se digitalizan y se rutean al software secuenciador Mezclador de DJ digital de 4 canales con interfaz de audio integrada de 20 canales, ecualizadores de 3 bandas, efectos, filtro de 3 modos y faders ajustables de 3 modos, con capacidad de control MIDI
Apple MacBook Pro Retina, 13-inch, Early 2015 Laptop 1	Elemento de procesamiento del sistema Autolight 2.0, encargado de analizar el audio, mapeo MIDI y envío de datos OSC. 2,7 GHz Intel Core i5 de dos núcleos 8 GB 1867 MHz DDR3 1TB SSD Intel Iris Graphics 6100 1536 MB MacOs Monterey 12.6.9
Apple MacBook Air M2 13 - inch 2022 Laptop 2	Elemento de procesamiento del sistema Autolight 2.0, encargado de recibir datos OSC, procesamiento

	<p>grafico por control de imágenes ISF y video de webcam controlado por Visión por Computador.</p> <p>Chip Apple M2 8 Core CPU 10 Core GPU 8 GB RAM 512 GB SSD MacOs Ventura 13.0</p>
Enttec Open DMX USB 70303 Interfaz DMX	Interfaz USB / DMX para el control de luces, permite salir con mensajes DMX512 desde el computador
Projector Haprun Proyector	Dispositivo encargado de proyectar las imágenes generadas con los plugins de Videosync
60W Mini Moving Head Gobo Light Luz Cabezal Movil DMX	Luz robótica RGB, con dos grados de libertad, 11 canales DMX para su parametrización y control
Eurolite Led Par Light 8 CH Luz LED DMX	2 luces estáticas RGB ‘tachos’, con 8 canales DMX para su parametrización y control

2.4 Requerimientos de Software

En la tabla 2.2, se detallan los elementos software utilizados en el diseño e implementación del sistema Autolight 2.0

Tabla 2.2 Elementos Software del sistema Autolight 2.0

Elemento	Descripción
Ableton Live 11 Suite	DAW, software secuenciador de audio, sobre el cual se desarrollaron los proyectos del sistema y en donde se configuraron e interconectaron las diferentes funciones de: análisis de audio, mapeo MIDI, control de luces DMX, transmisión y recepción de datos OSC, control de imágenes ISF, visión por computador.
Beam	Paquete de plugins de pago desarrollado por Showsync para Ableton Live, destinado al control de luces DMX
Videosync	Paquete de plugins de pago desarrollado por Showsync para Ableton Live, destinado a la manipulación de video y control de imágenes ISF

LiveGrabber	Paquete de plugins gratuitos desarrollado por Showsync para Ableton Live, destinado a la transmisión y recepción de datos a través del protocolo OSC.
Sounds.pink	Es un sitio web abierto de IA que permite traducir el movimiento, las emociones y la orientación de lo captado por una cámara de video en datos de control MIDI.

2.4.1 Ableton Live

Ableton Live 11 Suite es una aplicación destinada a la producción musical y ejecuciones en directo, dirigida a músicos, productores y artistas en solitario. Destaca por su interfaz fácil de usar y su enfoque en la creación musical en tiempo real.

El programa se organiza en dos vistas principales: la vista de arreglo, donde los usuarios pueden estructurar su música en una línea de tiempo similar a otros software de producción musical, y la vista de sesión, que posibilita la creación, manipulación y lanzamiento de clips de audio y MIDI en tiempo real, siendo ideal para presentaciones en vivo.

Ableton Live ofrece una amplia gama de instrumentos virtuales, efectos de audio y herramientas de producción, como sintetizadores, samplers, procesadores de efectos y herramientas de automatización, entre otros. Además, su compatibilidad con diversos controladores MIDI y hardware lo convierte en una opción ideal para su implementación en configuraciones de interpretación en vivo [9].



Figura 2.15 Proyecto Autolight2.0_DMx+OSC en Ableton Live 11 Suite

2.4.2 Beam

Showsync Beam integra el control de iluminación con Ableton Live. Beam es un conjunto de plugins que permite controlar configuraciones de iluminación complejas y permite el control sobre cualquier tipo de dispositivo DMX directamente un proyecto en Live [10].

Beam se puede ejecutar únicamente en computadores Apple, teniendo como requisitos del sistema: macOS 10.13+ (High Sierra o superior), Ableton Live 10.1.13 o superior.

A continuación se describen los plugins utilizados en el proyecto:

- **Par:** este instrumento permite el control de intensidad y color. El control de color normalmente solo se aplica a los LED PAR [11], ver Fig. 2.16.



Figura 2.16 Controles del instrumento Par de Beam [11]

- **Generic:** es un instrumento flexible que permite controlar una amplia gama de dispositivos, independientemente de sus parámetros. Usando los botones + y -, se pueden configurar diferentes diales genéricos. El mínimo son 2 y el máximo son 16. Se puede asignar cada dial genérico a un parámetro de modulación personalizado dentro del grupo de etiquetas del dispositivo seleccionado. En el extremo derecho del dispositivo, Generic incluye dos envolventes separadas, que también se pueden enrutar a cualquier parámetro de modulación que se desee [11], ver Fig. 2.17.



Figura 2.17 Controles del instrumento Generic de Beam [11]

- **LFO:** este efecto permite cambiar de forma periodica o aleatoria el valor de cualquier parámetro, utilizando diferentes formas de onda para su modulación [12], ver Fig. 2.18.



Figura 2.18 Controles del instrumento Generic de Beam [12]

2.4.3 Videosync

Showsync Videosync es un conjunto de plugins que permiten: reproducir video en Ableton Live, generar, manipular deformar y reproducir cualquier fuente de video, procesar videos con efectos, escalar imágenes y demas funciones que se integran como complementos de Ableton Live, convirtiendolo en un poderoso editor y sintetizador de video [13].

Videosync se puede ejecutar unicamente en computadores Apple, teniendo como requisitos del sistema: macOS 10.13+ High Sierra o superior, Ableton Live 10.1.13 o superior, tarjeta grafica dedicada.

A continuación se describen los plugins utilizados en el proyecto:

- **External In:** permite rutear una fuente de video similar a una de audio en Ableton Live, esta fuente de video puede ser una webcam, un software Syphon o hardware externos [14], ver Fig. 2.19.

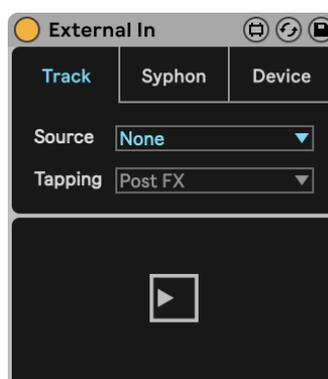


Figura 2.19 Controles del instrumento External In de Videosync [14]

- **ISF Loader:** Este dispositivo fue creado con el propósito específico de simplificar la interacción con sombreadores ISF en Live. Puedes cargar tanto sombreadores de tipo generador como sombreadores de tipo efecto en el dispositivo. [15], ver Fig. 2.20.

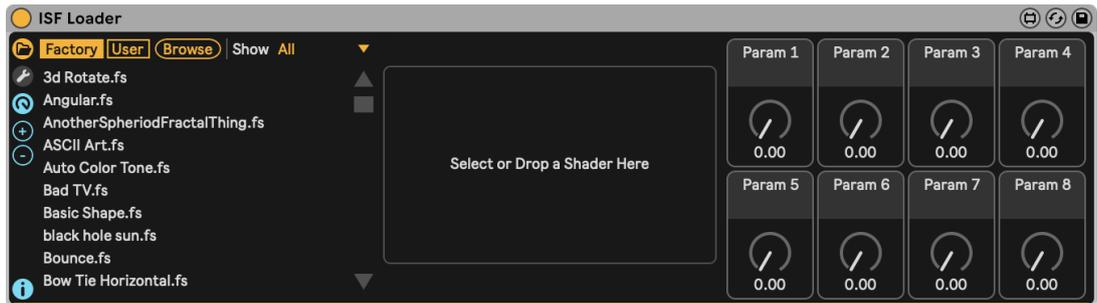


Figura 2.20 Controles del dispositivo ISF Loader de Videosync [15]

Es posible utilizar cualquiera de los efectos de Videosync para modificar aún más las imágenes generadas por ISF Loader. También se admite la utilización de varios cargadores ISF en el mismo canal.

- **Wavvy:** Es un efecto de vídeo de desplazamiento que permite realizar ondulaciones en las imágenes añadiendo diferentes distorsiones que fluyen y se transforman orgánicamente [16], ver Fig. 2.21.



Figura 2.21 Controles del efecto Wavvy de Videosync [16]

- **Feedback:** Este efecto copia el fotograma anterior en el fotograma actual, produciendo un efecto de eco. Mientras se copia, el borde puede ser escalado horizontal y verticalmente. Produciendo un efecto de movimiento de hacia adentro o hacia fuera [16].

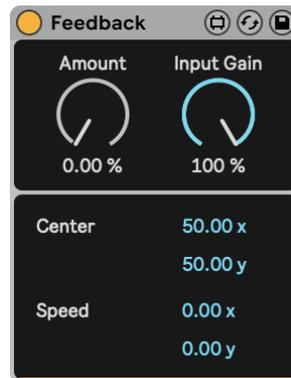


Figura 2.22 Controles del efecto Feedback de Videosync [16]

2.4.4 LiveGrabber

LiveGrabber es un conjunto de complementos de Max For Live que permiten enviar parámetros de dispositivo, parámetros de pista, envolventes de clip e información de análisis de audio desde Ableton Live a cualquier dispositivo en la red que admita protocolo OSC [17].

LiveGrabber tiene como requisitos del sistema: Windows 10 o macOS 10.11 El Capitan o superior, Ableton Live 10.1 o superior, cualquier dispositivo software o hardware que admita entrada OSC.

A continuación se describen los plugins utilizados en el proyecto:

- **AnalysisGrabber:** Analiza el audio de una pista en Ableton Live. Permite utilizar tres filtros (pasa-altas, pasa-bajas, pasa-banda) separados para aislar el audio y enviar datos OSC basados en activadores o seguidores de envolvente, *ver Fig. 2.23*.

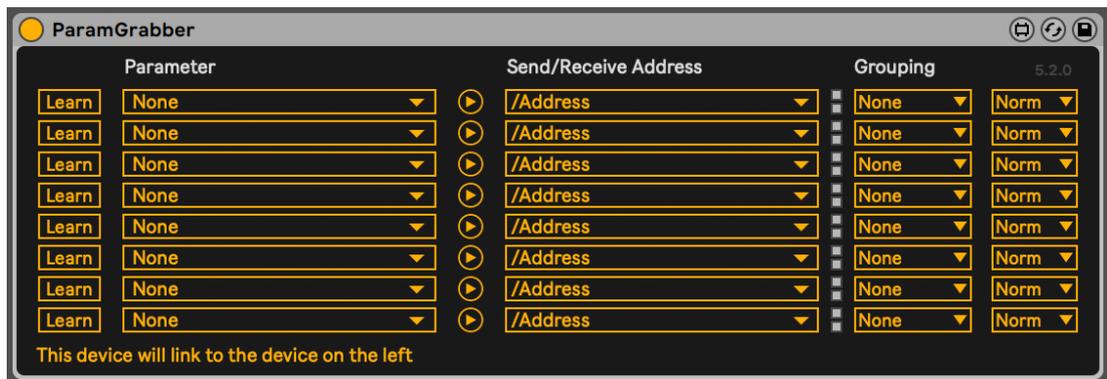


Figura 2.26 Controles del plugin ParamGrabber [17]

- **TrackGrabber:** este complemento permite conectar los controles consola de un canal a las direcciones de recepción de datos OSC, ver Fig. 2.27.

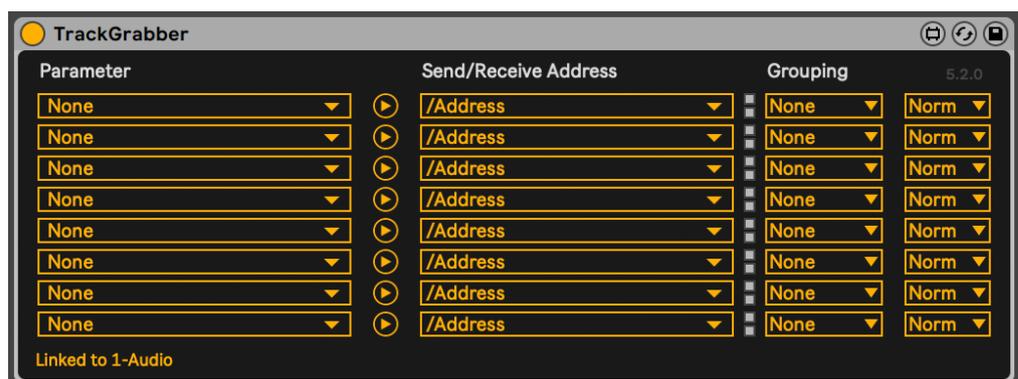


Figura 2.27 Controles del plugin TrackGrabber [17]

- **VoidGrabber:** este complemento permite enviar valores arbitrarios con automatización de sesión y clips, ver Fig. 2.28.

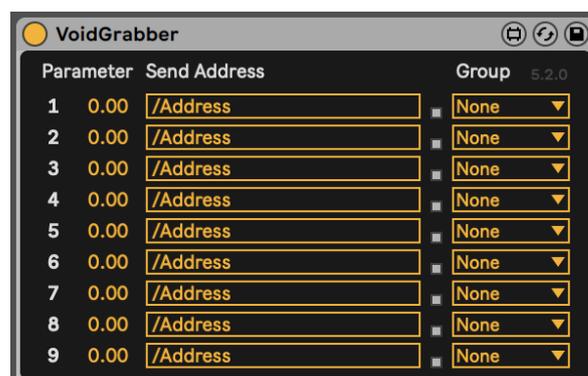


Figura 2.28 Controles del plugin VoidGrabber [17]

2.4.5 Sounds.pink

Sounds.pink es un canal abierto que aprovecha la IA y permite traducir el movimiento y las emociones captadas por una webcam en datos de control MIDI. Consiste en un sitio web que toma las entradas de su ubicación y en conjunto con una aplicación de escritorio que se conecta a un servidor, genera datos con información MIDI [18], ver Fig. 2.29.

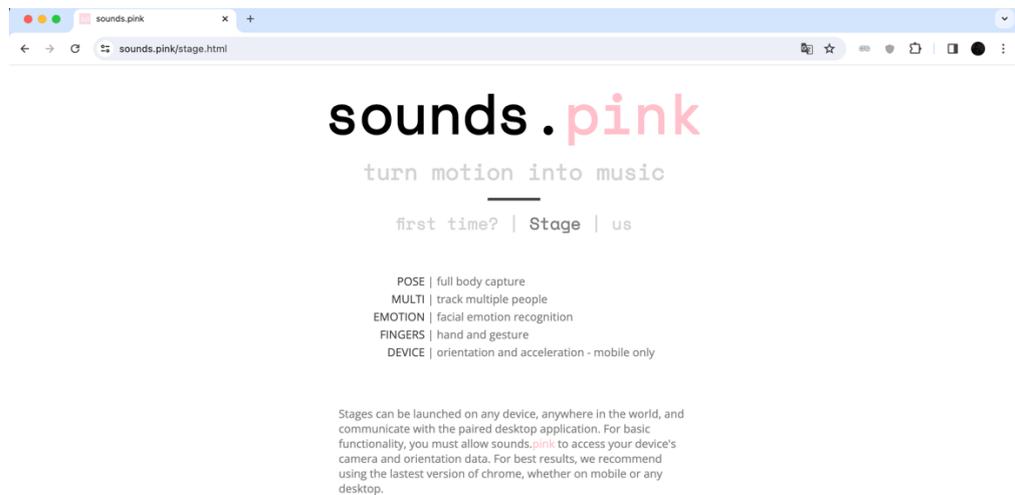


Figura 2.29 Sitio web sounds.pink [18]

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANALISIS

3.1 Implementación en Software

Para la implementación del sistema Autolight 2.0 se desarrollaron dos proyectos en Ableton Live, al proyecto de la primera laptop se lo denomino Autolight2.0_DMX+OSC y al proyecto de la segunda laptop se lo denomino Autolight2.0_ISF+Vision. A continuación, se detallan las configuraciones y conexiones realizadas en cada uno:

3.1.1 Desarrollo de Autolight2.0_DMX+OSC, laptop 1

Este proyecto en Ableton Live se dividió en dos grupos, el primer grupo corresponde a la función de Analisis de Audio 1 y sus configuraciones asociadas para el control de los dispositivos DMX, mientras que el segundo grupo corresponde a la función de Analisis de Audio 2 y envio de datos MIDI a través del protocolo OSC a la segunda laptop, ver Fig. 3.1.



Figura 3.1 Proyecto Autolight2.0_DMX+OSC en Ableton Live

Configuraciones realizadas:

- Analisis de audio 1, analisis de frecuencias graves y seguidor de envolvente que modula el parámetro de intensidad del plugin Par encargado de controlar el color azul en las luces LED DMX, ver Fig. 3.2 y 3.3.

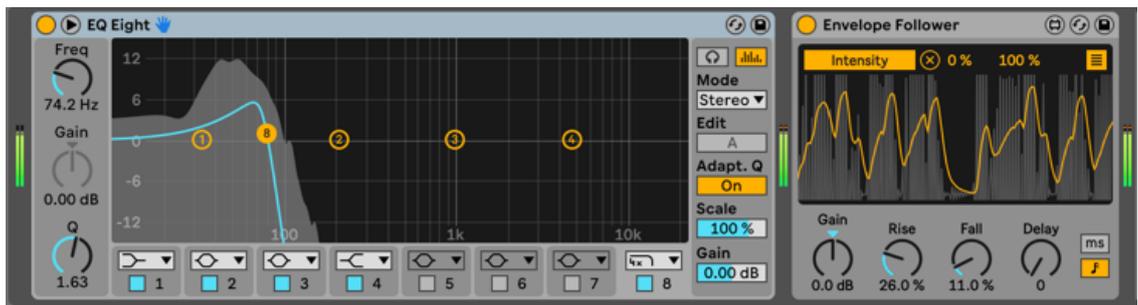


Figura 3.2 Cadena de efectos del analisis de frecuencias graves



Figura 3.3 Control de la intensidad del color azul en luces led DMX

El mismo seguidor de envolvente tambien modula la intensidad del plugin Par del canal 1, que controla los diferentes colores en la luces led DMX al tener vinculado tres LFOs a sus parámetros RGB, ver Fig. 3.4.

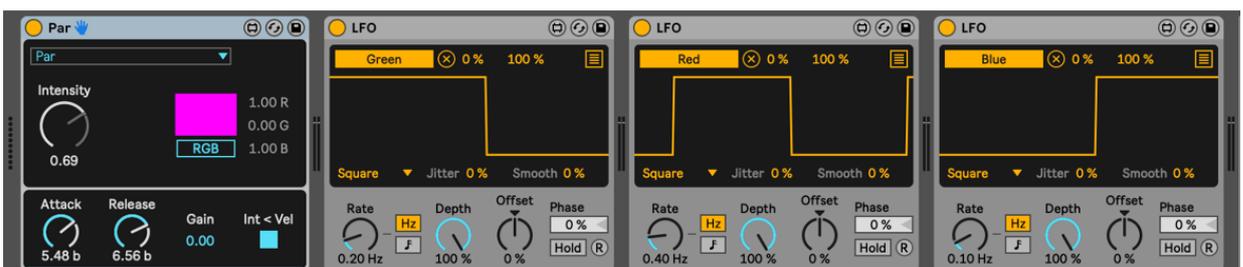


Figura 3.4 Control de la intensidad del colores RGB en luces led DMX

- Analisis de audio 1, analisis de frecuencias agudas y seguidor de envolvente que modula el parámetro de intensidad del plugin Par encargado de controlar el color rojo en las luces LED DMX, ver Fig. 3.5 y 3.6.

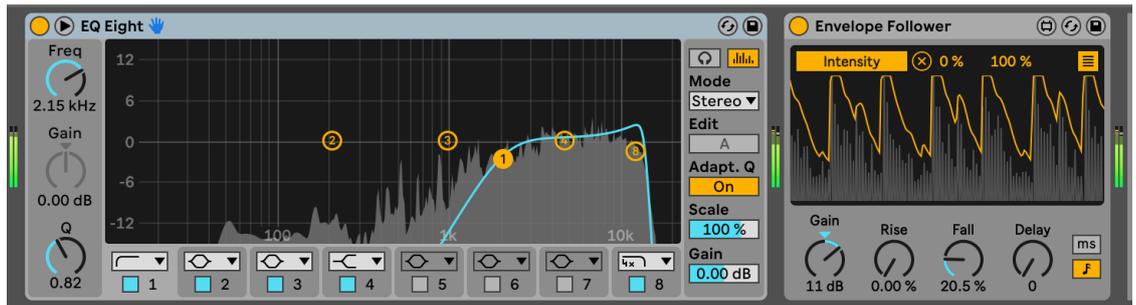


Figura 3.5 Cadena de efectos del analisis de frecuencias agudas



Figura 3.6 Control de la intensidad del color rojo en luces led DMX

- Control del funcionamiento de la luz robotica cabezal móvil, se utilizó el plugin Generic y tres LFOs, estos ultimos permitieron mantener un movimiento suave y constante a través de sus ejes, al igual que una ligera variación en el nivel intensidad de su luz, ver Fig. 3.7.

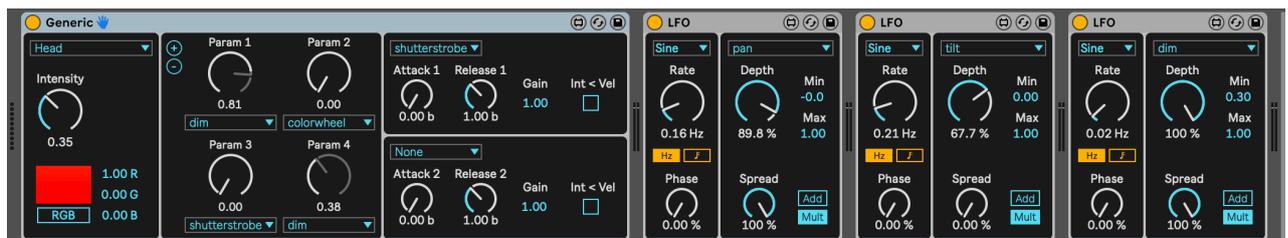


Figura 3.7 Cadena de efectos del control de la luz robotica cabezal movil

- Mapeo MIDI interno, las notas y mensajes de control continuo (CC) MIDI recibidos de la mezcladora, se asignaron a diferentes parámetros de dispositivos virtuales propios y de pago, y demás controles de la consola de Live, esto se puede observar en la siguiente captura, ver Fig. 3.8.

Canal	Nota/Control ▲	Ruta	Nombre	Min	Max
16	Note A#-2	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI FX px5	Parameter 8	0.00	1.00
16	Note D#-1	2 Par Bass RGB Par	Device On		
16	Note D#-1	2 Par Bass RGB Par	Red	0.00 R	1.00 R
16	Note D#-1	2 Par Bass RGB Par	Green	0.00 G	1.00 G
16	Note D#-1	2 Par Bass RGB LFO	Device On		
16	Note D#-1	2 Par Bass RGB LFO	Device On		
16	Note D#-1	2 Par Bass RGB LFO	Device On		
16	Note D#-1	3 Par Bass Blue Par	Device On		
16	Note E-1	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI FX px5	Parameter 7	0.00	1.00
16	Note A-1	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI filter px5	Parameter 4	0.00	1.00
16	Note A#-1	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI filter px5	Parameter 5	0.00	1.00
16	Note B-1	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI filter px5	Parameter 6	0.00	1.00
16	Note C0	5 Par Treble Red Par	Device On		
16	Note C0	7 MovingHead Generic	Parameter Control 2	0.30	0.00
16	Note C0	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI filter px5	Parameter 2	0.00	1.00
16	Note C0	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI filter px5	Parameter 7	0.00	1.00
16	Note C#1	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI FX px5	Parameter 1	0.00	1.00
16	Note D1	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI FX px5	Parameter 2	0.00	1.00
16	CC 0	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI Faders px5	Parameter 2	0.00	1.00
16	CC 1	2 Par Bass RGB Par	Blue	0.00 B	1.00 B
16	CC 1	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI Faders px5	Parameter 3	0.00	1.00
16	CC 2	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI Faders px5	Parameter 4	0.00	1.00
16	CC 3	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI Faders px5	Parameter 5	0.00	1.00
16	CC 5	2 Par Bass RGB Par	Intensity	0.40	1.00
16	CC 5	5 Par Treble Red Par	Intensity	0.00	1.00
16	CC 5	7 MovingHead Generic	Parameter Control 3	0.00	1.00
16	CC 5	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI filter px5	Parameter 1	0.00	1.00
16	CC 5	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI filter px5	Parameter 3	0.00	1.00
16	CC 8	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI FX px5	Parameter 6	0.00	1.00
16	CC 8	Master Mixer	Song Tempo	80.00	140.00
16	CC 9	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI FX px5	Parameter 5	0.00	1.00
16	CC 10	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI FX px5	Parameter 4	0.00	1.00
16	CC 11	7 MovingHead Generic	Parameter Control 1	0.00	1.00
16	CC 11	10 MIDI Assign VoidGrabber MIDI FX px5	Parameter 3	0.00	1.00

Figura 3.8 Asignaciones MIDI en Ableton Live

- Análisis de audio 2, se utilizó el plugin AnalysisGrabber, se seleccionaron los tipos de filtros, la banda y frecuencia de corte deseados. Durante las pruebas, se realizaron ligeros ajustes en los seguidores de envolventes; desde este plugin se pudieron asignar las modulaciones de cada filtro a una dirección de envío OSC, ver *Fig. 3.9*.

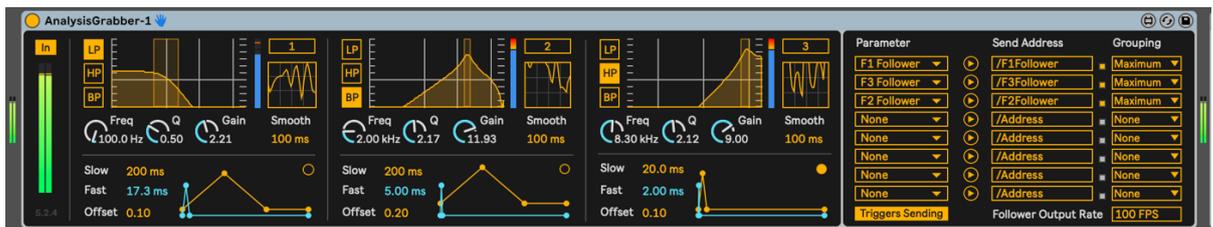


Figura 3.9 Análisis de Audio 2 en Ableton Live

- Mapeo de controles MIDI de la mezcladora y su asignación a direcciones de envío de datos OSC, utilizando el plugin VoidGrabber, ver *Figs. 3.10, 3.11 y 3.12*.



Figura 3.10 Mapeo MIDI del VCF a direcciones de envío OSC

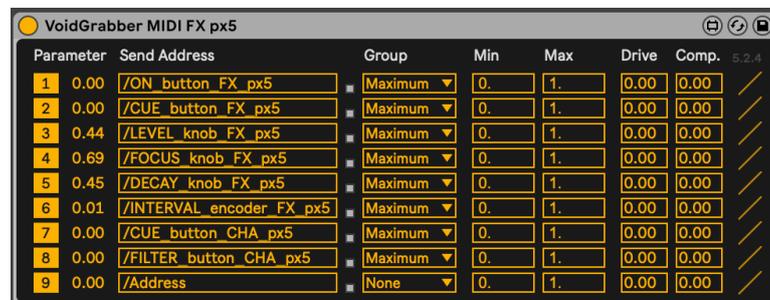


Figura 3.11 Mapeo MIDI del modulo de efectos a direcciones de envío OSC



Figura 3.12 Mapeo MIDI de deslizadores de canal a direcciones de envio OSC

- Configuración del plugin GrabberSender, aquí se añadió la dirección IP de la segunda laptop como destino OSC en la red, también se añade Autolight como nombre de ruta y se mantiene el puerto por defecto en 1337, ver Fig. 3.13.

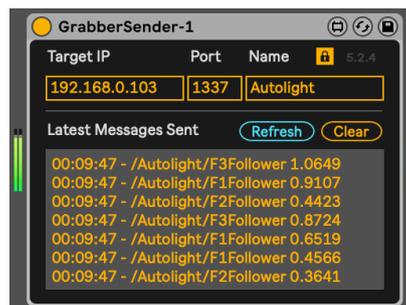


Figura 3.13 Envio de datos OSC con GrabberSender

3.1.2 Desarrollo de Autolight2.0_ISF+Vision, laptop 2

Este proyecto recibe los datos OSC enviados desde la primera laptop, controla la proyección de imágenes ISF e imágenes captadas por la webcam, su procesamiento y manipulación de determinados parámetros con la ayuda del control por visión por computador, ver Fig. 3.14.

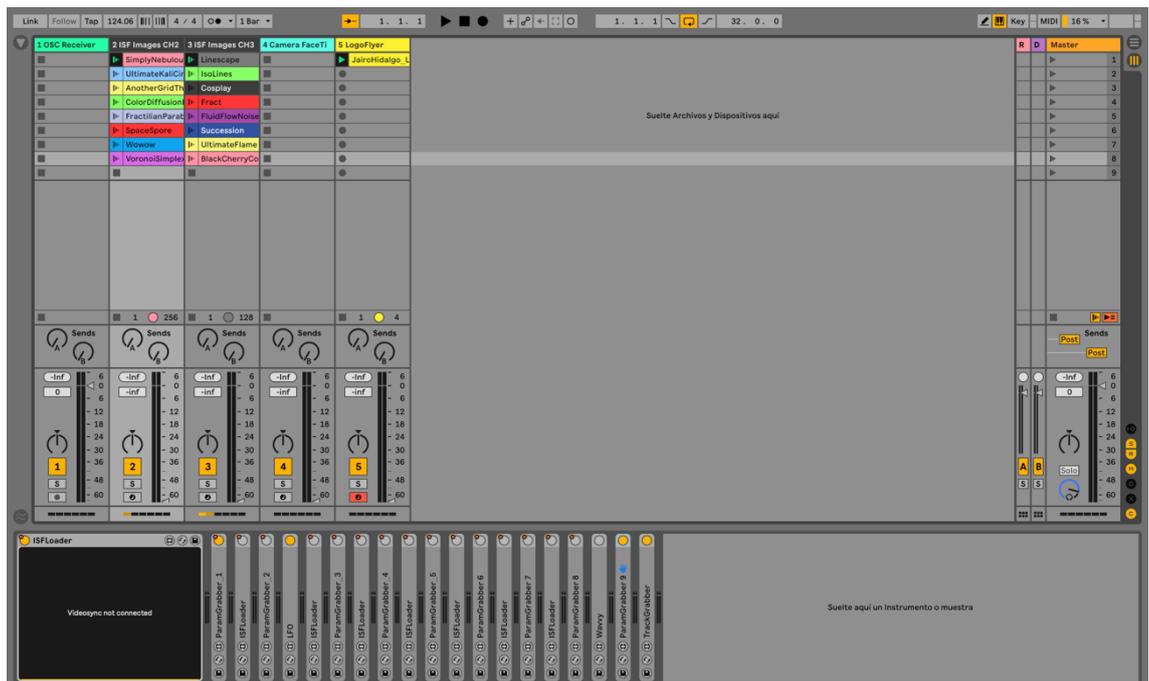


Figura 3.14 Proyecto Autolight2.0_ISF+Vision en Ableton Live

Configuraciones realizadas:

- Configuración del plugin GrabberReceiver, este complemento se utilizó para verificar y garantizar la recepción de datos OSC enviados por la laptop 1 en la red, *ver Fig. 3.15*.



Figura 3.15 Recepción de Datos OSC con GrabberReceiver

- Control de proyección de imágenes ISF, esto se realizó desde la vista sesión de Live, utilizando 16 clips correspondientes a 16 imágenes ISF, distribuidos en dos canales y conformando 8 escenas de ejecución. A través de la configuración de estos clips, se pudo activar los plugins ISF Loader y ParamGrabber de la imagen ISF

correspondiente y desactivar a la vez los plugins restantes en el mismo canal. Se establecieron tiempos de ejecución de 16, 32 y 64 compases dependiendo del diseño de la imagen ISF y con la consigna de lanzar otro clip de forma aleatoria al terminar su tiempo de ejecución, ver Fig. 3.16 y 3.17.



Figura 3.16 Clips de proyección de imágenes ISF



Figura 3.17 Cadena de efectos de proyección de imágenes ISF

La proyección de las imágenes ISF de ambos canales, esta ligada al nivel de volumen del canal al que pertenecen en Live, y estos a su vez, se corresponden a los deslizadores de los dos canales de la mezcladora utilizados en el DJ set, de esta forma las imágenes se mezclan y atenuan de acuerdo a la mezcla de las pistas lanzadas.

- Control de proyección de imágenes captadas por la webcam, en este punto se recurrió al canal de IA sounds.pink configurado en su modo EMOTION para controlar el parámetro Input Gain del efecto Feedback con la variable correspondiente al mensaje CC 15 atribuido a la emoción de felicidad 'happy', ver Fig. 3.18 y 3.19.

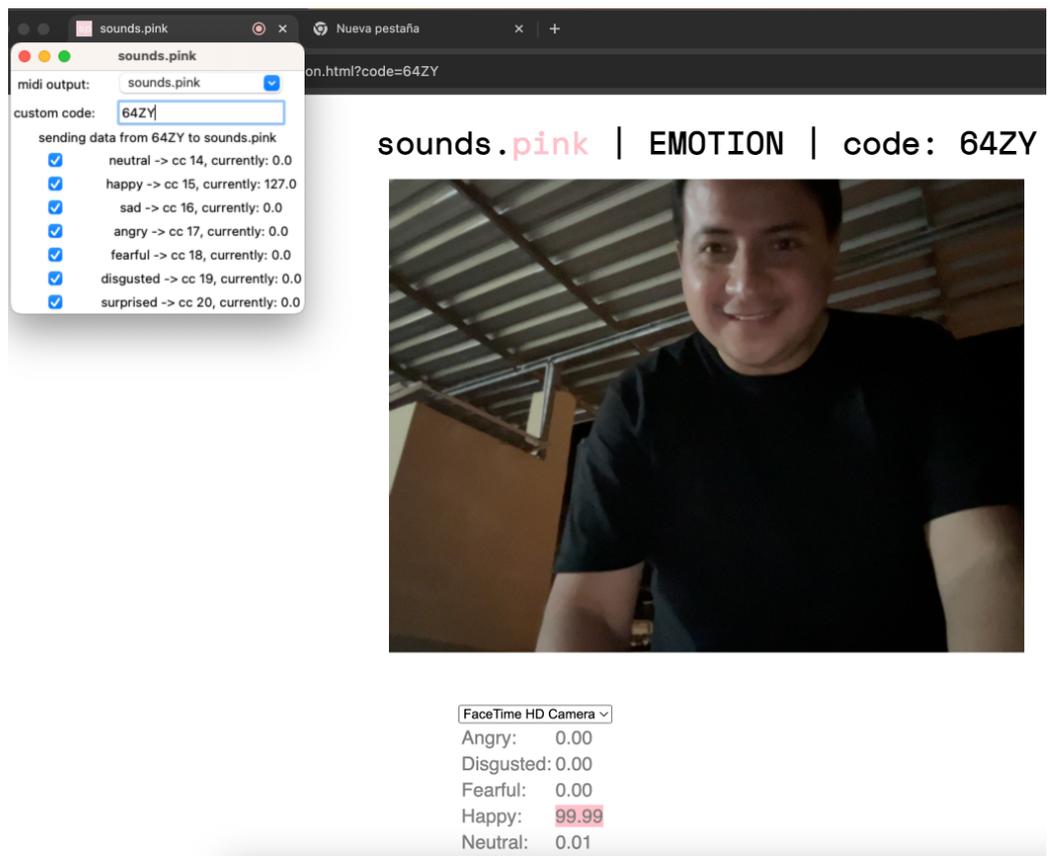


Figura 3.18 Modo EMOTION de sounds.pink



Figura 3.19 Cadena de efectos de la imagen captada por la webcam

3.2 Implementación en Hardware

El sistema Autolight 2.0 se instaló como un complemento del Live Set y del DJ Set del autor, compartiendo parte del hardware para su implementación, ver Fig. 3.20 y 3.21.



Figura 3.20 Instalación del sistema Autolight 2.0 en DJ Set y Live Set

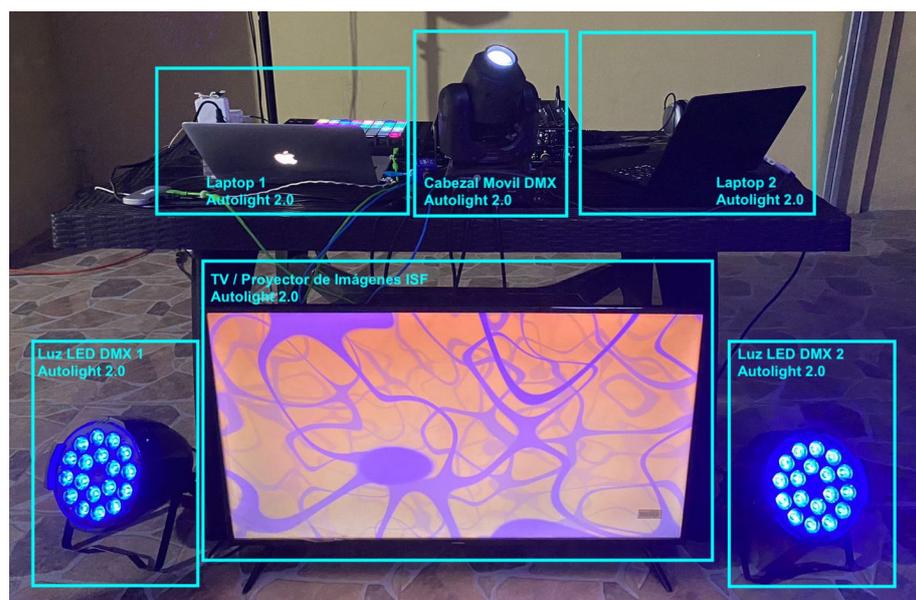


Figura 3.21 Vista frontal del sistema Autolight 2.0

3.3 Pruebas del Sistema

Durante las diferentes etapas de desarrollo del sistema, el autor tuvo la oportunidad de tener varias presentaciones en vivo, que le permitieron probar algunos prototipos previos al diseño final. Pudiendo así, identificar pequeños errores durante la ejecución, que pudieron corregirse a tiempo. Los conexiones resultantes quedaron registrados en el esquema de conexionado del sistema Autolight 2.0 del apéndice A, ver Fig. 3.22.



Figura 3.22 Presentaciones del autor con Autolight 2.0

En las siguientes figuras se puede observar, la proyección de diferentes imágenes ISF y las diferentes tonalidades de color que se proyectan en las luces DMX de acuerdo con las modulaciones sonoras realizadas, ver Figs. 3.23, 3.24 y 3.25.



Figura 3.23 Pruebas de funcionamiento del sistema Autolight 2.0



Figura 3.24 Pruebas de funcionamiento del sistema Autolight 2.0



Figura 3.25 Pruebas de funcionamiento del sistema Autolight 2.0

También se puso a prueba la función de control de parámetros a través de emociones utilizando sounds.pink, de esta forma cuando el artista sonríe la imagen captada por la webcam tiende a distorsionar su nitidez, ver Fig. 3.26.

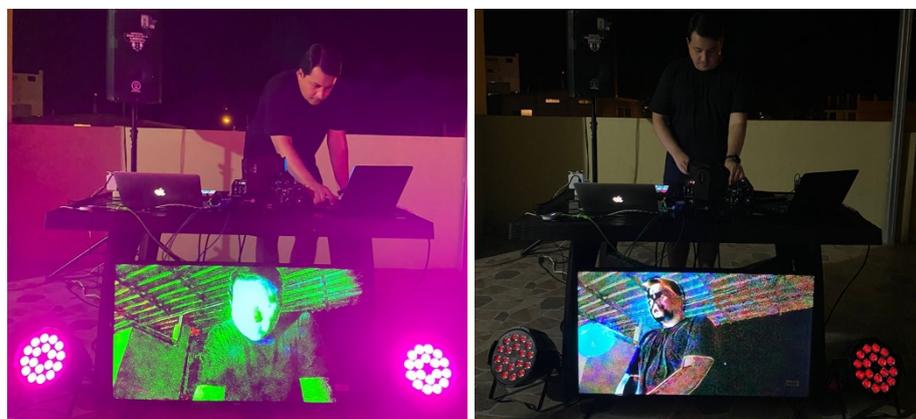


Figura 3.26 Pruebas de funcionamiento del sistema Autolight 2.0

3.4 Análisis de Costos

La inversión realizada es de aproximadamente siete mil dólares entre los elementos hardware y software que conforman el sistema Autolight 2.0, ver *tabla 3.1*.

Tabla 3.1 Inversión económica

Cantidad	Elemento	Inversión
1	Ableton Live 11 Suite	\$749,00
1	Showsync Beam	\$189,00
1	Showsync Videosync	\$189,00
1	Showsync LiveGrabber	\$0,00
1	60W Mini Moving Head Gobo Light (x1)	\$250,00
2	Eurolite Led Par Light 8CH (x2)	\$230,00
1	Apple MacBook Pro Retina, 13-inch, Early 2015	\$1400,00
1	Apple MacBook Air M2 13 -inch 2022	\$1700,00
1	Allen & Heath Xone:PX5 4+1 DJ Mixer with Soundcard, Midi Controller	\$1799,00
1	Projector Happrun	\$72,75
1	Enttec Open DMX USB 70303 Lighting Controller Interface	\$67,00
1	Cable HDMI 10m	\$25,00
		\$6670,75

Se ha considerado como modelo de negocio, el alquiler de este sistema a trecientos dólares por evento a la semana, proyectándose así una recuperación de la inversión en un lapso de aproximadamente seis meses.

Lo cual resultaría bastante conveniente considerando los tiempos de garantía y vida útil de los elementos instalados en el sistema.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La arquitectura final del sistema logró satisfacer la consideración principal de diseño requerida por el autor, ya que, al añadir un segundo computador exclusivamente para el procesamiento gráfico. Se suprimieron preocupaciones asociadas a fallas por latencia o sincronización, que pudiesen haber entorpecido el desempeño del artista durante la ejecución del DJ set en conjunto con Autolight 2.0.

Los complementos de LiveGrabber garantizaron una interoperabilidad optima entre las dos laptops, la proyección de imágenes ISF siempre se mantuvo constante durante las pruebas, correspondiéndose con exactitud a las modulaciones sonoras ejecutadas por el autor sobre los controles de la mezcladora durante la ejecución del DJ set. Lo que hace referencia a la gran estabilidad que proporciona el protocolo OSC en la transmisión de datos en red.

Durante las pruebas de funcionamiento de Autolight 2.0, se pudo evidenciar que las luces DMX representaron la base visual de la atmosfera proyectada con el sistema. Ya que la intensidad de las luces y las transiciones de colores sincronizadas, permitieron abarcar un mayor espacio en la audiencia, determinando la emotividad transmitida por el DJ durante su ejecución artística.

El sistema Autolight 2.0, se pudo implementar en un 95% de lo requerido, ya que se presentaron problemas durante las pruebas con la función de control de visión por computador. En muchas ocasiones no se recibían a tiempo los mensajes MIDI de la aplicación web sounds.pink, detectándose latencias entre los gestos del artista y el procesamiento correspondiente de la imagen captada por la webcam.

La importancia de este proyecto radica en su capacidad de poder elevar el nivel de percepción de la audiencia, al añadir textura a la música con elementos visuales y permitirle al público interactuar con un mayor flujo de información que estimule sus sentidos.

4.2 Recomendaciones

En caso de querer ampliar el sistema Autolight 2.0, bastaría únicamente con incrementar el número de luces DMX considerando los canales restantes del universo DMX ya levantado, sin embargo, si el área de cobertura fuese bastante superior, además de adquirir una mayor cantidad de luces DMX, sería recomendable también utilizar una interfaz DMX más robusta que permitiera la conexión de varios universos de luces DMX.

Es recomendable ser cuidadoso al momento de instalar actualizaciones del software que involucren los plugins utilizados en nuestros proyectos. Ya que durante el diseño de Autolight 2.0, se actualizaron los plugins de Videosync de la versión 1.1 a la 1.3, resultando en incongruencias asociadas a la asignación de parámetros de control de las imágenes ISF, lo cual se vio reflejado en los movimientos erróneos durante la proyección de las imágenes, lo cual no correspondía a las configuraciones iniciales realizadas. Esto derivó, en el hecho, de tener que volver a parametrizar la mayor parte de las 16 imágenes ISF consideradas para este proyecto.

Cuando se pretenda instalar el sistema en una nueva locación, es recomendable verificar si se cuenta con el espacio apropiado para la ubicación de los equipos, además, siempre es recomendable contar con herramientas adicionales que nos permitan resolver cualquier inconveniente que pudiese suscitarse durante el montaje, con la finalidad de evitar posibles retrasos en una presentación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Entertainment Services and Technology Association (ESTA), "American National Standard ANSI E1.11 – 2008 (R2018) Entertainment Technology—USITT DMX512-A Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories," 2008 R(2018). [Online]. Available: https://tsp.esta.org/tsp/documents/docs/ANSI-ESTA_E1-11_2008R2018.pdf.
- [2] Take Three, Inc., "DMX Lighting: A Brief History of a Powerful Technology," Take Three, Inc., 08 2016. [Online]. Available: <https://www.takethreelighting.com/dmx-lighting-history.html>. [Accessed Junio 2023].
- [3] G. Scarth, D. Felton y C. Barker, «Capítulo dos: Síntesis y diseños sonoro,» de *Secretos de la producción de música dance*, Londres, Attack Magazine, 2020, pp. 70-82.
- [4] R. López Briega, «Visión por Computadora,» IAAR, 02 2018. [En línea]. Available: <https://iaarbook.github.io/vision-por-computadora/>. [Último acceso: Junio 2023].
- [5] T. Holmes, «Chapter 8. The Voltage-Controlled Syntheizer: MIDI,» de *Electronic and Experimental Music: Technology, Music and Culture. 6th Edition*, New York, Routledge, 2020, pp. 227-235.
- [6] E. Caudet, «¿Qué es MIDI? Una visión general de uno de los inventos más importantes de la historia de la música,» Wood & Fire, Abril 2023. [En línea]. Available: <https://woodandfirestudio.com/es/was-ist-midi/>. [Último acceso: 2023 Junio].
- [7] M. Kent y G. Knapen, «Universal Serial Bus Device Class Definition for MIDI Devices,» Noviembre 1999. [En línea]. Available: <https://www.usb.org/sites/default/files/midi10.pdf>. [Último acceso: Junio 2023].
- [8] M. Wright, «OpenSoundControl Specification 1.0,» OpenSoundControl.org, Marzo 2002. [En línea]. Available: https://opensoundcontrol.stanford.edu/spec-1_0.html. [Último acceso: Junio 2023].
- [9] AG, Ableton, «¿Qué es Live?,» Ableton, Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.ableton.com/es/live/what-is-live/>. [Último acceso: Noviembre 2023].

- [10] Showsync, «Bienvenido al manual de Beam,» Showsync, Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://support.showsync.com/beam/>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [11] Showsync, «Instruments,» Showsync, Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://support.showsync.com/beam/#/device-reference/instruments>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [12] Showsync, «Effects,» Showsync, Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://support.showsync.com/beam/#/device-reference/effects>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [13] Showsync, «Full feature list,» Showsync, Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://support.showsync.com/videosync/#/features>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [14] Showsync, «Instruments,» Showsync, Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://support.showsync.com/videosync/#/device-reference/instruments>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [15] Showsync, «ISF Loader,» Showsync, Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://support.showsync.com/videosync/#/device-reference/isf-loader>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [16] Showsync, «Effects,» Showsync, Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://support.showsync.com/videosync/#/device-reference/effects>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [17] Showsync, «LiveGrabber,» Showsync, Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://support.showsync.com/freetools/#/livegrabber/introduction>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [18] B. Ellis, «sounds.pink,» sounds.pink, Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://github.com/kitchWWW/sounds.pink>. [Último acceso: Octubre 2023].

APÉNDICES

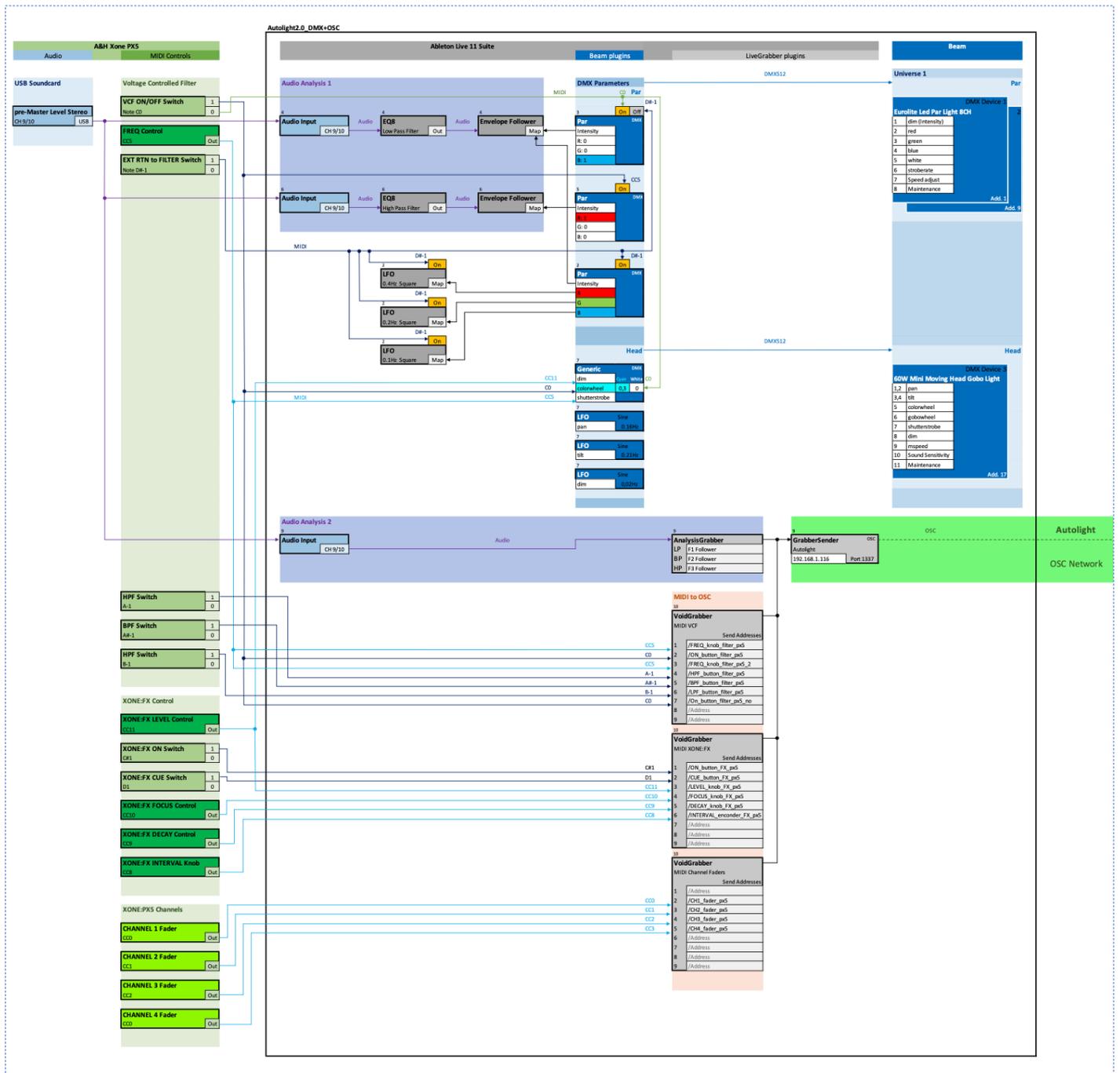
APÉNDICE A

MANUAL DE ENCENDIDO DEL SISTEMA AUTOLIGHT 2.0

1. Encender laptop 1
2. Abrir el proyecto en Beam
3. Realizar prueba de encendido de luces DMX desde Beam
4. Abrir proyecto Autolight2.0_DMX+OSC en Ableton Live
5. Abrir Traktor para habilitar el DJ set
6. Encender laptop 2
7. Abrir VideoSync y habilitar su visualización en la segunda pantalla (televisor o proyector).
8. Abrir proyecto Autolight2.0_ISF+Vision en Ableton Live
9. Verificar que ambas laptops estén conectadas en la misma red
10. Para la función de visión por computador, verificar que la red tenga salida a internet
11. Abrir la app sounds.pink y su aplicación web en el navegador, seleccionar stage y luego el tipo de reconocimiento que se desea, en este caso EMOTION, añadir el código que se da en el navegador a la app
12. En el proyecto de la laptop 1, ingresar la dirección IP de la segunda laptop en la casilla del plugin GrabberSender y verificar la recepción de datos en la laptop 2 a través del plugin GrabberReceiver.
13. Sincronizar todos los software de audio a travez de la función LINK, habilitando primeramente en Ableton Live y Traktor de la laptop 1 y luego en el proyecto de la laptop 2.
14. Verificar que se encuentren habilitada las entradas 9/10 de la interfaz de audio, ya que corresponde a la salida master de la mezcladora y sobre esta se va a realizar el análisis de audio en la laptop 1
15. Verificar la recepción de mensajes MIDI en la laptop 2
16. Lanzar los clips de la escena 1 en el proyecto de la laptop 2, es recomendable lanzar la primera escena siguiendo el beat de la pista actual.

APÉNDICE B

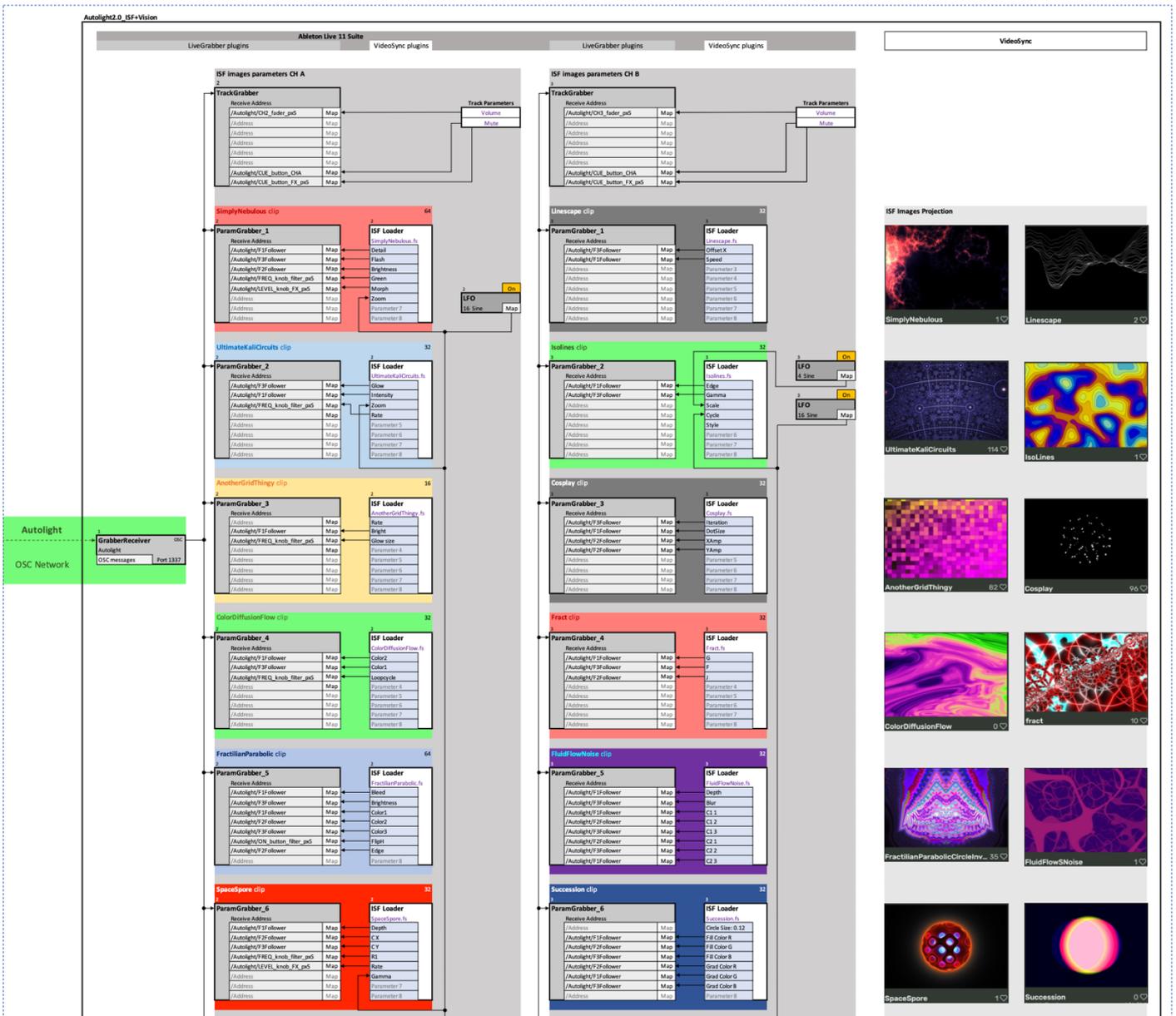
PLANOS



PLANO 1. Esquema de conexionado de la laptop 1 del sistema Autolight 2.0

APÉNDICE B

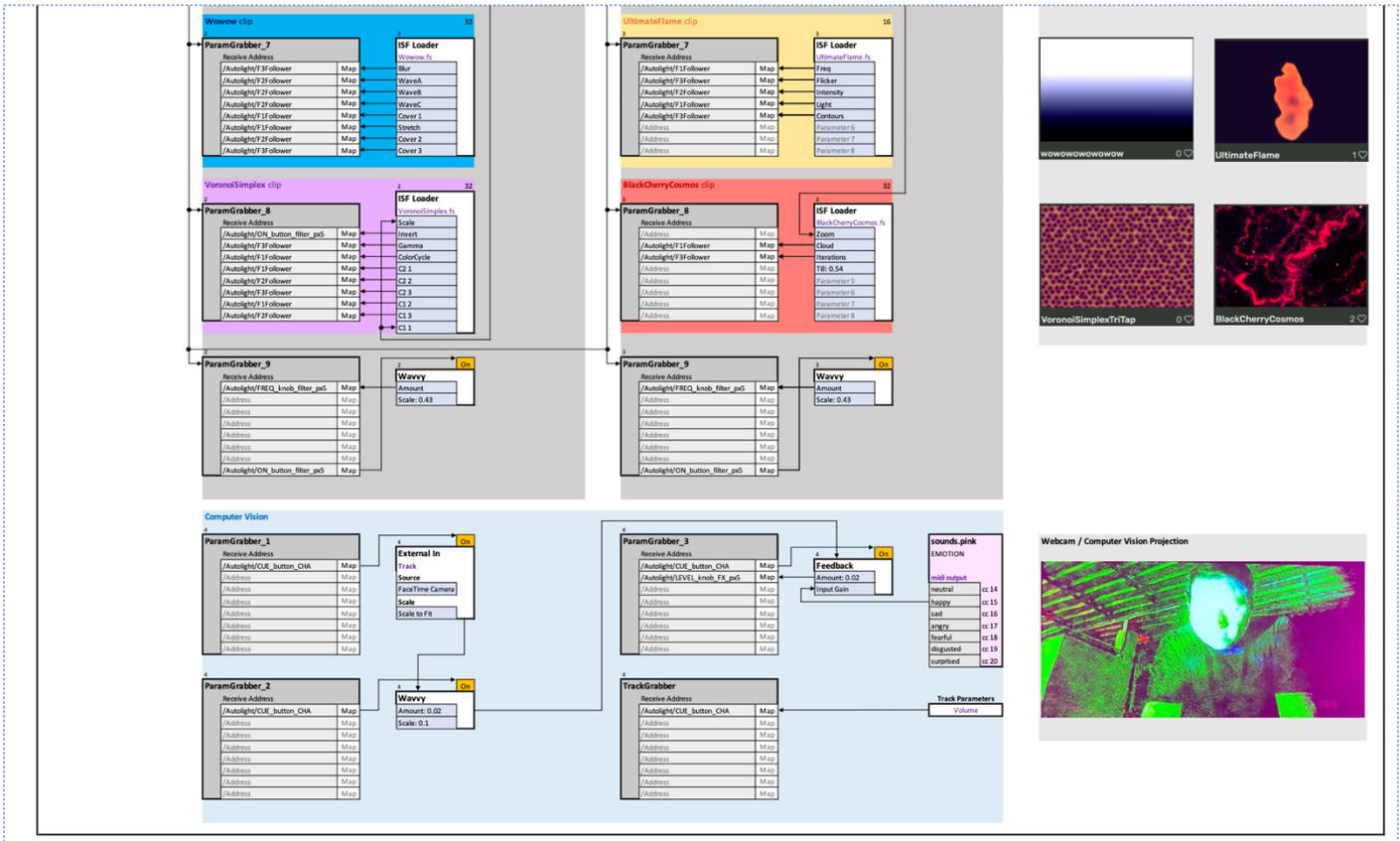
PLANOS



PLANO 2. Esquema de conexionado de la laptop 2 del sistema Autolight 2.0, parte 1

APÉNDICE B

PLANOS



PLANO 3. Esquema de conexionado de la laptop 2 del sistema Autolight 2.0, parte 2