

# TRABAJO FIN DE MÁSTER



**UCAM**

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE MURCIA

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### *Máster en Formación del Profesorado*

*Ableton Live y Xfer Serum en el aula de Música:*  
un enfoque innovador e interdisciplinar para explorar el sonido

*Autor/a:*

*Pablo Quijada Sánchez*

*Director/a:*

*Dra. Berta Guerrero Almagro*

<https://youtu.be/VnRyov7uRz0>

*Murcia, mayo de 2023*







# TRABAJO FIN DE MÁSTER



**UCAM**

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE MURCIA

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### *Máster en Formación del Profesorado*

*Ableton Live y Xfer Serum en el aula de Música:*  
un enfoque innovador e interdisciplinar para explorar el  
sonido

*Autor/a:*

*Pablo Quijada Sánchez*

*Director/a:*

*Dra. Berta Guerrero Almagro*

*Murcia, Mayo de 2023*

## ÍNDICE

<b>1. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1. TIC: EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA MUSICAL.....	4
2.2. STEAM E INTERDISCIPLINARIDAD .....	8
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
3.1. Objetivo General .....	11
3.2. Objetivos Específicos.....	11
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>12</b>
4.1. Descripción del proyecto.....	12
4.2. Contenidos.....	14
4.2.1. Historia de la grabación de audio y la tecnología musical .....	14
4.2.2. Introducción a <i>Ableton Live</i> y sus conceptos .....	17
4.2.4. Introducción a <i>Xfer Serum</i> y su disposición .....	21
4.2.5. El sonido: Acústica y piscoacústica.....	22
4.2.7. Introducción a la síntesis sonora.....	25
4.3. Temporalización y actividades.....	28
4.4. Recursos.....	30
<b>5. EVALUACIÓN</b> .....	<b>34</b>
<b>6. REFLEXIÓN Y VALORACIÓN FINAL</b> .....	<b>37</b>
<b>7. REFERENCIAS</b> .....	<b>41</b>
<b>8. ANEXOS</b> .....	<b>44</b>
8.1. Anexo 1. Partes Ableton y Serum.....	44
8.2. Anexo 2. Tipos de onda y contenido armónico.....	45
8.3. Anexo 3. Comportamiento de las ondas.....	46

## 1. JUSTIFICACIÓN

La incorporación de las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje ha sido un tema de interés en la educación musical en los últimos años. La Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE) establece la necesidad de incorporar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y la música no es ajena a ello, pudiendo convertirse los softwares musicales en una herramienta valiosa para fomentar la creatividad y el aprendizaje musical en la Educación Secundaria Obligatoria. En este sentido, resulta importante que la educación musical tenga en cuenta los intereses y necesidades del alumnado y busque estrategias pedagógicas que se adapten a la era digital.

El presente trabajo consiste en el desarrollo una unidad didáctica innovadora que integre el programa de composición y producción *Ableton Live* junto con el sintetizador *Xfer Serum*. La unidad didáctica se enfocará en la ilustración y transmisión a nivel sonoro-visual de los diferentes parámetros del sonido a través del proceso de síntesis, con la intención de facilitar su comprensión a partir de su representación visual, lo que permitirá a los estudiantes explorar los diferentes recursos musicales y creativos que se pueden lograr con ellos, relacionándolos de forma aplicada con el temario de la asignatura. Lo que se pretende conseguir al introducir estos dos softwares es mostrar una alternativa pedagógica innovadora, actualizada y enriquecedora que puede complementar a la enseñanza tradicional, fomentando la motivación, el interés hacia la asignatura, la creatividad y la expresión musical de los estudiantes, además de beneficiar la inclusión y democratización del acceso a la educación musical, y contribuir a la educación emocional de los estudiantes.

Como abordaremos en el marco teórico, el uso de las TIC en el aula en los últimos ha permitido una mayor interacción del alumnado, una mayor motivación y una mejor comprensión de los contenidos, además de resultar especialmente útiles para abordar temas y conceptos complejos. Al desarrollar la unidad didáctica presente, se pretenden mostrar y analizar diversos recursos

técnicos y pedagógicos, que permitan a los estudiantes aprender y desarrollar su creatividad con el manejo de manera autónoma de estos dos programas.

*Ableton Live* y *Xfer Serum* son dos herramientas populares y ampliamente utilizadas en el ámbito de la producción musical electrónica. A través de ellos, se pueden explorar diferentes tipos de síntesis y manipular los parámetros del sonido de infinitas formas para crear una gran variedad de efectos y artefactos sonoros. Gracias a la gran cantidad de tutoriales y recursos pedagógicos disponibles en plataformas en línea como *YouTube*, el aprendizaje de estos programas se ha democratizado y vuelto accesible para cualquiera interesado en ello. Si bien es verdad que dichos programas no son gratuitos, durante el período de prueba que nos ofrecen las compañías que los desarrollan, junto con su uso en modo demostración, es posible utilizarlos eficazmente con una finalidad pedagógica. Las principales ventajas que presentan estos dos softwares son la cantidad de usuarios que los utilizan que, junto con su popularidad y polivalencia, los que los convierte en dos de las mejores opciones para la iniciación en la producción musical, ya que se mantienen actualizados de forma constante por sus desarrolladores. De forma paralela, la cantidad y difusión de contenidos relacionados con su manejo, funcionalidad y aprendizaje a diferentes niveles de profundidad es enorme, y son accesibles a través de plataformas como *YouTube*, gracias a una infinidad de canales que promueven su divulgación de forma altruista, fomentando la independencia y el aprendizaje autónomo en los estudiantes, y facilitando diferentes recursos en línea.

De esta manera, la unidad didáctica propuesta permitirá a los estudiantes iniciarse en la exploración de los diferentes tipos de síntesis sonora y su análisis en relación con todo tipo de sonidos. Se propondrán ejercicios prácticos que les permitan crear y manipular sonidos utilizando los programas seleccionados y se relacionará cada sonido sintetizado con fenómenos sonoros que se producen dentro de la naturaleza y que tradicionalmente se aprovechan en la producción sonora con instrumentos musicales de cuerda, percusión o viento, así como sus relaciones con la física, enfocado desde una perspectiva interdisciplinar.

Es importante destacar que la inclusión de los softwares musicales en la educación musical no significa reemplazar los instrumentos tradicionales o la

teoría musical, sino complementarlos y ofrecer una alternativa interesante y atractiva para los estudiantes. La música es un arte en constante evolución y la incorporación de las tecnologías en su enseñanza y producción no solo es necesaria, sino también enriquecedora. Además, se ha visto el uso de softwares musicales también puede ser beneficioso para aquellos estudiantes que no tienen acceso a instrumentos musicales en casa o en la escuela, ya que pueden crear y producir música utilizando un ordenador o un smartphone. De esta manera, se democratiza el acceso a la educación musical y se fomenta la inclusión de más personas en la práctica y el disfrute de la música.

Por otro lado, el uso de estos programas en la educación musical también puede tener un impacto positivo en la educación emocional de los estudiantes. La música es una forma de expresión y comunicación que puede ayudar a los estudiantes a canalizar sus emociones y sentimientos, y el uso de softwares musicales puede ser una herramienta efectiva para ello. Al crear y producir su propia música, los estudiantes pueden experimentar con diferentes sonidos y ritmos para expresar sus emociones de manera creativa y personal.

## 2. MARCO TEÓRICO

Como se ha abordado en la justificación, el papel que han adquirido las TIC y las nuevas tecnologías en el ámbito de la educación musical ha provocado la necesidad de nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje que facilitan la comprensión y el acceso a la música. Por un lado, muchas aplicaciones móviles permiten a los estudiantes experimentar con diferentes instrumentos y técnicas musicales de manera interactiva y lúdica. Por otro, la evolución y mejora de los programas informáticos musicales en las últimas décadas con los DAW (*Digital Audio Workstation*) ha revolucionado el proceso de creación y grabación de música, permitiendo a los músicos plasmar sus ideas de manera más eficiente y profesional.

### 2.1. TIC: EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA MUSICAL

Para Serrano (2017), las TIC son herramientas valiosas para la educación musical, ya que permiten la realización de prácticas de enseñanza y aprendizaje más creativas, interactivas y efectivas. Además, la autora destaca que pueden ser utilizadas para el desarrollo de otras habilidades en los estudiantes, como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad. A su vez, áreas como la audición y la creación musical pueden verse beneficiadas de las TIC, estimulando los proyectos de composición colaborativa del alumnado y fomentando el trabajo en equipo (Serrano, 2017).

Tejada (2004) mantiene que la tecnología puede tener un impacto positivo en la evolución y desarrollo del aprendizaje musical, al mejorar la capacidad auditiva, facilitar la comprensión de los conceptos teóricos y permitir la transferencia simbólica. Además, la tecnología puede ayudar a mejorar la estructuración y coherencia en los materiales y contenidos creados para los estudiantes, lo que a su vez facilita el análisis multimodal de la música. Para los profesores, la tecnología debe ser una herramienta valiosa para crear y producir actividades y proyectos musicales en el aula.

Compartiendo las mismas inquietudes, para Galera y Mendoza (2011), el papel de la tecnología dentro del aula de música fomenta y estimula el aprendizaje, permitiendo potenciar así la capacidad creativa del alumnado relacionadas con sus capacidades compositivas o musicales, pero van un paso más allá al comprobar que la utilización de herramientas como el controlador MIDI o los softwares de grabación y secuenciadores, permiten interpretar y crear música muy parecida a la que ellos consumen y que es de su interés, por lo que su utilidad dentro del aula queda demostrada. En esta línea, Cipta (2021) se centra en los beneficios del aprendizaje autodirigido utilizando la tecnología musical y más concretamente las estaciones de trabajo de audio digital (los DAW), considerando al estudiante como un agente activo que asume la responsabilidad de su propio proceso de aprendizaje gracias a estas herramientas.

Al respecto de la formación musical que han ido recibiendo los estudiantes de secundaria dentro de las últimas leyes educativas:

*“...el problema que se le plantea a la educación musical es tanto cuantitativo como cualitativo, provocado por la enorme cantidad de escolares que tienen necesidad de un contacto con la tradición popular y culta en la educación, la pluralidad de manifestaciones musicales de diversa índole y la difusión de la música a través de medios mecánicos de reproducción”* (Espigares, 2017, p. 37).

De este modo y para este autor, con el desarrollo de las nuevas tecnologías y la acelerada evolución de la sociedad de la información, la forma de adquisición de conocimientos musicales se ha diversificado y ha crecido enormemente, permitiendo el acceso y empleabilidad de numerosas aplicaciones orientadas al campo de la música: como editores de partituras, grabadores de sonido o programas de síntesis sonora, así como el acceso a Internet dentro del aula (Espigares, 2017).

Sin embargo, Gonzalez et. all (2022) manifiestan que la utilización de las TIC dentro del aula de música, en muchos casos, ha servido solamente para reforzar contenidos y metodologías tradicionales, implicando una mejora, pero no una transformación. Por ello, con su estudio se centraron en el uso de las TIC

en la región catalana a través del empleo del sintetizador como recurso educativo (junto sus representaciones digitales y virtuales), apoyándose en las infinitas posibilidades que ofrece a la hora de generar timbres electrónicos sin depender de sonidos pre-grabados o *samples*, y en la aplicación de sus diferentes funciones y posibilidades técnicas como vehículo para adquirir conocimientos relacionados con el procesamiento de audio, incidiendo de esta manera no solamente en las mejoras para la educación musical, sino también en su transformación.

Volviendo a Tejada (2005), el autor manifiesta que la educación musical en España se enfoca excesivamente en el aprendizaje de la lecto-escritura del código musical y en el análisis de obras del patrimonio, dejando de lado la composición y la interpretación vocal, instrumental y motriz. Para él, esta educación musical se basa en una concepción de la música como un lenguaje, lo que aleja al individuo de la experiencia musical real y no fomenta su desarrollo personal. Para combatirlo, el autor propone la inclusión de la composición musical en los currículos de educación secundaria, lo que permitiría una comprensión más profunda del fenómeno musical y fomentaría la preservación de las propias producciones, integrando la composición musical en la educación secundaria a través de la tecnología.

En el caso del estudio de Reynolds (2003) con alumnos de Primaria, se exploró cómo las TIC pueden mejorar el aprendizaje de la composición musical y la creatividad. Al utilizar un entorno de aprendizaje basado en ellas, los resultados mostraron una mejora en sus habilidades de composición y creatividad. Además, aumentó la motivación de los estudiantes y mejoró la calidad de su trabajo, al permitirles estas herramientas explorar diferentes estilos y enfoques de composición.

Desde otro punto de vista, Mooney (2011) sostiene que los sistemas o marcos conceptuales que contribuyen a la creación musical (*frameworks*), junto con las posibilidades que ofrecen los instrumentos o herramientas musicales que los hacen posibles (*affordances*), son dos factores directamente interrelacionados y que influyen en la forma en que los músicos y estudiantes entienden y utilizan dichas herramientas, dependiendo de su grado de dificultad.

Como vemos en Marrington (2016), las interfaces gráficas han sido una parte fundamental del diseño de software desde la década de 1980, dentro de los cuales se ha desarrollado la mayor evolución tecnológica a nivel musical. Destinados a crear entornos de trabajo más intuitivos y sin trabas a la hora de acceder a las propias funcionalidades del programa, los DAW, cuando se reducen a términos más simples, permiten la manipulación de dos formas principales de información: datos MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) y archivos de audio digital. La manera en que esto se lleva a cabo depende mucho del diseño de la interfaz del DAW en cuestión, con sus estructuras visuales y connotaciones estéticas, que tienen consecuencias a la hora de tomar decisiones cuando se trabaja con ellos. Para este autor, el diseño de la interfaz del *software* musical tiene un impacto significativo en la creatividad y en la comprensión de los fenómenos musicales y sonoros que se desarrollan dentro de él, llegando a fomentarla si resultan intuitivas o a funcionar como una barrera si resultan muy complejas. En general, propone que las interfaces de software musical más efectivas son aquellas que encuentran un equilibrio entre flexibilidad, intuición y facilidad de uso: al proporcionar a los usuarios una variedad de herramientas creativas y un flujo de trabajo optimizado, estas interfaces pueden ayudar a desbloquear todo el potencial de la creatividad musical y a acelerar su aprendizaje.

En este ámbito, Maccushi (2017), propone que la visualización del sonido dentro de los DAW puede tener un impacto significativo y mejorar la educación musical, al permitir que los estudiantes observen el sonido de forma gráfica. De esta manera, visualizando sus ondas y espectrogramas, pueden llegar a comprender mejor sus estructuras y características sonoras particulares, relacionándolos con diferentes elementos musicales. En el mismo contexto, Aygün y Hacıoğlu (2016) proponen la enseñanza de los conceptos del sonido a través del uso del software musical. Los autores defienden que los DAW son una herramienta poderosa para enseñar los conceptos sonoros y musicales más relacionados con la rama de la física, ya que permiten a los estudiantes manipular y explorar los elementos del sonido de una manera práctica creativa e interactiva. Así, el aprendizaje puede llegar a ser más efectivo, permitiendo a los estudiantes participar en él de manera activa y significativa, construyendo

activamente su propia comprensión conceptual del sonido a través de la exploración y experimentación con diferentes programas.

## **2.2. STEAM E INTERDISCIPLINARIDAD**

La idea fundamental en la incorporación de nuevas tecnologías en la educación musical es aprovechar el trabajo realizado durante el tiempo de clase, tomando experiencias previas como punto de partida para crear nuevos espacios que faciliten el uso creativo de la tecnología. Debe quedar claro que la tecnología debe integrarse en las prácticas diarias de los profesores en sus lecciones y que debe permitir la exploración y experimentación con el sonido, y no debe ser un elemento que rompa con prácticas enriquecedoras para nuestros estudiantes (Sastre *et al*, 2013).

En un primer momento, el modelo educativo STEM surgió a partir de la necesidad de construir un conocimiento integrado y coordinado entre diferentes disciplinas para solucionar problemas reales, es decir interdisciplinar, dentro de un proceso activo, pero enfocado hacia potenciales profesionales en el ámbito científico y tecnológico. Aguilera y Ortiz-Revilla (2021) abordan la diferencia entre el enfoque educativo STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), y el enfoque STEAM, en el que se incluyen las artes (STEM+A=STEAM). De esta forma, se reconoce la importancia de las disciplinas artísticas y del diseño en la formación de habilidades y conocimientos técnicos, de una manera integrada y multidisciplinar para maximizar el aprendizaje y atraer a alumnos que en un primer lugar no se sentían atraídos hacia disciplinas puramente científicas.

La música, cuando se aborda haciendo y respondiendo a estructuras musicales coherentes y facilitado por representaciones múltiples e intuitivamente accesible, puede convertirse en un contexto de aprendizaje en que ideas matemáticas básicas pueden ser obtenidas y percibidas como relevantes e importantes (Bamberger y diSessa, 2003).

En otros autores como Batula *et all.* (2012) y Gregorio *et all.* (2013), la tecnología musical puede ser un buen punto de partida introductorio para el aprendizaje integrado presentando a los estudiantes conceptos científicos y

tecnológicos de forma atractiva y accesible. En ello se basan y para el desarrollo del programa SMT (*Summer Music Technology Program*) que se lleva a cabo en el Laboratorio de Tecnología del Entretenimiento Musical (MET-Lab) de la Universidad de Drexel. La música es una parte integral de la vida diaria de los estudiantes de secundaria, y la gran mayoría posee grandes bibliotecas personales y utiliza dispositivos y servicios de música digital. Es por eso que, al ser la música una forma de expresión con la que los estudiantes tienen un alto grado de familiaridad, se pueden explicar conceptos de ingeniería de una manera atractiva y que tenga un impacto significativo en la vida de los estudiantes. Así, fueron capaces de enseñar a los estudiantes cómo los instrumentos que tocan producen y crean sonido, y cómo los servicios de música que escuchan recomiendan música. Para ello se apoyaron en Douglas (2001) y sus hallazgos a través del *Infinity Project*, introduciendo las STEM para aproximar a los estudiantes de secundaria a campos de estudio de ingeniería, integrando la síntesis digital de música y audio en el currículo de la escuela secundaria. En este proyecto, al relacionar estos temas musicales con los contenidos que aprenden en sus clases de matemáticas y ciencias en la escuela, se pudo motivar y catalizar el interés en la ingeniería. En otro estudio más recientes, Mahadevan *et al.* (2015) integraron el aprendizaje de la programación computacional con la creación de música digital dentro de un entorno web propio, enseñando habilidades básicas de programación a través de la música.

En el otro lado de la balanza y desde el enfoque de la música popular, otros estudios como Finney *et al.* (2007) muestran cómo en algunas escuelas británicas de secundaria, alumnos sin formación musical previa fueron capaces de componer y crear sus propias piezas musicales, al incluir la tecnología musical digital interrelacionada con movimientos culturales y géneros musicales más afines a los estudiantes como el Hip-Hop.

A su vez Goates *et al.* (2016) proponen la acústica como puente entre los dos STEM y STEAM, ya que a partir de esta rama de estudio se consiguen vincular la ciencia y la música de una manera intuitiva, ayudando al fomento de creatividad e innovación en los estudiantes. En este sentido, la enseñanza de las cualidades físicas del sonido puede ser muy eficiente a partir de la música, ya que el arte puede transmitir y retratar conceptos científicos con gran claridad y,

por lo tanto, puede ser fundamental para una comprensión profunda de los conceptos científicos.

Sin embargo, en Mincez *et al.* (2016) nos encontramos con que los autores manifiestan que este enfoque de las STEAM corre el riesgo de establecer una división entre la ciencia como mensaje y el arte como transportador. Para evitarlo, aprovechan el interés existente hacia la música para involucrar a los estudiantes en el aprendizaje de los conceptos básicos de teoría de ondas, vibraciones, acústica y el procesamiento de señales, a través de la creación y análisis de música y sonido utilizando diferentes herramientas informáticas, explorando cómo el sonido se propaga a través del medio ambiente y se representa en el cerebro, permitiendo apreciar la riqueza del mundo físico en la música y así comprender que las leyes de la naturaleza están presentes en todo lo que conocemos y amamos.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

- Estimular la motivación, el interés y la comprensión de la música y el sonido a partir del uso de los *softwares* musicales *Ableton Live* y *Xfer Serum* como recursos educativos.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- Formar al alumnado en el conocimiento, uso y creación con los *softwares* *Ableton Live* y *Xfer Serum* (OE 1).
- Desarrollar un conocimiento interdisciplinar musical en relación a la tecnología y la física, a partir la experimentación, visualización y edición de audio con estos programas (OE 2).
- Producir un fragmento musical a través de los sonidos creados por ellos mismos mediante la experimentación, síntesis y el procesamiento a través de diferentes efectos (OE 3).
- Promover la escucha activa en los alumnos a partir de la interpretación y la comprensión de diferentes músicas y fenómenos acústicos con los conocimientos adquiridos (OE 4).

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Descripción del proyecto

Como se ha tratado en la justificación y el marco teórico, la metodología para impartir esta unidad didáctica radica en la necesidad de enseñar a los alumnos los conceptos teóricos simultaneados con la experimentación y creación en los programas informáticos *Ableton Live* y *Xfer Serum*, demandando que los contenidos se impartan intercalados con la práctica para fomentar su motivación e interés.

Al basarse el proyecto en la integración de *Ableton* y *Serum* como aplicación de las TIC y la interdisciplinariedad dentro del currículo de la asignatura de Música, tanto los contenidos, como la temporalización, los recursos o el modo de evaluación definen la metodología particular del proyecto, con la finalidad de que se alcancen los objetivos de enseñanza y aprendizaje.

Dentro de la sociedad de la información y el conocimiento en la que se desarrolla tanto la labor docente (por parte de los profesores), como el proceso de aprendizaje (por parte de los alumnos), nos encontramos con que prácticamente a la totalidad del alumnado se les puede considerar como nativos digitales, mientras que la mayoría de los profesores pueden ser considerados inmigrantes digitales. Los estudiantes que nos podemos encontrar en los centros de secundaria han pasado desde su infancia más temprana una infinidad de horas pegados a diferentes dispositivos tecnológicos, y han crecido utilizándolos de forma integrada y normalizada en su día a día. Al llevar toda su vida rodeados de herramientas digitales, para Prensky:

*“Los Nativos Digitales están acostumbrados a recibir información muy rápidamente. Les gusta procesar en paralelo y la multi-tarea. Prefieren sus gráficos antes que su texto y no lo contrario. Prefieren el acceso aleatorio (como el hipertexto). Funcionan mejor conectados. Se crecen con la gratificación instantánea y las recompensas frecuentes. Prefieren los juegos al trabajo serio”* (Prensky, 2001, p. 2).

Por ese motivo y siguiendo al mismo autor, los profesores necesitan adaptar sus métodos de enseñanza para llegar a los estudiantes que han crecido en estas circunstancias. Los estudiantes nativos digitales aprenden de manera diferente a como lo hacían sus predecesores, y los profesores deben estar dispuestos a cambiar sus métodos de enseñanza para reflejar esto.

Por otro lado, basándonos en otros autores como Selwyn (2013), comprender la evolución de la tecnología puede ayudar a los alumnos a contextualizar las herramientas digitales que utilizan, y a desarrollar una comprensión más profunda de cómo estas herramientas afectan a su aprendizaje y a su vida en general, pudiendo constituir una habilidad crítica para ellos.

De esta manera, para el desarrollo del proyecto, los contenidos impartidos se desarrollarán desde una exposición de la historia y evolución tanto de la grabación de audio como de la síntesis de sonidos, hasta que desembocó en la creación y desarrollo de los programas que van a utilizar. Se instruirá en el manejo y funcionamiento de ambos *softwares* desde un primer momento, para facilitar su familiarización con ellos a lo largo de la sucesión de las clases dentro de la unidad didáctica, hasta que sean capaz de manejarlos de forma relativamente autónoma. Así, estarán finalmente capacitados para crear una pieza propia antes de concluir la unidad, pudiendo ponerlo en práctica en sus casas con sus ordenadores personales si lo desearan o lo viesen necesario. De igual manera, se facilitarán diferentes recursos de apoyo a los alumnos en forma de videos y manuales, como soporte para el aprendizaje de estas dos nuevas interfaces de usuario.

Por otro lado, la familiarización tanto con la historia subyacente, como con la interfaz, funcionamiento y herramientas prestadas por ambos programas permitirá la exposición y comprensión de los conceptos y fenómenos sonoros de forma significativa, favorecido a la comprensión del entramado sonoro-visual.

## **4.2. Contenidos**

En este apartado se desarrollarán los contenidos transmitidos a los alumnos dentro de esta unidad didáctica, distribuidos de forma precisa para facilitar el aprendizaje en paralelo a nivel teórico, técnico y práctico. Estos contenidos son la base a partir de la cuales se desarrollarán las sesiones, relacionándolos con el día a día de los estudiantes y la música que impregna sus vidas, así como con la tradición musical e instrumental tradicional.

En los anexos se encuentran imágenes y capturas para ejemplificar la transmisión de los contenidos y conceptos a nivel visual a los alumnos.

### **4.2.1. Historia de la grabación de audio y la tecnología musical**

La historia de la grabación en estudio y la tecnología musical tiene sus raíces en la necesidad humana de preservar y reproducir la música y el sonido. En la antigüedad, los seres humanos utilizaban instrumentos acústicos y canto para crear música, y no había forma de grabarla o reproducirla para que otros pudieran escucharla en otro momento o lugar.

A finales del siglo XIX, los primeros intentos de grabación de sonido se basaban en el uso de cilindros de cera y láminas de papel impregnadas con sustancias químicas. En 1857, el fonógrafo de Martinville permitía registrar ondas sonoras en papel ahumado, pero no tenía capacidad para reproducir el sonido. Fue en 1877 cuando Thomas Edison patentó el fonógrafo, que usaba un cilindro de cera para grabar y reproducir sonido. Pocos años después, Emile Berliner inventó el gramófono, que utilizaba discos planos en lugar de cilindros. Este fue el inicio de la era de la música grabada, que se expandiría rápidamente en el siglo XX.

Estos primeros sistemas de grabación utilizaban un proceso mecánico que convertía el sonido en vibraciones físicas, que eran registradas en un soporte, utilizando una aguja para grabar las ondas sonoras en una superficie. En la década de 1890, la compañía de Berliner desarrolló el disco de vinilo, que se convirtió en el formato estándar de grabación y reproducción de sonido hasta la llegada del CD en la década de 1980.

Mientras tanto, se desarrollaron se forma paralela sistemas electromagnéticos, que convertían las ondas sonoras en una señal eléctrica que luego se graba en una cinta magnética o en un disco. Esto permitió una mayor capacidad de almacenamiento y una mayor calidad de sonido. También permitió la edición y el procesamiento de la señal de audio, lo que dio lugar a nuevas posibilidades creativas en la producción musical. Esto permitió la aparición de los *cassettes*, que fueron muy populares en las décadas de 1970 y 1980, ya que permitían grabar y reproducir música de forma portátil y relativamente económica, y que también eran muy utilizados en los estudios de grabación como medio para hacer mezclas y copias de seguridad.

Aunque hoy en día los *cassettes* han quedado obsoletos, ya que su calidad de sonido no es muy alta, han servido para crear los formatos digitales que los sustituyen. Permitieron que en la década de 1980 aparecieran los primeros sistemas digitales de grabación, que utilizaban un proceso de conversión analógico-digital para registrar la señal de sonido en formato digital y pasarla a lenguaje binario.

En la actualidad, el formato digital sigue siendo el más utilizado para la distribución y el consumo de música. Después del CD, con la popularización de Internet a finales de los años 90 y principios de los 2000, comenzaron a surgir nuevos formatos de música digital, como el MP3, que permitían la descarga y el intercambio de música en línea. Con los problemas que aparecieron con la piratería digital, llegaron las plataformas de *streaming* como Spotify, que permiten el acceso a una enorme cantidad de música en línea, sin necesidad de descargar archivos o almacenarlos en dispositivos físicos.

Con la digitalización y la aparición de estas plataformas, se ha democratizado el acceso a la música para todo aquel que disponga de un dispositivo móvil conectado a internet, sin necesidad de disponer de grandes equipos como reproductores de vinilo, de *cassette*, de CD o altavoces, o sin tener que comprar cada pieza que quiera reproducirse de forma individual (lo cual era muy costoso). De forma similar y paralela, los estudios de grabación han evolucionado han ido evolucionando y se han ido virtualizando, de forma que todo aquel con un ordenador, un programa de edición de audio, una tarjeta de

audio y un micrófono puede realizar producciones musicales de calidad profesional.

En los primeros años, los estudios de grabación eran lugares rudimentarios y poco desarrollados, pero a medida que evolucionaron tecnológicamente, los estudios se transformaron en lugares especializados y altamente equipados. Con la aparición del rock y el pop, los estudios comenzaron a desarrollarse en espacios más grandes y complejos, con más equipos y dispositivos de grabación, y con una mayor importancia dada a la acústica y el diseño del espacio. Los artistas comenzaron a experimentar con nuevas técnicas de grabación y mezcla, y los estudios tuvieron que adaptarse para satisfacer estas necesidades. Esto provocó que necesitaran contar con una mayor cantidad de personal altamente especializado, incluyendo ingenieros de sonido, técnicos, productores y músicos, con lo que su mantenimiento y funcionamiento resultaba cada vez más costoso.

La acústica y el diseño del espacio se volvieron cada vez más importantes en la construcción de estudios de grabación de alta calidad. La disposición de las paredes, techos, pisos y ventanas, así como la elección de materiales de construcción y de absorción de sonido, se convirtieron en factores críticos para lograr la mejor calidad de sonido posible, llegando a fabricarse cabinas aisladas, que permiten grabar varios instrumentos y voces de forma simultánea y sin que se produzcan interferencias entre ellos. Además, la complejidad de los equipos de grabación y mezcla aumentó significativamente en los años siguientes, permitiendo a los ingenieros de sonido tener un mayor control sobre el sonido y la mezcla, y permitieron a los artistas experimentar con nuevas ideas y sonidos.

En este sentido, la incorporación de grabación multipista y la mesa de mezclas al estudio han sido dos elementos fundamentales a nivel histórico en el desarrollo de los estudios de grabación y la producción musical. Al possibilitarse la grabación de múltiples pistas, se podían grabar diferentes instrumentos o voces de forma individual, y luego mezclarlos y balancearlos en el estudio. La mesa de mezcla permitió controlar y mezclar varias señales de audio de forma simultánea y en tiempo real, y a lo largo de las décadas, se fueron sofisticando y mejorando en términos de calidad de sonido y flexibilidad en la configuración

de los canales, ofreciendo a los productores y técnicos de sonido manipular cada pista individualmente, ajustando el volumen, la ecualización, la reverberación y otros efectos para obtener el sonido deseado.

Durante la década de 1980, la tecnología de grabación digital comenzó a ser utilizada e integrada en los estudios de grabación, permitiendo a su vez la edición de audio con una mayor precisión y flexibilidad. Los sistemas de grabación digital ofrecían una mayor capacidad de almacenamiento y una mayor calidad de sonido, lo que permitió a los productores de música manipular y procesar la señal de audio de maneras creativas y novedosas.

En los últimos años, la tecnología ha permitido una mayor virtualización de los estudios de grabación. Los programas de grabación digital han hecho posible grabar, editar y mezclar música en un ordenador personal, con herramientas y efectos que anteriormente solo estaban disponibles en estudios profesionales, ofreciendo una mayor flexibilidad.

Y es así como llegamos al programa que vamos a utilizar: *Ableton Live*.

#### **4.2.2. Introducción a Ableton Live y sus conceptos**

- Navegador: Permite a los usuarios buscar y acceder a diferentes tipos de archivos y recursos, como archivos de audio, clips de audio y MIDI, instrumentos virtuales, efectos, *presets* y archivos de proyecto. También, se pueden buscar archivos en diferentes ubicaciones en el disco duro.
- *Arrangement View* (vista de arreglo): Se presenta en forma de una línea de tiempo horizontal, con las pistas verticales que representan diferentes partes de la composición, como pistas de audio, MIDI y de retorno. Permite agregar clips a las pistas, que contienen información musical, como notas MIDI, *samples* de audio y automatizaciones, y luego moverlos y editarlos a lo largo de la línea de tiempo para crear una estructura musical coherente.

Además, incluye otras funciones de edición como herramientas de corte, copiar y pegar, así como una amplia gama de opciones de automatización para controlar parámetros de audio y efectos.

- Pista de audio: Contiene audio grabado o generado previamente, es decir, una señal de audio que se ha capturado o creado en algún momento anterior y se puede reproducir en el software. Por lo tanto, la forma en que se escucha en la pista es fija y no se puede cambiar fácilmente después de la grabación, a menos que se utilicen herramientas de edición de audio para manipularla.
- Pista MIDI: No contiene audio, sino información sobre notas, velocidades y duraciones de notas, entre otros parámetros, que se envían a un instrumento virtual o hardware MIDI para producir sonidos. La información MIDI se puede editar fácilmente y modificar en cualquier momento, lo que permite a los usuarios cambiar la interpretación de una pieza musical sin tener que volver a grabar toda la pista.
- Envíos: Son canales auxiliares que se utilizan para enviar la señal o parte de la señal de una o varias pistas a un procesador de efectos compartido, como un *reverb* o un *delay*. Esto permite aplicar el mismo efecto a varias pistas a la vez y ajustar su nivel de mezcla global.
- Grupos: Permiten a los usuarios agrupar varias pistas juntas para su procesamiento conjunto. Son útiles para aplicar efectos y ajustes a múltiples pistas al mismo tiempo, lo que puede mejorar la coherencia y la cohesión de una mezcla.
- Máster: Es la pista de salida final de la sesión, donde se procesa y mezcla la señal de todas las pistas juntas antes de enviarla a los altavoces o el dispositivo de grabación, permitiéndose aplicar efectos y procesos en el máster para mejorar la calidad y el balance general de la mezcla.
- Grabación: se refiere a la acción de registrar audio o MIDI en una pista existente: instrumentos, voces, muestras, efectos y otros tipos de audio y MIDI en tiempo real utilizando una interfaz de audio o un controlador MIDI
- *Resampling* (Resamplear): Implica grabar la salida de una pista o un grupo de pistas en una nueva pista de audio para aplicar efectos adicionales o manipulaciones posteriores de audio a la grabación resultante.

### 4.2.3. Historia de la música electrónica y los sintetizadores

Los sintetizadores son instrumentos musicales que se utilizan para producir sonidos complejos, emulando el comportamiento de las partes de un instrumento acústico a través del tiempo y permitiendo crear timbres nunca escuchados previamente.

La historia de los sintetizadores y la música electrónica se remonta a al principio del siglo XX, cuando se desarrollaron los primeros intentos de crear instrumentos eléctricos. A partir de 1900 surgieron varios instrumentos musicales electrónicos, entre ellos el *Theharmonium* (1900), el audiómetro (1920), el *Theremin* (1928), Las Ondas Martenot (1928) como primer instrumento electrónico controlado con teclado, capaz de desarrollar una extensión de frecuencias continua, pero con un mejor control melódico y una variedad tímbrica, y el primer órgano electrónico inventado por Louis Hammond en 1929.

Más tarde, vendrían el *Trautonium* y el *Vocoder* (sintetizador de voz humana 1939) que son los auténticos precursores de los sintetizadores que hoy conocemos. Lo que se pretendía con los sintetizadores, era crear instrumentos musicales capaces de producir sonidos complejos, al menos con la riqueza de los instrumentos acústicos, emulando así el comportamiento de sus partes a través del tiempo (envolvente dinámica), y pudiendo llegar a conseguir timbres desconocidos hasta el momento.

Surgidos en 1955, los sintetizadores *MARK I* y *MARK II* fueron desarrollados por la empresa RCA. Estos no eran controlados por un teclado, sino que el sonido era decodificado de una cinta de papel perforada y codificada previamente. Más adelante, con la figura de Robert Moog y la invención de los VCO (*Voltage Controlled Oscillator*), los VCF (*Voltage-Controlled Filter*), y los VCA (*Voltage Controlled Amplifier*), surge el primer sintetizador modular controlado por un teclado en 1964. El *Moog Modular* fue un gran avance en la historia de los sintetizadores, ya que permitió a los músicos crear sonidos completamente nuevos y experimentales. Fue utilizado por artistas como Wendy Carlos y Keith Emerson en la década de 1970, y sentó las bases para el desarrollo de sintetizadores más pequeños y

accesibles para los músicos, permitiendo crear música experimental y futurista que abrió nuevas posibilidades sonoras. Después de este primer sintetizador, la empresa Moog comenzó a producir sintetizadores en serie, como el *Minimoog* (1970), que revolucionó la música popular. Gracias a su diseño compacto, portátil y fácil de usar, los sintetizadores se popularizaron y se integraron en la música popular, utilizados en bandas de rock como Pink Floyd.

Desde su aparición, los sintetizadores han influido de manera significativa en la música contemporánea, estableciéndose como un elemento vital y comercial en la radio, televisión y cine. Hoy en día, los sintetizadores son utilizados por una gran variedad de músicos y productores, y son una parte fundamental de la música popular y de la cultura musical contemporánea en general. Con el tiempo, la música electrónica se ha vuelto más compleja y sofisticada, y los sintetizadores han evolucionado para ofrecer una amplia variedad de características y funcionalidades. El logro más importante en la historia de los sintetizadores fue el descubrimiento de una forma de integrar los distintos componentes disponibles, como los osciladores, amplificadores, generadores, filtros, etc., dentro de una consola. Esto permitió que las unidades individuales pudieran combinarse y estar controladas por un único control de voltaje (generalmente un teclado). Esta unidad integrada, que con el simple añadido de una grabadora se convierte en un estudio de electrónico básico, fue llamado sintetizador, una máquina capaz de combinar artificialmente, o sintetizando, sonidos puramente electrónicos.

En los años 80, música electrónica se volvió aún más popular gracias a la música de baile y los grupos de *synthpop* como Depeche Mode o New Order. La llegada de nuevos sintetizadores digitales como el *Yamaha DX7* (1983), que permitió la síntesis de frecuencia por modulación (FM), abrió un nuevo mundo de posibilidades sonoras y permitió a una nueva generación de músicos experimentar con sonidos electrónicos. Los sintetizadores digitales se hicieron más populares que los analógicos debido a su precio y facilidad de uso, y surgieron muchos artistas y grupos que popularizaron la música electrónica. Entre los sintetizadores populares de la época se encontraban el *Roland Jupiter-8*, el *Yamaha DX7* y el *Sequential Circuits Prophet-5*, que

también fueron utilizados por artistas como Kraftwerk y Jean-Michel Jarre, quienes exploraron nuevos sonidos electrónicos.

Durante los años 90 y los 2000, la música electrónica siguió evolucionando y surgieron nuevos géneros como el *techno*, el *trance*, el *dubstep* o el *drum and bass*. Los sintetizadores siguieron siendo una parte importante de la música electrónica, pero ahora se combinaban con nuevos elementos como *samplers* y cajas de ritmos. Los sintetizadores digitales, como el *Roland JD-800*, el *Korg M1* o el *Yamaha SY77*, permitían crear sonidos más complejos y realistas, y se convirtieron en una herramienta fundamental para los productores y músicos electrónicos, y fueron utilizados por artistas como Daft Punk o Massive Attack, quienes fusionaron la electrónica con otros géneros como el funk y el trip-hop, respectivamente.

Fue entonces, a partir de la década de 2000, cuando surgieron los llamados VSTs (*Virtual Studio Technology*), que permiten utilizar sintetizadores y efectos de manera virtual en el ordenador. Gracias a los VSTs y a su integración en los DAW se puede tener acceso a una gran variedad de sonidos y efectos sin necesidad de contar con un equipo costoso y difícil de transportar. Entre los VSTs más populares se encuentra *Xfer Serum*, que es un sintetizador virtual que se ha convertido en uno de los sintetizadores más populares de todos los tiempos, que es el que utilizaremos en clase.

#### 4.2.4. Introducción a Xfer Serum y su disposición

- Osciladores: Al igual que en todo sintetizador, se trata del componente fundamental que se encarga de generar una señal de audio periódica, conocida como forma de onda, que luego son procesadas y manipuladas para crear sonidos. Originalmente generan una señal eléctrica que oscila a una frecuencia específica determinada por el usuario, que se convierte en una señal de audio, que corresponde a la forma de onda seleccionada. Nos encontramos con 4 que pueden funcionar de forma simultánea: Oscilador 1 y 2, Oscilador de frecuencias graves y oscilador de ruidos. Los osciladores 1 y 2 permiten manipular la afinación, diferentes tipos de modulación, la cantidad de voces, etc.

- **Envolventes:** Son generadores de señales que permiten controlar cómo cambian los parámetros del sintetizador a lo largo del tiempo, con la posibilidad de editar en detalle la forma y comportamiento de cada envolvente, y por lo tanto, del sonido sintetizado.
- **LFO (*Low Frequency Oscillator*):** Son osciladores de baja frecuencia que generan señales periódicas que se utilizan para modular diferentes parámetros del sintetizador, como la frecuencia de oscilación, la amplitud del sonido, la mezcla entre dos formas de onda en el oscilador, entre otros. Los LFOs tienen formas de onda seleccionables que determinan la forma en que cambia la señal.
- **Filtros:** Son procesadores de audio utilizados para reducir o atenuar ciertas frecuencias de un sonido. Un filtro típicamente tiene un punto de corte (también conocido como frecuencia de corte) que se utiliza para especificar la frecuencia a la cual comienza a atenuarse el sonido. Los filtros también pueden tener una resonancia (también conocida como "q") que aumenta la amplitud de las frecuencias cercanas al punto de corte. Ofrece diferentes tipos de filtros como los clásicos: paso alto, paso bajo, paso banda o rechazo banda.
- **Efectos:** El sintetizador ofrece una colección de módulos de audio que se utilizan para procesar el sonido generado por los diferentes osciladores. La sección de efectos de *Serum* incluye una variedad de efectos de audio: *Distorsion, Phaser, Chorus, Flanger, Delay, Reverb, Filter* o *Compressor*.

#### **4.2.5. El sonido: Acústica y piscoacústica**

El sonido se define como la sensación percibida por el oído y que tiene su origen en el movimiento de un cuerpo vibratorio (fuerza mecánica), el cual transmite su energía por un medio conductor (aire, cuerdas, membranas, etc). Al proveer esta energía a una frecuencia determinada, se van generando frentes de presión y rarefacción de las partículas del aire que se propagarán a través del

aire. Esto es lo que producirá una repercusión mecánica análoga (en frecuencia) en la membrana de nuestro tímpano. Este movimiento es transformado por el oído interno en impulsos eléctricos que son transmitidos hacia el cerebro.

Por un lado, nos encontramos con la disciplina científica y teórica conocida como acústica, que se encarga de estudiar los fenómenos que ocurren en el plano teórico y matemático, al margen de la conciencia humana. En concreto, la acústica se encarga de estudiar las leyes físicas que definen la generación y propagación de un sonido, introduciendo conceptos como longitud de onda, periodo, frecuencia, intensidad, etc.

Por otra parte, tenemos la psicoacústica, que es la disciplina que analiza la manera en la que el cerebro interpreta los estímulos sonoros que llegan al oído, estudiando y definiendo los efectos fisiológicos y psicológicos que afectan a la conciencia humana y su percepción cognitiva referida al sonido.

#### **4.2.6. El sonido como movimiento vibratorio y las ondas**

Los instrumentos musicales producen vibraciones complejas, es decir, una suma de armónicos espaciados proporcionalmente a partir de una fundamental (múltiplos más o menos enteros: armónicos/inarmónicos o parciales), formando la conocida como serie físico-armónica teorema de Fourier (1768-1830).

La distribución y estructura del modo de vibración es determinante para poder distinguir los timbres de los sonidos: instrumentos, voces y ruidos; cualidad en virtud de la que podemos distinguir dos sonidos de igual frecuencia e intensidad emitidos por dos focos sonoros diferentes. Esta diferencia en el timbre se debe a la forma de la onda sonora que produce cada fuente. La forma de la onda sonora se determina por la combinación de distintas frecuencias que la componen, llamadas armónicos. La relación entre la amplitud y la frecuencia de estos armónicos es lo que determina el timbre de un sonido. Cada fuente sonora tiene su propio conjunto de armónicos y su propia relación entre ellos, lo que le da un timbre único.

La amplitud de onda hace referencia a la medida de la distancia entre el punto de equilibrio de la onda (su posición "neutra" o de reposo) y su punto máximo o mínimo, teniendo en cuenta la distancia por encima o por debajo de una línea

central de nula vibración. Cuanto mayor sea la amplitud de una onda, mayor será su intensidad. Por lo tanto, la amplitud determina la sonoridad o la intensidad del sonido. Por un lado, tanto la intensidad como sonoridad son cualidades que permiten distinguir entre sonidos fuertes y débiles. Sin embargo, la sonoridad se refiere a la percepción subjetiva de la potencia de un sonido (dentro de la psicoacústica), mientras que la intensidad se refiere a la cantidad objetiva de energía transportada por las ondas sonora, medida en decibelios (dB).

Para determinar la altura o tono de un sonido, nos referimos a su frecuencia. La frecuencia hace referencia a la cantidad de ciclos completos de una onda sonora que se producen por unidad de tiempo (en amplitud, de positivo a negativo. Se mide en Hertz (Hz), que representan la cantidad de ciclos por segundo. Cuanto mayor sea la frecuencia de una onda sonora, mayor será la altura percibida del sonido. Esto se debe a que las ondas sonoras de alta frecuencia tienen ciclos más cortos y se perciben como un tono agudo, mientras que las ondas sonoras de baja frecuencia tienen ciclos más largos y se perciben como un tono grave.

Relacionado directamente con la frecuencia, nos encontramos con la longitud de onda, que es la distancia que hay entre dos puntos consecutivos de una onda sonora que se encuentran en la misma posición en su ciclo de vibración, es decir, la distancia entre dos de sus crestas o dos valles consecutivos. Canto mayor sea la frecuencia de la onda, menor será la longitud de onda, y viceversa. Se mide en metros.

También relacionado, nos encontramos con el periodo, que se refiere al tiempo que tarda una onda en completar un ciclo completo, es decir, el tiempo que transcurre entre dos puntos consecutivos en la misma posición en el ciclo de vibración de la onda.

Por otro lado, otro concepto importante es la fase de una onda, que se refiere a la posición en la que se encuentra una onda concreta en un momento determinado, teniendo en cuenta su ciclo de vibración como referencia.

En relación con estos conceptos nos encontramos con la envolvente de un sonido, que se refiere a la forma en que la amplitud de un sonido cambia con

el tiempo. Se puede pensar en la envolvente como una especie de "contorno" que describe la forma general del sonido, desde el inicio del sonido hasta su final. También puede ser descrita en términos de cuatro etapas principales: ataque, decaimiento, sostenimiento y liberación. El ataque se refiere al comienzo del sonido, el decaimiento a la disminución gradual de la amplitud después del ataque, el sostenimiento se refiere a la amplitud constante del sonido mientras se mantiene la fuente de sonido, y la liberación se refiere al final gradual del sonido.

#### 4.2.7. Introducción a la síntesis sonora

La síntesis sonora puede definirse como el proceso mediante el cual se puede obtener un sonido a partir de sus componentes (Perales, 2018). Mediante la manipulación de ondas y señales de audio, los sintetizadores son las herramientas capaces de generar estos sonidos.

Al adentrarnos dentro del mundo de los sintetizadores virtuales, nos encontramos con una gran variedad. Muchos de ellos han llegado a convertirse en iconos por su carácter innovador y su utilización por multitud de artistas (como *Massive* de Native Instruments o *Sylenth 1* de Lennar Digital), y otros por replicar a nivel virtual el sonido de sintetizadores analógicos clásicos de *hardware* (como *Diva* de la compañía u-He o la colección de *u-he* que incluye algunos como *Minimoog*, *Prophet V*, o el *Jupiter-8V* entre otros).

Xfer Serum supone un paso evolutivo para estas herramientas. Steve Duda, su creador, trató de abordar las limitaciones de otros sintetizadores VSTs existentes en ese momento. Pretendía crear un sintetizador que ofreciera una síntesis de tabla de ondas (*wavetable*) más avanzada y una interfaz de usuario más intuitiva, lo que permitiría a los productores (entre ellos Deadmau5, quien colaboró con Duda) y diseñadores de sonido crear sonidos más complejos y únicos de manera más rápida y eficiente.

La capacidad de edición de formas de onda personalizadas en *Serum* ha establecido un nuevo estándar para la personalización de sonidos, y es lo que ha motivado la confección de este trabajo a partir de él y su comportamiento a nivel de interfaz visual. Esta función permite la visualización de la onda que va a

generar el sonido, pudiéndole añadir o quitar armónicos utilizando diferentes formas de edición y modificación, hasta pudiendo crear tablas de onda a partir de imágenes o *samples* de sonido importados.

Por otro lado, dentro de este sintetizador podemos abordar diferentes formas de síntesis que resultan muy útiles para entender los parámetros del sonido a partir de las ondas y sus propiedades físico-tímbricas.

-**Síntesis Aditiva:** Utiliza la suma de diferentes ondas de sonido para crear sonidos complejos, produciéndose más armónicos. Funciona de forma similar a como se mezclan diferentes colores de pintura, creando un color nuevo y diferente a partir de la combinación de dos o más colores, pero en lugar de colores, utilizamos ondas para crear nuevos sonidos, afectando a su timbre y por tanto a su espectro armónico.

También funciona como síntesis aditiva el efecto de saturación o distorsión, que enriquece y colorea el sonido al añadirle armónicos.

- **Síntesis Sustractiva:** Funciona de manera opuesta a la aditiva. Se basa en la eliminación de armónicos de un sonido más complejo a través de un filtro que permite el paso de ciertas frecuencias mientras atenúa otras. Al eliminar selectivamente algunas de las frecuencias del sonido original, podemos dar forma al sonido y crear una gran variedad de sonidos diferentes, como si se tallase una estatua a partir de un bloque de mármol.

Cuando hablamos, para la emisión de diferentes vocales interviene el filtrado natural que realizan la lengua y la cavidad bucal en el proceso de la fonación, que dejan pasar mayor o menor componente armónico de un mismo sonido (ciertas frecuencias), y de este modo producimos diferentes vocales.

- **Síntesis de modulación de frecuencia (FM):** Utiliza la modulación de la frecuencia de una onda portadora por una onda moduladora, que modifica el sonido, provocando que resulte un sonido que contiene armónicos adicionales y complejos. Se basa en el principio de que la frecuencia de una onda de sonido afecta a la amplitud de otra onda de sonido.

De forma similar, cuando nos encontramos tocando un instrumento cerca de un tambor, las vibraciones del primero se transmiten en ocasiones a la membrana del tambor, haciendo que éste suena de forma indirecta y afectando al sonido total resultante que escuchamos.

- Modo *Warp*: Permite la creación de sonidos electrónicos transformando las formas de onda básicas, pudiendo estirarlas, doblarlas y torcerlas, como si manipulásemos una hoja de papel, para crear sonidos nuevos y emocionantes. De esta forma, se perciben visualmente las implicaciones sonoras a nivel frecuencial de la manipulación de la forma de onda, aumentándose o disminuyéndose la cantidad de ciclos con el *warping*.
- Filtraje: Los filtros sirven para moldear el sonido a nivel armónico, interviniendo como síntesis aditiva o substractiva (a veces combinada), y pueden producir efectos muy interesantes a partir de su parametrización con las envolventes o los LFOs. Dentro de ellos se ofrecen algunos de modulación muy complejos como el efecto de peine (*Comb Filter*), que se produce al sumarle a la señal original una versión retrasada en el tiempo de sí misma, causando así interferencia constructiva y destructiva en la que se pueden ajustar sus resonancias; o la modulación en anillo (*Ring Mod.*), a partir de la combinación de dos señales sumadas y restadas, provocando sonidos metálicos. También nos encontramos con el filtro *All-Pass*, que no afecta a la amplitud del sonido, sino que afecta a la fase de las diferentes frecuencias del sonido: las diferentes frecuencias del sonido se retrasan o adelantan en diferentes cantidades de tiempo.

Estos tipos de filtros pueden servir para explicar fenómenos acústicos y físicos que ocurren en la realidad, a partir de su escucha y visualización, y su repercusión en el periodo de las ondas.

#### 4.2.8. Efectos de espacialización

El retraso temporal ha sido siempre uno de los recursos más importantes en la manipulación de sonido. Dependiendo de la cantidad de retraso que se le aplique al sonido, nos encontramos con diferentes tipos de retardo, que afectan a la percepción espacial del sonido.

- *Reverb*: El efecto de reverberación funciona con multitud de retardos que tratan de recrear las diferentes superficies en las que rebota un sonido dentro de una sala. El nativo de *Ableton* simula la reverberación natural que se produce en diferentes entornos, y se ajusta mediante parámetros como el tiempo (la duración del efecto), el tamaño (de la habitación simulada), el *pre-delay* (el tiempo que tarda la señal en empezar a reflejarse después de emitirse), junto con otros parámetros. Controlando el *Dry/Wet* decidimos la cantidad de efecto que se le aplica al sonido.
- *Simple Delay*: El efecto de *delay* en *Ableton* funciona creando una copia de la señal original que se reproduce después de un cierto tiempo, creando así un efecto de eco o repetición. Los parámetros principales son la duración del delay, la cantidad de *feedback* o retroalimentación (que determina la cantidad de la señal repetida que se envía de vuelta al efecto), el nivel de mezcla (la cantidad de efecto que se aplica al sonido original), y la frecuencia de corte (las frecuencias del sonido a las que afecta el delay). Puede ser utilizado para crear una amplia variedad de efectos, desde un simple eco hasta un complejo efecto de ping-pong, en el que los canales L y R (izquierda y derecha) se repiten a diferente velocidad.

#### 4.3. Temporalización y actividades

La temporalización para impartir la unidad didáctica, junto al desarrollo de actividades para llevarla a cabo, están supeditadas a la necesidad de procurar un aprendizaje divertido y dinámico dentro del aula, ya que, si los alumnos disfrutan del proceso de aprendizaje, será más fácil captar su atención.

Por ese motivo, el proyecto se basa en el principio de aprender haciendo, a partir de la experiencia, la experimentación y el ensayo-error, siendo el profesor un facilitador de los contenidos y el aprendizaje. Para ello, se opta por intercalar (siguiendo la estructura de los contenidos), la teoría con la práctica, poniendo ejemplos dentro de los *softwares* utilizados, y haciendo uso de materiales de apoyo como grabaciones o vídeos.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que las asignaturas de música en 3º y 4º de ESO (en este segundo caso como optativa), tienen una carga lectiva de dos sesiones a la semana de aproximadamente cincuenta o cincuenta y cinco minutos. En todas las sesiones se combinarán tiempo de teoría y práctica, para que los alumnos vayan desarrollando e incorporando las habilidades y técnicas aprendidas con las explicaciones pertinentes y su relación e implicación histórica, estando el profesor a su disposición para colaborar y ayudarles con las dificultades que les puedan ir surgiendo.

Al ser interdisciplinar, para asegurar la adquisición de los conceptos y conocimientos que atañen a la parte relacionada con la física y la historia de la tecnología, se les someterá a los alumnos al final de la unidad a un examen teórico. Por otro lado, se valorará la integración de los diferentes procesos de síntesis y producción adquiridos a lo largo de las sesiones en la confección y creación de la obra musical propia de cada alumno.

- Primera fase (cuatro sesiones, dos semanas): Desarrollo y aplicación de los contenidos 4.2.1 y 4.2.2. El objetivo principal de esta fase es la familiarización de los alumnos con *Ableton Live Lite* para su posterior manejo. De esta forma, se irán intercalando los contenidos teóricos para mostrarles el potencial que se recoge dentro de esta herramienta de producción musical.

- Segunda fase (cuatro sesiones, dos semanas): Desarrollo y aplicación de los contenidos 4.2.3 y 4.2.4. Tras iniciarse y comenzar a experimentar y practicar con *Ableton*, los alumnos son introducidos en el mundo de los sintetizadores a través de su historia y desarrollo, desde los elementos y las partes más simples y comunes en todos ellos, hasta llegar a la configuración y funciones del sintetizador que van a utilizar: *Serum*. A través de ejemplos básicos para introducir el funcionamiento del sintetizador y su integración en *Ableton*, inician su andadura “cacharreando” con ambos *softwares*.

-Tercera fase (cuatro sesiones, dos semanas): Una vez que ya se han familiarizado los alumnos con la interfaz y el *workflow* (modo de trabajo) de ambos programas, será posible conectar a través de ellos las ramas de música, física e informática o tecnología. Así, se podrán transmitir los conocimientos y conceptos acústicos y paramétricos del sonido utilizando como vehículo la

síntesis y las herramientas de manipulación que ofrecen estos programas (los cuales se reflejan de forma visual en su interfaz). De esta forma, los alumnos podrán ir experimentando con la creación y grabación de diferentes sonidos desde la comprensión de los contenidos. Por lo tanto, en esta tercera fase se abordarán los contenidos 2.4.5, 2.4.6 y 2.4.7.

- Cuarta fase de (cuatro a ocho sesiones, dos a cuatro semanas). Teniendo en cuenta la complejidad del desarrollo del proyecto, junto con otros factores externos que pueden alterar el flujo de las sesiones, esta cuarta fase puede ampliarse para recuperar el tiempo perdido, e incidir en la ayuda y colaboración entre compañeros junto con el docente. Se repasarán los contenidos anteriores y se darán estrategias creativas para la elaboración de la obra individual de cada alumno (o cada pareja o grupo). A su vez, se introducirán los contenidos del punto 2.4.8 para la introducción de los efectos *reverb* y *delay* en las producciones de los alumnos. Dentro de esta cuarta fase se reservará la segunda mitad de una sesión para la realización de un examen teórico evaluable que ayude a afianzar los conocimientos adquiridos, junto con otra sesión para compartir y exponer los trabajos individuales realizados.

Cabe mencionar, que cada sesión será complementada con material de refuerzo y complementario (voluntario, dependiendo del grado de interés e implicación de cada uno), al que los alumnos podrán acceder a través de un aula virtual, o se les transferirá al *pendrive* que deberán llevar a clase para guardar sus proyectos de *Ableton* y grabaciones. De esta forma, los alumnos podrán continuar en sus casas, fomentando aprendizaje personal y autodidacta, aprendiendo a aprender.

#### 4.4. Recursos

- Ordenadores: Para poder desarrollar el proyecto, necesitaremos contar con el aula de ordenadores del centro, equipada con ordenadores con especificaciones técnicas suficientes para poder utilizar los softwares de producción musical y sintetizadores virtuales sin problemas. Este tipo de aulas suelen corresponder al departamento de tecnología o informática, por lo que deberíamos solicitarlas previamente y coordinarnos con ellos

para su utilización. Por otro lado, sería necesario instalar los softwares musicales de ante mano en todos los terminales disponibles para los alumnos.

También necesitaremos un ordenador más potente para el profesor, ya que sería recomendable que estuviese conectado mediante software específico a los de los alumnos, permitiéndole controlarlos para compartir pantalla del profesor en las de los alumnos y viceversa, facilitando la visualización y explicación de las clases, y supervisar la evolución del trabajo de los alumnos. Por otro lado, el ordenador necesitaría más recursos (a nivel de procesador y potencia) ya que estaría conectado también a una pizarra digital y a una interfaz de audio.

- **Softwares:** Es imprescindible que los ordenadores estén equipados con:
  - 1) *Ableton Live 11 Intro*: Se trata de una versión más básica y económica de *Ableton Live* que está diseñada para principiantes en producción música, la cual puede ser solicitada de forma gratuita por diferentes instituciones educativas como el centro en el que se desarrollase el proyecto. Aunque carece de algunas funciones avanzadas presentes en la versión Suite y tiene algunas limitaciones (la más significativa es que se limita el número de pistas a 16), cuenta con todas las herramientas esenciales para crear y producir música electrónica de forma profesional, ideales para los contenidos de la unidad didáctica.

Cuenta con la misma interfaz y modo de trabajo que sus versiones superiores e incluye todas las funcionalidades esenciales para la producción musical, como la capacidad de grabar y editar audio, MIDI y la integración y compatibilidad con *plug-ins* VST (*Virtual Studio Technology*) externos (como *Xfer Serum*) que le permiten ampliar sus posibilidades. También cuenta diferentes instrumentos y efectos tales como ecualización, *delay*, *chorus*, *reverb* y distorsión, entre otros, necesarios en el desarrollo de la unidad didáctica.
  - 2) *Xfer Serum (demo)*: Se trata de un sintetizador de tabla de ondas que incluye una amplia variedad de herramientas para la síntesis de sonido, como osciladores, filtros, moduladores, efectos y un sistema

de matrices de modulación, siendo una herramienta muy útil, aunque un poco compleja, que gracias su interfaz intuitiva facilita el aprendizaje y uso para los estudiantes.

La versión *demo* (gratuita) ofrece las mismas funcionalidades que la versión completa, pero con algunas limitaciones en cuanto a la capacidad de guardar y cargar *presets* (sonidos creados previamente), no permitiendo guardarlos una que se cierra y reabre el proyecto de *Ableton*. Por ese motivo, cuando se necesiten guardar los sonidos creados para la composición de los alumnos, deberán *re-samplearlos* y grabarlos en muestras de audio. Así, podrán experimentar con el sintetizador de forma ilimitado para su aprendizaje, y luego será más fácil para ellos a la hora de ordenar los sonidos para formar su discurso musical después de grabarlos en audio.

- 3) *Voxengo SPAN*: Es un *plugin* gratuito de análisis de espectro que permite a los alumnos visualizar la señal de audio y entender mejor la dinámica y el espectro del sonido que están produciendo. Resulta una herramienta muy útil para la comprensión a nivel visual del sonido en el desarrollo la unidad didáctica, y a la hora de crear y componer. Será utilizada, en principio, en las explicaciones y exposiciones del profesor.

Por otro lado, aquellos alumnos que puedan o quiera, podrán instalarse estos programas en sus ordenadores personales para poder experimentar y explorar en sus casas.

- *Auriculares*: Son necesarios para que los alumnos puedan trabajar de manera individual sin molestar o interferir en el trabajo de los demás. Además, son importantes para la mezcla y edición de audio, ya que permiten escuchar los detalles de manera más precisa. No es necesario que sean ni muy caros ni muy buenos, permitiéndoles a los alumnos conectar los suyos propios a los ordenadores si lo desean, siempre y cuando cuenten con una conexión Jack de 3.5 mm.
- *Interfaz de audio*: Conectada al ordenador del profesor, es necesaria para poder conectar los altavoces o monitores de estudio. También sirve para

grabar el audio a través de una entrada de micrófono, lo que podría resultar útil para futuros proyectos. La *Focusrite Scarlet* podría ser una buena opción, al ser una tarjeta de sonido de alta calidad en su relación con el precio, siendo una de las más populares del mercado

- Altavoces: Conectados al ordenador del profesor a través de la interfaz unos cables balanceados, resultan necesarios para poder escuchar el audio producido por los alumnos con la mejor calidad posible, y para poder mezclar y masterizar correctamente las producciones finales. Los *Yamaha HS7* pueden ser una excelente opción, gracias a su respuesta plana, su amplio rango de frecuencia y su precisión en la reproducción del sonido.
- Pizarra digital: La pizarra digital permite al profesor mostrar al alumnado el funcionamiento de los programas de producción musical, es decir, mostrar en directo lo que hace el profesor en su ordenador y explicar de forma más fácil los contenidos teóricos de la unidad, mostrando los conceptos de manera clara y visual, y permitiendo la interacción con los alumnos.
- *Pendrives*: Para guardar el trabajo de cada alumno de forma segura y no arriesgarse a que sea eliminado del ordenador del centro, se le solicitará a cada alumno que traiga uno a clase. De igual manera, los alumnos podrán continuar con sus proyectos o mejorarlos en casa si lo desean y disponen de medios. También tratará de facilitarse el acceso a un terminal en los recreos (o a 7ª) hora si lo desearan o lo solicitaran para seguir desarrollando su trabajo.
- Material complementario aportado por el profesor: En forma de tutoriales, manuales, *samples*, etc.

Por otro lado, aunque dentro de *Ableton Live* las letras del teclado del ordenador corresponden con las de un piano (A=DO, S=Re, etc.), podría resultar beneficioso contar con algún teclado o controlador MIDI. De igual forma, podría contarse con un micrófono y con instrumentos tradicionales del aula de música para incluirlos en las creaciones de los alumnos al grabarlos a través de la tarjeta de sonido.

## 5. EVALUACIÓN

Teniendo en cuenta los objetivos y pretensiones que demanda la unidad didáctica, junto con sus contenidos y temporalización, el proyecto debe ser medible a través de la evaluación para ver si se consiguen.

A través de la Tabla 1, se relacionan de forma directa los objetivos con los criterios e instrumentos de evaluación, para que los alumnos aprendan y consigan los estos objetivos propuestos. De esta manera, cada elemento y procedimiento constituido como instrumento de evaluación tendrá un peso equitativo para conformar la nota final del alumno:

- 30% Seguimiento diario
- 30% Examen teórico
- 30% Composición final
- 10% Interrelación con los compañeros

Tabla 1. *Evaluación del cumplimiento de los objetivos*

Objetivo específico	Criterios de evaluación	Instrumento de evaluación
<p>OE 1.</p> <p>- Formar al alumnado en el conocimiento, uso y creación con los <i>softwares Ableton Live y Xfer Serum</i>.</p>	<p>- Manejar los recursos técnicos, la interfaz y las herramientas que ofrecen <i>Xfer Serum</i> y <i>Ableton Live Lite</i>.</p> <p>- Integrar en el uso de ambas herramientas los diferentes procesos de creación y síntesis de sonido vistos en clase.</p>	<p>- Seguimiento diario en clase del proceso para la elaboración del proyecto de composición final, teniendo en cuenta la asistencia a clase.</p>

<p>OE 2.</p> <p>- Desarrollar un conocimiento interdisciplinar musical en relación a la tecnología y la física, a partir de la experimentación, visualización y edición de audio con estos programas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender la historia y evolución de la tecnología musical</li> <li>- Utilizar de forma adecuada los conocimientos y relaciones físicas del movimiento ondulatorio con el sonido.</li> <li>- Conocer diferentes procedimientos de síntesis sonora y su relación con la acústica y psicoacústica.</li> </ul>	<p>- Examen teórico: a partir de preguntas de historia y problemas matemáticos basados en las ondas visibles (a nivel visual, como capturas de pantalla) tanto en los osciladores de <i>Xfer Serum</i> como en las ondas resultantes de los sonidos producidos.</p>
<p>OE 3.</p> <p>- Producir un fragmento musical a través de los sonidos creados por ellos mismos mediante la experimentación, síntesis y el procesamiento a través de diferentes efectos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar los conocimientos adquiridos en la creación de una pieza con sonidos propios.</li> <li>- Integrar las nuevas tecnologías en el proceso creativo.</li> <li>- Trabajar y colaborar con los compañeros para enriquecer las obras propias y de los demás.</li> <li>- Compartir técnicas y procesos propios.</li> </ul>	<p>- Composición final y exposición y defensa de la pieza y los procedimientos utilizados al resto de compañeros.</p>

<p>OE 4.</p> <p>- Promover la escucha activa en los alumnos a partir de la interpretación y la comprensión de diferentes músicas y fenómenos acústicos con los conocimientos adquiridos.</p>	<p>-Reconocer los procesos empleados para la creación de diferentes piezas de los compañeros a través de la audición.</p> <p>- Utilizar los términos y el lenguaje adecuados en el análisis de la obra.</p>	<p>-Valoración y retroalimentación de las obras de los compañeros y propias, antes y después de la exposición y defensa de las mismas.</p>
--	---	--

## 6. REFLEXIÓN Y VALORACIÓN FINAL

Dentro de la oferta y centros académicos que abordan la tecnología y producción musical, nos encontramos con que, en nuestro país, la mayoría de los lugares donde se pueden realizar este tipo de estudios son de carácter privado, y no están recogidos o reconocidos dentro de las enseñanzas artísticas, ofreciendo, en la mayoría de los casos, títulos propios. De igual forma, existen programas en escuelas privadas en las que se ofertan ciclos formativos de sonido, pero se abordan desde el tratamiento de sonido en directo, desde el perfil del técnico de sonido dentro de un estudio de grabación o como escuelas de *disc-jockey*. Dentro de los Conservatorios de Enseñanzas Profesionales, existe la asignatura de Tecnología Musical con carácter complementario, pero hasta el Conservatorio Superior no nos encontramos con la especialidad de Sonología, pudiendo acceder a ella después de una formación instrumental previa de nivel profesional (ya que se demanda en las pruebas de acceso).

De esta manera, nos encontramos con que el coste de oportunidad para acceder a este campo de estudios tan específico es muy grande, interviniendo muchos factores que dependen en gran medida del entorno cultural y socioeconómico. La mayoría de los alumnos que estudian la ESO no podrían conocer este mundo a no ser que se topasen con él a través de vídeos de *YouTube*. Por esas razones, en este trabajo se considera que las TIC deben servir para permitir el acceso a estos conocimientos, junto con la figura del profesor de Música como facilitador.

El carácter interdisciplinar del proyecto apela a las necesidades existentes hoy en día dentro de las industrias musicales y tecnológicas. El perfil demandado por la industria musical ha cambiado significativamente en los últimos años, solicitándose profesionales capaces de conjugar sus capacidades creativas junto con aquellas técnicas, que permitan desarrollar un producto musical o audiovisual concreto. La figura del compositor ha evolucionado, solicitándose que éstos sean capaces de llevar a cabo la composición de sus obras desde los primeros esbozos hasta un resultado sonoro final de calidad profesional, utilizando para ello tecnología musical, de grabación y producción, junto con diferentes herramientas como las que se han presentado en el proyecto.

Partiendo de mi experiencia personal, este tipo de herramientas no hace que existan ni mejores ni peores compositores o músicos, sino que simplemente abren la posibilidad para que personas con mayores o menores conocimientos musicales puedan comenzar a componer. A la hora de componer o producir dentro de un DAW, el nivel de conocimiento del funcionamiento del propio programa puede ser un factor limitante si el nivel de dominio de la interfaz o las herramientas no es muy alto. Por otro lado, un gran dominio del *workflow* junto con unos grandes conocimientos técnicos dentro de la aplicación elegida puede hacer que plasmar una idea sea mucho más rápido y sencillo, además de lo más parecido a la idea preconcebida en la cabeza del compositor. De esta forma, con el desarrollo de este proyecto didáctico se pretende democratizar el acceso a estas habilidades artísticas.

La mayoría de los alumnos que cursan la ESO han crecido rodeados de tecnología y dispositivos electrónicos, con lo que su predisposición para poder aprender dentro de ellos resulta potencialmente natural, suponiendo una evolución lógica a nivel educativo y musical. Además, existen hoy en día plataformas que funcionan a través de Internet y aplicaciones para teléfonos móviles que facilitan herramientas para la creación y producción musical. Ahora bien, la utilización de dispositivos móviles o de Internet dentro del aula en proyectos donde se pretende fomentar la creatividad pueden no resultar útiles, al poder afectar a la capacidad de atención del alumno debido al uso que hacen de estos dispositivos a lo largo de su día a día.

Desde el punto de vista de la industria tecnológica, para figuras tan importantes en este siglo como Steve Jobs, las artes y las ciencias no son disciplinas aisladas, sino que están profundamente interconectadas. Jobs creía que la tecnología y las humanidades debían trabajar conjuntamente para crear productos y servicios que no fuesen solo funcionales, sino también hermosos y significativos para las personas (Isaacson, 2011). El carácter interdisciplinar y STEAM del proyecto recogido en este trabajo aboga por la combinación de la música, la informática y la física a través de la acústica y el sonido, utilizando las nuevas tecnologías y poniendo de manifiesto el potencial que poseen a la hora de generar soluciones innovadoras y creativas para los nuevos perfiles del

alumnado de Secundaria, defendiendo por ende el papel de la asignatura de Música.

En esta línea, como expansión del proyecto a nivel interdisciplinar, y con la intención de involucrar a un mayor número de activos docentes del centro para facilitar su desarrollo, se puede llegar a plantear la posibilidad de introducir en la clase de plástica, dibujo o expresión artística, la creación de una portada para las canciones o piezas creadas como actividad paralela.

Como se puede observar, la importancia que se le da en países como Estados Unidos y Reino Unido a la educación artística difiere de la que se le da aquí en España (de ahí la bibliografía utilizada para este trabajo). En estos países se considera una parte importante del currículo escolar y se espera que todos los estudiantes reciban alguna forma de educación en artes visuales, teatro, danza y música. Además, los centros y programas educativos suelen contar con recursos y presupuestos específicos para el desarrollo de las artes, incluyendo la música, permitiendo que los estudiantes tengan acceso a una amplia variedad de instrumentos, equipos y materiales, así como a profesores especializados en cada disciplina artística. En cambio, en España, aunque también existe una asignatura de educación artística en el currículo obligatorio, no siempre se le da la misma importancia y los recursos pueden ser más limitados, llegando a reducirse el tiempo dedicado a las artes en la Educación Obligatoria en los últimos años.

Por ello, la propuesta y la temporalización del proyecto propuesto en este trabajo pueden resultar muy ambiciosas, teniendo en cuenta la curva de aprendizaje de ambos programas, y algunos problemas que pudiesen surgir con el *hardware* informático en clase, que pueden llegar a provocar que todo el proceso se retrase. El objetivo no es que los alumnos compongan grandes canciones, si no que comiencen a manejar estas nuevas herramientas y se les abra un abanico nuevo lleno de posibilidades, cambiando su relación con las TIC y las nuevas tecnologías, pasando de ser un sujeto pasivo (consumidor de contenido audiovisual), a uno activo (con la creación a partir de ellas).

Por otro lado, la ratio de los centros públicos, sumado a la dificultad de encontrar alrededor de treinta ordenadores que funcionen a la vez (uno para

cada alumno), hará que quepa la posibilidad de que los alumnos tengan que trabajar en parejas o grupos, fomentando el trabajo en equipo y la colaboración, pero interfiriendo en su desarrollo individual en la familiarización y adquisición de las habilidades básicas con ambos programas. Debido a esta problemática, y a la necesidad de desarrollar la actividad con alumnos un mínimo involucrado en la participación del centro, cabe la posibilidad de plantearse el proyecto como una propuesta de asignatura optativa. Ahora bien, las asignaturas optativas (como ocurre con la asignatura de Música en 4º, que lo es) sufren la limitación de tener solo la carga lectiva de una hora a la semana. Esto dificulta la impartición de las clases, interfiriendo en el desarrollo y evolución de los alumnos en su relación con el aprendizaje de no uno, sino de dos entornos informáticos nuevos. Esto, por consiguiente, tendría connotaciones negativas afectando directamente a su aprendizaje, creatividad e interés por la asignatura.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, cabe considerar que la unidad didáctica construida y desarrollada en el trabajo constituye una alternativa pedagógica innovadora, complementaria a la tradicional, que tiene el fin de favorecer y reclamar la importancia de la asignatura de Música dentro del currículo obligatorio. Creemos que su implementación y aplicación dentro de un marco real puede favorecer la motivación y el interés hacia la asignatura por parte de los alumnos (e incluso de los padres u otros profesores). Sin embargo, hasta su puesta en marcha no será posible cerciorarse de su veracidad, sirviendo la evaluación para comprobar si se consiguen los objetivos, y así ver en qué puntos debe mejorarse o modificarse la propuesta para amoldarse a las necesidades específicas de cada grupo o centro dentro del que se imparta.

## 7. REFERENCIAS

- Aguilera, D., & Ortiz- Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, 11, 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Aygün, M., & Hacıoğlu, Y. (2022). Teaching the Sound Concept: A Review of Science and Physics Education Postgraduate Theses in Turkey. *Athens Journal of Education* 9(2), 257-276. <https://doi.org/10.30958/aje.9-2-5>
- Bamberger, J., & Disessa, A. (2003). Music as embodied mathematics: A study of mutually informing affinity. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 8(2), 123–160. <https://doi.org/10.1023/B:IJCO.0000003872.84260.96>
- Batula, A. M., B. G. Morton, B. G., R. Migneco, R., Prockup, M., Schmidt, E. M., Grunberg, D. K., Kim, Y. E., & Fontecchio, A.K. (June, 2012). *Music Technology as an Introduction to STEM*. ASEE Annual Conference. San Antonio, Texas, Estados Unidos.
- Cipta, F. (2021). *Digital Audio Workstation in Music Self-Learning: A Design Based Research*. 3rd International Conference on Arts and Design Education (ICADE 2020). Bandung, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210203.044>
- Douglas, S.C. (October, 2001). *The Infinity Project: Digital Signal Processing and Digital Music in High School Engineering Education*. IEEE Workshop on the Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics. New Paltz, New York, Estados Unidos.
- Espigares, M. J. (2009). *Educación musical con TIC para centros de secundaria evaluación de un modelo de gestión del conocimiento*. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Finney, J. (2007). Music Education as Identity Project in a World of Electronic Desires. En J. Finney & P. Burnard (Eds.), *Music education with digital technology*. Bloomsbury Academic, 9-20.
- Galera, M. & Mendoza, J. (2011). Tecnología Musical y Creatividad: Una experiencia en la formación de maestros. *Revista Electrónica de LEEME (Lista Europea Electrónica de Música en la Educación)*, 28.

- Goates, C. B., Whiting, J. K., Berardi, M. L., Gee, K. L., & Neilsen, T. B. (Diciembre, 2016). *The sound of STEAM: Acoustics as the bridge between the arts and STEM*. 172nd Meeting of the Acoustical Society of America, 26 (1). Hawaii, Estados Unidos. <https://doi.org/10.1121/2.0000475>
- Gonzalez, C., Puentes, P., & Ponsatí, I. (2022). El conocimiento y el uso pedagógico del sintetizador en la educación musical de Cataluña. *Artseduca*, 33, 9-24.
- Gregorio, J., Rosen, D. S., & Morton, B. G. (June, 2015). *Introduction to STEAM through music technology (Evaluation)*. 122<sup>nd</sup> ASEE Annual Conference & Exposition. Seattle, Washington, Estados Unidos.
- Isaacson, W. (2011). *Steve Jobs*. Editorial Debate, España.
- Macchiusi, I. A. (2017). *"Knowing is Seeing:" The Digital Audio Workstation and the Visualization of Sound*. (Tesis doctoral). York University, Toronto, Ontario, Canadá.
- Mahadevan, A., Freeman, J., Magerko, B., & Martinez J. C. (Enero, 2015). *EarSketch: Teaching computational music remixing in an online Web Audio based learning environment*. Web Audio Conference, 1-5. IRCAM, París, Francia.
- Marrington, M. (2016). Paradigms of Music Software Interface Design and Musical Creativity. En R. Hepworth-Sawyer, J. Hodgson, J. L. Patersonand, R. Toulson (Eds.). *Innovation in Music II*, 52-63. Future Technology Press.
- Minces, V., Khalil, A., Oved, I., Challen, C., & Chiba, A. (Julio, 2016). *Listening to Waves: Using Computer Tools to Learn Science through Making Music*. 8th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2016.1919>
- Mooney, J. (2011). Frameworks and affordances: Understanding the tools of music-making. *Journal of Music, Technology and Education*, 3(2), 141-154. [https://doi.org/10.1386/jmte.3.2-3.141\\_1](https://doi.org/10.1386/jmte.3.2-3.141_1)
- Perales, C. D. (2018). *Síntesis: Teoría y práctica en Max MSP*. Impromptu Editores, Pincaya, Valencia, España.

- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1-6, <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>
- Reynolds, N. (2003). Musical composition and creativity in an ICT-enriched learning environment: a case study. En A. McDougall, J. Murnane, C. Stacey and C. Dowling (Eds.). *ICT and the teacher of the future*. *Conferences in Research and Practice in Information Technology*, 23, 101-103.
- Sastre, J., Cerda, J., Garcia, W., Hernandez, C. A., Lloret, N., Murillo, A., Pico, D., Serrano, J. E., Scarani, S., & Dannenberg, R. B. (2013). *New Technologies for Music Education*. Second International Conference on E-Learning and E-Technologies in Education (ICEEE), 149-154. <https://doi.org/10.1109/ICeLeTE.2013.6644364>
- Selwyn, N. (2011). *Education and Technology: Key Issues and Debates*. Continuum International Publishing Group, Londres, Reino Unido.
- Serrano, R. M. (2017). Tecnología y educación musical obligatoria en España: Referentes para la implementación de buenas prácticas. *Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical - RECIEM*, 14, 153-169. <https://doi.org/10.5209/RECIEM.54848>
- Tejada, J. (2004). Música y mediación de la tecnología en sus procesos de aprendizaje. *Educación XXI: Revista de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)*, 7, 15-26. <https://doi.org/10.5944/educxx1.0.7.327>
- Tejada, J. (2005). Informática musical: procesos musicales creativos y tecnología en Educación Secundaria. *Música y educación: revista trimestral de pedagogía musical*, 8(4), 64, 115-120.

## 8. ANEXOS

En este apartado, se comparten capturas de pantalla para ejemplificar la forma en la que se expresan y comportan de forma visual los diferentes fenómenos sonoros y de síntesis utilizados en el trabajo.

### 8.1. Anexo 1. Partes Ableton y Serum

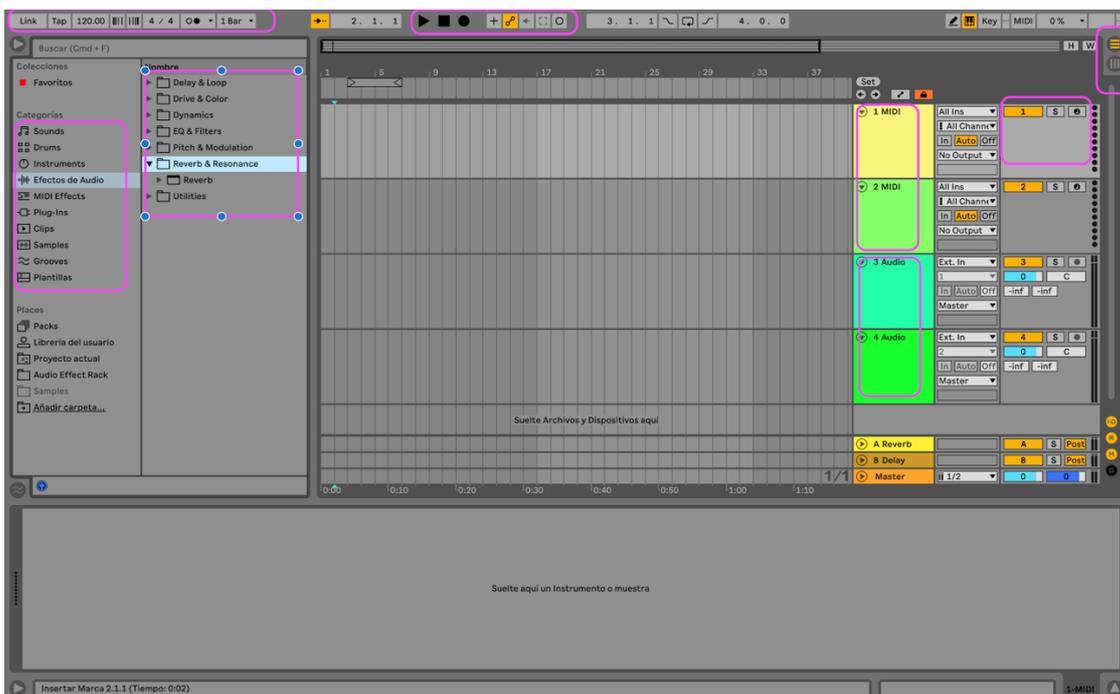


Imagen 1. Ableton Live y su disposición.



Imagen 2. Xfer Serum: Osciladores, componentes y efectos.

## 8.2. Anexo 2. Tipos de onda y contenido armónico

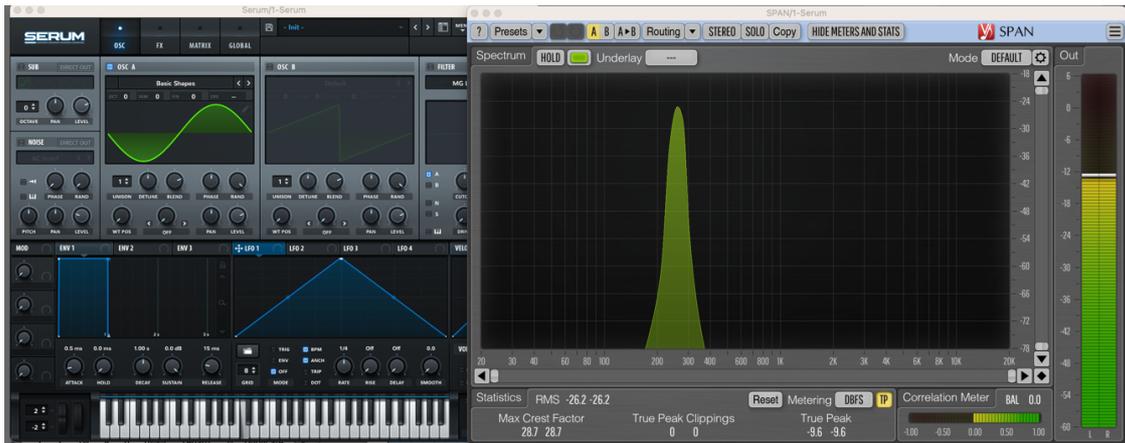


Imagen 3. Onda sinusoidal en Serum y SPAN



Imagen 4. Onda cuadrada en Serum y SPAN



Imagen 5. Onda saw en Serum y SPAN

### 8.3. Anexo 3. Comportamiento de las ondas

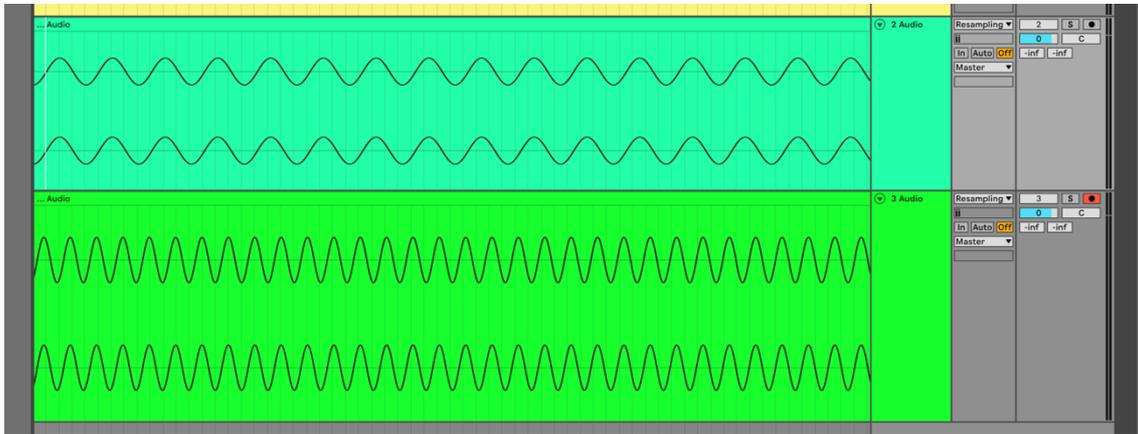


Imagen 6. Frecuencia y periodo

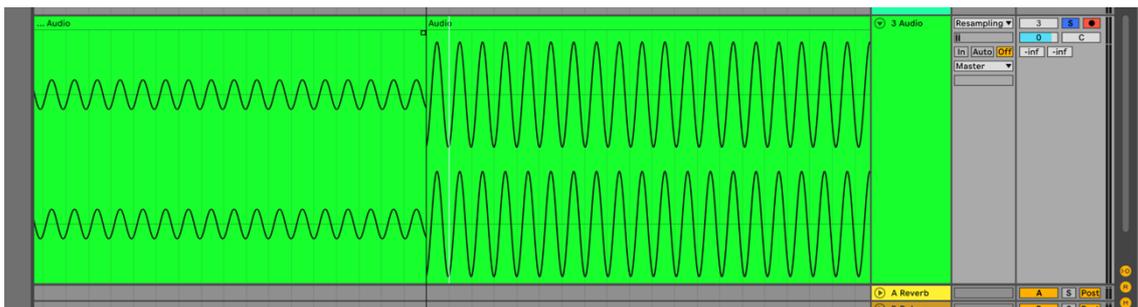


Imagen 7. Amplitud y volumen

