



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Diseño sonoro en sistema Dolby Atmos del corto de
animación "Gelatina"

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e
Imagen

AUTOR/A: Cano Zurita, Enrique

Tutor/a: Sanchis Rico, Juan Manuel

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha centrado en el diseño sonoro de la animación “*Gelatina*” de Joan Carles Canet Espinosa. Abordando la creación, procesamiento, espacialización, mezcla y masterización de los elementos sonoros. El objetivo principal del trabajo ha sido desarrollar un paisaje sonoro que complementara y enriqueciera la narrativa visual de la animación, mejorando la inmersión y la experiencia emocional del espectador.

Para alcanzar este objetivo, primeramente, se realizó una fase de investigación sobre el diseño de sonido para animaciones y un estudio detallado de Dolby Atmos y su compatibilidad con Logic Pro. Posteriormente, se procedió a la fase práctica, donde se crearon sonidos originales a través de grabaciones de *Foley* y otros sonidos grabados asincrónicamente, además de conseguir los sonidos restantes en bancos de sonidos. Seguidamente se realizó un meticuloso procesamiento y espacialización de los mismos. La mezcla y masterización final aseguraron una calidad sonora óptima y una integración coherente con la imagen en todas las plataformas de distribución disponibles.

Palabras clave:

Diseño de sonido; Dolby Atmos; DAW; Logic Pro; Animación; Espacialización 3D; Creación Banda Sonora; Concepto artístico; música; edición de audio; SFX;

ABSTRACT

This Final dissertation (TFG) focused on the sound design of the animation "Gelatina" by Joan Carles Canet Espinosa by addressing the creation, processing, spatialization, mixing and mastering of sound elements. The main objective of this project was focused on developing a soundscape that complements and enriches the visual narrative of the animation, enhancing the immersion and emotional experience of the viewer.

In order to achieve this goal, firstly, a research phase was carried out on sound design for animations as well as a detailed study of Dolby Atmos and its compatibility with Logic Pro. Secondly, the practical phase took place in which original sounds were created through Foley recordings and other asynchronously recorded sounds, in addition to getting the remaining sounds into sound banks. A meticulous processing and spatialization of the sounds was then carried out. Finally, final mixing and mastering ensured optimal sound quality and consistent integration with the picture across all available distribution platforms.

Keywords:

Sound design; Dolby Atmos; DAW; Logic Pro; Animation; 3D spatialization; Soundtrack Creation; Music; Audio edition; SFX; Concept Art;

Índice de contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	MOTIVACIÓN.....	1
1.2	OBJETIVOS.	1
1.3	METODOLOGÍA.	1
1.4	ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....	2
2	CONTEXTUALIZACIÓN	3
2.1	CONCEPTOS GENERALES DEL DISEÑO SONORO EN ANIMACIÓN	3
2.2	ESPACIALIZACIÓN DOLBY ATMOS.....	3
2.2.1	¿Qué es Dolby Atmos?.....	3
2.2.2	Distribución del Sonido en un sistema Dolby Atmos.....	5
2.2.3	Reproducción de Dolby Atmos.....	6
	3D Object Panner	7
	Surround Panner	8
	Binaural Panner.....	8
2.3	REFERENTES AUDIOVISUALES	9
3	DESARROLLO DEL PRODUCTO AUDIOVISUAL.....	10
3.1	ANÁLISIS DEL GUION	10
3.1.1	Identificar los elementos sonoros	10
3.1.2	Pautas de diseño sonoro del director.....	10
3.1.3	Desglose sonoro.....	10
3.2	HERRAMIENTAS PARA LA POSTPRODUCCIÓN.....	10
3.2.1	Equipamiento hardware	11
	Grabadora Portátil Zoom H4n	11
	Micrófono Audio-Technica AT897.....	12
	Beyerdynamic DT 770 Pro 80 Ohm	12
	Focusrite Scarlett 18i8 3rd Gen	12
3.2.2	Software DAW	13
	Logic Pro.....	13
	Adobe Audition	13
	Flujo del Trabajo.....	14
3.2.3	Organización del proyecto en Logic Pro.....	14
	ADR: Diálogos.....	14
	FX: Efectos especiales.....	14
	FX: Foley	15
	BG: Ambientación	15
	MX: Música.....	15
3.3	GRABACIÓN SONIDOS	15
3.3.1	Foley.....	15
3.3.2	Sonidos grabados en sala	16
3.3.3	Sonidos grabados en exterior	16
3.3.4	Sonidos de librería	16
3.3.5	Sonidos multicapa.....	17
3.4	CREACIÓN MUSICAL	17
3.5	MEZCLA.	19
3.5.1	Normalización.....	19
3.5.2	Reducción de ruido	20
3.5.3	Grupos de premezcla	21
	Diálogos - ADR.....	21
	Foley - FOL.....	21
	Ambientes - BG.....	22
	Música - MX.....	22
	Efectos - SFX	22
3.5.4	Procesado de audio	23
	Automatizaciones de la ganancia	23

<i>Time stretching</i>	25
<i>Pitch shifter</i>	25
<i>Vocal transformer</i>	26
Ecuilización	27
Reverberación	28
Retardo.....	30
Vibrato.....	31
3.5.5 <i>Generación de voz con la ia de adobe audition</i>	32
3.5.6 <i>Espacialización</i>	32
Voces.....	33
Foley.....	34
Efectos de sonido	36
Ambientes	37
Música	38
3.5.7 <i>Niveles de Mezcla</i>	38
3.5.8 <i>Masterización</i>	40
4 CONCLUSIONES	42
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXO I. ESCALETA	45
ANEXO II. RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030.	48
ANEXO III. VIDEO FINAL.	49

Índice de tablas

Tabla 1: Relación de recursos sonoros necesarios.	11
Tabla 2: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos de Diálogos.	14
Tabla 3: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos de Efectos Especiales.	14
Tabla 4: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos Foley.	15
Tabla 5: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos de Ambientación.	15
Tabla 6: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos de Música.	15
Tabla 7: Sonido Multicapa del Golpe de la Caída de la Puerta al Suelo.	17
Tabla 8: Grupos de premezcla diálogos.	21
Tabla 9: Grupos de premezcla Foley 1.	21
Tabla 10: Grupos de premezcla Foley 2.	21
Tabla 11: Grupos de premezcla BG.	22
Tabla 12: Grupos de premezcla MX.	22
Tabla 13: Grupos de premezcla SFX fuertes.	22
Tabla 14: Grupos de premezcla SFX medios.	23
Tabla 15: Grupos de premezcla SFX flojos.	23
Tabla 16: Parámetros utilizados en el <i>plugin</i> Pitch Shifter.	26
Tabla 17: Parámetros utilizados en el <i>plugin</i> Vocal Transformer.	27
Tabla 18: Parámetros utilizados en los golpes metálicos para las reverbs.	29
Tabla 19: Parámetros utilizados para las reverbs de las voces.	30
Tabla 20: Parámetros utilizados para el Delay.	31
Tabla 21: Parámetros utilizados para conseguir un efecto Vibrato.	32

Índice de figuras

Figura 1: Configuración de Altavoces Dolby Atmos 7.1.4. Fuente: Dolby Laboratories, Inc. [3]	4
Figura 2: Comparación entre la mezcla multicanal convencional y la mezcla Dolby Atmos basada en objetos. Fuente: [4]	5
Figura 3: Ventana del módulo Dolby Atmos de Logic Pro. Fuente: [6]	7
Figura 4: Herramienta 3D Object Panner para el posicionamiento de sonidos de la configuración Dolby Atmos con Logic Pro.	8
Figura 5: Herramienta Surround Panner para el posicionamiento de sonidos en la mezcla envolvente con Logic Pro.	8
Figura 6: Herramienta Binaural Panner para el posicionamiento de sonidos en la mezcla binaural con Logic Pro.	9
Figura 7: Grabadora Zoom H4n. Fuente: [14]	11
Figura 8: Micrófono Audio-Technica AT897. Fuente [15].	12
Figura 9: Auriculares Beyerdynamic DT 770 Pro 80 Ohm. Fuente: [16]	12
Figura 10: Tarjeta de Sonido Focusrite Scarlett 18i8 3rd Gen. Fuente: [17].	13
Figura 11: Captura de pantalla de la selección de tomas en bucle para sonido Foley.	16
Figura 12: Banco de Sonidos Splice.	17
Figura 13: Sintetizador Alchemy de Logic Pro.	18
Figura 14: Teclado Virtual de Logic Pro.	18
Figura 15: Captura de pantalla de la pista del sintetizador “Animated Swirls” y la pista en la que se hace bounce in.	19
Figura 16: Pistas creadas para la Banda Sonora de la Animación.	19
Figura 17: Pista sin normalizar.	20
Figura 18: Selección del Algoritmo de normalización: Pico.	20
Figura 19: Selección del Algoritmo de normalización: Sonora.	20
Figura 20: Sonido tras la normalización.	20
Figura 21: Diferencias de intensidad luminica en las luces fluorescentes.	23

Figura 22: Automatización de ganancias para conseguir efecto de Luces Fluorescentes.	23
Figura 23: Automatización de ganancias para conseguir unir varios sonidos	24
Figura 24: Automatización de ganancias para esconder sonidos no deseados.	24
Figura 25: Variación de la duración temporal con la herramienta <i>Time stretching</i>	25
Figura 26: Plugin Pitch Shifter	26
Figura 27: <i>Plugin</i> Vocal Transformer.	26
Figura 28: Ecualización del sonido de la gelatina pasando por la puerta metálica.	27
Figura 29: Ecualización de la risa de la gelatina grande.	28
Figura 30: <i>Plugin</i> Space Designer utilizado para las Reverb.	28
Figura 31: Envíos de las pistas al Bus 2.	29
Figura 32: Selección de la sala en el plugin Reverb.	29
Figura 33: <i>Plugin</i> Delay Designer.	31
Figura 34: <i>Plugin</i> del efecto Flanger.	31
Figura 35: Ecualización para crear el efecto del megáfono.	32
Figura 36: Espacialización de las voces.	33
Figura 37: Espacialización para las reverb y delays de las voces.	33
Figura 38: Espacialización de una de las gelatinas pequeñas corriendo.	34
Figura 39: Automatización de la distancia en Binarual Panner.	34
Figura 40: Automatización de la posición Left/Right en Binaural Panner.	35
Figura 41: Automatización Back/Front en 3D Object Panner.	35
Figura 42: Automatización Left/Right en 3D Object Panner.	35
Figura 43: Automatización de Ganancia entrada y salida gelatina pequeña.	35
Figura 44: Automatización "Object Position Elevation" en 3D Object Panner.	36
Figura 45: Automatización "Object Position Elevation" de la bajada de la puerta metálica.	36
Figura 46: Espacialización de la Gota de Sudor.	37
Figura 47: Espacialización de los sonidos ambientes	37
Figura 48: Espacialización del sintetizado "Dark Skies"	38
Figura 49: <i>Plugin</i> Loudness Meter.	39
Figura 50: Sonido de referencia duplicado en todo el proyecto	39
Figura 51. Automatizaciones de ganancia en la mezcla.	40
Figura 52. <i>Plugin</i> Limitador.	40
Figura 53. Normalizar la sonoridad según EBU R128 para TV.	41
Figura 54. Normalizar la sonoridad para difusión en <i>streaming</i>	41

1 Introducción

1.1 Motivación.

Desde siempre, el sonido y la música han sido componentes esenciales en mi vida, tan solo con siete años empecé a estudiar música y desde entonces mi vida ha estado rodeada de ella. La idea de este trabajo fin de grado, surgió con mi tutor en una conversación tras una clase, cuando le comenté que me apetecía realizar un trabajo con lo que realmente me lleva apasionando toda la vida. Además, realizar este proyecto me permitirá poner en práctica muchos de los conceptos teóricos que he ido adquiriendo durante la carrera.

1.2 Objetivos.

El objetivo de este trabajo de fin de grado ha sido realizar el diseño sonoro a una animación desde cero en Logic Pro, además de la creación de la propia banda sonora y la espacialización del proyecto en Dolby Atmos. Todos nuestros objetivos han sido centrados en mejorar la experiencia auditiva y emocional del espectador, así como en proporcionar un valor añadido a la narrativa visual. A continuación, se detallarán los principales objetivos del trabajo:

- Crear una Experiencia Inmersiva: Se intentará desarrollar un paisaje sonoro que sumerja al espectador en el mundo de la animación, utilizando técnicas de espacialización y procesamiento de audio para crear un entorno tridimensional realista.
- Enriquecer la Narrativa: Se usará el sonido como una herramienta narrativa para apoyar y mejorar la historia contada en la animación. Esto incluye la creación de efectos sonoros y ambientes que reflejen y amplifiquen las emociones y acciones de los personajes.
- Optimizar la Calidad del Audio: Aplicar técnicas de procesamiento, mezcla y masterización para garantizar una alta calidad sonora. Incluyendo la eliminación de ruidos no deseados y la optimización del nivel de volumen para diferentes plataformas de reproducción.
- Mejorar la Emoción y el Impacto Visual: Se utilizará el sonido para potenciar las emociones y el impacto visual de la animación, asegurando que cada momento clave esté subrayado por un diseño sonoro que amplifique su efecto en el espectador.

Alcanzar estos objetivos permitirá ofrecer una experiencia más completa e inmersiva al espectador, demostrando el gran impacto que puede tener un buen diseño sonoro en una narrativa audiovisual.

1.3 Metodología.

En nuestro trabajo de fin de grado hemos utilizado una metodología dividida en dos partes: fase de investigación y fase práctica. En cuanto a la fase de investigación, se ha realizado una búsqueda intensiva de referentes audiovisuales para conseguir unas conclusiones de cómo realizar un buen diseño sonoro. Además, en esta fase se ha tenido que realizar una búsqueda de información válida y contrastada sobre el diseño sonoro en la animación. Como también, información sobre la espacialización en Dolby Atmos y su utilización con la estación de trabajo de audio digital (DAW-Digital Audio Workstation) que utilizaremos para el diseño sonoro, que será Logic Pro. Por último, hay que destacar que antes de empezar con el proyecto se realizó una búsqueda avanzada de las herramientas DAW que permitiesen la espacialización en Dolby Atmos, para así, tomar una decisión sobre la herramienta final con la que se trabajaría a lo largo del trabajo. El software Logic Pro implementa las herramientas necesarias sin tener que echar mano de complementos externos (plugin), la mayoría de las veces de pago.

Por otra parte, tenemos la fase práctica, donde se desarrollará todo el diseño sonoro de la animación “Gelatina”. A continuación, se detallarán los pasos seguidos para realizar el diseño sonoro:

1. Análisis del guion: En este apartado se han identificado los elementos sonoros de la animación, se han establecido las pautas de diseño, dadas por el director y por último se ha hecho un desglose sonoro.
2. Herramientas para la postproducción: Se explica el equipamiento hardware y software utilizado durante todo el proceso de diseño sonoro.

3. Organización del proyecto en Logic Pro: Donde se ha explicado la nomenclatura de etiquetado y colores para cada tipo de sonido.
4. Mezcla: En este apartado se ha realizado todo el proceso de mezcla de la banda sonora: procesado, espacialización, ajuste de niveles de mezcla y la masterización (*mastering*) correspondiente.

1.4 Estructura del Trabajo.

La memoria de este trabajo fin de grado se ha estructurado en cuatro apartados, a los que tenemos que sumar los anexos y las referencias bibliográficas.

El primer apartado que se planteara en esta memoria, serán los objetivos por alcanzar durante la realización de este TFG.

En el segundo apartado se contextualizará los temas más importantes que tratamos en el trabajo, como es el caso del diseño de sonido, la espacialización en Dolby Atmos y los sistemas de posicionamiento en DAW, además de exponer referentes audiovisuales que nos servirán para la realización del trabajo.

En tercer lugar, tendremos el apartado donde desarrollamos todo el diseño de sonido, desde la grabación de los sonidos hasta el *mastering* y la distribución, pasando por todos los procesos intermedios como son el procesado de audio, la normalización, la espacialización, la organización de pistas, etc.

Por último, tenemos el cuarto apartado, donde finalizará el trabajo, exponiendo las conclusiones de este, y viendo si se han conseguido los objetivos propuestos al principio de este.

2 Contextualización

La animación es el arte y técnica de crear la ilusión de movimiento mediante la secuenciación rápida de imágenes estáticas, dibujadas, fotografiadas o generadas por computadora [1]. Estas imágenes, son conocidas como fotogramas, y al reproducirlas a una velocidad de aproximadamente 25 fotogramas por segundo, son capaces de engañar al ojo humano, permitiendo percibir un movimiento continuo. En nuestro caso, nos centramos solo en la creación del diseño sonoro de la animación, por tanto, explicaremos resumidamente algunos conceptos generales del diseño sonoro en la animación.

2.1 Conceptos generales del diseño sonoro en animación

En la animación, el diseño de sonido es crucial para caracterizar a los personajes y crear ambientes convincentes. Esto implica no solo la elección de las voces adecuadas para los personajes, sino también la creación de efectos sonoros que reflejen sus interacciones y movimientos dentro del mundo animado. El diseño sonoro tiene un papel fundamental en la conducción de la narrativa y en la evocación de emociones, a través de la música, los efectos de sonido y la modulación de los elementos de audio para alinearlos con la trama y los giros narrativos. Por último, hay que destacar que un buen diseño sonoro debe tener una sincronización precisa del sonido con la acción visual, ya que el ritmo y el tiempo de los efectos sonoros y de la banda sonora deben estar en perfecta armonía con los elementos visuales para crear una experiencia cohesiva y fluida.

Normalmente los elementos del diseño sonoro de una producción audiovisual y, en nuestro caso, en animación se pueden dividir en cinco grandes grupos: Foley, efectos de sonido, diálogos, música y ambientes sonoros. Además, el diseño sonoro, desde que empieza hasta que acaba, pasa por muchas fases, como es la de planificación, grabación, edición, procesado, espacialización, mezcla, entre otras; las cuales veremos a lo largo de este trabajo.

En resumen, el diseño sonoro en animación es un arte que combina creatividad y técnica para crear una experiencia auditiva que enriquece y complementa la visual. Cada componente, desde los efectos de sonido hasta la música y el diálogo, juega un papel crucial en la creación de un mundo animado.

2.2 Espacialización Dolby Atmos

Esta animación queremos espacializarla en Dolby Atmos, pero para entender esto, tenemos que hacernos la siguiente pregunta.

2.2.1 ¿Qué es Dolby Atmos?

Dolby Atmos es una tecnología de audio envolvente que permite una experiencia auditiva tridimensional, superando las limitaciones del sonido envolvente tradicional [2]. La cantidad de altavoces y su disposición pueden variar según el tamaño y el propósito del espacio (cine, sala de estar, etc.) [3], pero en mi caso he utilizado la configuración estándar 7.1.4 (ver Figura 1), la cual consta de:

- **Altavoces Frontales:** 3 altavoces (izquierdo, central, derecho) ubicados en la parte delantera de la sala (detrás de la pantalla). Dado que manejan una gran parte del contenido crítico (como diálogos y efectos principales), la claridad y la precisión de los altavoces frontales son esenciales. Es importante que estos altavoces sean de alta calidad ya que deben asegurar que todos los detalles sean audibles, desde los matices de una conversación hasta los complejos arreglos musicales. Estos altavoces frontales se componen de:
 - **Altavoz Central:** El altavoz frontal central es crucial para la reproducción de diálogos. Este altavoz asegura que las voces de los personajes en películas y programas de televisión sean claras y provengan directamente del centro de la pantalla, proporcionando una alineación precisa entre la fuente visual y auditiva.

- **Altavoces Frontales Izquierdo y Derecho:** Estos altavoces manejan una amplia gama de frecuencias, incluyendo los efectos de sonido y el Foley. Están diseñados para ofrecer una reproducción precisa y detallada de los sonidos, creando una imagen sonora que parece emanar directamente de la pantalla. Están situados simétricamente en la parte frontal derecha, como en la parte frontal izquierda en la habitación.
- **Altavoces Surround:** Están compuestos por 4 altavoces (izquierdo, derecho y traseros izquierdo y derechos) ubicados a los lados y detrás de la audiencia. Su principal función es crear un entorno auditivo inmersivo, proporcionando efectos de sonido y ambientaciones que rodean al oyente, complementando los altavoces frontales (izquierdo, central y derecho). Ubicación:
 - **Laterales (Surround Izquierdo y Derecho):** Generalmente colocados a los lados del oyente o ligeramente detrás de ellos. Estos altavoces ayudan a crear efectos de sonido que parecen venir de los lados, aumentando la sensación de inmersión.
 - **Traseros (Surround Traseros o Back Surround):** Colocados detrás del oyente. Estos altavoces proporcionan una profundidad adicional, haciendo que los sonidos parezcan venir desde atrás, envolviendo al oyente en una burbuja de sonido.

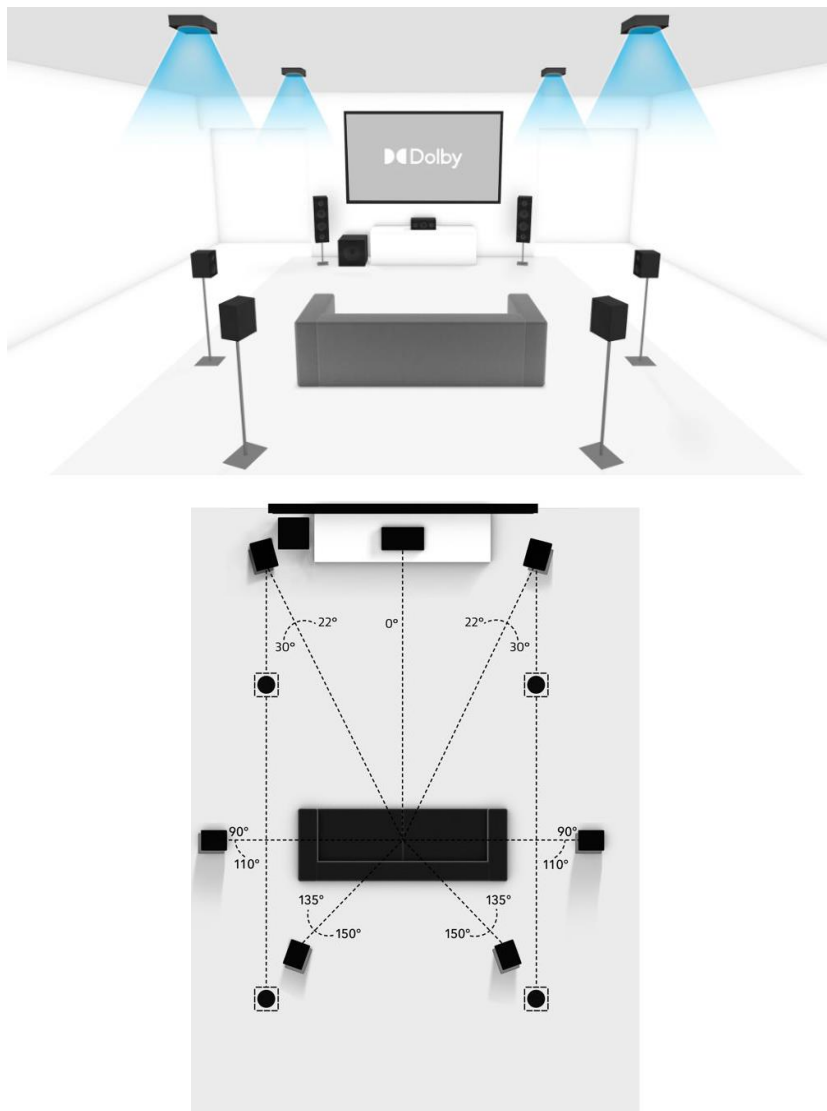


Figura 1: Configuración de Altavoces Dolby Atmos 7.1.4. Fuente: Dolby Laboratories, Inc. [3]

- **Altavoces de Techo:** Son 4 altavoces ubicados en el techo, para crear una dimensión vertical al espacio sonoro, permitiendo que los sonidos se muevan por encima de la audiencia. Esto es esencial para efectos que parecen provenientes de arriba como la bajada de la puerta corrediza que veremos después. Ubicación:
 - **Altavoces Frontales de Techo** (*Top Front Left* y *Top Front Right*): Colocados ligeramente hacia adelante y por encima de la posición del oyente. Aproximadamente un tercio de la distancia desde la pantalla hacia el oyente.
 - **Altavoces Traseros de Techo** (*Top Rear Left* y *Top Rear Right*): Colocados ligeramente hacia atrás y por encima de la posición del oyente. Aproximadamente un tercio de la distancia desde la parte trasera de la sala hacia el oyente.
- **Altavoz de subgraves** (*Subwoofer*): Se recomienda tener al menos un *subwoofer* ubicado en la parte frontal, aunque puede colocarse en otros sitios como cerca de una pared, pero siempre evitando las esquinas. El *subwoofer* está diseñado para reproducir las frecuencias bajas (bajos), específicamente el canal de efectos de baja frecuencia (LFE) que maneja sonidos por debajo de los 120 Hz. Consiguiendo que algunos efectos de sonido como puede ser una explosión o un terremoto se beneficien de un mayor impacto por una reproducción de bajos potente y precisa. Además, el subwoofer al reproducir las frecuencias bajas, libera a los altavoces de techo, *surround* y frontales permitiendo que estos altavoces se centren en la reproducción de frecuencias medias y altas, mejorando así la espacialización del sonido y, por tanto, obtener una mayor calidad del sonido en todo el espectro auditivo.

2.2.2 Distribución del Sonido en un sistema Dolby Atmos

La tecnología Dolby Atmos da al diseñador de sonido la libertad de situar cada elemento de la banda sonora en un espacio tridimensional donde el oyente está situado en el centro, independientemente del dispositivo utilizado [2]. Cuando se realiza una mezcla en dolby Atmos no se genera una pista asociada para cada altavoz que compone el sistema de reproducción, como ocurre con todos los sistemas de sonido envolvente precedentes. Por ejemplo, en una mezcla estéreo se genera la pista L que se reproducirá en el altavoz (o auricular) izquierdo y la pista R que se reproducirá en el altavoz (auricular) derecho. En los sistemas 5.1, 7.1 o 9.1 ocurre lo mismo, se generan tantas pistas como altavoces disponga el sistema de reproducción (Figura 2).

Sin embargo, la mezcla Dolby Atmos es una mezcla basada en objetos. Esta mezcla basada en objetos se procesará antes de reproducirse en función de la configuración de altavoces de que disponga la sala de escucha o si lo escuchamos en auriculares podremos obtener una mezcla binaural [4].

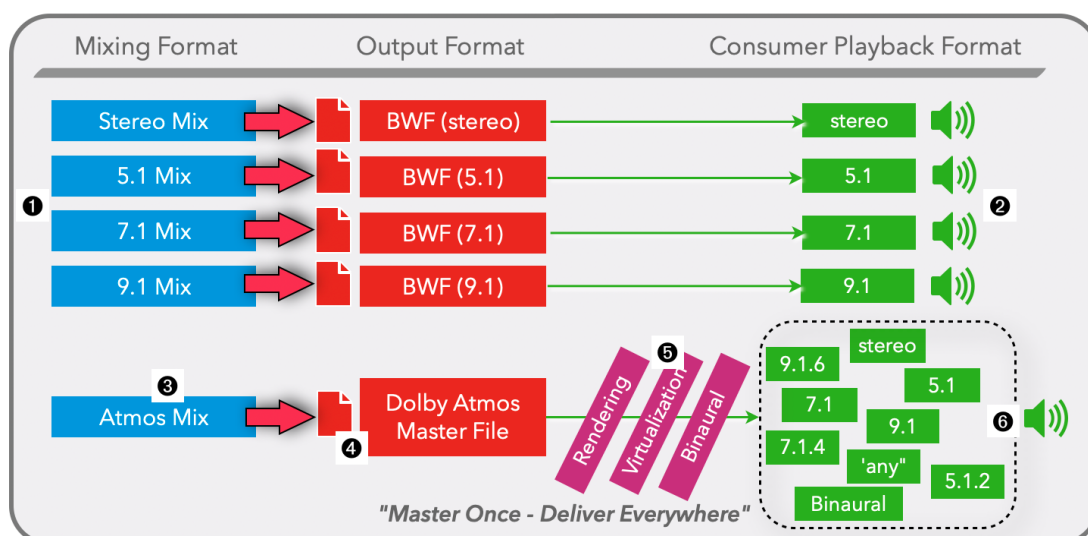


Figura 2: Comparación entre la mezcla multicanal convencional y la mezcla Dolby Atmos basada en objetos.

Fuente: [4]

La distribución en Dolby Atmos de los elementos que componen la banda sonora, suele ser específica para cada caso, pero en términos generales hay una guía establecida para conseguir un buen resultado [5]. A continuación, expondremos, por grupos de sonidos, la espacialización que deben ocupar dentro de un sistema Dolby Atmos.

- **Voces (Diálogos):** Generalmente se ubican en el canal central frontal. Esto asegura que los diálogos sean claros y provengan directamente de la pantalla.
- **FX (Efectos Especiales):** Se pueden distribuir por todos los altavoces según la escena. Pero normalmente, se utilizan los altavoces de techo, los frontales derecho e izquierdo y los *surround* laterales izquierdo y derecho, ya que todos los efectos de sonido se ven en pantalla, y quedan por delante del espectador, entonces, por norma general los FX suele ir así.
- **Foley:** Estos sonidos se ubican en el entorno donde ocurren los eventos. Por ejemplo, el sonido de pasos podría estar en los altavoces frontales o *surround*, dependiendo de la posición del personaje en la escena. Normalmente ocupan este espacio en la sala.
- **BG (Background, Sonido de Fondo):** Los sonidos ambientales y de fondo suelen distribuirse en los altavoces *surround* y de techo para crear una atmósfera envolvente.
- **Música:** La música puede estar distribuida por todos los altavoces para crear una sensación envolvente. En muchas ocasiones, la mayor parte de la música se concentra en los altavoces frontales y *surround*, pero puede utilizarse el techo para efectos musicales específicos.

2.2.3 Reproducción de Dolby Atmos

El posicionamiento espacial permite crear una imagen sonora de diferentes elementos sonoros en el espacio sonoro del sistema de reproducción que tengamos. Este proceso es crucial para crear una mezcla sonora equilibrada y envolvente, dando una sensación de espacio y profundidad a nuestro proyecto.

En nuestro caso, en el software DAW (*Digital Audio Workstation*) que se utilizará para la postproducción es Logic Pro, que dispone de herramientas para realizar una mezcla Dolby Atmos. Este software permite generar una mezcla en formato estéreo, envolvente, binaural y Dolby Atmos.

Para la escucha de la mezcla, al no tener de un sistema Dolby Atmos 7.1.4 y no poder escuchar el diseño sonoro de manera real, se ha utilizado un módulo o *plugin* en el máster del proyecto, llamado “Dolby Renderer”, el cual, renderiza la mezcla de Dolby Atmos basada en objetos (*Object Audio Renderer*) y la exporta (*downmix*) como un archivo basado en canales para su monitorización [4]. Nos permite convertir todo lo que pasa dentro del proyecto para escucharlo en otro formato, en nuestro caso, se ha escogido binaural, idóneo para una escucha con auriculares.

La ventana del módulo Dolby Atmos (Figura 3) incluye los siguientes parámetros y controles [6]:

- **Menú desplegable “Monitoring Format”:** Te permite seleccionar diferentes renderizadores para monitorizar la mezcla de Dolby Atmos con varios formatos de altavoces o binaural.
- **Visor de objeto 3D:** Se trata de una representación gráfica de un espacio de escucha tridimensional, que muestra la posición de todos los objetos que se reproducen actualmente en la mezcla.
- **Base y objetos:** Una lista muestra los canales de base *surround* y todos los objetos 3D usados en el proyecto.
- **Modos de renderización binaural:** Cada objeto y canal de base *surround* se puede configurar con un modo de renderización binaural específico si la opción del renderizador Dolby binaural está seleccionada.
- **Controles de downmix y recorte:** Diversos ajustes y controles te permiten configurar cómo se renderiza tu mezcla Dolby Atmos cuando se reproduce en sistemas de altavoces que no tienen altavoces de altura ni *surround*.

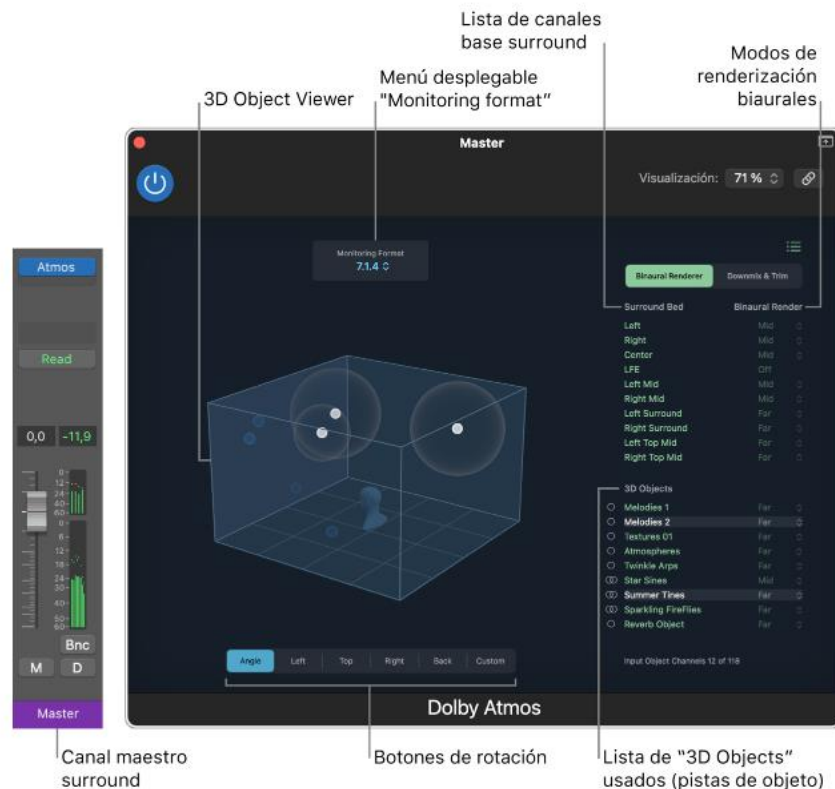


Figura 3: Ventana del módulo Dolby Atmos de Logic Pro. Fuente: [6]

En la mezcla podremos combinar diferentes estrategias de posicionamiento espacial dependiendo de donde queramos posicionar un determinado elemento de nuestra banda sonora. A continuación, se explican las herramientas de que dispone Logic Pro para posicionar un sonido en el espacio sonoro que se recreará con el sistema de reproducción elegido.

3D Object Panner

El 3D Object Panner [7] es una herramienta en Logic Pro que te permite posicionar objetos de audio para formatos como Dolby Atmos, donde se puede colocar el sonido en cualquier punto del espacio en lugar de limitarse a canales de audio específicos como en sistemas tradicionales de sonido envolvente.

La herramienta 3D Object Panner (Figura 4) te permite ajustar la posición espacial de una fuente de audio (como una pista de instrumento, efecto o voz) en un entorno semi 3D¹. Pudiendo mover la fuente de audio en tres dimensiones: izquierda-derecha ($\pm X$), adelante-atrás ($\pm Y$) y arriba (+Z). Esto se logra arrastrando y posicionando el objeto en el espacio tridimensional dentro de la interfaz del *panner*. Además de la posición, puedes ajustar otros parámetros como la distancia (*Back/Front*) y la altura relativa del objeto (*Ear Level*) en el espacio como podemos ver en la Figura 4. Permitiendo crear una experiencia de audio envolvente más inmersiva y realista, especialmente cuando se reproduce a través de sistemas de sonido compatibles con Dolby Atmos.

Por tanto, este sistema de paneo, lo utilizaremos en los sonidos que necesiten un posicionamiento más específico, para poder situarlos de una manera mucho más precisa en la habitación, como puede ser la mayoría de los efectos de sonido, como la gota de sudor que veremos más adelante

¹ Solo se pueden posicionar sonidos por encima del sistema del plano horizontal formado por los altavoces del sonido envolvente típico.

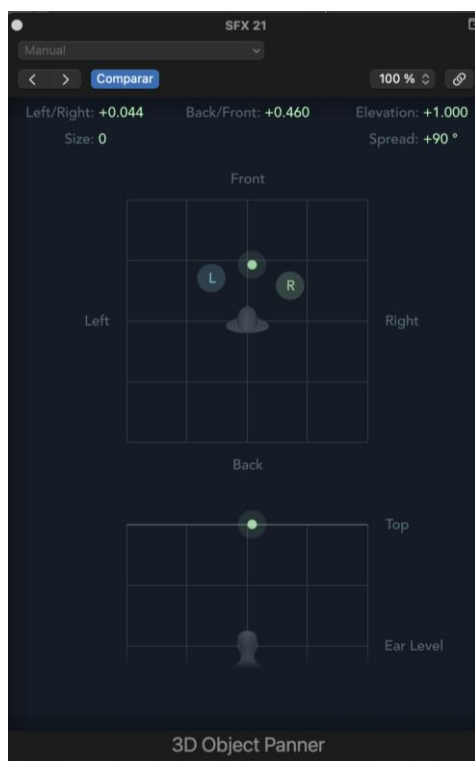


Figura 4: Herramienta 3D Object Panner para el posicionamiento de sonidos de la configuración Dolby Atmos con Logic Pro.

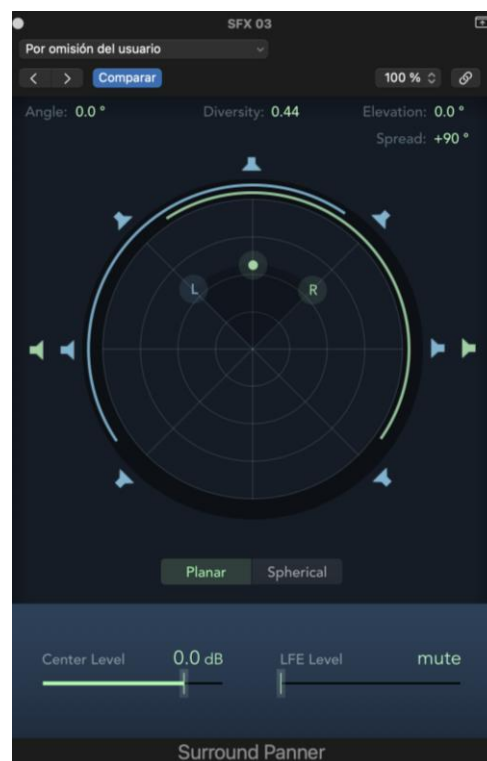


Figura 5: Herramienta Surround Panner para el posicionamiento de sonidos en la mezcla envolvente con Logic Pro.

Surround Panner

El Surround Panner es otra herramienta clave en Logic Pro, diseñada específicamente para mezclas de audio envolvente tradicionales que utilizan formatos como 5.1, 7.1 o 9.1. Aunque es diferente al 3D Object Panner en términos de funcionalidad y aplicación, ambos se utilizan para crear entornos de sonido envolvente.

El Surround Panner [8] te permite distribuir y posicionar el sonido en múltiples canales surround, como frente, centro, izquierda, derecha, y canales traseros como podemos ver en la Figura 5. Pudiendo ajustar la posición de una fuente de audio entre estos canales para crear una mezcla espacial equilibrada y envolvente. También puedes controlar la intensidad y el enfoque direccional del sonido dentro del campo de escucha del oyente.

El Surround Panner es ideal para sonidos ambiente, como son los sonidos de ambientación (BG) y la música (MX), ya que es un posicionamiento más genérico que no necesita tanta precisión en cuanto a posicionamiento 3D.

Binaural Panner

El sistema de paneamiento biaural se basa en el principio de que el cerebro humano percibe la dirección y la distancia de los sonidos en función de las diferencias de tiempo y de intensidad entre ambos oídos.

Utilizamos el paneamiento en biaural en Logic Pro porque se está trabajando el sistema Dolby Atmos con auriculares. En caso de poder trabajar, con un sistema Atmos real, este modo de paneamiento habría que sustituirlo por este último.

Con la herramienta Binaural Panner (véase Figura 6) podremos posicionar una fuente en un entorno 3D, variando parámetros como la elevación, el azimut o la distancia [9].

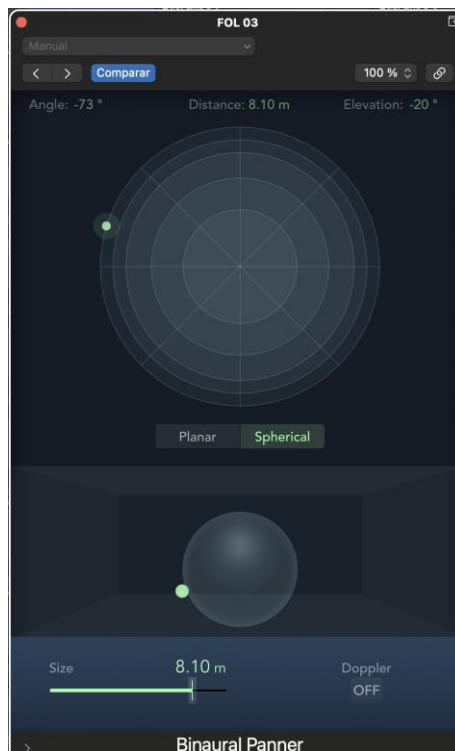


Figura 6: Herramienta Binaural Panner para el posicionamiento de sonidos en la mezcla binaural con Logic Pro.

2.3 Referentes audiovisuales

Entendemos como referente audiovisual a un ejemplo audiovisual que se considere una fuente de inspiración o un modelo a seguir. El primer referente audiovisual que tenemos es el juego Blob Runner 3D [10], donde podemos observar como el bípido gelatinoso², al ganar o perder tamaño con los obstáculos del circuito hace sonidos gelatinosos, esos sonidos son los que tomamos como referencia, aunque en nuestro caso queremos que los sonidos sean más naturales y algo más viscosos.

En segundo lugar, tenemos de referencia audiovisual la película Interstellar [11], donde se utiliza una frecuencia baja tras la tragedia en que la estación espacial es destruida³, creando una sensación de tensión, mientras este se intenta acoplar a la estación espacial que va a la deriva. Esta frecuencia baja está presente en todo momento, desde el principio de la acción donde se puede apreciar prácticamente sola hasta el final de la acción donde está sumada a otros muchos elementos sonoros como la banda sonora.

En tercer lugar, tenemos como referente audiovisual la película Madagascar 3 [12], en la persecución que huyen del museo⁴, donde tenemos la bajada de una puerta metálica y su correspondiente golpe metálico contra el suelo, además de un golpe contra la puerta para intentar escapar. Además, se produce una persecución en coches donde, la banda sonora es muy interesante, en la cual nos hemos influenciado para la creación de nuestra banda sonora y donde podemos apreciar que meten frecuencias muy bajas para darle tensión a la persecución.

² <https://www.youtube.com/watch?v=alucL9NrPzM>

³ https://www.youtube.com/watch?v=BAP0ItJjd_s

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=Br0LNJgg2ik>

3 Desarrollo del producto audiovisual

Nuestro producto audiovisual trata del diseño sonoro de una animación, la creación de su banda sonora y todos los procesos que lleva la mezcla, como es la espacialización, la propia mezcla, o la masterización. A continuación, iremos desarrollando poco a poco el trabajo práctico realizado.

3.1 Análisis del guion

Antes de empezar con el análisis del guion, explicaremos que es un guion de animación: un documento escrito que detalla todos los elementos necesarios para producir una obra animada [13]. Este guion sirve como una hoja de ruta para que todas las personas que trabajan en la animación comprendan la visión del proyecto y puedan trabajar de manera coherente y coordinada. En nuestro caso, al centrarnos específicamente en la parte sonora de la animación, analizaremos los siguientes puntos:

3.1.1 Identificar los elementos sonoros

Identificar los elementos sonoros de una animación implica prestar atención a los componentes que forman la experiencia auditiva y la narrativa visual. En nuestro caso, tenemos una animación sin sonido, donde tenemos que generar el diseño sonoro desde cero, fijándonos en la narrativa visual, ya que no tenemos ninguna referencia auditiva. Por tanto, tenemos que prestar atención en el video e identificar qué sonidos queremos en la animación. Preguntándonos cuando queremos música de fondo o un silencio, que efectos de sonidos ocurren, que movimientos Foley de los personajes pasan, y que ambientaciones sonoras hay en la animación.

Para realizar esto de una manera ordenada y no olvidarnos de ningún sonido, se ha realizado una escaleta, donde hemos ido poniendo plano por plano, y los sonidos que ocurren en cada plano. La escaleta se puede consultar en el ANEXO I.

3.1.2 Pautas de diseño sonoro del director

Cuando un director de una animación proporciona unas pautas de diseño sonoro, estas directrices deben ser seguidas y ejecutadas con precisión para garantizar que la visión y el concepto del director se plasmen adecuadamente en la animación. En nuestro caso, el director y creador de la animación Joan Carles Canet Espinosa, nos dio vía libre para la creación del diseño sonoro, a excepción de la exigencia de que la animación debía acabar con un eructo, una vez que la gelatina grande digiriera a la gelatina pequeña.

Todos los demás sonidos se han generado analizando como deberían de sonar y viendo cómo podríamos conseguir ese sonido, un ejemplo de ello ha sido como conseguir los movimientos de gelatina, que se han conseguido estrujando una esponja, con agua y jabón.

3.1.3 Desglose sonoro

En la Tabla 1, se exponen todos los sonidos que hemos obtenido de la escaleta, y que posteriormente procesaremos para obtener los sonidos finales y conformarán el resultado final.

Todos estos sonidos se desarrollarán y editarán a lo largo del proyecto.

3.2 Herramientas para la postproducción

En este apartado desarrollaremos todas las herramientas utilizadas en postproducción, pasando tanto por el equipo hardware y el equipo software utilizado. Además, explicaremos que organización de trabajo hemos seguido.

Sonido	Tipología	Obtención del recurso sonoro
Movimientos gelatinas pequeñas y grande	Foley	Grabación síncrona
Alarma	Ambiente	Grabación asíncrona
Pasos de la gelatina grande y pequeñas.	Ambiente	Grabación síncrona
Sonido de fábrica y tubos con agua	Ambiente	Grabación asíncrona
Sonido de frecuencias bajas	Ambiente	Librería
Golpe caída puerta al suelo	Sonido de acción	Grabación asíncrona/ Librería
Caída de la puerta metálica	Sonido de acción	Grabación asíncrona/ Librería
Golpes a la puerta metálica	Sonido de acción	Grabación asíncrona/ Librería
Tubos fluorescentes	Ambiente	Librería
Absorción gelatina grande	Sonido de acción	Grabación asíncrona
Eructo	Sonido de acción	Librería
Sonido de digestión	Sonido de acción	Librería
Música	Música	Grabación síncrona
Gota de sudor	Sonido de acción	Grabación asíncrona
Puerta metálica bajando	Sonido de acción	Grabación asíncrona
Corte de gelatina en dos	Sonido de acción	Grabación asíncrona
Gritos gelatina	Diálogo	Librería
Risa malvada gelatina grande	Diálogo	Librería

Tabla 1: Relación de recursos sonoros necesarios.

3.2.1 Equipamiento hardware

Con equipo hardware nos referimos a los dispositivos físicos y herramientas que hemos utilizado para capturar, editar, y reproducir sonido a lo largo del proyecto, entre los que encontramos:

Grabadora Portátil Zoom H4n

La Zoom H4n (Figura 7) es una grabadora portátil que ofrece una excelente calidad de grabación de audio en un diseño compacto y fácil de usar. Es una herramienta versátil, ideal para grabaciones en exteriores, entrevistas, conciertos, podcasts y producción de películas [14].



Figura 7: Grabadora Zoom H4n. Fuente: [14].

La Zoom H4n ha sido utilizada para capturar audio de alta calidad en diversas situaciones tanto en exteriores como en interiores. Su versatilidad y calidad han asegurado que el audio grabado sea claro y preciso, consiguiendo una gran calidad en los sonidos conseguidos. Un ejemplo de uso ha sido la grabación de uno de los sonidos de la puerta metálica bajando, donde la grabadora se puso en el eje donde la cortina metálica esta enrollada y conseguir así, grabar de una manera más precisa el sonido.

Micrófono Audio-Technica AT897

El Audio-Technica AT897 (Figura 8) es un micrófono de condensador tipo shotgun (altamente direccional), diseñado para aplicaciones de grabación de audio en exteriores [15]. Su diseño y características lo hacen ideal para captar diálogos y sonidos específicos en ambientes ruidosos o a distancia.



Figura 8: Micrófono Audio-Technica AT897. Fuente [15].

El AT897 ha sido empleado para captar sonidos específicos en ambientes controlados, como, por ejemplo, en la sala de radio de la UPV, en el campus de Gandía, o en sus cabinas de edición. Su capacidad para enfocar el sonido ha sido crucial para obtener grabaciones limpias y claras. Por ejemplo, en las grabaciones del Foley de las gelatinas pequeñas, la grabación se realizó con una esponja con agua y jabón, entonces, por seguridad del material, se necesitaba un micrófono capaz de grabar a cierta distancia y muy direccional para conseguir grabar de una manera profesional unos sonidos que apenas se pueden apreciar en la realidad.

Beyerdynamic DT 770 Pro 80 Ohm

Los Beyerdynamic DT 770 Pro 80 Ohm (Figura 9) son unos auriculares de estudio cerrados muy populares entre profesionales del sonido debido a su excepcional calidad de sonido, comodidad y durabilidad. Tienen una alta respuesta en frecuencia ya que tienen un rango de 5 Hz a 35 kHz, permitiendo captar tanto los graves más profundos como los agudos más nítidos con gran claridad. Además, gracias a su diseño cerrado, estos auriculares ofrecen un buen aislamiento del ruido ambiental, ideal para grabaciones; siendo una muy buena opción para monitorizar y mezclar en entornos de estudio [16].



Figura 9: Auriculares Beyerdynamic DT 770 Pro 80 Ohm. Fuente: [16]

Se han utilizado estos auriculares, para monitorear en todo momento nuestro proyecto, desde la escucha de los sonidos grabados, hasta la mezcla, pasando por la espacialización y la masterización.

Focusrite Scarlett 18i8 3rd Gen

La Focusrite Scarlett 18i8 3rd Gen (Figura 10) es una interfaz de audio USB de alta calidad diseñada para grabación profesional y producción musical, ofreciendo hasta 18 entradas y 8 salidas. La 18i8 3rd Gen incluye mejoras en la calidad del sonido respecto sus anteriores versiones, con una resolución de hasta 24 bits/192 kHz, menor latencia y un manejo intuitivo a través del software Focusrite Control. Es ideal para estudios de grabación que requieren flexibilidad y expansión, permitiendo conectar múltiples instrumentos y micrófonos simultáneamente [1].



Figura 10: Tarjeta de Sonido Focusrite Scarlett 18i8 3rd Gen. Fuente: [17].

Se ha utilizado esta tarjeta de sonido en las grabaciones realizadas en sala, ya sea en grabaciones síncronas (Foley) o asíncronas.

3.2.2 Software DAW

Al inicio del proyecto, se estuvieron manejando varias estaciones de trabajo, en concreto Pro Tools y Logic Pro, comparando cuál era la mejor opción para un proyecto en Dolby Atmos. Al final tras realizar una exhaustiva investigación, nos decantamos por Logic Pro.

Logic Pro

Logic Pro es una estación de trabajo de audio digital (DAW) desarrollada por Apple Inc. para macOS. Es una herramienta profesional de grabación, edición, mezcla y masterización de audio y MIDI, utilizada ampliamente en la producción musical, el diseño de sonido, la postproducción de audio y la creación de contenido multimedia. Esta herramienta ha sido elegida frente a Pro Tools por los siguientes motivos:

- **Compatibilidad nativa con Dolby Atmos:** Logic Pro incluye soporte nativo para la creación y mezcla de audio espacial en Dolby Atmos [6]. Esto permite a los usuarios mezclar en un entorno tridimensional sin necesidad de *plugins* adicionales o software externo.
- **Herramientas avanzadas de paneo 3D:** Logic Pro, posee herramientas avanzadas de paneo 3D, que hemos comentado anteriormente, como son 3D Object Panner o Surround Panner.
- **No requiere de paquetes adicionales.:** Logic Pro nos permite exportar mezclas sin paquetes extras de pago, sin embargo, en Pro Tools, hay que comprar el paquete **Pro Tools Ultimate**, el cual da acceso completo a las capacidades de mezcla y exportación en Dolby Atmos, paquete del cual no dispone la Universidad.

Adobe Audition

Además de Logic Pro, se ha utilizado Adobe Audition, una estación de trabajo de audio digital desarrollada por Adobe Inc. Es utilizada para la grabación, edición, mezcla y restauración de audio. Audition es conocido por su potente conjunto de herramientas para la edición de audio, su capacidad para manejar múltiples formatos de audio y su integración con otros productos. Por ejemplo, podemos utilizar Adobe Audition desde el proyecto de Logic Pro como editor externo de audio, consiguiendo poder editar sonidos en Adobe Audition, sin tener que salir de Logic Pro. Es decir, se seleccionará el sonido que queramos editar en Logic Pro, abriremos Adobe Audition, se editará y al darle a aceptar, el sonido volverá editado tal cual, a Lógico Pro, manteniendo la posición del sonido.

Flujo del Trabajo

En nuestro proyecto, todas las grabaciones, ya sean Foley, grabaciones en exterior o en sala se han hecho en Logic Pro, se han normalizado y a continuación, se han mandado a Adobe Audition para quitarles el ruido de fondo con el noise gate, posteriormente volvemos a Logic Pro, donde hemos terminado el proyecto, realizando el procesamiento de audio y hemos realizaremos todos los pasos de la mezcla de nuestro producto audiovisual.

Finalmente, para realizar la masterización, llevamos nuestro sonido mezclado a Adobe Audition para adoptar el rango dinámico para cada plataforma de distribución.

3.2.3 Organización del proyecto en Logic Pro

El proyecto se ha dividido en escenas, las cuales concuerdan con las escenas del video. Esto será conveniente para las grabaciones en bucle donde podremos seleccionar las escenas para que se repitan, además de ser unas guías para facilitar y agilizar el trabajo.

Es importante entender que la organización del proyecto es fundamental para trabajar de una manera óptima, ya que el nivel de complejidad que se puede alcanzar en una producción audiovisual puede llegar a ser enorme, con hasta 300 pistas de sonido, por tanto, debemos tener una minuciosa organización del material, su etiquetado y la planificación de los envíos y mezclas de sonido.

En nuestro caso, nuestro proyecto tiene 68 pistas útiles y aproximadamente 100 sonidos para un único minuto de animación, por tanto, es importantísimo conseguir un buen resultado. Dividiremos todos nuestros sonidos en cinco grandes grupos: **diálogos**, **música**, **ambientación**, **foley** y **efectos especiales**. Cada grupo tendrá su etiquetado y colores específicos, los cuales veremos a continuación:

ADR: Diálogos

Nuestros sonidos de diálogo son sonidos síncronos grabados en sala, por eso, las pistas correspondientes a estos sonidos se llamarán ADR (*Audio Dialogue Replacement*), y se enumerara progresivamente, como podremos apreciar en la Tabla 2. Además, el color designado tanto para las pistas como para los sonidos es el color beis. Tenemos que destacar que cada gelatina tiene su propia pista, por tanto, si una gelatina chilla tres veces, se pondrán las tres veces en la misma pista.

Nombre	Descripción
ADR01	Grito GEL 1
ADR02	Grito GEL 2
ADR03	Grito GEL 3
ADR04	Grito GEL 4-1 Grito GEL 4-2
...	...

Tabla 2: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos de Diálogos.

FX: Efectos especiales

SFX o efectos especiales, donde destacamos sonidos de librería y sonidos grabados en el estudio de radio de la UPV en el campus de Gandía. Estos sonidos se han puesto de color amarillo, y se han nombrado las pistas con la nomenclatura SFX y enumerándolos progresivamente, como podemos ver en la Tabla 3.

Nombre	Descripción
SFX 01	Absorción Gelatina Grande 1-2 Absorción Gelatina Grande 1-2
SFX 02	Absorción Gelatina Grande 2-2 Absorción Gelatina Grande 2-2
SFX 03	Puerta Bajando 1
...	...

Tabla 3: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos de Efectos Especiales.

FX: Foley

FOL o Foley, son los sonidos que han sido grabados en el estudio de radio de la UPV en el campus de Gandía, actuando los movimientos y pasos de las gelatinas, mientras se reproducía el video. En este caso las pistas se han nombrado con la nomenclatura FOL, y se han puesto de color verde tanto las pistas como los sonidos, como podemos ver en la Tabla 4.

Nombre	Descripción
FOL 01	PASOS GEL 1
FOL 02	PASOS GEL 2
FOL 03	PASOS GEL 3-1 PASOS GEL 3-2 PASOS GEL 3-3
...	...

Tabla 4: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos Foley.

BG: Ambientación

Son los sonidos que recrean la atmósfera y el ambiente sonoro de las escenas, como la arma, las luces fluorescentes, los tubos de agua y aire, etc. Las pistas han seguido la nomenclatura de BG, y tanto las pistas como los sonidos se han puesto de color azul oscuro. Dichos sonidos se pueden ver en la Tabla 5.

Nombre	Descripción
BG 01	ALARMA 1
BG 02	ALARMA 2
...	...

Tabla 5: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos de Ambientación.

MX: Música

La música, en nuestro caso, es música extradiegética, ya que los personajes no la escuchan, pero los espectadores sí. Tanto los sonidos como las pistas de la música se han puesto de color naranja, y la nomenclatura de las pistas ha sido MX y enumeradas progresivamente, como se puede apreciar en la Tabla 6.

Nombre	Descripción
MX 01	IMPACT SUSPENSE
MX 02	ANIMATED SWIRLS
MX 03	DARK SKIES
...	...

Tabla 6: Organización y nomenclatura de Pistas y Sonidos de Música.

3.3 Grabación Sonidos

En este apartado explicaremos, como hemos conseguido todos los sonidos utilizados en el proyecto, ya sean grabaciones en sala, grabaciones Foley, sonidos de bancos de sonidos, o incluso sonidos combinados para crear un único sonido.

3.3.1 Foley

El Foley es el proceso de grabación de sonidos en sala mientras sincronamente se ve la acción en pantalla, consiguiendo así, adaptar en tiempo y posición los sonidos de un producto audiovisual, como pueden ser los pasos, golpes, crujidos, puertas cerrándose, y otros sonidos que acompañan a las acciones físicas de los personajes en pantalla [1]. Estos sonidos son grabados por artistas Foley, los cuales también se les suele llamar caminantes del Foley, ya que esta técnica se utiliza muchísimo para los pasos de las acciones, donde consiguen cuadrar a la perfección los pasos en el tiempo, el tipo de pisada según el material que pisen y otros muchos detalles muy conseguidos, ahorrando en un futuro un gran trabajo de postproducción.

En nuestro caso para la grabación de Foley se ha utilizado las grabaciones en bucle; la cual es una función que permite grabar de manera continua sobre una sección específica de una pista de audio o proyecto musical creándose una carpeta de tomas. Además, es especialmente útil para lograr tomas precisas y perfeccionadas sin interrupciones entre intentos.

Para empezar con el proceso seguido para las grabaciones de Foley, tenemos que destacar que normalmente hemos trabajado con la grabación en bucle por escenas. Por ejemplo, en la escena dos, se han grabado los pasos de la gelatina pequeña corriendo del lado derecho de la pantalla al lado izquierdo. Donde hemos grabado más de 30 tomas para conseguir un resultado óptimo, como se pueden observar alguna de ellas en la parte derecha de la Figura 11. Una vez grabadas las tomas y guardadas en una carpeta de pistas desplegable, toca hacer una pre-escucha de todas las tomas y seleccionar las que más nos gusten. Nos quedaremos con las partes que más nos gusten de todas las tomas, como podemos observar en la pista de arriba el sonido Foley final, que será el resultado de la suma de todas las mejores partes de las tomas. Este proceso, se ha repetido con todos los movimientos de las gelatinas pequeñas y grande.

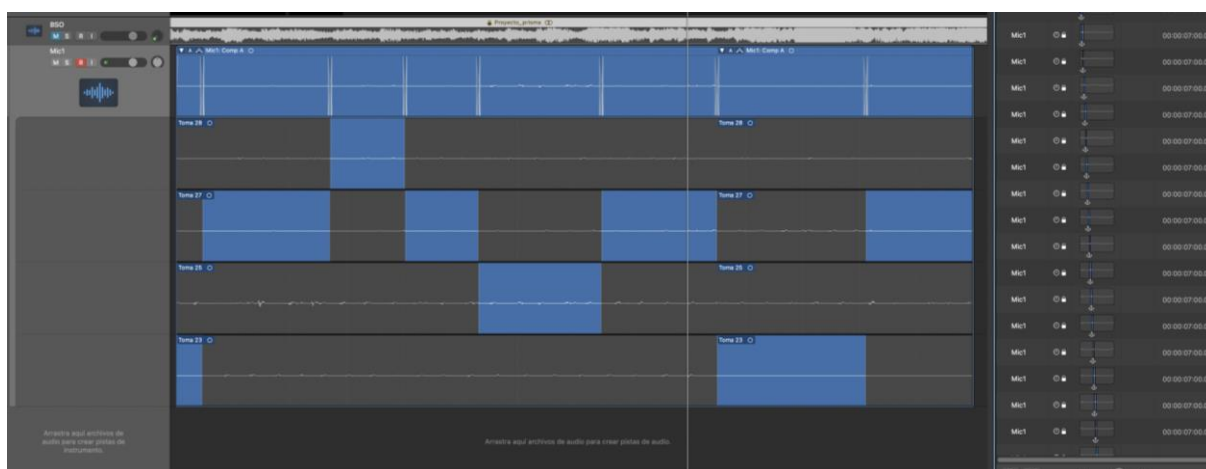


Figura 11: Captura de pantalla de la selección de tomas en bucle para sonido Foley.

3.3.2 Sonidos grabados en sala

A diferencia del sonido Foley, estos sonidos son grabados en sala, pero sin necesidad de sincronizar los sonidos mientras vemos la acción animada en pantalla. Estos sonidos, al igual que el Foley, son grabados con el micrófono Audio-Technica AT897 y la tarjeta Focusrite Scarlett 18i8 3rd Gen. Unos ejemplos de sonidos grabados en sala han sido el golpe de la gelatina pequeña cuando se cae al suelo, o los dos sonidos de absorción, tanto la aspiración con la pajita, como la aspiración de aire.

3.3.3 Sonidos grabados en exterior

En este caso, la grabación de sonidos en exterior se ha realizado con la grabadora portátil Zoom H4n. En estas grabaciones hemos debido de tener especial cuidado, con el ruido ambiente con el que se grababa, ya que queríamos conseguir un resultado profesional. Vamos a exponer dos ejemplos de sonidos grabados en exterior:

- En primer lugar, hablaremos sobre la gota de sudor, la cual se ha grabado en una bañera soltando gotas de agua, hasta conseguir un sonido óptimo que nos sirviese.
- En segundo lugar, hablaremos sobre la grabación de la persiana metálica bajando, la cual, se tuvo que hacer a primeras horas de la mañana para evitar ruidos de coches, o ruidos fuertes que luego fueran difíciles de eliminar.

3.3.4 Sonidos de librería

Un banco de sonidos, también conocido como librería de sonidos o *sample library*, es una colección organizada de sonidos pregrabados que se pueden utilizar en la producción musical y en otros proyectos de audio, como en nuestro caso en el diseño sonoro de una animación. Existen bancos de sonidos gratuitos y otros de pago, en este

trabajo se ha utilizado el banco de sonidos Splice⁵, una aplicación y plataforma en línea de pago que ofrece una vasta biblioteca de sonidos y muestras (*samples*) que los usuarios pueden descargar y utilizar en sus producciones musicales y audiovisuales (Figura 12).

Esta herramienta ofrece una suscripción mensual por 12€, proporcionando 100 créditos acumulables en su aplicación. Cada muestra o sonido tiene un costo de 1 crédito, además ofrecen presets de sintetizador por tan solo 3 créditos. Esta herramienta es muy útil ya que nos permite buscar sonidos con calidad profesional, facilitando su procesamiento.

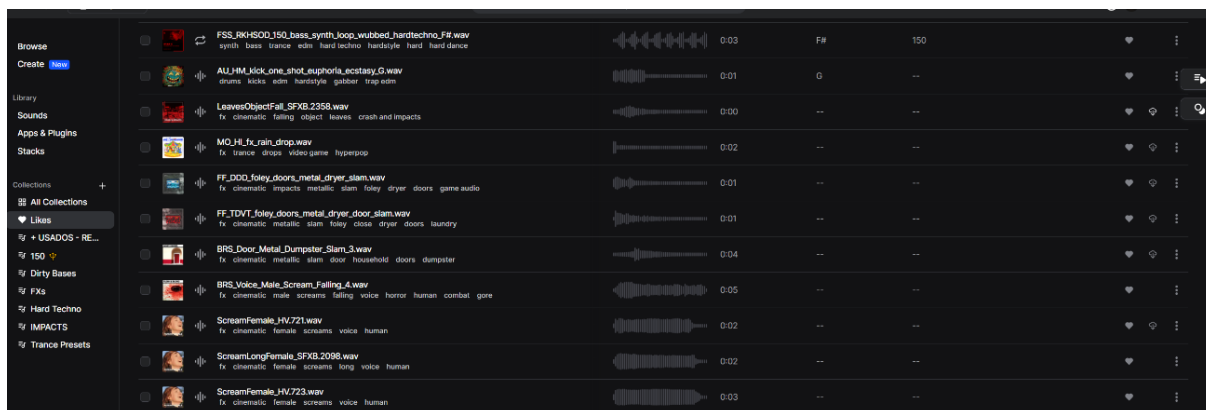


Figura 12: Banco de Sonidos Splice.

De este banco de sonidos hemos obtenido sonidos como la risa malvada de la gelatina grande, los gritos de las gelatinas pequeñas, y algunos golpes metálicos adicionales a los grabados.

3.3.5 Sonidos multicapa

Es una técnica de diseño y producción de audio que consiste en combinar múltiples capas de sonidos individuales para crear una textura sonora más rica y compleja. Cada capa aporta diferentes elementos sonoros que, cuando se mezclan, forman un todo cohesivo que enriquece la experiencia auditiva. En nuestro proyecto, se ha usado varias veces, con el objetivo de encontrar un sonido multicapa más elaborado y adaptado al sonido que se buscaba. Un ejemplo de sonido multicapa es el golpe generado por la caída de la puerta al suelo. Tras grabar varios golpes metálicos, de diferentes formas, no se consiguió obtener un único sonido que cumpliera nuestras expectativas, por tanto, se juntaron 3 sonidos diferentes para conseguir un sonido potente, metálico y sobre todo realista. Dos de estos sonidos fueron grabados en exterior, tirando placas metálicas contra el suelo. El tercer sonido que complementa este sonido multicapa fue obtenido del banco de sonidos Splice. A continuación, mostraremos en la Tabla 7 las pistas que componen este sonido multicapa y los nombres de los sonidos que lo componen.

Sonido multicapa	Pista	Nombre de los sonidos
Golpe Caída Puerta Suelo	FX 11	Golpe Caída Puerta Suelo 1
	FX 12	Golpe Caída Puerta Suelo 2
	FX 13	Golpe Caída Puerta Suelo 3

Tabla 7: Sonido Multicapa del Golpe de la Caída de la Puerta al Suelo.

Además, hay que destacar que los sonidos deben coincidir en el tiempo con la acción, ya que los 3 impactos deben de sonar a la vez que ocurre la acción del golpe contra el suelo de la puerta metálica y formen un único sonido, no tres.

3.4 Creación musical

Para la creación de nuestra banda sonora, hemos creado una pista de instrumento, es decir, un tipo de pista que se usa para crear y manipular sonidos musicales mediante instrumentos virtuales o software de sintetizadores.

⁵ <https://splice.com/features/sounds>

En nuestro caso vamos a utilizar un potente sintetizador llamado Alchemy, incluido en Logic Pro, el cual es conocido por su versatilidad y gran capacidad para la creación de sonidos; lo podemos ver en la Figura 13: Sintetizador Alchemy. Es considerado uno de los sintetizadores más completos actualmente.

En primer lugar, se realizó una gran búsqueda de *presets*, en la categoría de “Keys”, para encontrar *presets* melódicos con un carácter oscuro y tenso, para intentar generar en el espectador una mayor angustia. Al final, se seleccionaron los *presets* de “Animated Swirls” y “Dark Skies”.

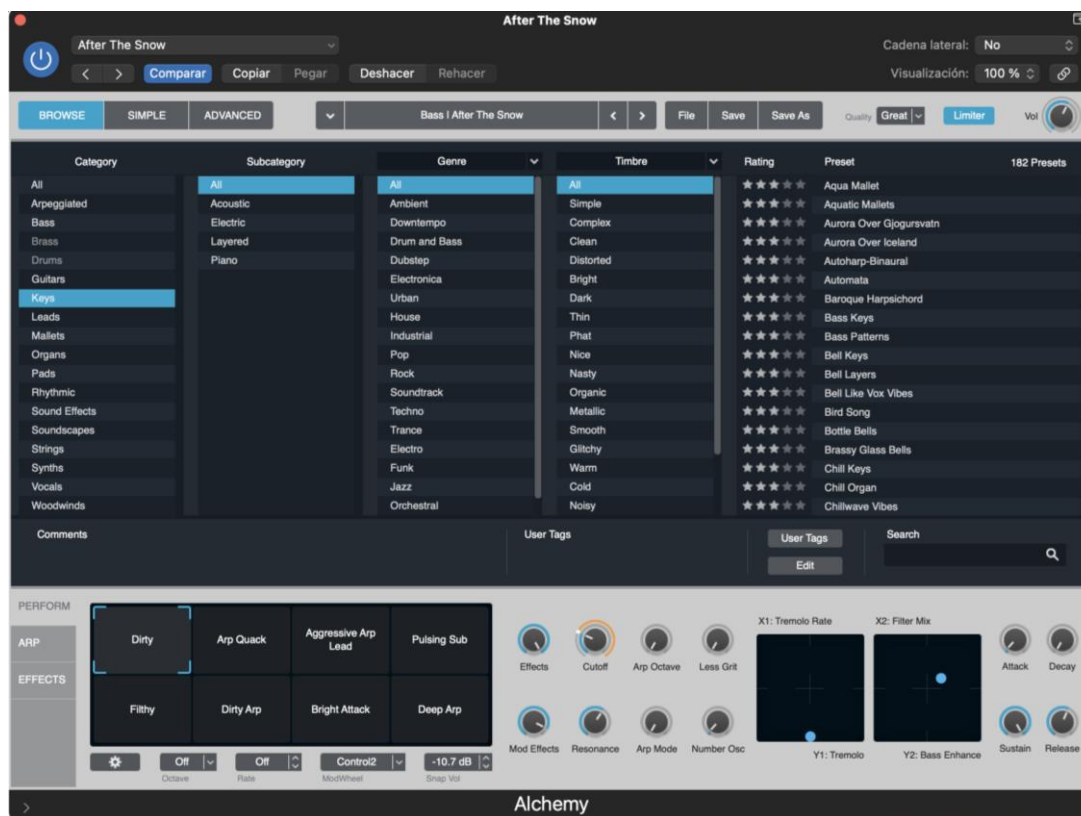


Figura 13: Sintetizador Alchemy de Logic Pro.

Una vez escogido el *preset*, ajustamos los controles de cada *preset* para conseguir el sonido que queremos. A continuación, obtenemos la herramienta del teclado virtual que nos ofrece Logic pro, donde se puede simular un teclado MIDI con las teclas del ordenador, como podemos ver en la Figura 14.



Figura 14: Teclado Virtual de Logic Pro

Una vez está todo listo, pulsamos la tecla R para empezar a grabar la música en directo, y mientras vemos la animación vamos tocando en el teclado del sintetizador para obtener el resultado final. Este es un proceso que no se hace a la primera, sino que hay que repetir una y otra vez hasta que conseguimos obtener con las tomas

realizadas el resultado que queremos. Una vez grabado todas las tomas, seleccionamos las partes que más nos gustan y hacemos un *bouce in situ* para unificarlo en una pista de instrumento. En este momento tenemos dos pistas con el mismo contenido, pero una tiene cargada el sintetizador y el resultado final, mientras la otra solo tiene el resultado final, por tanto, para mejorar la eficiencia del proyecto, se silencia y oculta el sintetizador y nos quedamos con la pista renderizada de audio como podemos ver en la Figura 15. Este proceso se repite para el otro *preset* que habíamos seleccionado.



Figura 15: Captura de pantalla de la pista del sintetizador “Animated Swirls” y la pista en la que se hace *bouce in*.

Para terminar con la música hemos buscado en la categoría de “Rhythmic”, otro *preset* para completar la música con un buen bajo, que no fuera muy rítmico, ni que tuviera percusiones muy marcadas. Después de una larga búsqueda el *preset* seleccionado fue “Impact Suspense”. Con este *preset* se realizó el mismo proceso de grabación que con los dos *presets* anteriores, obteniendo así la música de la animación, como podemos observar en la Figura 16.

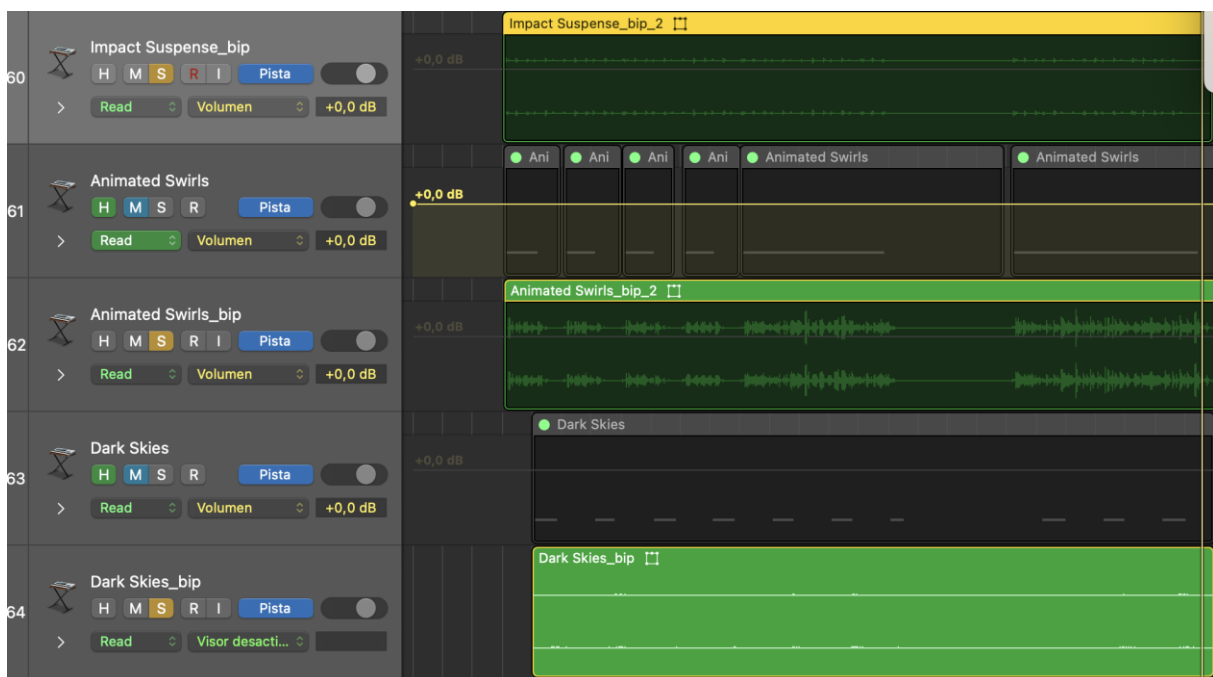


Figura 16: Pistas creadas para la Banda Sonora de la Animación.

3.5 Mezcla.

3.5.1 Normalización

La normalización de un sonido es el proceso por el cual se ajusta el nivel de volumen de una grabación de audio para que alcance un nivel estándar o específico [18]. Existen dos tipos principales de normalización:

1. **Normalización de Pico (Peak Normalization):** Ajusta el nivel de volumen máximo del audio para que alcance un nivel predefinido, sin cambiar la dinámica del audio. Es útil para evitar la distorsión al asegurar que los picos no excedan un cierto nivel.
2. **Normalización RMS (Root Mean Square):** Ajusta el nivel de volumen promedio del audio para que alcance un nivel estándar. A diferencia de la normalización de pico, la RMS considera el volumen percibido a lo largo del tiempo, resultando en un nivel más consistente y generalmente más agradable al oído.

En nuestro caso, hemos utilizado las dos normalizaciones, ya que dependiendo del caso interesaba más una que otra. Por ejemplo, con golpes fuertes, hemos usado la normalización de pico, ya que, si usáramos la normalización RMS, el sonido nos distorsionaba, mientras que, en el resto de los sonidos hemos utilizado la normalización RMS, ya que como se ha dicho antes, se obtiene un resultado más consistente y agradable. Vamos a ver los dos ejemplos de normalización:

Para normalizar en Logic Pro, debemos seleccionar el sonido que queremos normalizar, como podemos ver en la Figura 17, donde podemos observar que la onda sonora apenas se puede apreciar.



Figura 17: Pista sin normalizar.

En este punto elegiremos el tipo de algoritmo de normalización que queremos, ya sea de pico (Figura 18) o una normalización de la sonoridad (Figura 19).

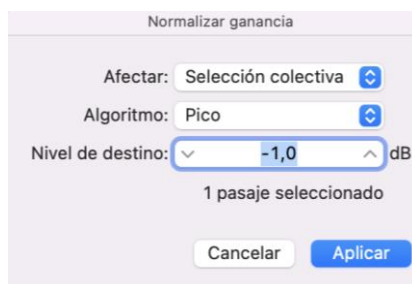


Figura 18: Selección del Algoritmo de normalización: Pico

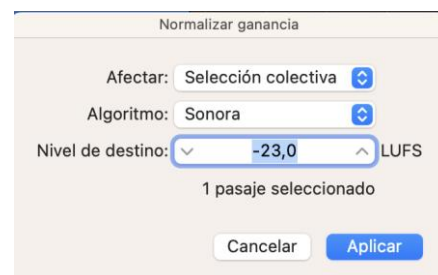


Figura 19: Selección del Algoritmo de normalización: Sonora

El resultado obtenido, como se puede ver en la Figura 20 es una onda mucho más amplia, y, por tanto, con mucha más ganancia. Asegurándonos que el audio no distorsione y comprobando que la dinámica del audio no cambie. La normalización, nos ha servido especialmente para los sonidos Foley, los cuales, al grabarse, tenían una onda sonora muy pequeña, ya que los sonidos generados por una esponja apenas se podían apreciar en la sala de grabación.



Figura 20: Sonido tras la normalización.

3.5.2 Reducción de ruido

Una vez normalizados todos los sonidos en Logic Pro, llevamos uno a uno los sonidos a Adobe Audition como editor de audio externo para utilizar la herramienta de reducción de ruido. Para aplicar esta herramienta debemos de seleccionar algún trozo que tenga únicamente el ruido que deseamos eliminar (patrón de ruido), normalmente usamos el principio o el final de las grabaciones, ya que normalmente al empezar la grabación

siempre nos hemos dado unos segundos para realizar el sonido que queríamos lograr. Una vez seleccionado el ruido, vamos a la herramienta de reducción de ruido, le damos a capturar impresión de ruido, y Adobe Audition genera unos algoritmos automáticamente que nos quitan el ruido. Una vez se ha quitado el ruido de fondo de los sonidos, se devuelven a Logic Pro, aceptando el guardado de procesado que nos salta al cerrar el editor externo de audio (Adobe Audition).

3.5.3 Grupos de premezcla

Un grupo de premezcla, también conocido como subgrupo de mezcla o *submix*, es una técnica utilizada en la producción de audio para facilitar la mezcla de múltiples pistas relacionadas, que tengan un nivel sonoro parecido en un solo canal, mediante un bus. Este proceso es especialmente útil en la mezcla de sonido para animaciones, u cualquier otro producto audiovisual, ya que permite un control más eficiente y organizado sobre diferentes elementos sonoros. En nuestro caso hemos realizado 8 grupos de premezcla, los cuales veremos a continuación.

Diálogos - ADR

En este caso, se ha realizado el grupo de premezcla de los diálogos, correspondiendo con todos los gritos de las gelatinas pequeñas, como podemos observar en la Tabla 8, en la que indicamos las pistas correspondientes a este grupo de premezcla. Este grupo de mezcla corresponde con el AUX 11, de la mesa de mezclas de Logic Pro.

Canal de envío del grupo de premezcla	Pistas del grupo de premezcla
AUX 11	ADR01
	ADR02
	ADR03
	ADR04
	ADR06

Tabla 8: Grupos de premezcla diálogos.

Tenemos que destacar que el sonido ADR05, no se ha metido en el grupo de premezcla, porque no se quiere mezclar al mismo nivel que los gritos de las gelatinas pequeñas, si no que se quiere mezclar de manera independiente, con una mayor ganancia.

Foley - FOL

En segundo lugar, vamos a realizar los grupos de premezcla del Foley, pero en este caso vamos a realizar dos grupos de premezcla. El primero corresponde con todos los pasos y movimientos de las gelatinas pequeñas, el cuál direccionaremos al AUX 12. En la Tabla 9, se pueden ver las pistas que entran en este grupo de premezcla.

Canal de envío del grupo de premezcla	Pistas del grupo de premezcla
AUX 12	FOL 01
	FOL 02
	FOL 03
	FOL 04
	FOL 05
	FOL 06
	FOL 08

Tabla 9: Grupos de premezcla Foley 1.

Mientras, que los movimientos y pasos de la gelatina grande se han enviado a otro grupo de premezcla, AUX 13. Esto se debe a que los sonidos de Foley de la gelatina grande deben sonar más que los de las gelatinas pequeñas, A continuación, en la podemos ver las pistas que corresponden a este grupo de premezclas.

Canal de envío del grupo de premezcla	Pistas del grupo de premezcla
AUX 13	FOL 07
	FOL 08

Tabla 10: Grupos de premezcla Foley 2

Ambientes - BG

En cuanto a los BG o sonidos de ambiente, se han juntado todas las pistas de ambientación como podemos apreciar en la Tabla 11, y se ha creado un grupo de premezclas, el cual se enviará al AUX 17, que se ajustará en un futuro a unos niveles muy bajos, ya que son sonidos de ambiente.

Canal de envío del grupo de premezcla	Pistas del grupo de premezcla
AUX 17	BG 01
	BG 02
	BG 03
	BG 04
	BG 05
	BG 06

Tabla 11: Grupos de premezcla BG.

Música - MX

En cuanto a la música, se ha generado otro grupo de premezclas con sus tres pistas correspondientes como observamos en la Tabla 12. En este caso, enviaremos el grupo de premezclas al AUX 18.

Canal de envío del grupo de premezcla	Pistas del grupo de premezcla
AUX 18	MX 01
	MX 02
	MX 03

Tabla 12: Grupos de premezcla MX.

Efectos - SFX

En este caso los efectos especiales, se van a dividir en tres grupos de premezcla que corresponden con el nivel que queremos darle a la mezcla. Es decir, los sonidos de efectos sonoros fuertes, como los golpes a la puerta o la puerta contra el suelo, irán en el grupo de premezcla AUX 16. Estos efectos sonoros fuertes corresponden con las pistas en la Tabla 13.

Canal de envío del grupo de premezcla	Pistas del grupo de premezcla
AUX 16	SFX 06
	SFX 07
	SFX 08
	SFX 09
	SFX 11
	SFX 12
	SFX 13
	SFX 14
	SFX 16
	SFX 20

Tabla 13: Grupos de premezcla SFX fuertes.

Otro de los grupos de premezclas que he creado ha sido con los efectos especiales medios, como puede ser el golpe que hace la puerta al bajar contra el suelo, o el sonido que hace la puerta bajando. Estos sonidos, corresponden a las pistas que tenemos en la Tabla 14.

Canal de envío del grupo de premezcla	Pistas del grupo de premezcla
AUX 15	SFX 01
	SFX 02
	SFX 03
	SFX 04
	SFX 05
	SFX 10
	SFX 24

Tabla 14: Grupos de premezcla SFX medios.

Por último, hemos creado el tercer grupo de premezclas de los efectos especiales que se ha enviado al AUX 14, el cual corresponde a los sonidos con menor requerimiento de volumen, como es el caso de la gota de sudor o la gelatina cortada por la mitad. Estos sonidos son los correspondientes a las pistas que están en la Tabla 15.

Canal de envío del grupo de premezcla	Pistas del grupo de premezcla
AUX 14	SFX 15
	SFX 17
	SFX 21
	SFX 22

Tabla 15: Grupos de premezcla SFX flojos.

3.5.4 Procesado de audio

Automatizaciones de la ganancia

Las automatizaciones de ganancia son ajustes dinámicos del nivel de volumen de una pista o canal a lo largo del tiempo. En nuestro proyecto hemos utilizado las automatizaciones de ganancias para diferentes finalidades. Una de ellas ha sido para conseguir el efecto sonoro de las luces fluorescentes, las cuales ganan y pierden intensidad lumínica como podemos observar en la Figura 21, la imagen de la izquierda corresponde a cuando la luz fluorescente está en el punto mínimo de luminosidad y la imagen de la derecha corresponde al punto máximo.

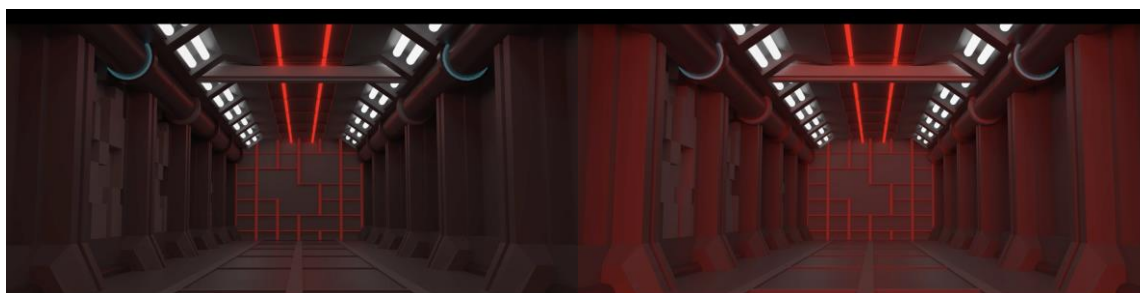


Figura 21: Diferencias de intensidad lumínica en las luces fluorescentes



Figura 22: Automatización de ganancias para conseguir efecto de Luces Fluorescentes.

El nivel sonoro cuando la luz fluorescente gana y pierde intensidad lumínica, también tiene que quedar reflejado. Por tanto, siguiendo el video, se ha ido automatizando las ganancias, cuando las luces fluorescentes aumentaban de luminosidad, se les ha dado más ganancia, y a la inversa, cuando la intensidad lumínica bajaba, también hemos bajado la ganancia en ambos sonidos de las luces fluorescente como podemos ver en la Figura 22. Consiguiendo un efecto en el que las luces y las ganancias van a la par.

Otro caso de uso de las automatizaciones de ganancias ha sido con el sonido de frecuencias graves, este sonido es característico en persecuciones, como por ejemplo se utiliza en la película *Interstellar*. Pero tenemos el problema que el sonido que tenemos no es uniforme en más de 12 segundos, por tanto, para conseguir el minuto de sonido que necesitamos, tenemos que seleccionar ciertas partes del sonido, evitando los ruidos no deseados. Una vez seleccionadas estas partes, toca unir estos sonidos y para conseguirlo de una manera en la que las uniones pasen desapercibidas hemos tenido que utilizar las automatizaciones de ganancias. Donde hemos hecho un *fade out* cuando los sonidos estaban llegando al final de su onda y un *fade in* cuando los sonidos empezaban a sonar. Es importante destacar que el *fade in* y el *fade out*, deben coincidir en el tiempo para conseguir el sonido lineal que estamos buscando.

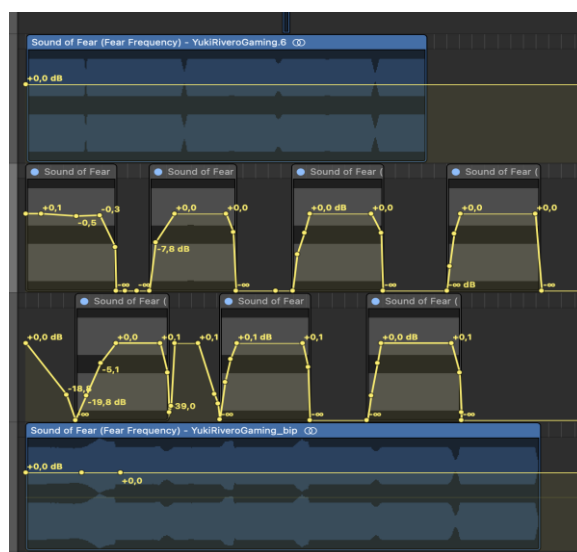


Figura 23: Automatización de ganancias para conseguir unir varios sonidos

Como podemos ver, en la Figura 23, el sonido de arriba es el sonido original, donde podemos apreciar que la onda no es continua ni lineal. Los sonidos intermedios, son los sonidos seleccionados para conseguir el sonido lineal, donde podemos ver las automatizaciones de ganancias que se han realizado para conseguir esa linealidad. Por último, se han seleccionado las dos pistas y se ha hecho un *"Bouce in Situ"* donde hemos conseguido el último sonido, donde podemos apreciar una onda mucho más constante que la del sonido original. Además, en la escucha queda un sonido totalmente continuo, con una misma ganancia similar en toda la onda.

Por último, utilizaremos las automatizaciones de ganancia para eliminar un ruido no deseado en el sonido, para ello cortamos la parte del sonido que no queremos y que tiene el ruido y la eliminamos. A continuación, vamos a buscar otra parte similar del sonido que pueda encajar y disimule el cambio que estamos haciendo. Una vez seleccionada la parte del audio, la colocamos en el espacio que ha dejado el fragmento que hemos eliminado, y hacemos un *fade in* y un *fade out* en ambos sonidos como podemos ver en la Figura 24.



Figura 24: Automatización de ganancias para esconder sonidos no deseados.

Ahora, solo quedaría hacer un “*Bouce in Situ*” para obtener este procesado en un único sonido, y los audios originales se silenciarían y ocultarían con la letra H (*Hide*), para tener nuestro proyecto mucho más limpio y organizado.

Time stretching

Es el proceso por el cual se cambia de duración una señal de audio sin alterar su tono [19]. Esto significa que puedes hacer que una pista de audio suene más lenta o rápida sin que su tono se vuelva más grave o agudo. Esta técnica es especialmente útil cuando se necesita cambiar la velocidad de una grabación o sonido para que coincida con el tiempo del video.

Este proceso se ha utilizado para adaptar los sonidos al tempo de las acciones del video, como por ejemplo se ha hecho con el sonido de la absorción de la gelatina grande a las gelatinas pequeñas, sonido que imita el comer de las gelatinas. Si vemos la Figura 25, en la pista superior, tenemos el audio original, denominado “Pajita”. Este sonido se repite en dos ocasiones, en la primera, la acción dura más que el audio original, por tanto, se alarga el audio original, podemos ver el resultado en el sonido de la segunda pista, “Pajita.5”. En segundo lugar, la acción en la que la gelatina grande se come a la gelatina pequeña dura menos que el audio original, por lo que toca reducir el tiempo del sonido, quedando como se muestra en la pista 3, denominado “Pajita.4”.

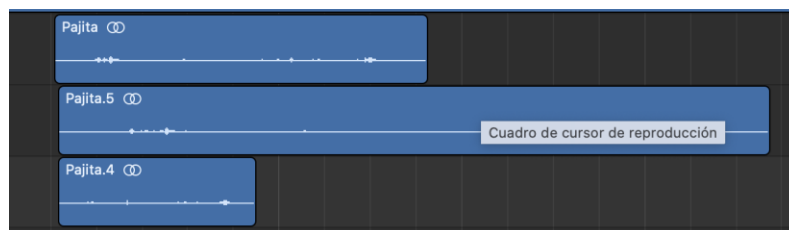


Figura 25: Variación de la duración temporal con la herramienta *Time stretching*.

Este proceso se ha repetido en múltiples ocasiones, ajustando los sonidos al tiempo de la acción, como ha sido con el caso del motor de la puerta metálica bajando o aquellos sonidos procedentes del banco de sonido Splice.

Pitch shifter

El *pitch shifter* o cambio de tono es un tipo de efecto de audio que altera la tonalidad de una señal de audio [19]. Puede subir o bajar la frecuencia de la señal, cambiando así la altura del sonido sin afectar su duración. Este efecto puede servir para cambiar la tonalidad de una voz, ya sea para corregir afinaciones, para crear efectos creativos como la voz de un demonio si se baja mucho el tono o una voz muy “apitufada” si se sube mucho el tono. Además, se puede utilizar para cambiar de tono la armonía entera de una música.

En nuestro caso, este efecto se va a utilizar en pistas únicas, por tanto, hemos insertado el plugin directamente en la pista correspondiente, sin ningún bus. Al desplegarse el plugin podemos ver diferentes parámetros como podemos ver en la Figura 26, pero nos centraremos en los siguientes parámetros [20]:

- **Pitch:** Este parámetro ajusta el cambio de tono en semitonos. Puedes aumentar el tono, dando valores positivos, o disminuir el tono del audio con valores negativos. Es decir, si ponemos -12, estaríamos bajando 12 semitonos, consiguiendo un sonido en una octava más grave, ya que 12 semitonos, es la equivalencia a una octava.
- **Mix:** Este parámetro controla la mezcla entre la señal original y la señal procesada. Es decir, un valor de 0% significa que solo escuchas la señal original, mientras que un valor de 100% significa que solo escuchas la señal procesada.
- **Cents:** Permite un ajuste más fino del tono en centésimas de un semitono. Este parámetro es muy útil para cuando queremos tocar las afinaciones de una grabación.



Figura 26: Plugin Pitch Shifter

Este efecto lo hemos utilizado en varias ocasiones, veamos algunos ejemplos de ello. En primer lugar, se ha utilizado para la modificación del sonido de movimiento de la gelatina grande, en el cuál queríamos conseguir un sonido mucho más grave y lento, por lo tanto, hemos utilizado el Pitch Shifter con los siguientes parámetros, que corresponden a la Tabla 16. Como podemos ver, hemos bajado el sonido una octava para conseguir ese sonido más grave que buscábamos y hemos puesto el Mix en el 100 % para que se escuche solo la señal procesada.

Parámetros Pitch Shifter	Valores de los parámetros
Pitch	-12
Cents	0
Mix	100%

Tabla 16: Parámetros utilizados en el *plugin* Pitch Shifter.

Vocal transformer

Es un efecto de audio utilizado para alterar y modificar la voz de diversas maneras. Algunos de sus usos son: cambio de tonalidad, cambio de formante (características de la voz sin cambiar la tonalidad de base), modulación de tiempo, efectos especiales, autotune [19]. Se ha utilizado el *plugin* Vocal Transformer, efecto predeterminado de Logic Pro, el cual podemos observar en la Figura 27. En nuestro caso utilizaremos este efecto para conseguir modificar la risa de la gelatina grande.



Figura 27: *Plugin* Vocal Transformer.

Empezaremos explicando los parámetros que hemos tocado en el *plugin* para entender su perfecto funcionamiento [21]:

- **Pitch (Tono):** Nos permite cambiar el tono de la voz por semitonos, como el pitch shifter que hemos visto anteriormente, pero en esta ocasión el rango típico es de +/- 24 semitonos, no de +/- 12 semitonos.
- **Formant (Formantes):** Controla los formantes de la voz, que son las características tonales que definen su timbre. Ajustar los formantes puede hacer que la voz suene más masculina, femenina, infantil o robótica.
- **Mix:** Controla la mezcla entre la señal original (*dry*) y la señal procesada (*wet*). Este parámetro existe para poder equilibrar cuánto del efecto procesado deseas en relación con la señal original.

Este efecto lo hemos utilizado en la risa humana que queremos utilizar para la risa de la gelatina gigante, para ello, vamos a reflejar los parámetros utilizados para conseguir este procesado de audio en la siguiente tabla, que corresponden con los datos de la Tabla 17:

Parámetros Vocal Transformer	Valores de los parámetros
Pitch	-24
Format	-24
Mix	62%

Tabla 17: Parámetros utilizados en el plugin Vocal Transformer.

Como podemos ver, hemos bajado el tono la risa de la gelatina dos octavas para conseguir una risa mucho más oscura y terrorífica. Además, vamos a cambiar el formante, para conseguir que la risa deje de parecer humana, esto se consigue bajando el formante a -24, cambiando por completo el timbre de la risa humana, a una risa más metálica o robótica. Como no queremos un resultado ni muy robótico ni muy humano, hemos puesto el Mix en un 62% hacia el wet (señal procesada), obteniendo un resultado mixto entre la señal procesada y la original.

Ecualización

La ecualización es un proceso en el ámbito del audio que consiste en ajustar el balance entre las diferentes frecuencias de un sonido. Esto se logra mediante el uso de un ecualizador, que es una herramienta o dispositivo que permite aumentar o reducir el nivel de ciertas frecuencias específicas [19]. La ecualización tiene muchísimas funcionalidades, en nuestro caso nos centraremos en dos:

- Eliminar o reducir frecuencias no deseadas, como el ruido de fondo o el *feedback*.
- Crear efectos específicos, como aumentar los bajos para un sonido más potente o realzar los agudos para una mayor nitidez.

Para explicar el proceso que hemos seguido, debemos de poner en contexto que se ha utilizado el *plugin* por defecto de Logic Pro. Ahora se expondrán dos casos de uso.

El primer caso de uso ha sido para conseguir el sonido deseado en el que la gelatina pasa por encima de una puerta. Este sonido se grabó con un carro pasando por una chapa ondulada; al grabar no se obtuvo el resultado final que queríamos, por tanto, se realizó una ecualización sustractiva, la cual consiste en reducir las frecuencias no deseadas, en vez de aumentar las frecuencias deseadas, consiguiendo un sonido más limpio y natural. En este caso el resultado que se busca es un sonido más agudo y metálico, además de disimular las ruedas del carro. Por tanto, se realizó en la pista del sonido la ecualización mostrada en la Figura 28. En esta ecualización se han quitado o disminuido todas las frecuencias por debajo de 800 Hz, y lo mismo se ha hecho con las frecuencias superiores a 8 kHz, por último, destacar que se han alzado un poco las frecuencias entorno al 3,5 kHz, consiguiendo darle un brillo más metálico a la ecualización. Consiguiendo así el sonido que estábamos buscando con la ecualización.



Figura 28: Ecualización del sonido de la gelatina pasando por la puerta metálica.

En el segundo caso, tenemos una risa humana que queremos convertirla en una risa monstruosa, para ello, aparte de bajarle dos octavas como hemos visto en Vocal Transformer, queremos aumentar la presencia grave en esta risa, para que sea menos humana, para esto hemos hecho una ecualización aditiva en la pista del sonido,

que consiste, en aumentar ciertas frecuencias para enfatizar características específicas del sonido, en nuestro caso las frecuencias graves de la risa (véase Figura 29). Con esta ecualización se debe tener especial cuidado con las distorsiones o tener un sonido desequilibrado. En este caso hemos aumentado las frecuencias graves entre 50 Hz y 1 kHz, y se han quitado progresivamente todas las frecuencias por encima de 1 kHz. Con esta ecualización, se ha conseguido una risa más oscura y terrorífica, consiguiendo así, el resultado final que buscábamos.



Figura 29: Ecualización de la risa de la gelatina grande.

Reverberación

Es un fenómeno acústico que ocurre cuando un sonido se refleja múltiples veces en superficies dentro de un espacio cerrado, creando un efecto de sonido prolongado y difuso [19]. A diferencia del eco, donde las reflexiones individuales son distinguibles, la reverberación consiste en una mezcla densa de reflexiones que se perciben como un solo efecto continuo. Es un componente crucial en la percepción del espacio y la profundidad del sonido, ya que añade sensación de espacio y profundidad. Antes de empezar con los usos en este proyecto, se van a explicar los diferentes parámetros que afectan a una reverberación [22] siguiendo el *plugin* que utilizaremos con Logic Pro (Figura 30).

- **Pre-Delay:** Retrasa el inicio de la reverb después del sonido directo. Esto puede ayudar a que el sonido directo sea más claro antes de que comience la reverberación.
- **Dry/Wet Mix:** El *Dry* controla la cantidad de señal seca (sin procesar) y el *Wet* controla la cantidad de señal reverberada (procesada) en la mezcla.
- **Size (Tamaño):** Controla el tamaño virtual de la sala. Un tamaño mayor simula una sala más grande y viceversa.
- **Length:** Se refiere a la duración de la cola de la reverberación. Un pasillo largo tendría una reverb que se desvanece lentamente.

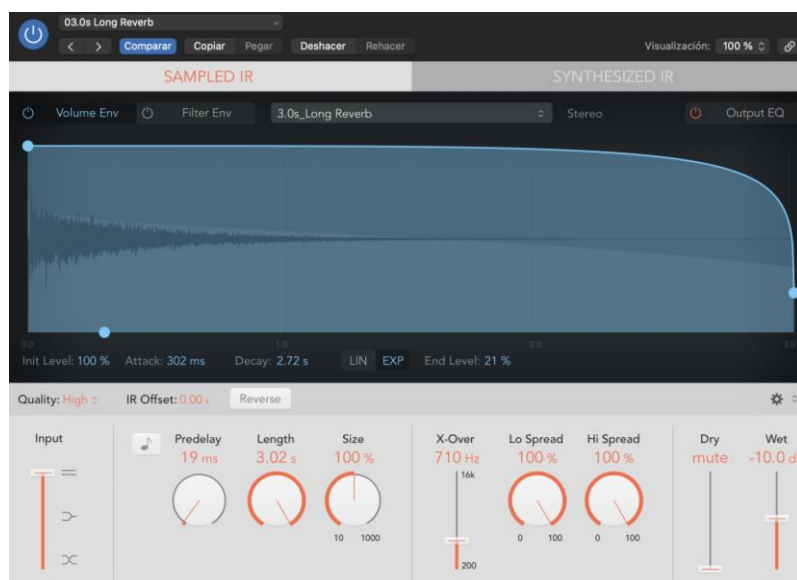


Figura 30: *Plugin* Space Designer utilizado para las Reverb.

Una vez visto, los parámetros, vamos a empezar con el primer caso de uso. Empezaremos explicando que para el conjunto de sonidos que componen los golpes de las puertas y el golpe de la puerta metálica contra el suelo, son sonidos a los que se quiere aplicar reverberación, por tanto, para ahorrar tiempo de trabajo, realizamos un bus con estos sonidos como podemos ver en la Figura 31.



Figura 31: Envíos de las pistas al Bus 2.

Por tanto, el *plugin* lo insertamos en este caso en el bus 2, es decir en AUX 2. Una vez introducida la reverb en el bus, Logic Pro, nos permite escoger tipos de habitaciones con sus parámetros predefinidos, para facilitar al usuario su configuración. Por tanto, en los ajustes del *plugin* escogemos “Large Space”, luego escogemos “Halls” y seguidamente “Long Reverb”, como podemos ver en la siguiente Figura 32.

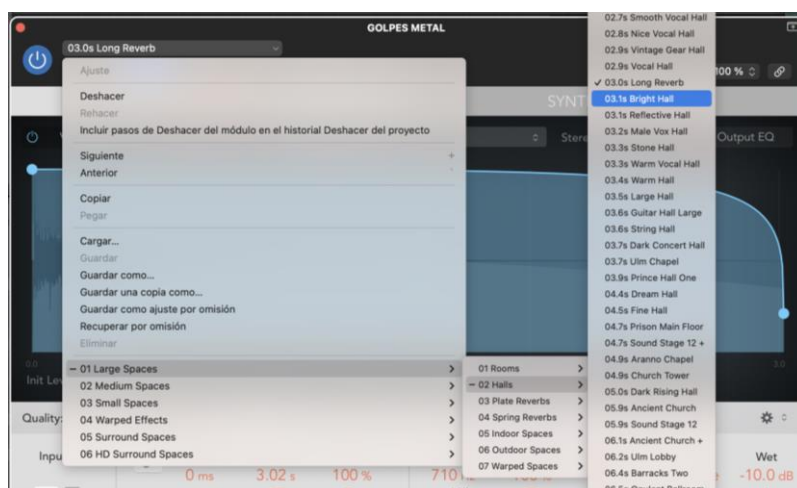


Figura 32: Selección de la sala en el plugin Reverb.

El *plugin* nos da unos ajustes predefinidos que nosotros modificaremos a nuestro gusto quedando estos de la manera mostrada en la Tabla 18.

Parámetros Reverb 1	Valores de los parámetros
Pre-Delay	20 ms
Dry/Wet Mix	Dry 30% Wet 70%
Size (Tamaño):	100%
Length	3,02 s

Tabla 18: Parámetros utilizados en los golpes metálicos para las reverbs.

Hemos escogido un Dry/Wet de 30% / 70% asegurándonos que el sonido reverberante sea prominente sin perder completamente la señal original. En cuanto al pre-delay se ha ajustado a 20 ms, imitando el tiempo que tarda para que las primeras reflexiones lleguen al oyente, además, se ha escogido un tamaño del 100 % para que la reverberación dé una sensación de longitud y amplificación en el pasillo. Por último, comentar el Length seleccionado, de aproximadamente 3 s, permitiendo que la reverb se mantenga y se desvanezca lentamente.

Otro ejemplo de uso ha sido con las voces, donde también hemos realizado un envío de todas las voces de las gelatinas a un bus. En esta ocasión en ajustes hemos seguido los primeros dos pasos anteriores, es decir “Large Space”, luego “Halls” y en este caso se ha optado por elegir “Vocal Hall”. En la Tabla 19 se muestran los parámetros de la reverberación aplicada a las voces.

Parámetros Reverb 2	Valores de los parámetros
Pre-Delay	30 ms
Dry/Wet Mix	Dry 30% Wet 70%
Size (Tamaño):	100%
Length	3,02 s

Tabla 19: Parámetros utilizados para las reverbs de las voces.

En este caso solo hemos cambiado el pre-Delay, para darle algo más de espacio al sonido original y que se escuche con mayor claridad. Todos los demás parámetros se han mantenido ya que al final es el mismo pasillo en el que suenan, por tanto, la acústica del espacio debe ser la misma para todos los reverbs.

En estos dos casos comentados, las reverbs se pueden ajustar de manera individual en la mesa de mezclas en su pista o también hay otra opción para hacerlo. La segunda manera de hacerlo se trata de aplicar la reverb desde el AUX, aplicándole reverbs a todas las pistas a la vez. En nuestro caso se ha realizado de la segunda manera, y en el caso de querer en algún sonido más reverb se ha tocado desde la pista individual.

Por último, hay que comentar que también se ha añadido de manera individual reverb a él eructo de la gelatina grande. Se ha ajustado con los mismos parámetros para mantener la misma acústica del pasillo, pero ecualizando la reverb. Quitándole algo más de frecuencias altas que en los demás casos.

Retardo

Delay o Retardo es un efecto de audio que toma la señal original, la almacena brevemente, y luego la reproduce después de un período de tiempo específico [19]. Puede configurarse para producir una única repetición o múltiples repeticiones que se desvanecen gradualmente, dependiendo de cómo se configuren los parámetros del efecto. Los cuales explicaremos ahora [23]:

- **Time:** Controla el tiempo de retraso entre la señal original y la repetición. Se debe tener en cuenta. Debemos tener en cuenta que para que se produzca un eco en una sala, deben de pasar como mínimo 50 milisegundos, para que el oído humano sepa distinguirlo del sonido original.
- **Feedback:** Controla el número de repeticiones de la señal. Un feedback más alto produce más repeticiones.
- **Mix:** Controla el balance entre la señal original (dry) y la señal retrasada (wet).
- **Cutoff:** frecuencia específica en la cual un filtro empieza a afectar la señal de audio.

Una vez vistos los parámetros, vamos a empezar con un caso de uso. Al igual que los sonidos de los golpes a la puerta, como los sonidos del golpe en el suelo le hemos puesto reverb, también le vamos a poner eco. Por tanto, en el mismo bus, añadimos el *plugin* predeterminado de Logic Pro de delay, el cual se muestra en la Figura 33.

En este caso, queremos que el delay sea natural y que el pasillo acústicamente sea similar al que hemos puesto con las reverbs, por tanto, los parámetros que hemos utilizado aparecen en la Tabla 20. La relación del Mix nos permite que el delay simule un pasillo largo, añadiendo profundidad y espacio a la mezcla sin perder la claridad del sonido original. Con el cutoff añadimos un filtro paso-alto (HPF) para eliminar las frecuencias bajas y un filtro paso-bajo (LPF) para atenuar las frecuencias altas, lo que hace que el delay suene más natural y menos estridente. En cuanto al time, lo ponemos en 375 ms para conseguir la sensación de que las repeticiones están ocurriendo

en las paredes de un pasillo. Por último, el feedback, se ajusta con el 50%, permitiendo que las repeticiones se desvanezcan lentamente, imitando las múltiples reflexiones de un pasillo.

Este proceso se ha repetido exactamente igual para el bus de los gritos, y como se ha mencionado antes en las reverbs, este efecto se aplica desde el AUX, para dar la misma presencia a todos los sonidos, y en caso de querer retocar alguno individualmente, se toca desde la pista.



Figura 33: *Plugin Delay Designer.*

Parámetros Delay	Valores de los parámetros
Time	375 ms.
Feedback	50%
Mix	wet al 40%. y dry al 60%
Cutoff (Frecuencia de Corte)	High-Pass Filter (HPF): 150 Hz Low-Pass Filter (LPF): 5 kHz

Tabla 20: Parámetros utilizados para el Delay.

Vibrato

El **vibrato** es una técnica musical que implica una oscilación periódica de la altura (pitch) de una nota, creando un efecto que hace que la nota parezca vibrar [19], de ahí el nombre "vibrato". Logic no incluye un efecto vibrato, pero para crear este efecto utilizaremos el efecto Flanger reduciendo al mínimo el parámetro de realimentación. Para conseguir este efecto es importante entender los siguientes parámetros del *plugin* Flanger que pueden verse en la Figura 34 [24]:

- **Rate:** Este control determina la velocidad de la modulación, entre 0 y 20 Hz.
- **Intensity:** Controla la cantidad de variación en el pitch.
- **Mix:** Controla la cantidad de señal afectada en comparación con la señal original.
- **Feedback:** Controla la cantidad de señal modulada que se retroalimenta en el efecto.



Figura 34: *Plugin del efecto Flanger.*

En primer lugar, queremos lograr este efecto para que los gritos de las gelatinas se deshumanicen y vibre la voz al igual que lo hacen los cuerpos de las gelatinas al moverse. Por tanto, para conseguir este efecto vibrato, tenemos que poner unos parámetros muy precisos (ver Tabla 21).

Parámetros Flanger	Valores de los parámetros
Rate	1,7 Hz
Intensity	30%
Feedback	1%
Mix	100%

Tabla 21: Parámetros utilizados para conseguir un efecto Vibrato

Al querer un vibrato que no fuera humano, le hemos subido un poco el Rate, o velocidad de variación del efecto, dejándolo en 1,7 ciclos por segundo. En cuanto a la Intensity, se pone en un 30% para que el vibrato no tenga una variación de pitch excesiva. El feedback lo ponemos a cero para conseguir el efecto vibrato y no flanger y por último el mix al 100% para conseguir los gritos gelatinosos que buscábamos.

3.5.5 Generación de voz con la ia de adobe audition

Para generar la voz de alarma, se ha recurrido a la inteligencia artificial integrada en el programa Adobe Audition, la cual nos permite escribir un texto, y nos genera diferentes secuencias de voces, con diferente timbre, tono y acento. Una vez generadas, se realiza una escucha de todas las voces y se escoge en nuestro caso una voz de chica española. Una vez obtenemos el audio, dividimos la palabra por sílabas y hacemos una variación de la duración temporal con el efecto *time stretch* en las diferentes partes para conseguir un resultado más natural.

Una vez obtenido el resultado que queremos, unimos las pistas y lo enviamos a Logic pro, donde le realizaremos un efecto de megáfono o teléfono. Este efecto se realiza mediante un ecualizador. En primer lugar, se debe activar un filtro de paso alto (*High-Pass Filter*) y ajustarlo alrededor de 300 Hz, dejando pasar todas las frecuencias por encima de 300 Hz. En segundo lugar, se activará un filtro paso bajo (*Low-Pass Filter*) y se ajustará alrededor de 3000 Hz, dejando pasar todas las frecuencias por debajo de 3000 Hz. Por último, destacaremos las frecuencias de alrededor de 500 Hz y 1800 Hz para darle más claridad al efecto que queremos conseguir, quedando como mostramos en la Figura 35.

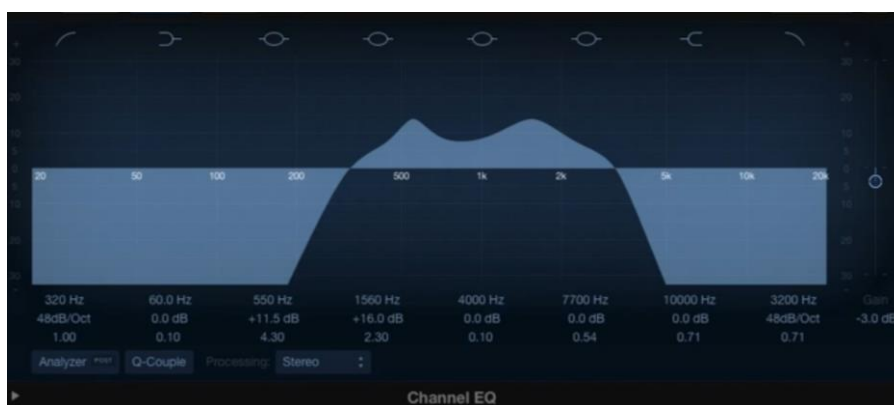


Figura 35: Ecualización para crear el efecto del megáfono.

3.5.6 Espacialización

Al no poseer un sistema Dolby Atmos, como ya hemos comentado antes y no poder escuchar la animación de manera real, utilizamos un plugin en el máster del proyecto, llamado "Dolby Renderer", el cual, nos permite traducir todo lo que pasa dentro del proyecto, y permitir escucharlo en otro formato, en nuestro caso, en binaural, utilizando unos cascos como sistema de escucha.

Es importante destacar que la escucha del video final debe ser siempre con cascos, fijándonos en ponernos los cascos con el R y el L de manera correcta, asegurándonos así de conseguir una escucha fiel al resultado y no inversa.

A continuación, iremos viendo la espacialización que hemos ido haciendo con los cuatro grandes grupos que hemos visto en la organización del trabajo.

Voces

Las voces suelen emitirse por el altavoz frontal central para conseguir que los diálogos sean claros y provengan directamente de la pantalla. Para conseguir esto, he muteado todos los demás altavoces. Se ha utilizado el sistema de paneamiento *Surround Panner*, ya que las voces siempre las vamos a posicionar en el mismo punto sin cambios de posiciones en el espacio, y no necesitan gran precisión de posicionamiento (Figura 36).



Figura 36: Espacialización de las voces.

En cuanto a las reverbs y ecos de las voces, existentes en los buses, todas están configuradas para generar ecos y reverbs 7.1.4 (Dolby Atmos). Se empezó a espacializar la escena, y al querer conseguir que las reverb sean realistas, se pusieron en el siguiente punto, utilizando el sistema de paneamiento *Surround Panner* ya que no necesitan estar en un punto en concreto, quitando el altavoz frontal central, y consiguiendo así el efecto que queríamos, como podemos ver en la Figura 37.

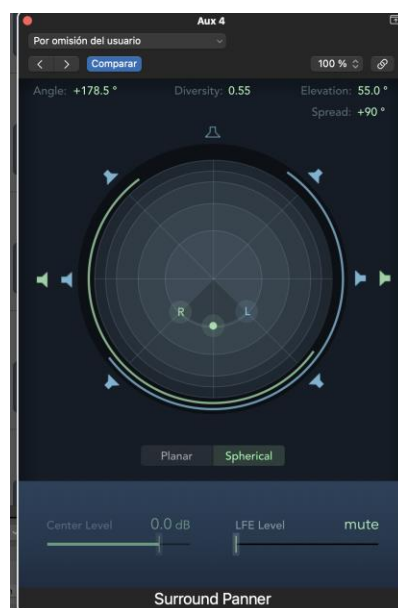


Figura 37: Espacialización para las reverb y delays de las voces.

El mismo proceso se hizo con los ecos, cambiando los ecos a ecos en 7.4 (Dolby Atmos) especializándolo de la misma manera.

Un ejemplo en el que se ha usado los delays y reverbs han sido con todos los sonidos de los portazos y golpes a la puerta metálica, donde sus respectivos ecos y reverbs se han colocado detrás del oyente para conseguir que el sonido pase de delante (donde se sitúan los golpes iniciales) hacia atrás (sonidos de reverbs y ecos situados detrás del espectador), obteniendo así un sonido más inmersivo y realista para el espectador.

Foley

Como ya hemos visto antes los sonidos Foley se ubican en el entorno donde ocurren los eventos. Además, se han utilizado diferentes modos de paneo para conseguir una mejor distribución de los sonidos.

En primer lugar, hablemos del Foley de las gelatinas pequeñas, en el cual hemos utilizado dos formatos de paneamiento. En primer lugar, el paneamiento binaural, utilizado para el Foley de las gelatinas corriendo rectas por el pasillo. Con este paneamiento conseguimos una elevación -20 por debajo del nivel del oído como podemos observar en la Figura 38, en el parámetro Elevation, consiguiendo un efecto en el que los sonidos se emiten desde una posición más baja que el resto de los sonidos y el espectador tenga una sensación en la que el sonido venga desde el suelo.



Figura 38: Espacialización de una de las gelatinas pequeñas corriendo.

Además, le añadimos el parámetro Size, con el cual conseguimos una profundidad en el pasillo que andábamos buscando, creando una automatización en la Figura 39 donde Size está en 8 cuando las gelatinas están al fondo del pasillo y según la gelatina se va acercando, vamos disminuyendo el Size. De esta manera conseguimos crear la sensación sonora del acercamiento de las gelatinas.

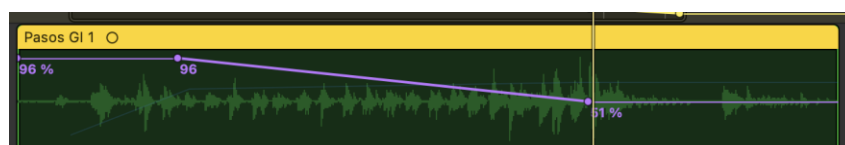


Figura 39: Automatización de la distancia en Binaural Panner.

En cuanto a la posición en el espacio Left/Right, fijándonos por ejemplo en la gelatina izquierda, podemos ver que la gelatina entra derrapando desde el lado derecho al lado izquierdo del encuadre, además del cambio de posición según la gelatina se va acercando a un primer plano, este paneamiento nos permite generar una automatización que nos marque el espacio por donde queramos situar los sonidos de la gelatina corriendo, como podemos observar en la Figura 40.

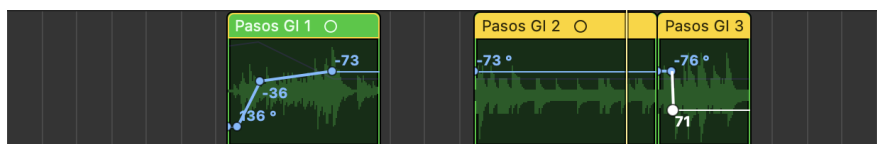


Figura 40: Automatización de la posición Left/Right en Binaural Panner.

En segundo lugar, hemos utilizado el paneamiento 3D Object Panner; es el paneamiento que usaremos por lo general en Dolby Atmos siempre que tengamos objetos en movimiento. Este paneamiento permite hacer automatizaciones tanto “BACK/FRONT”, “LEFT RIGHT” como “POSITION ELEVATION”.

Por ejemplo, en la escena en la que la gelatina pequeña corre del lado derecho al lado izquierda de la pantalla mientras la gelatina grande se está comiendo a otra, tenemos estas dos automatizaciones.

En primer lugar, se puede apreciar que la gelatina pequeña, parte de una posición más cercana al espectador, y según avanza hacia la izquierda se aleja a una posición más lejana del espectador, por lo tanto, se realizó la automatización en “BACK/FRONT” mostrada en la Figura 41.

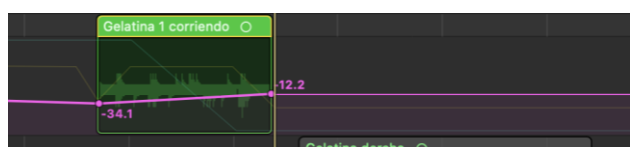


Figura 41: Automatización Back/Front en 3D Object Panner.

Por otra parte, en esta misma escena, la gelatina sale de la parte derecha y se desplaza a la parte izquierda, y para conseguir este efecto realizamos la siguiente automatización en Object Position Left/Right, donde el 100% indica que el sonido está totalmente a la izquierda, mientras que el 0% indica que el sonido está al lado contrario, la derecha (Figura 42).

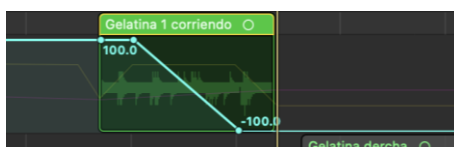


Figura 42: Automatización Left/Right en 3D Object Panner.

Con estas automatizaciones, además de poner una altura fija en las gelatinas pequeñas, ya que no se despegan del suelo, conseguimos espacializar un objeto en movimiento en un sistema Dolby Atmos.

Por último, para conseguir aún mayor realismo, se ha utilizado la automatización adicional del volumen para conseguir que las gelatinas tengan una entrada y salida de pantalla progresiva en cuanto a volumen. Como podemos ver en la escena que estamos analizando la gelatina antes de entrar a escena tiene un valor muy inferior al que tiene cuando entra en escena, este aumento de ganancia es progresivo según la gelatina se está acercando a entrar en el encuadre. Lo mismo pasa cuando la gelatina sale del encuadre, el sonido desaparece poco a poco, como podemos ver en la siguiente Figura 43.



Figura 43: Automatización de Ganancia entrada y salida gelatina pequeña.

Otro ejemplo en el que vamos a entrar en detalle es en el que la gelatina grande realiza el movimiento de elevación para subir por la puerta metálica. En este caso la posición de la gelatina respecto a la altura cambia, por tanto, tenemos que crear una automatización en “Object Position Elevation” donde podemos ver en la Figura 44 como se incrementa la altura progresivamente desde la altura de los oídos que es el valor 0,0 al valor de 84,4, un valor superior que hace actuar a los altavoces del techo según el número sea mayor.

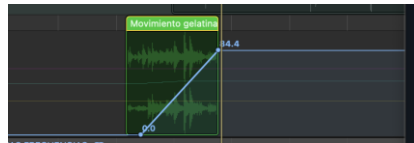


Figura 44: Automatización “Object Position Elevation” en 3D Object Panner

Estos procesos se han repetido con todos los movimientos Foley, adaptando cada sonido al sitio que ocupa en el espacio en cada momento.

Efectos de sonido

Los FX se colocan en el sitio que ocurren las acciones, evitando siempre el altavoz frontal central, reservado para las voces. En este caso hemos utilizado dos formatos de paneamiento, 3D Object Panner y Surround Panner. Veamos un ejemplo de cada uno de ellos.

En primer lugar, vamos a ver el ejemplo de 3D Object Panner, y para ello nos vamos a centrar en la acción de la puerta metálica bajando, ya que es un objeto que cambia de posición y requiere una gran precisión en el posicionamiento del sonido. En este caso se ha tenido que crear una automatización con el cambio de posición vertical del objeto, centrándonos en la automatización “Object Position Elevation”, donde ponemos la altura del objeto en 100 antes de que empiece a bajar y en 0 cuando la puerta se cierra, creando así una bajada progresiva del sonido, a la par de la bajada de la puerta como podemos ver en la Figura 45. Este sonido lo situamos centralmente y un poco por delante del espectador. Este proceso se ha repetido con los otros 3 sonidos que complementan la bajada de la puerta y con otras acciones como por ejemplo la caída de la puerta, cada una con sus respectivas automatizaciones de posición.

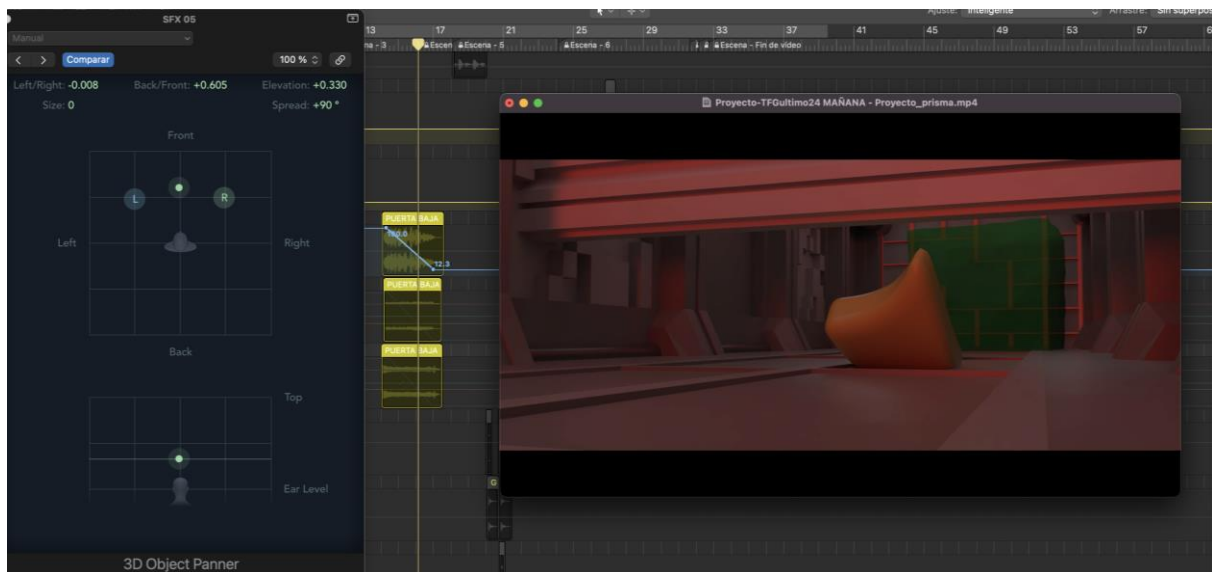


Figura 45: Automatización “Object Position Elevation” de la bajada de la puerta metálica.

En segundo lugar, nos centraremos en los FX que no tienen movimiento, en los cuales utilizaremos el sistema de paneo Surround Panner, ya que el FX, tiene una posición que no varía y no necesita un posicionamiento tan específico como en los casos anteriores. En todos estos casos, se silencia el altavoz frontal central reservado para las voces.

Por ejemplo, la gota de sudor de la gelatina pequeña antes de ser comida se sitúa por encima del nivel del oído, en el lado izquierdo de la pantalla y por delante del espectador como podemos ver reflejados en la Figura 46.

Esto se ha repetido con todos los FX sin movimiento y que no necesitan posicionarse de una manera tan detallada, como por ejemplo con los golpes a la puerta.

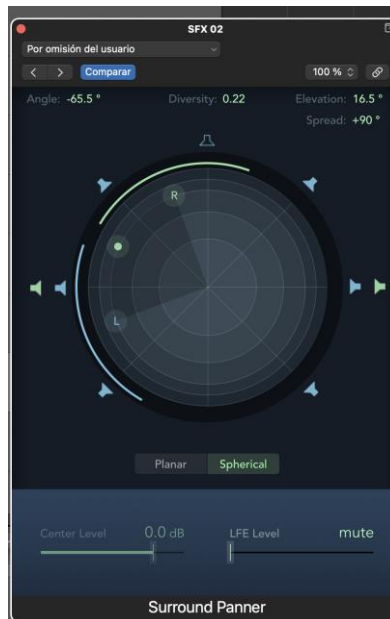


Figura 46: Espacialización de la Gota de Sudor.

Ambientes

El background o Sonido de Fondo suelen distribuirse por todos los altavoces para crear una atmósfera envolvente, el único altavoz que hemos silenciado ha sido el utilizado para las voces. Por tanto, para espacializarlo se ha utilizado el sistema de paneamiento de Surround Balancer y se le ha dado una altura determinada para que todos los altavoces reproduzcan los sonidos de fondo. Quedando como se muestra en la Figura 47.

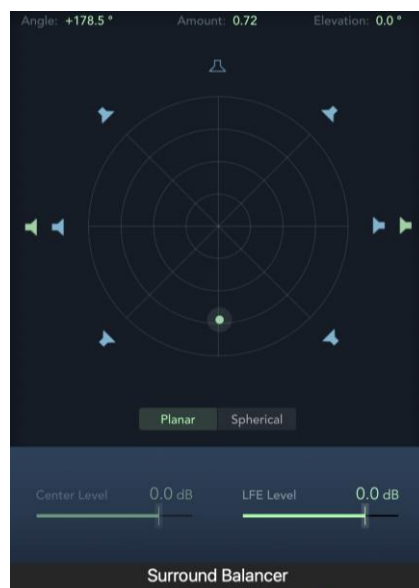


Figura 47: Espacialización de los sonidos ambientales

Por otra parte, uno de los Sonidos de Fondo es una frecuencia muy baja, por debajo de los 250 Hz, que se utiliza en escenas de persecuciones. Estas frecuencias producen tensión al espectador y se emiten por el subwoofer, por tanto, al tener un único subwoofer da igual el punto en el espacio en el que coloquemos el sonido, ya que se emitirá por el único subwoofer existente.

Por último, hay que destacar que los sonidos de ambientación de las luces fluorescentes se han situado con la elevación más alta, una en el lado izquierdo y otra en el lado derecho de la sala.

Música

Al igual que los sonidos de fondo, la música suele estar distribuida para todos los altavoces para crear una mejor experiencia sonora, consiguiendo un efecto envolvente. Por tanto, al ser Sonidos fijos que no precisan de un posicionamiento exacto, utilizamos el sistema de paneamiento predefinido en Dolby Atmos de Logic, “Surround Balancer”.

En nuestro caso, nuestra música se compone de 3 sintetizadores, uno grave, y dos más agudos. Todos los sonidos se han situado por detrás del espectador para que los altavoces traseros tengan una mayor importancia en la emisión de sonido y dejar mayor libertad a los altavoces delanteros de la sala donde ocurren la mayoría de FX y sonidos Foley.

En este caso el sintetizador más grave, “Dark Skies”, se ha puesto en los altavoces con una elevación a nivel del oído, exceptuando el altavoz utilizado para las voces, como podemos ver en la Figura 48.

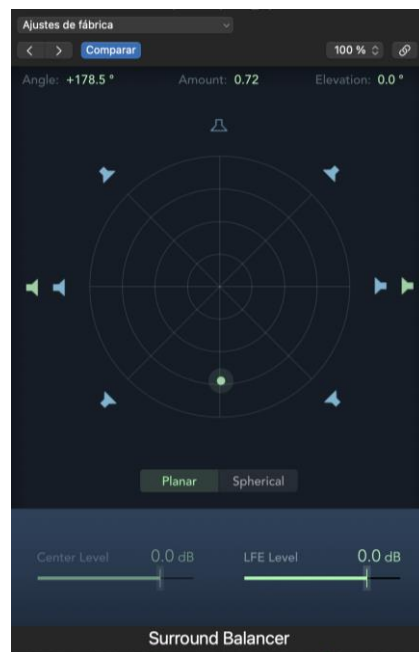


Figura 48: Espacialización del sintetizador “Dark Skies”

Sin embargo, los dos sintetizadores más agudos, “Impact Suspense” y “Animated Swirls”, se han puesto en el techo para liberar al resto de altavoces, y conseguir una mejor espacialización, ya que cuanto más distribuidos estén los sonidos, mejor será la definición. Estos sintetizadores se han colocado centralmente por detrás del centro de la sala, consiguiendo liberar al resto de altavoces como ya hemos comentado anteriormente.

3.5.7 Niveles de Mezcla

Para una buena mezcla, se debe tener en cuenta el rango dinámico que vamos a tener en nuestro proyecto, en nuestro caso vamos a tener un rango dinámico de 28 dB, rango aproximado que se usa en cine, con el mínimo en -30 dB y el máximo en -2 dB. Por tanto, tenemos que destacar que el sonido que más fuerte debe de sonar debe estar entorno a los -6dB, ya que luego con la suma de todos los sonidos no deben superar el máximo comentado.

Todo esto lo vamos a controlar gracias a un *plugin* Loudness, el cual es una herramienta utilizada para medir y controlar los niveles de volumen percibido de una señal de audio, la cual se puede apreciar en la Figura 49. Con esta herramienta mediremos el volumen percibido por el oído humano, teniendo en cuenta factores como la sensibilidad del oído a diferentes frecuencias y la duración del sonido.

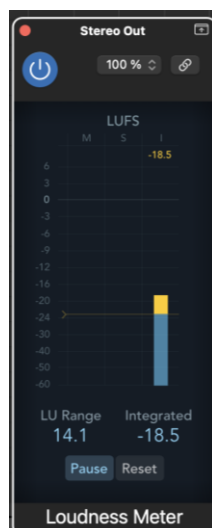


Figura 49: *Plugin Loudness Meter.*

En primer lugar, se van a ajustar todos los sonidos de los grupos de premezcla a un mismo nivel, y llevaremos los grupos de premezclas a los niveles que queramos, todos los sonidos de ambientación se van a ajustar en torno a los niveles de -25 dB, los sonidos Foley de -19 dB, los Fx Fuertes a -8 dB, los FX Medios a -15 dB, los FX flojos a -22 dB y la música a -22 dB, consiguiendo en primera instancia una mezcla muy genérica, que nos ahorrará tiempo en un futuro, ya que los sonidos estarán más o menos situados donde queremos.

Una vez nivelados todos los grupos de premezcla, hemos establecido un sonido de referencia que esté en la mitad del rango dinámico, en este caso en -17 dB. Hemos escogido el sonido del eructo, para que esté a mitad del rango dinámico, y lo hemos normalizado en -17 dB. Una vez normalizado, duplicamos el sonido en todo el proyecto para tener un nivel de referencia en todo momento, como podemos observar en la Figura 50.

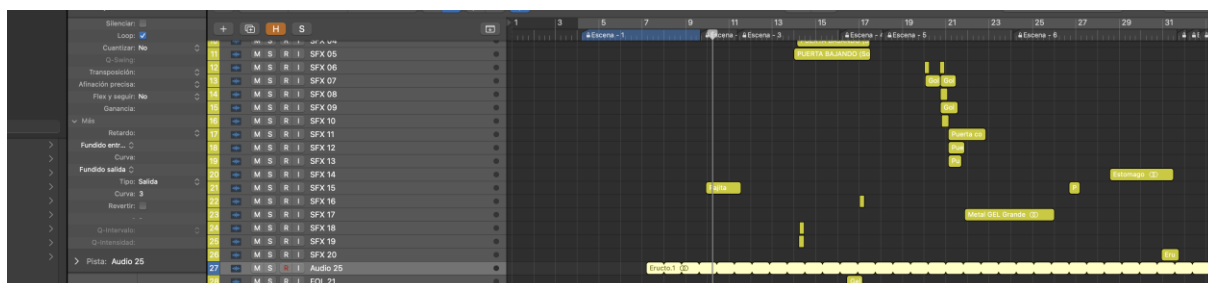


Figura 50: Sonido de referencia duplicado en todo el proyecto

Una vez establecido el nivel de referencia, ajustaremos sonido a sonido las ganancias de cada uno, teniendo el eructo de referencia, mientras se silencian en todo momento el resto de las pistas que no se estén mezclando en el momento.

Una vez se ha terminado de ajustar todos los sonidos en el nivel de ganancia que queremos, hemos realizado una escucha de manera global. En esta escucha y gracias al Loudness Meter, hemos detectado que sonidos se deben retocar, ya sea porque el sonido no se escucha o se escuche demasiado. Por ejemplo, si en una escena los pasos Foley, no se aprecian tendremos que subir la ganancia hasta que estos se escuchen, a la par de bajar otros sonidos que estén causando este problema por exceso de volumen. Este proceso lo repetiremos hasta tener una buena mezcla, donde escuchamos todos los sonidos con claridad.

Por último, he tenido que realizar una automatización en las ganancias de las voces de la gelatina grande y la gelatina pequeña en la escena 6, ya que los personajes están mucho más cerca que en las anteriores escenas, como podemos observar en la Figura 51.

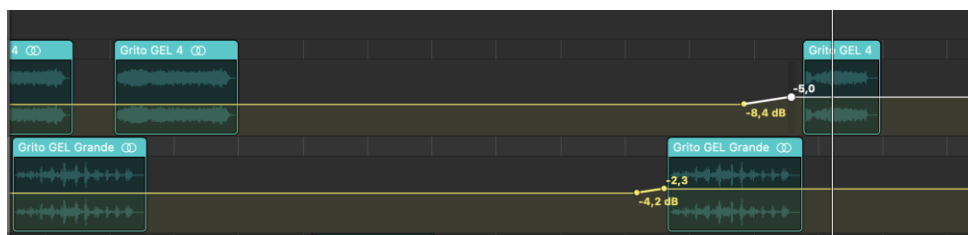


Figura 51. Automatizaciones de ganancia en la mezcla.

También en el canal de mezcla hemos utilizado un limitador, el cual es un tipo de compresor con una relación de compresión muy alta, que se utiliza para evitar que el nivel de una señal de audio supere un umbral especificado, evitando el clipping digital que pueda causar distorsión. Además, hay que destacar que el limitador nos permitirá elevar el volumen general de la mezcla sin causar distorsión. En nuestro caso hemos utilizado el limitador por defecto de Logic Pro, que podemos ver en la Figura 52.



Figura 52. Plugin Limitador

3.5.8 Masterización

La masterización de sonido es la etapa final de la postproducción de sonido. Se produce una vez que se ha completado el resto del diseño de sonido. El objetivo de la masterización es asegurarse de que el audio suene de la mejor manera posible en cualquier plataforma, utilizando herramientas como ecualizadores, compresores o limitadores. Los contenidos audiovisuales nunca se habían consumido en tantos formatos y dispositivos como en la actualidad. Por eso, hoy en día la masterización tiene un papel crucial en un buen diseño sonoro.

En esta última parte del proceso de postproducción se realizan los siguientes procesos [25]:

- Corregir los problemas de audio tales como diferencias de balance tonal, respuesta de transitorios, dinámica, ajuste de ambientes, imagen estéreo... de la mezcla final.
- Normalizar la sonoridad de la mezcla final según los estándares de difusión.
- Transferir el audio al formato final (cambios de resolución o de formato) según el sistema de reproducción o canal de difusión.

Para la normalización de la sonoridad, el estándar AES TD1004 recomienda que el nivel de sonoridad objetivo para la transmisión de audio y la reproducción de archivos en red se establezca dentro del rango de -16 LKFS a -20 LKFS⁶. Aunque la mayoría de plataforma de *streaming*, como YouTube, Spotify, Amazon Music... elevan el valor de sonoridad de los archivos a -14 LUFS.

Para su difusión broadcast (TV) en Europa e Iberoamérica se aplica el estándar EBU R128 que establece -23 ± 0,5 LUFS y -1 dBTP (Nivel de pico verdadero).

Por tanto, a partir del archivo de mezcla se aplicarán las correcciones de sonoridad (según un medidor de sonoridad que cumpla con el estándar ITU-R BS.1770-3) necesarias para generar los archivos correspondientes a cada uno de los canales de difusión.

⁶ LUFS (unidad de sonoridad relativa a la escala completa) y LKFS (sonoridad ponderada K relativa a la escala completa) son equivalentes; indican la misma cantidad de nivel de sonoridad.

En cuanto al formato, utilizando la herramienta *Dolby Atmos Renderer* de que dispone Logic Pro, podemos generar el archivo de salida que se adapte al sistema de reproducción de sonido del oyente final: estéreo, 5.1, 7.1, 9.1 o binaural. Si no aplicamos esta herramienta podremos generar un archivo orientado a objetos en formato DAMF (*Dolby Atmos Master File*) o ADM BWF que requerirá de un renderizado previo; este formato es el que utilizará un sistema de altavoces de una sala de cine o de un sistema doméstico Dolby Atmos [4].

Para este trabajo Final de Grado se ha pensado generar la mezcla Dolby Atmos en un formato binaural que es la que permite una mayor inmersión 3D sin necesidad de disponer de múltiples altavoces, tan solo nuestros auriculares. Y como el canal de difusión principal será, de momento, YouTube, se generará un archivo final con una sonoridad de -14 LUFS y -1 dBTP.

La corrección de sonoridad [25] la podemos realizar durante la mezcla, como se ha explicado en el apartado 3.5.7 *Niveles de mezcla*, utilizando un medidor de sonoridad de programa (LUFS) y de nivel de pico verdadero (dBTP). O también podemos realizar nuestra mezcla y, al archivo generado, aplicarle una corrección de la sonoridad con un software externo. Por ejemplo, utilizando Adobe Audition podemos realizar una corrección de la sonoridad utilizando la herramienta de *Volumen de coincidencia* y configurar la normalización de la sonoridad según el canal de distribución, por ejemplo, EBU R128 (Figura 53) o plataformas en *streaming* (Figura 54).

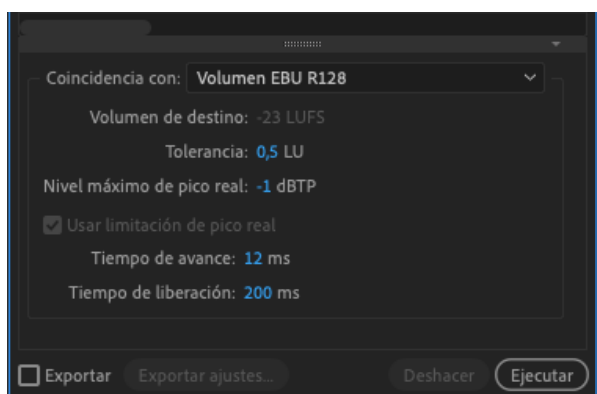


Figura 53. Normalizar la sonoridad según EBU R128 para TV.

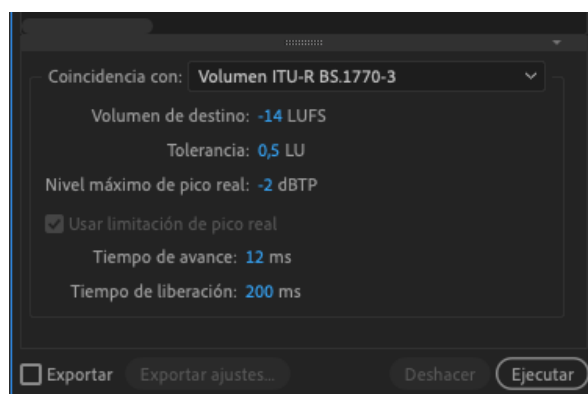


Figura 54. Normalizar la sonoridad para difusión en *streaming*.

4 Conclusiones

Para finalizar el trabajo, primero de todo, analizaremos si hemos cumplido con los objetivos propuestos al inicio del trabajo fin de grado. En primer lugar, hemos conseguido crear una experiencia inmersiva tridimensional gracias al trabajo realizado con la espacialización en Dolby Atmos. En segundo lugar, hemos comprobado que un buen diseño sonoro es igual de importante que la acción visual de la animación, ya que los elementos sonoros creados no solo se integraron de manera coherente con la animación, sino que también aportaron una capa adicional de emoción e inmersión al espectador. Por último, hay que destacar que se ha optimizado la calidad del audio con la serie de pasos que hemos ido realizando a lo largo del proyecto.

Al haber terminado este trabajo, se ha podido concluir que el diseño sonoro puede transformar y enriquecer una animación, hasta tal punto de ser una herramienta narrativa fundamental para transmitir emociones y percepciones del espectador. Además, se ha demostrado la importancia que tiene una buena espacialización del sonido, ya que comparando el antes y después, la mezcla, es mucho más rica, apreciando mucho más los sonidos.

A lo largo del desarrollo de este trabajo se han tenido varios problemas, pero nos centraremos en específicamente en dos. El principal problema que se ha tenido ha sido de no disponer Logic Pro en cualquier ordenador, ya que actualmente estoy trabajando en otra ciudad fuera del campus de Gandía de la Universidad Politécnica de Valencia, lugar donde disponíamos del programa. Para solventar este problema se han ido cogido vacaciones del trabajo, para poder asistir presencialmente a la universidad y realizar el trabajo en las cabinas de esta. Por otro parte, en la Universidad Politécnica de Valencia, no se dispone de un sistema Dolby Atmos, por tanto, se optó por utilizar un *plugin* en el máster del proyecto, llamado “Dolby Renderer”, el cual, renderiza la mezcla de Dolby y nos permite escucharla en binaural.

Con la realización de este trabajo fin de grado se han adquirido grandes conocimientos sobre el diseño sonoro y sus procedimientos, sobre todo destacar lo aprendido en cuanto a mezcla y masterización, ya que son procesos que nunca había realizado antes. Se ha aprendido a utilizar una herramienta DAW totalmente de cero, donde se ha realizado todo el procesamiento de audio, y todos los demás procesos explicados en este trabajo. Además, se ha podido apreciar de primera mano la importancia que tiene el sonido en cualquier producto audiovisual y entender el gran impacto que puede tener este con los espectadores.

En resumen, este TFG no solo ha logrado cumplir sus objetivos iniciales, sino que también ha proporcionado una valiosa experiencia personal con el diseño sonoro. Todas las conclusiones y aprendizajes que se han obtenido subrayan la importancia del sonido en la animación y en cualquier producto audiovisual. Un buen diseño sonoro es capaz de transformar y enriquecer las experiencias del espectador.

5 Referencias bibliográficas

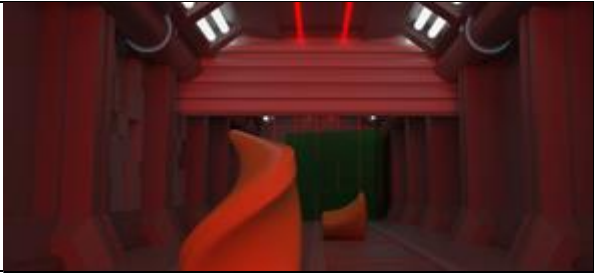
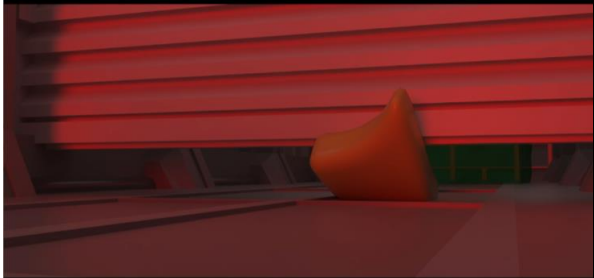
- [1] R.S. Beauchamp, *Designing Sound for Animation*, 2ª ed. Amsterdam: ELSEVIER, 2013.
- [2] Dolby Laboratories Inc. *What is Dolby Atmos*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.dolby.com/technologies/dolby-atmos/>
- [3] Dolby Laboratories Inc. *Dolby Atmos speaker setup guide*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.dolby.com/about/support/guide/speaker-setup-guides/>
- [4] E. Rothermich, *Mixing in Dolby Atmos*. Graphical Enhanced Manuals, 2021.
- [5] J. Rose, *Producing great sound for film and video*. Focal Press, 2015.
- [6] Apple Inc. Introducción al módulo Dolby Atmos en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcpad99a338/mac>
- [7] Apple Inc. Parámetros del 3D Object Panner en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcpa01bed87/mac>
- [8] Apple Inc. Introducción al control de balance surround en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcp70a62f51/mac>
- [9] Apple Inc. Utilizar el control de balance baural en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcp8e8a3db4/11.0/mac/13.5>
- [10] *Blob Runner 3D*, Rollic Games. [Videojuego]. Disponible: <https://rollicgames.com/games>
- [11] T. McGrath, C. Vernon y E. Darnell (dir.) *Madagascar 3: Europe's most wanted* (Madagascar 3: de marcha por Europa), Dream Works Animation, 2012. [película].
- [12] C. Nolan (dir.), *Interstellar*, Warner Bros., Syncopy Production, Paramount Pictures, Legendary Pictures & Lynda Obst Productions, 2014. [película].
- [13] A.E. Robles Riera, *Guion original de Animación: A través del visor*, Tesis de grado, Dep. Ciencias de la Comunicación. Univ. Monteávila, Venezuela, 2021.
- [14] ZOOM, *H4n Pro Four-Track Audio Recorder*, 2024. [En línea]. Disponible: <https://zoomcorp.com/es/es/grabadoras-de-mano/handheld-recorders/h4n-pro/>
- [15] Audio-Technica, *Micrófono AT897*, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.audio-technica.com/es-es/at897>
- [16] Beyerdynamic, *DT 770 PRO Closed studio headphones*, 2024. [En línea]. Disponible: <https://global.beyerdynamic.com/dt-770-pro.html>
- [17] Focusrite, *Scarlett 18i8 3rd Gen*, 2024. [En línea]. Disponible: <https://focusrite.com/products/scarlett-18i8>
- [18] eMastered, *Normalización de Audio: Su guía completa para normalizar audio*. 2022, 16 de junio. [En línea]. Disponible: <https://emastered.com/es/blog/audio-normalization>
- [19] A. Farnell, *Designing Sound*, The MIT Press, 2010.

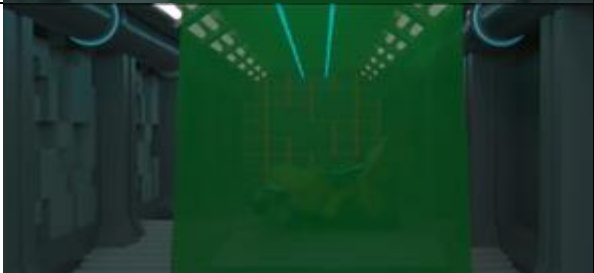
- [20] Apple Inc. Introducción a Pitch Shifter en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgce2a28541a/11.0/mac/13.5>
- [21] Apple Inc. Controles de Vocal Transformer en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcef28352ca/11.0/mac/13.5>
- [22] Apple Inc. Efectos de reverberación en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcef296924f/11.0/mac/13.5>
- [23] Apple Inc. Introducción a Delay Designer en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcef18b8dc5/11.0/mac/13.5>
- [24] Apple Inc. Efecto Flanger en Logic Pro para Mac. En *Manual de uso de Logic Pro para Mac*. 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcef266e2fc/11.0/mac/13.5>
- [25] J.M. Sanchis Rico, *Apuntes Herramientas de postproducción de audio*, Universitat Politècnica de València, 2024.

Anexo I. Escaleta.

Esta escaleta está dividida por escenas, y por cada acción que ocurre se subdivide la escena para poder detallar los sonidos que queremos que ocurran en ese momento.

Escenas divididas por acciones	Sonidos	Imagen correspondiente a la acción
1.1	Sonido fábrica y tubos con agua Sonido frecuencia baja	
1.2	Sonido alarma intermitente Sonido fábrica y tubos con agua Sonido frecuencia baja Sonido de los tubos fluorescentes	
2.1	Gelatina gigante comiendo a alguien Grito de auxilio de gelatina Gelatina corriendo Alarma intermitente Música Sonido fábrica y tubos con agua Sonido frecuencia baja Sonido de los tubos fluorescentes	
3.1	Pasos de gelatinas corriendo Gritos de gelatinas corriendo Alarma intermitente Música Sonido fábrica y tubos con agua Sonido frecuencia baja Sonido de los tubos fluorescentes	
3.2	Alarma intermitente Sonido movimiento gelatina grande Puerta metálica bajando Gelatina se cae Sonido fábrica y tubos con agua Sonido frecuencia baja Sonido de los tubos fluorescentes Sonidos puertas bajando	

3.3	Sonido fábrica Alarma intermitente Sonido movimiento gelatina grande Puerta metálica bajando Gelatina pide auxilio Gelatina se gira Sonidos puertas bajando	
4	Alarma intermitente Sonido movimiento gelatina grande Puerta metálica bajando Corta la gelatina Sonidos puertas bajando Golpe puerta cierre	
5.1	Sonido fábrica Sonido movimiento gelatina grande Respiraciones de la gelatina Foley de la gelatina	
5.2	Sonido fabrica Golpes en la puerta metálica Respiraciones de la gelatina	
5.3	Golpetazo de la puerta al caer Movimiento al girarse la gelatina Foley gelatina grande	
5.4	Sonido de la gota de sudor Movimiento gelatina grande sobre metal y gelatina pequeña pequeños pasos	

6.1	Movimientos Foley gelatina grande. Movimientos Foley gelatina pequeña Quejidos de auxilio	
6.2	Movimiento rápido de gelatina grande Sonido de comer	
7.1	Efecto de “nada” como si estuvieras dentro de un estomago	
7.2	Sonido digestión Efecto de “nada” como si estuvieras dentro de un estomago	
7.3	Sonido eructo al desvanecerse la gelatina Efecto de “nada” como si estuvieras dentro de un estomago	

Anexo II. Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				x
ODS 2. Hambre cero.				x
ODS 3. Salud y bienestar.				x
ODS 4. Educación de calidad.	x			
ODS 5. Igualdad de género.				x
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				x
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				x
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.				x
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.	x			
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				x
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.				x
ODS 12. Producción y consumo responsables.				x
ODS 13. Acción por el clima.				x
ODS 14. Vida submarina.				x
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				x
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				x
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				x

Descripción de la alineación del TFG con los ODS con un grado de relación más alto:

El desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) está relacionada por una parte con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 4, ya que el proyecto contribuye a la educación de calidad al proporcionar una experiencia de aprendizaje integral y práctica en el campo del diseño sonoro. Además, se integran metodologías innovadoras y tecnologías de vanguardia, fomentando un entorno de aprendizaje adaptado a las necesidades actuales del mercado laboral. Por último, hay que destacar, que este trabajo puede servir como un recurso educativo para futuros estudiantes y profesionales, ampliando el acceso al conocimiento y promoviendo la continua mejora de la calidad educativa en el ámbito del diseño sonoro.

Por otra parte, el trabajo también se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9, ya que el diseño sonoro es un campo en constante evolución que requiere innovación continua y en este TFG, se han utilizado nuevas tecnologías y técnicas, como puede ser la especialización en Dolby Atmos, contribuyendo a la innovación en la industria audiovisual.

Anexo III. Video Final.

Al ser un producto desarrollado en Mac, al descargarlo en Windows, se produce un error en el sonido, generando un ruido rosa en todo el proyecto, por tanto, se deja un enlace a drive, donde se puede apreciar el resultado final.

<https://drive.google.com/file/d/1RpquwENEDyAcEI9Tm4g0Uzv7Vo9N8Ix3/view?usp=sharing>

Hay que recalcar que la escucha debe ser con cascos, asegurándose de posicionar bien los lados de estos para una escucha correcta del resultado final.