

## **2. Teoría y Técnicas de grabación y posproducción de audio**

Este módulo contiene extractos parciales del capítulo 1.6.1 y 4 de López Ibáñez, M. , (2021) Producción musical y diseño de sonido para videojuegos, Síntesis.

### **2.1. Estilos artísticos**

Las principales tendencias que es posible observar en la industria del videojuegos en la composición de bandas sonoras son:

#### **A) Música *chiptune***

Este estilo musical es un claro heredero de la época en la que la música de 8 bits era la más común en el ámbito del videojuego. En el presente, este género no suele utilizar sonidos de 8 bits puros, pero sí técnicas de síntesis que recuerdan a dicha era.

Algunos ejemplos modernos de piezas musicales que explotan esta estética se pueden encontrar en *Celeste* (Thorson, 2018) o *Shovel Knight* (Velasco, 2014). Pese a que el *chiptune* es un subgénero eminentemente digital, no es extraño verlo interactuar con técnicas de generación que recuerdan también a la síntesis analógica y a los sonidos que popularizó el rock progresivo durante la década de los setenta.

#### **B) Música electrónica**

En el ámbito de este módulo y asignatura, es aquella música generada a través de síntesis analógica o digital que no pretende imitar la estética del sonido *chiptune*.

Este género es enormemente popular en la industria del videojuego debido a que sus costes de producción suelen ser bajos y a que su estética es lo suficientemente flexible como para encajar con un gran número de títulos de ocio interactivo. Dos ejemplos notables de este tipo de banda sonora son *Portal* (Wolpaw, Morasky y Swift, 2007) y *Hotline Miami* (Söderström, 2012).

#### **C) Música orquestal sintetizada**

Se conoce como “música orquestal sintetizada” a aquella música que, pese a ser completamente electrónica, utiliza técnicas de composición frecuentes en la música

orquestal. Fue popularizada por títulos como *Dragon Quest* (Nakamura, 1986) o *Chrono Trigger* (Tokita, Kitase y Matsui, 1995), que necesitaban composiciones grandilocuentes que se adaptaran a su estética general, pero no contaban con los recursos técnicos suficientes para incluir en estos videojuegos música orquestal grabada. Este estilo de composición llegó a constituirse como un auténtico subgénero de la música electrónica, y es muy frecuente en los RPG de origen japonés más modernos, incluso cuando sus presupuestos permiten una grabación orquestal. Por ejemplo: *Dragon Quest XI S* (Uchikawa, 2019) ofrece su banda sonora tanto en su versión grabada como sintetizada, pese a tratarse de una obra más reciente.

#### **D) Música orquestal basada en samples**

Una de las técnicas de producción más habituales en los videojuegos actuales, debido a su bajo coste y su convincente resultado, consiste en utilizar fragmentos instrumentales pregrabados o *samples* para componer piezas que imitan el sonido de una grabación orquestal real.

Aunque el estilo de estas composiciones tiene mucho en común con una obra orquestal estándar, debe adaptarse a las limitaciones expresivas de la tecnología utilizada para sonar convincente. Algunos elementos conflictivos son, por ejemplo, los pasajes rápidos en *legato* para las secciones de cuerda o los *crecendos* y *decrecendos* muy amplios en las secciones de viento metal, para los que suele ser necesario contar con grabaciones específicas. No obstante, la tecnología asociada a este estilo compositivo avanza a buen paso y cada vez resulta más sencillo lograr un efecto creíble con una menor inversión de tiempo, esfuerzo y recursos.

Este tipo de música se utiliza con mucha frecuencia para reforzar grabaciones con orquestas reales, como en el caso de la banda sonora del videojuego *Until Dawn* (Byles y Bowen, 2015), que hacía uso de música basada en *samples* y sintetizadores para reforzar las situaciones de tensión que se producían a lo largo del videojuego.

#### **E) Música orquestal grabada**

La música grabada con orquestas reales hizo su entrada en el ámbito del video- juego después de que se popularizaran las técnicas de almacenamiento de grabaciones digitales. La inevitable influencia de la música cinematográfica en este tipo de obras las

ha dotado de una estética muy similar a la que se puede encontrar habitualmente en el séptimo arte, con una salvedad: en las bandas sonoras para videojuegos son más abundantes las incursiones en el ámbito de la música electrónica o basada en *samples*, tal y como se explica en el apartado previo; a veces esto ocurre simplemente por una cuestión económica, pero en otras ocasiones se debe a la necesidad de cumplir con una estética concreta.

El empuje que esta hibridación entre música grabada, muestreada y sintetizada ha tenido en otros medios, y especialmente en el propio cine, no ha sido precisamente menor. En la actualidad, las bandas sonoras de cine y videojuegos utilizan técnicas muy similares y han sido capaces de influirse mutuamente hasta dar lugar a un estilo muy característico que las separa de las obras orquestales clásicas. Y en esta definición de estilo, los avances tecnológicos en generación de sonido mencionados a lo largo de este capítulo han tenido un rol fundamental.

#### **F) Música moderna de género**

También es muy frecuente encontrar en las bandas sonoras de videojuegos actuales música moderna -ya sea grabada o basada en *samples*- que se identifica con géneros como el rock, el blues, el pop, el jazz, etc.

Este tipo de temas pueden actuar como piezas ambientales, pero es especialmente frecuente que acompañen a una banda sonora de género orquestal con el fin de complementarla en ciertas circunstancias: con fines promocionales, como música de tráiler o de cinemáticas internas, en los créditos finales, etc. Un buen ejemplo de música para videojuegos que combina el estilo cinematográfico clásico con piezas de géneros modernos es *Death Stranding* (Kojima, 2019).

Estos géneros, no obstante, son combinados con mucha frecuencia para adaptarse a las necesidades estéticas de cada título; por ejemplo: no es extraño encontrar videojuegos con una banda sonora orquestal de corte muy clásico que alterna con pasajes de estilo rock en ciertos momentos de tensión o acción.

## 2.2. Elementos necesarios para la grabación

La grabación es sin duda el proceso más importante y en el que más detalle y cuidado deberemos tener pues, no cabe duda que un buen registro sonoro es pieza básica para la mezcla y posterior masterización del trabajo a editar.

Es importante, como en cualquier proyecto secuencial, la elaboración de un esquema de trabajo, en el que aparecerán desde el número de pistas a grabar y su orden, los diferentes instrumentos a tratar, etc., para reducir el tiempo de trabajo innecesario, así como para evitar ciertas sorpresas en el proceso de mezcla o incluso durante la grabación de siguiente pistas. Sirvan como ejemplo, elaboración de claquetas, programación de sintetizadores, búsqueda de *samples* y/o efectos, librerías de sonidos, destino de la grabación, a qué mercado audiovisual o va a ir dirigido e incluso si nuestra grabación va a enviarse a otro estudio para mezclar o masterizar.

Muchas veces hemos oído comentarios sobre lo bueno que era el estribillo de tal canción o qué introducción al tema principal más extraña. En cualquier caso todos, todos esos términos, más o menos académicos, definen las diferentes partes que integran la obra musical. Así podríamos afirmar que cualquier composición se elabora mediante la superposición de ritmos, acordes y melodías interpretadas por diferentes instrumentos. Estos instrumentos se canalizan a través de pistas, que son canales independientes donde se sitúa el sonido que escuchamos.

A la hora de componer un tema, cabe establecer una distinción entre instrumentos rítmicos, como son la batería y percusiones, el bajo, “colchones”, que suelen ser grupos de notas largas destinar a rellenar los espacios sonoros vacíos que generan estos instrumentos rítmicos y normalmente se realizan con sintetizadores (cuerdas, órganos, sintes...), guitarras o muestras de sonidos más específicos: y por ultimo otro grupo de instrumentos se suelen encargar de las melodías que recoge el tema, incluidas las voces.

No hay que olvidar a su vez, que es también un proceso creativo, de aprendizaje y experimentación, y que siempre se escapará de un esquema perfectamente organizado, pues en el estudio, siempre salen más ideas y muchas veces, el resultado de ciertos pasajes, se debe a motivos del azar, o a pruebas de empaste o repentización que en

directo o ensayo, no se dan. Es por ello indispensable, disponer de un sistema fiable de almacenaje, para recoger el máximo posible de información y que en el proceso de mezcla desecharemos o no.

Igual de importante es también la creación al final de cada jornada, de copias de seguridad y a ser posibles, en medios físicos distintos principal. Hoy en día este proceso es muy fácil gracias a los discos duros de ordenador externos o las copias de seguridad en servidores de internet, la “nube”.

A continuación nombraremos **los elementos mínimos** en un estudio de grabación profesional, algunos de ellos los explicaremos con detalle en este bloque, y otros se verán de manera práctica a lo largo del presente curso. Por supuesto, hablamos de la configuración mínima, ya que todas las características variarán según el tipo de proyecto, estudio y por supuesto presupuesto.

Cabe destacar en este punto, la proliferación de los llamados “*Home Studios*”, estudio caseros que debido a la potencia de los ordenadores, han transformado cualquier habitación de un hogar , en un pequeño laboratorio sonoro.

**A) La Sala de Grabación**, llamada comúnmente “pecera”, es una de las grandes diferencias entre un estudio y otro. A parte de su tamaño, que lo hará factible o no para grabar ciertos proyectos, (imaginémonos una orquesta sinfónica), las hay con diferente tratamiento acústico. Por supuesto existen estudios que disponen de diferentes salas, con diferente tamaño y sonido y los que no disponen de ninguna, especializados en mezcla o masterización, pero digamos que como tal, no son “Estudios de Grabación”. Los grandes estudios tienen más de una sala, muchas veces especializadas en un tipo de instrumentos como hemos citado, con su determinado material acústico y técnico, entrando en escena, el tratamiento acústico, la insonorización y la comodidad, pues no olvidemos que se deben pasar muchas horas en él, aislado del exterior en ocasiones. Sobre el tratamiento acústico, tema que daría para ocupar todo un curso, separemos entre el aislamiento al ruido intrusivo (de afuera) y el que se produce en el interior, evitando que se transmite fuera al acondicionamiento para tener una respuesta sonora fiable.

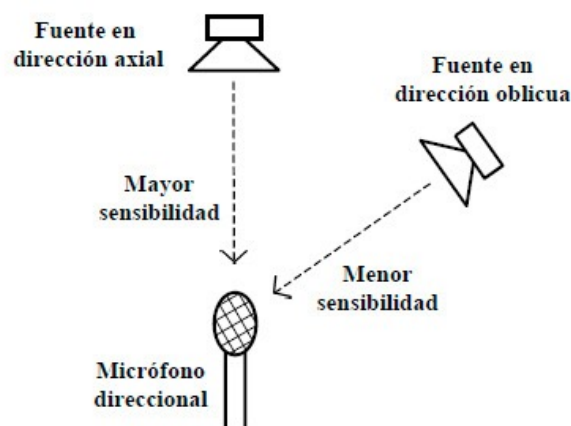
Algunos de los problemas sonoros que nos podemos encontrar son resonancias modales: son esos graves de comportamiento errático, que en algunos lugares (esquinas, sobre todo) se oyen exageradamente y en otros casi se pierden completamente... además de variar según la ubicación también se producen a diferentes frecuencias según las dimensiones de la sala, el eco tipo "Luther": es un eco tipo "boingngngngngngng" que se percibe muy bien cuando damos una palmada y las reflexiones procedentes de las paredes, suelo y techo que producen la llamada "distorsión acústica" .

## B) La microfonía

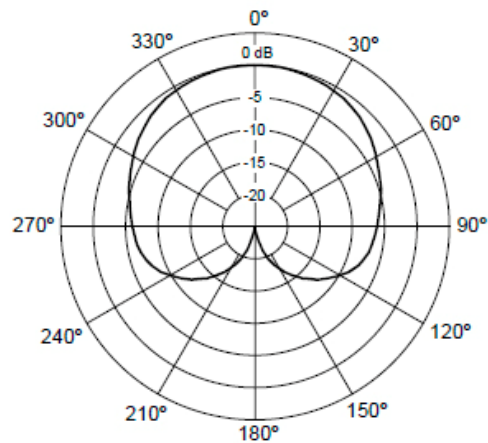
Los micrófonos son transductores que convierten la energía acústica en energía eléctrica. Los micrófonos se pueden clasificar en función de su direccionalidad o del mecanismo de funcionamiento.

### Direccionalidad:

Debido a su construcción, y a los principios de la acústica, la sensibilidad de un micrófono varía según el ángulo respecto a su eje desde donde viene el sonido. En la Figura 1 se ilustra este hecho. Se pueden indicar las características direccionales de un micrófono por medio de un *diagrama direccional* o *diagrama polar* como el que se muestra en la Figura 6, en donde se indica cómo varía la sensibilidad del micrófono con el ángulo entre la fuente sonora y el eje principal, es decir aquella dirección de máxima sensibilidad. En el ejemplo de la Figura 2, por ejemplo, a los 90º la sensibilidad es unos 6 dB menor que en el eje principal.

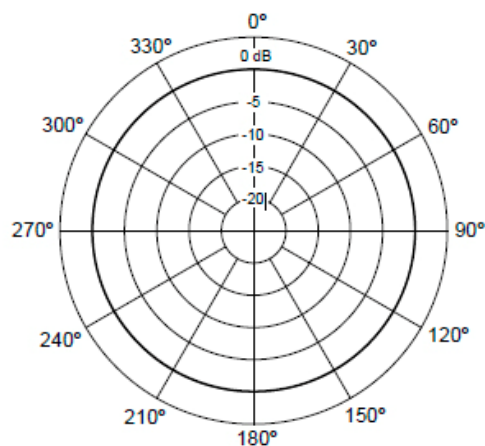


**FIGURA 1.** Efecto sobre la sensibilidad de un micrófono direccional (cardiode) en función de las orientaciones de la fuente



**FIGURA 2.** Un ejemplo de diagrama direccional o diagrama polar que corresponde a un micrófono cardiode.

Se han popularizado varios patrones direccionales, cada uno destinado a un tipo dado de aplicaciones. El patrón omnidireccional, cuyo diagrama polar se ilustra en la Figura 7 tiene la misma sensibilidad en todas las direcciones, por lo cual no requiere ser enfocado hacia la fuente. Este tipo de micrófono se utiliza precisamente cuando se requiere captar sonido ambiental, sin importar su procedencia.

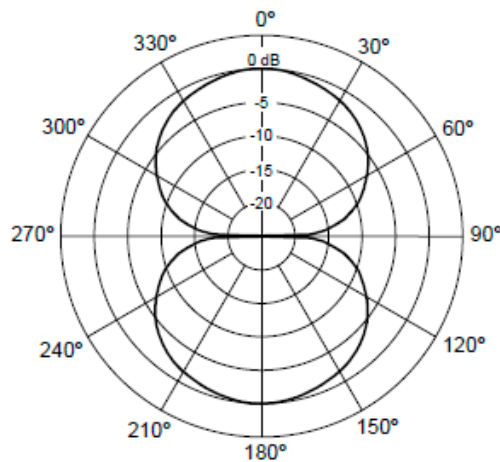


**FIGURA 3.** Patrón polar omnidireccional.

En la Figura 2 se muestra un **patrón cardiode**. Estos micrófonos son bastante direccionales, reduciéndose muchísimo su sensibilidad en la dirección opuesta a la principal (180°). Una de las principales aplicaciones del patrón cardiode (también llamado **direccional** o **unidireccional**) es la de tomar sonido de una fuente determinada

cuya posición es bastante estable, como por ejemplo un instrumento musical, rechazando lo más posible los sonidos provenientes de otras fuentes. Así, la captación del ruido ambiente se reducirá considerablemente, ya que el ruido es multidireccional, es decir que proviene de todas las direcciones. Un micrófono omnidireccional, lo captará en su totalidad, mientras que uno cardiode tomará solo una parte de dicho ruido.

Otro patrón polar difundido es la **figura de ocho**, llamada así por tener la forma de un 8 (Figura 4). Este tipo de micrófono podría denominarse también **bidireccional**, ya que es fuertemente direccional en las dos direcciones paralelas al eje principal. En la dirección perpendicular a este eje, por el contrario, la sensibilidad es nula, por lo que permite eliminar casi por completo la captación de ruidos provenientes de dichas direcciones. Dado que estos micrófonos se caracterizan por rechazar las señales acústicas provenientes de los lados de una fuente, son útiles para minimizar la captación de señal proveniente de un músico o cantante que se encuentra al lado del que se pretende tomar con el micrófono.



**FIGURA 4.** Patrón polar figura de ocho.

Además de los tipos principales descritos, existen en el mercado micrófonos con otros patrones polares, como por ejemplo el **subcardioid** (menos direccional que el cardiode), **hipercardioid** (similar al cardiode pero con un ángulo de captación todavía menor, a costa de la existencia de un pequeño lóbulo en la dirección opuesta a la principal), o el **lobular** (muy direccional, con un lóbulo que abarca ángulos de captación tan cerrados como 90°). La aplicación de estos micrófonos es bastante específica, y conviene en cada caso aplicarlos según las indicaciones del fabricante.



### Funcionamiento:

Existen varios mecanismos de conversión de energía sonora en energía eléctrica utilizados en los micrófonos. Los más habituales corresponden a los micrófonos dinámicos y los micrófonos capacitivos.

Los **micrófonos dinámicos**, también denominados **de bobina móvil**, están constituidos por una bobina con varias espiras de alambre de cobre que se desplaza en forma oscilante a lo largo de un núcleo cilíndrico de imán. La bobina es impulsada por un diafragma que vibra en concordancia con las variaciones de presión de una onda sonora. De la física se sabe que cuando una bobina se mueve dentro de un campo magnético (en este caso el del imán) se genera en sus terminales una tensión eléctrica denominada fuerza electromotriz, el principio de operación de los micrófonos dinámicos.

La ventaja principal de este tipo de micrófonos es su robustez y tolerancia a condiciones adversas de operación, como variaciones de temperatura o humedad, grandes niveles de presión sonora, golpes y sacudidas, etc., por lo cual son especialmente aptos para el sonido en vivo. Otra ventaja es que no requieren fuentes de alimentación propias para generar señal eléctrica en respuesta a un sonido.

Los **micrófonos capacitivos** (también denominados **de capacitor**, **de condensador**, o **electrostáticos**) se basan en la utilización de un campo eléctrico en lugar de un campo magnético. Están formados por un diafragma muy delgado bañado en oro, y una placa posterior metálica que normalmente está perforada o ranurada. Ambos forman un **condensador** cuya capacidad (C) varía con la distancia entre sí, y esta distancia varía al vibrar el diafragma impulsado por las variaciones de presión de la onda sonora.

La manera de cargar las placas del condensador es por medio de una polarización externa, lo cual se logra conectando el micrófono a una fuente de tensión constante a través de una resistencia. Esta fuente puede ser o bien una pila o batería incorporada al propio cuerpo del micrófono, o una fuente remota ubicada en la mesa de mezclas, tarjeta de sonido externa o en el preamplificador, denominada **alimentación fantasma** (*phantom power*). Esta fuente puede tener un valor comprendido entre **1,5 V** y **48 V** según el modelo de micrófono.

### C) Sala de control

En una sala de control nos encontramos el soporte de grabación , actualmente liderado por sistemas informáticos, ordenadores, programas de grabación multipista (secuenciadores), *plug-ins* de efectos, librerías de sonidos, etc., que han sustituido a los obsoletos multipistas en sistemas de cinta o incluso a disco duro, tipo ADAT, limitados en cuanto a mantenimiento y tiempo de almacenaje sobre todo. Sobre los secuenciadores en *software* cabe decir que son un tipo programa de edición y creación musical que nos permite combinar diferentes sonidos producidos por instrumentos de distinta índole (MIDI y/o Audio) es decir, un software en el que podemos distribuir los sonidos que aparecen en una obra musical de forma sencilla y rápida. A este sistema se le denomina **Digital Audio Workstation (D.A.W.)**

Los secuenciadores se originaron como una herramienta para el músico en la creación de arreglos y acompañamientos. Gracias a estos programas, los músicos (y no sólo músicos) pueden realizar estos arreglos en sus canciones, estando a su disposición toda una orquesta virtual. La evolución fue lenta en sus inicios, pero con los avances de la tecnología digital, la caída de los precios de la memoria y la norma *Midi*, los secuenciadores fueron aumentando en complejidad y pronto fueron capaces de reproducir un gran número de notas e instrumentos a la vez. Con la aparición a finales de la década de los 70 de los primeros ordenadores personales y de la música MIDI (ya en los 80), el número de programas de secuenciación comenzó a crecer de forma vertiginosa. programas como *Cubase*, o *Pro 24*, supusieron una revolución a mediados de los ochenta.

Actualmente nombremos los tres grandes líderes del mercado: *Pro Tools*, *Logic Pro* y *Cubase*. A estos podemos sumar *Fl Studio*, *Digital Performer* o *Reaper*.

La mesa o consola de mezclas: actualmente destacan controladores frente a las digitales frente y las analógicas. Según su configuración, podremos acceder a un tipo de proyecto u otro.

Sistemas de amplificación, monitorización y escucha , compuesta por monitores de campo cercano, altavoces y auriculares.

Procesadores de efectos y sonido, incluidos en las mesas digitales como software integrado, y presente en todos los estudios para la mejora y tratado del audio tanto en la grabación como mezcla y masterización y que se usan tanto en hardware como en software: *compresores, ecualizadores, reverbs, delays, puertas de ruido...*

El grabador de master, o resultado final, hasta hace unas décadas liderado por las grabadores de CD y que a su vez sustituyeron a el DAT (Cinta de Audio Digital), ha sido reemplazado por ficheros digitales como WAV, AIff o ya en un formato comprimido para un uso doméstico, pero muy popular, como el mp3.

Consultar el Anexo I *Elementos necesarios para la grabación.pdf*

# Audio y Sonorización

Elementos necesarios para la grabación



FIGURA 6. Portada Anexo I

## 2.3. Procesos de grabación

### La producción y el productor musical

La producción musical es el proceso mediante el cual se crea, graba, edita y se registra la música para que pueda distribuirse y disfrutarse. Toda la música grabada conocida existe porque pasó por el proceso de producción, sin importar cuán conocida o no sea una grabación, y sin importar cuán minimalista o grandiosa suene. Dentro del proceso completo de producción musical veremos cinco grandes bloques bien diferenciados, prácticamente en todos, entra en juego la figura del productor musical.

El **productor musical** adecuado no es simplemente alguien que tiene las habilidades necesarias dentro de su género para producir un trabajo exitoso (aunque suele ser lo más relevante), también es alguien con quien conectar en un nivel creativo. Pasará una gran parte de tiempo con el artista y debe sentirse lo suficientemente cómodo para ser crítico y honesto para asegurar obtener un resultado final deseado, así como un resultado veraz. El propósito de un productor musical es poder ayudar a guiar, comprender y dar vida a las ideas planteadas. Lo que crea un productor no se ve, ni siquiera es un objeto. Cogiendo perspectiva y en palabras poéticas de la prestigiosa escuela musical norteamericana de Berklee, ”...*lo que hace un productor de música para ganarse la vida es esto: hacer vibrar las moléculas de aire de tal manera que cuando las moléculas de aire chocan contra una forma de vida humana, esa forma de vida siente algo...*”.

El papel de un productor musical siempre ha sido algo confuso. Cada vez más, puede significar una serie de cosas muy diferentes. ¿Alguien que programa un beat es un productor? Sí. ¿Alguien que atiende llamadas, coordina reuniones y firma artistas para sellos discográficos es un productor? Sí. ¿Alguien que toca el bajo, coescribe canciones y media disputas entre los miembros de la banda es un productor? Sí.

Un productor musical tiene muchos roles, pero estos son los cuatro más importantes:

#### 1. Cronograma y Presupuesto

Primero, la responsabilidad del productor es programar una sesión de grabación dentro del presupuesto designado y luego guiar a los músicos a través de ese programa de manera eficiente. Además, garantizan el buen fin técnico y artístico del proyecto.

En muchos sentidos, es la razón principal por la que se le da el trabajo a un productor musical. Ha demostrado con su trabajo que es un profesional, capaz de hacer un disco exitoso y entregar el producto terminado exactamente en la fecha pactada contractualmente. Para un proyecto de grabación comercial más grande para un sello importante, o un sello más pequeño pero bien financiado, la fecha de finalización es una parte fundamental de un cronograma más grande. El proceso incluye cronogramas de producción, marketing y publicidad que se coordinarán para lanzar el lanzamiento del trabajo.

En el caso de un proyecto de bajo presupuesto, "*indie*" o personal, es una buena idea que un productor experimentado supervise la finalización. Por ejemplo, puede actuar como una protección contra el artista que insiste en más sobre grabaciones o remezclas interminables, que es (desafortunadamente) la causa de que muchos discos nunca salgan. Por lo tanto, el credo de un productor musical debe ser a tiempo y dentro del presupuesto.

## 2. Dar forma a la música

Esta segunda responsabilidad gira en torno a la cuestión de cómo un productor toma la materia prima de la canción de un artista y la transforma en una grabación terminada. Esta función es tanto artística como comercial. Debe expresar la intención musical y emocional del artista, pero también debe llegar a un público amplio.

George Martin, productor de los *Beatles*, opinó que el productor es la persona “que enmarca todo, lo presenta al público y dice: 'Esto es lo que es'”. Es el gusto del productor lo que lo convierte en lo que es.

## 3. Supervisión del desempeño

El productor debe saber identificar y obtener las mejores interpretaciones de los miembros individuales del grupo. Existe la suposición de que, si te conmueve, puede conmover a otros oyentes. Para el productor, confiar en esta respuesta emocional es una función por excelencia. La confianza para decir: "Me gusta este", está en el corazón del papel de un productor. Desde la decisión de que la interpretación de una pista de acompañamiento en particular tiene el sentimiento y la energía correctos, hasta la aprobación de un solo de guitarra y el sonido de los diversos instrumentos que pasan por los monitores, todo regresa al productor, que debe tomar ese juicio.

## 4. “Trabajo vs. Tocar simplemente música”

El productor debe mantener el sutil equilibrio entre las demandas del trabajo y los elementos creativos que componen la música cautivadora. El productor hábil crea un equilibrio entre estas dos oposiciones, y lo hace manipulando esa idea abstracta que tanto les gusta a los músicos: “las buenas vibraciones”.

### **Los pasos involucrados en la producción de una pieza musical son:**

#### **1. Ideas musicales**

La canción que vas a producir y los instrumentos que usarás en el arreglo. El productor, decide las partes que se grabarán y quién las interpretará.

#### **2. Grabación**

Las interpretaciones que componen nuestro arreglo musical se graban en cualquier variedad de dispositivos de hardware y software como datos de audio o MIDI.

#### **3. Edición**

Cuando usamos la secuenciación MIDI o la grabación en disco duro, las interpretaciones que hemos grabado se pueden editar de varias maneras para cambiar la interpretación individual o el arreglo completo.

#### **4. Mezcla**

Las pistas individuales que componen una grabación multipista se combinan y procesan mediante efectos para crear una grabación estéreo final de nuestra canción.

#### **5. Masterización**

Donde preparamos nuestra mezcla estéreo terminada para su distribución como un CD de audio o un archivo digital haciendo los ajustes finales al sonido general de la grabación.

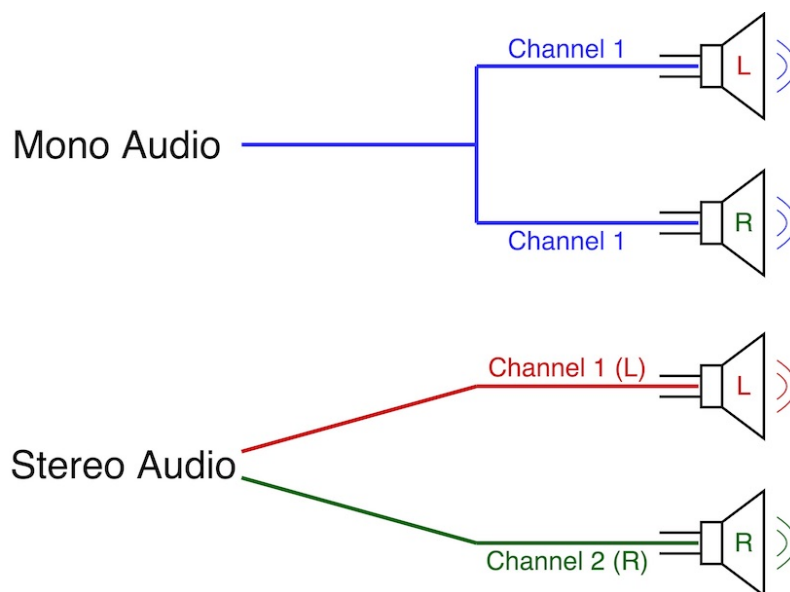
### **2.4. Monoaural, estereofónico, envolvente y sonido 3D**

El sonido monoaural es un sistema de audio en el que las señales de audio se mezclan y luego se encaminan a través de un solo canal de audio. Considerado menos costoso para la reproducción y grabación de audio, ya que solo se requieren dispositivos básicos, se utiliza principalmente en audífonos, comunicaciones telefónicas y celulares, sistemas de megafonía y comunicaciones por radio. Mono es el formato de audio preferido cuando la atención se centra en la claridad de un solo sonido o voz amplificada.

Uno de los mayores beneficios de usar sonido monoaural es el hecho de que el mismo nivel de sonido llega a todos los oyentes. En otras palabras, a diferencia de los sistemas

de audio estéreo, los sistemas monoaurales no transmiten ninguna sensación de ubicación o profundidad. Este factor se aprovecha en sistemas mono bien diseñados para el refuerzo del habla y la inteligibilidad del habla. En comparación con una señal de audio estereofónico, una señal monoaural tiene una mejor intensidad de señal con la misma potencia.

Ejemplos de sistemas de sonido monofónicos son los sistemas de grupos divididos mono y los grupos centrales de un solo canal.



**FIGURA 2.** Señales mono y estéreo

### **Estéreo vs. Mono**

La principal diferencia entre estéreo y mono es la cantidad de canales utilizados para grabar y reproducir señales de audio. Las señales estéreo se graban y reproducen con dos canales de audio (los canales izquierdo y derecho). Las señales mono se graban y reproducen con un solo canal de audio.

Desde la perspectiva del oyente, la diferencia más notable es que las señales mono no pueden crear una percepción de amplitud. Por el contrario, cuando se reproducen a través de un sistema estéreo (es decir, un par de altavoces estéreo o un par de auriculares), las señales de audio estéreo sí pueden producir una amplitud percibida.

Las señales/archivos de audio mono utilizan un solo canal para convertir las señales en sonido. Por lo tanto, aunque se conecten varios altavoces, el mismo canal de audio alimentará a todos los altavoces.

En los primeros equipos tecnológicos de audio, los sistemas mono se usaban exclusivamente para transmisiones de radio e incluso discos de música. Sin embargo, en el mundo de hoy, la mayoría de la música está en estéreo y no en mono.

A diferencia de las señales mono, las señales estéreo tienen dos canales que se convierten en sonido. Por lo tanto, las señales enviadas a los altavoces izquierdo y derecho son únicas y diferentes.

Los sistemas de reproducción que utilizan dos altavoces se conocen como sistemas estéreo. Los archivos de audio estéreo contienen información de los canales izquierdo y derecho que ordena que los altavoces izquierdo y derecho del sistema tiren y empujen el aire, medio, pero no el único, por el que se propagan las vibraciones y el sonido.

La mayoría de los oyentes asume que el estéreo es una mejora sobre el mono. Sin embargo, hay numerosos casos en los que los sonidos estéreo tienen desventajas.

En general, si se graba una sola fuente (especialmente en el caso de una voz en off), el audio debe ser mono. No hay necesidad de hacer que el audio sea estéreo a menos que se trate de efectos añadidos.

Algunos de los beneficios del audio mono son:

### **Sin centro “fantasma”**

Cuando ambos parlantes reproducen la misma señal, su cerebro pensará que la fuente de sonido está ubicada entre los parlantes izquierdo y derecho. Se conoce como la fuente mono fantasma del sonido. Por esta razón, la mayoría de las entrevistas, *Vlogs*, podcasts, entrevistas, etc., generalmente se reproducen con sistemas mono.

Este centro “fantasma” se basa en gran medida en la psicoacústica y cambiará en relación con la posición del oyente. Por lo tanto, una grabación mono tiene la ventaja de



no ser demasiado “alterable” por parte del oyente. El audio mono sonará más consistente en diferentes sistemas y posiciones de escucha.

### **Beneficios del audio estéreo**

El estéreo es la disposición de canales de señal de audio más común utilizada en la industria de la música en la actualidad. La mayoría de los archivos de música son compatibles con este sistema.

El audio estéreo es apreciado porque da una sensación de realismo y espacio a las mezclas (música, televisión, cine y más). Oímos naturalmente en estéreo ya que tenemos dos oídos, y el audio estéreo aprovecha al máximo este hecho, ofreciendo la dimensión de ancho al audio.

Con una gran cantidad de beneficios ofrecidos, los sistemas estéreo han reemplazado con éxito a los sistemas mono. Algunos de los beneficios se enumeran a continuación:

### **Mejor sonido**

El estéreo se convirtió en el formato ideal para grabar música a finales de los 60. Como resultado, la mayoría de los sistemas de audio domésticos y los auriculares utilizan señales estéreo. También encuentra aplicación en los sistemas de amplificación utilizados en salas de conciertos. Esto se debe a su capacidad para recrear la separación física de los instrumentos en el escenario.

### **Localización y amplitud del sonido**

Los sistemas estéreo crean una impresión de localización de la fuente de sonido. Se refiere a la capacidad del oído para identificar la posición de la fuente del sonido presente dentro de un espacio.

Digamos, por ejemplo, que escucha un tambor tocando, rápidamente determinará la fuente del sonido y la posición de la fuente. La mayoría de los seres humanos pueden identificar la fuente de sonido y su posición con bastante precisión.

Del mismo modo, percibirá fácilmente que el audio reproducido por una señal estéreo se origina en dos fuentes de sonido diferentes, a saber, los altavoces izquierdo y

derecho. Las diferencias entre los canales de una señal de audio estéreo nos dan esta sensación mejorada de espacio.

El cerebro humano utiliza numerosos conceptos simples para identificar y localizar sonidos. Algunos de estos conceptos incluyen el nivel de presión de la onda de sonido, la frecuencia de la onda de sonido, la cantidad de reverberación, el rango dinámico, la diferencia de tiempo entre el audio que ingresa a su oído izquierdo y derecho.

### **Sonido envolvente**

El audio de sonido envolvente es, en pocas palabras, el sonido que te rodea. Significa un altavoz en prácticamente todos los rincones de la habitación, que proyecta sonido digital de alta calidad desde todos los ángulos, como en una sala de cine. También representa la diversificación del sonido, con graves profundos y estruendosos que retumban en el suelo mientras se produce una explosión en la pantalla y efectos de sonido sutiles que se deslizan y golpean detrás de ti en una escena llena de suspenso.

Para la música, significa el envolvimiento sonoro completo de una canción.

### **Componentes básicos de un sistema *surround***

#### Subwoofer

Un altavoz de subgraves es un altavoz grande con alimentación que produce tonos graves y otros sonidos de baja frecuencia. Un subwoofer usa presión de aire para crear un sonido profundo y retumbante para llenar una habitación con graves. Los subwoofers se colocan con mayor frecuencia en el suelo en la esquina de una habitación o teatro para obtener el máximo efecto.

Cuando estás en una sala o en un cine con graves fuertes que hacen vibrar el suelo, ese es el subwoofer que estás sintiendo. En un sistema de sonido envolvente de PC, un subwoofer ayuda a crear fantásticos tonos bajos cuando se reproduce música o una película particularmente emocionante.

#### Altavoz central

El altavoz central de un sistema de sonido envolvente a menudo se considera el altavoz más importante de todos los altavoces de un sistema de sonido envolvente. Por lo

general, es más grande, más versátil y contiene más conos de altavoces individuales que los altavoces satélite.

La mayor parte del sonido importante, como los diálogos y los efectos de sonido clave, se canaliza a través de este altavoz. Los sistemas de sonido envolvente de alta calidad tienen un altavoz central que es diferente de los satélites izquierdo y derecho.

### Altavoces satélite

Un altavoz satélite es un término general que se usa para cualquiera de los altavoces destinados a colocarse en los lados izquierdo o derecho de la habitación. En un sistema 5.1 estándar, son los altavoces delanteros izquierdo y derecho y los altavoces traseros izquierdo y derecho. Eso es un total de cuatro altavoces más el altavoz central, lo que hace cinco. El ".1" representa el subwoofer, que es como se desarrolló el término "5.1". Sonido envolvente "6.1" significa seis altavoces más un subwoofer.

### **Tipos de sistemas de altavoces de sonido envolvente**

Hay varios tipos típicos de sistemas de altavoces de sonido envolvente:

#### Sistemas de altavoces 2.1

Los sistemas de audio 2.1 no son técnicamente sonido envolvente, pero son un paso adelante de los simples altavoces de estante (que no tienen el beneficio de un subwoofer). Al igual que con los sistemas 5.1, el "2" representa dos altavoces satélite, en el frente izquierdo y derecho, y el ".1" representa el subwoofer.

Por lo tanto, el sonido 2.1 es una excelente solución económica y/o por espacio respecto a lo que se llama sonido envolvente "verdadero" (al menos 5.1 altavoces), pero si aún desea un sonido dinámico de alta calidad.

#### Altavoces de sonido envolvente 5.1

Cinco altavoces se dividen en dos altavoces delanteros izquierdo y derecho, dos parlantes traseros izquierdo y derecho (detrás de la cabeza), un altavoz central de calidad y un subwoofer activo para tonos graves profundos.

Cuando las señales de sonido envolvente digital (como Dolby o THX) se reproducen a través de un sistema como este, nos adentramos en un nuevo campo de sonido, con explosiones atronadoras, música dinámica y efectos de sonido sutiles y envolventes en toda la habitación.

#### 6.1, 10.2 y otros sistemas de altavoces múltiples

El sonido envolvente 5.1 se considera el número mínimo de altavoces necesarios para un verdadero sonido envolvente pero otras configuraciones comunes incluyen 6.1 (seis altavoces y un subwoofer) o 10.2 (diez altavoces y dos subwoofers).

La configuración no importa tanto como sí el tamaño de la habitación. La mayoría de los expertos en audio aconsejan asegurarse de que los altavoces estén equilibrados en cada lado de la habitación. En un sistema 6.1, el satélite adicional generalmente se ubica en el centro de la parte trasera de la habitación, para equilibrar el altavoz central delantero.

### **Dolby Atmos**

Esta tecnología de sonido ha sido creada por la empresa Dolby Laboratories, y fue lanzada en junio del 2012. La primera película en utilizarla fue *Brave*, y desde entonces, ha sido ido siendo incluida en casi todas las producciones cinematográficas y también en el mundo de la música.

Atmos permite ofrecer una experiencia de sonido envolvente en 360 grados, de forma que los creadores pueden colocar diferentes sonidos en distintos puntos del paisaje sonoro.

En el mundo de los videojuegos o el cine, esto permite darte mayor información de lo que pasa a través del sonido, permitiéndote saber de dónde viene cada uno de los sonidos. En el mundo de la música, la experiencia será como si estuvieras en el centro del local de ensayo, pudiendo escuchar dónde está la guitarra, que el bajo está en otro lado, y en definitiva, distinguiendo las diferentes posiciones de cada uno de los instrumentos musicales.

El Dolby Atmos es capaz de utilizar un canal de 128 pistas y hasta 118 objetos sonoros de forma simultánea. Esto quiere decir que en el sonido que escuchas podrá haber hasta 128 diferentes objetos haciendo ruido, y que estos se podrían llegar a distinguir. Los sonidos pueden ser desde una explosión hasta el rebote de un balón o pasos de una persona, todo depende del contexto y de lo que estés escuchando.

### **Cómo funciona el Dolby Atmos**

Para poder disfrutar del sonido Dolby Atmos, primero se necesita tener un contenido cuyo sonido esté mezclado con esta tecnología. Y luego, necesitamos escuchar ese sonido en un dispositivo compatible con ella, como puede ser unos auriculares, una barra de sonido, un sistema home cinema.

Una vez tengas todo lo necesario, Dolby Atmos analiza todos los datos de la pista de audio de la película o canción que escuches. Entonces, detectará el número de altavoces que hay disponibles en el dispositivo con el que estés escuchándolo, y la ubicación de estos altavoces. Y con esta información, determinará en tiempo real la forma óptima de reproducir el sonido para que lo escuches tal y como está mezclado para sonar.

A partir de aquí, todo dependerá del equipo compatible que tengas. **Cuanto más altavoces tengas mejor será la colocación del audio** y los detalles de profundidad. De esta manera, cuando por ejemplo vuele un avión en una película, el Dolby Atmos será capaz de hacerte escuchar cómo se mueve de una posición a otra, pero dependiendo de tu número de altavoces, esta transición de movimiento será mejor o peor.

Por lo tanto, la pista de Dolby Atmos que habrá en la canción, película o videojuego es siempre la misma, pero esta tecnología, al procesarla, determinará cómo reproducirla dependiendo de tu configuración de altavoces. En cualquiera de los casos, siempre tendrán que ser dispositivos compatibles con la tecnología para ser capaces de repartir el sonido.

Otra de las características del sonido de Dolby Atmos **es que es en 360 grados**. Esto quiere decir que no solo lo reproduce a la derecha o izquierda como otras tecnologías de sonido envolvente, sino **también reproduce arriba y abajo**, posicionando mejor los objetos y mejorando la inmersión.

## Sonido 3D

3D Audio, también llamado sonido holofónico, es un término general para una serie de tecnologías de audio inmersivo que tienen como objetivo “rodear” al oyente con sonido. El objetivo es reproducir audio de una manera que replique la forma en que escuchamos el sonido en el mundo real, especialmente en comparación con las experiencias mono y estéreo a las que estamos acostumbrados.

El resultado va más allá de lo que puede lograr una configuración de sonido envolvente "física" 5.1 o 7.1, ya que el audio 3D puede hacer que los sonidos lleguen prácticamente en todas las direcciones, incluso arriba.

Dolby Atmos, DTS:X y MPEG-H son algunos de los principales estándares de audio 3D, que utilizan tecnologías basadas en objetos para mezclar y reproducir el sonido para dar la impresión de que te rodea en un "hemisferio" de sonido.

Hay muchas aplicaciones en las que 3D Audio brinda beneficios, incluso en música, películas, juegos y experiencias VR. A menudo, el dispositivo y los auriculares/altavoces deben ser compatibles con el audio 3D para aprovechar los beneficios envolventes de la función, pero muchas barras de sonido y auriculares pueden mezclar virtualmente una señal estéreo o mono y convertirlos en un paisaje sonoro 3D.

Con unas cajas acústicas estéreo de buena calidad se puede conseguir colocar con precisión una fuente de sonido, pero siempre delante de nosotros. Esta propiedad se conoce como **escena sonora**. El sonido tridimensional a través de auriculares, además, permite ubicar la fuente de sonido también por detrás y encima de nosotros. A diferencia del estéreo que reproduce el sonido de izquierda a derecha y viceversa, el sonido binaural añade la altura y permite generar un sonido que parece provenir de múltiples direcciones.

## ¿Cómo funciona?

La explicación se basa en la distancia entre nuestras orejas, razón por la cual el sonido 3D se escucha principalmente a través de auriculares.

El hecho de tener que utilizarlo a través de los cascos ha sido uno de los motivos principales por los que su uso no se ha extendido más rápido. En la música normalmente se busca que el sonido se escuche lo más parecido a través de cualquier dispositivo, pero en el caso del audio 3D **si no es un auricular la música se escucharía diferente**. Esto es así porque el audio 3D lo que hace es modificar distintos parámetros como las frecuencias o el desfase temporal. En los auriculares se puede ajustar bien la posición, pero a través de los altavoces es más complejo.

Para crear el efecto del audio 3D, lo que se hace es "engañar" al cerebro para que posicione en el espacio ciertas frecuencias. Es decir, **se modifica el archivo de audio copiando el espectro de frecuencias, y otros parámetros, que escucharían nuestras orejas** en caso de estar rodeados de las fuentes de sonido, como los instrumentos.

La palabra 'binaural' proviene del hecho de utilizar dos pabellones auditivos como son nuestras orejas. Nuestro cerebro es capaz de interpretar muy bien los sonidos y conocer con bastante precisión si el sonido viene de delante o de detrás.

Es un acto inconsciente, pero se basa en tres parámetros: el **desfase temporal, la variación del nivel de presión sonora y la variación de frecuencia**. Con estos datos, el cerebro es capaz de identificar la ubicación de una fuente de sonido. Se define como HRTF ('Head-related transfer function') a esta respuesta que caracteriza cómo el oído recibe un sonido desde un punto en el espacio.

Con el sonido 3D el cerebro interpreta que las fuentes de sonido están en distintos sitios, pero en realidad lo que ocurre es que el sonido está modificado para **aplicar los parámetros concretos para hacerle pensar que es así**. Esto permite crear una experiencia en 360° totalmente envolvente, con un resultado que ni siquiera un 5.1 puede lograr.

Mediante algoritmos se puede hacer pensar a la persona que el sonido proviene de su alrededor, consiguiendo una **sensación hiper realista** que en el caso de la música se asemeja como si estuvieran tocando a nuestro alrededor. Y esto es precisamente lo que buscan los fabricantes; un efecto llamativo para quienes busquen un sonido más sofisticado.

## 2.5. Sintetizar el sonido

### Orígenes

La síntesis de sonido existe desde hace más de cien años. El “Telharmonium” (también conocido como Dynamophone) fue desarrollado por Thaddeus Cahill alrededor de 1896. La premisa básica era la síntesis aditiva, y el dispositivo utilizaba ruedas tonales, al igual que el órgano Hammond. Estas estrategias electromagnéticas y electromecánicas sentaron las bases para la proliferación de instrumentos y diseños electrónicos innovadores en la segunda mitad del siglo XX.

En 1928, Maurice Martenot inventó las **Ondes Martenot**, que se tocaban con un anillo de metal que se llevaba en el dedo índice derecho. Este instrumento se utilizó en varias composiciones emblemáticas, sobre todo en *Turangalila-Symphonie* de Olivier Messiaen.

Probablemente el sonido electrónico más reconocible del siglo XX sea el **Theremin**, inventado por Leo Theremin también en 1928. El espeluznante sonido de vibrato electrónico se convirtió en un elemento icónico en las partituras de películas de terror y suspenso y sigue siendo uno de los favoritos entre los compositores contemporáneos.

Lo que sigue siendo mágico acerca de este instrumento es que no requiere contacto físico para tocarlo. En cambio, el ejecutante usa una mano para controlar la frecuencia y la otra para controlar la amplitud a través de la proximidad de dos antenas. En manos de intérpretes virtuosos como Lydia Kavina, el Theremin es capaz de líneas expresivas y precisas como cuerdas.

La síntesis convencional comenzó con el sintetizador analógico, llamado así porque se basa completamente en circuitos analógicos, donde los osciladores, filtros y modeladores de envolvente están controlados por formas de onda y voltajes eléctricos.

### **Analógicos vs Digitales**

Los circuitos analógicos no poseen la estabilidad inherente de los diseños digitales modernos, por lo que los parámetros como la afinación y la frecuencia del filtro tienden



a "desviarse" un poco, pero se cree que los sutiles efectos de desafinación que esto provoca contribuyen al sonido cálido y "orgánico" de los analógicos. .  
Aunque la forma en que un sintetizador analógico crea y da forma al sonido es diferente a los métodos utilizados por la mayoría de los sintetizadores digitales actuales, existen ciertas similitudes fundamentales entre ambos

Para el músico criado con instrumentos polifónicos modernos, puede parecer extraño que los sintetizadores analógicos originales fueran todos monofónicos y no tuvieran sensibilidad a la dinámica o “velocidad de pulsación”. Esto se debió a las limitaciones de la tecnología: incluso los instrumentos monofónicos podían ser terriblemente complejos.

Aunque el circuito es bastante diferente, un sintetizador moderno basado en muestras tiene una ruta de señal muy similar a la de su antecesor analógico. En lugar de una forma de onda electrónica simple, comenzamos con un sonido muestreado, pero aún puede considerarse como un oscilador. Esta muestra, “*sample*”, se pasa a través de un filtro y finalmente a través de un moldeador de envolventes, aunque la tecnología involucrada es completamente digital y está controlada por números en lugar de voltajes, el concepto subyacente es similar.

### Cómo se sintetiza un sonido

Tal y como vimos en el primer bloque teórico, el sonido más simple es un tono puro, cuya representación gráfica es una onda sinusoidal. Una onda sinusoidal continua suena como un silbido o un tono de prueba: cada ciclo de la forma de onda es idéntico, no hay variación en el nivel y, como sonido, es musicalmente simple y aburrido. Sin embargo, la gran mayoría de los sonidos de la vida real son infinitamente más complejos. En lugar de estar formados por un solo tono puro, están formados por toda una serie de tonos conocidos como armónicos. En el caso de un sonido musicalmente significativo, habrá una frecuencia fundamental fuerte (que determina el tono musical), acompañada por una serie de armónicos que son más altos en frecuencia (tono) y generalmente de nivel más bajo que el fundamental.

La forma en que los niveles de los diferentes armónicos cambian con el tiempo determina la envolvente del sonido, y esto tiene una gran influencia en cómo

interpretamos lo que escuchamos. Por ejemplo, un sonido de percusión comienza muy repentinamente y luego la energía vibratoria se desvanece porque no se aplica ninguna energía nueva para sostener el sonido. De ello se deduce, entonces, que un sonido de percusión típico comenzará repentinamente y luego decaerá.

Un sonido con arco, por otro lado, puede acumularse lentamente a medida que la energía que impulsa el sonido se aplica durante un período de tiempo, no de un solo golpe. Cuando se elimina la energía impulsora, en este caso el arco, la vibración de la cuerda decaerá de la misma manera que un sonido de percusión.

Para sintetizar con precisión un sonido 'real', necesitaríamos recrear todos los armónicos y armónicos del sonido en cuestión, establecer sus niveles relativos, aplicar una envolvente separada a cada armónico y variar la frecuencia de cada uno de ellos para emular la forma se comportan en el sonido real. Construir un sonido desde cero de esta manera se conoce como síntesis aditiva, pero en la práctica, es extremadamente difícil de implementar, aunque los métodos de resíntesis modernos se están acercando mucho.

**Las fuentes de sonido básicas para la síntesis analógica son los osciladores controlados por voltaje (VCO) y los generadores de ruido.** El oscilador proporciona una fuente de sonido sintonizable con una variedad de formas de onda útiles, mientras que los generadores de ruido producen un silbido de banda ancha, una forma de onda eléctrica aleatoria que contiene todas las frecuencias de audio en todo momento.

Hay cuatro formas de onda de oscilador principales que se utilizan en la síntesis analógica: onda sinusoidal, onda cuadrada/pulso, onda triangular y la onda de diente de sierra.

Como los VCO se van a utilizar para crear notas musicales, deben existir algunos medios para controlar su tono desde un teclado. En el mundo analógico, esto se hace por medio de voltajes de control, y el enfoque más común fue el llamado sistema de 'un voltio por octava'. El teclado está dispuesto de manera que cada vez que se presiona una tecla, se produce un voltaje eléctrico que, en efecto, se usa para sintonizar el oscilador con la nota requerida.

Hacer funcionar dos osciladores juntos produce un sonido rico y dinámico; un ligero grado de desafinación permite que la fase de un oscilador se desvíe con respecto al otro para producir un efecto de coro natural. También es posible ajustar un oscilador más alto o más bajo que el otro, por ejemplo, una octava o una quinta perfecta. Esto puede producir sonidos muy gruesos, especialmente cuando se combina con un filtrado adecuado.

Consultar el Anexo II **Glosario de terminología en síntesis.pdf**

## **2.6. Técnicas de posproducción de audio**

### **Introducción: Mezcla vs masterización**

Los procesos de mezcla y masterización sirven al propósito de que una pieza cumpla con su objetivo estético y suene equilibrada en el mayor número de dispositivos posibles. En el caso de las bandas sonoras para videojuegos, estos dos procesos no se limitan a la fase de producción musical, sino que tienen un componente imprevisible: solo se completan cuando la banda sonora ha sido incluida y ajustada en el motor de videojuegos, y su resultado puede depender de la experiencia individual de cada jugador. Es por eso que existen al menos dos procesos separados en la mezcla y que la masterización adopta una definición algo diferente a la habitual en este ámbito.

La mezcla, en su primera fase, atiende a las cuestiones habituales en cualquier género musical: equilibrio entre instrumentos, panorámica, frecuencias dominantes, dinámica, etc.; en su segunda fase, en cambio, se mezcla pensando en el resto de los sonidos que acompañan a la jugabilidad, y en especial, en las posibilidades de agrupación coincidente de estos.

Una masterización tradicional tampoco es posible en el ámbito del videojuego, ya que depende de la inclusión, siempre variable, de otros sonidos, así como de las necesidades de cada plataforma específica (web, PC, consolas. . .).

La mezcla se centra en la consecución de un equilibrio estético entre todos los instrumentos de una pieza, pero también es la actividad principal de la fase de postproducción sonora. Una buena mezcla no solo equilibra y armoniza, sino que también destaca aquellas partes de una melodía que deban ser claramente reconocidas por los oyentes, y reduce o elimina otras que resultan accesorias o molestas. Es decir, en el proceso de mezcla no solo se toman decisiones técnicas, sino también creativas. No existe una única forma de mezclar correctamente, y dos productores pueden lograr, con una misma grabación, resultados totalmente diferentes y a la vez válidos.

La principal tarea de un productor que mezcla una pieza es escucharla con detenimiento para detectar cuáles son sus verdaderas necesidades. Por ejemplo: en una pieza electrónica que cuenta con una línea de bajo aislada y muy definida acompañada por una percusión sencilla, un productor con experiencia probablemente tomaría la decisión de “alzar” dicha línea de bajo mediante un compresor de respuesta rápida y a través de una ecualización que reforzara los subgraves (las frecuencias entre los 20 y los 200 Hz aproximadamente).

Durante la mezcla es vital también tener en cuenta la dimensión emocional de la obra, pues puede influir en cuestiones como el rango dinámico. Por ejemplo: en una obra orquestal que va del silencio absoluto al *tutti* varias veces tiene sentido respetar el amplio rango dinámico de la grabación original y no comprimir en exceso; en un solo de guitarra, en cambio, tiene sentido aplicar una compresión agresiva para elevarlo por encima del resto de los instrumentos presentes en la pieza.

Los pasos más comunes que se deben dar durante el proceso de mezcla son:

1. Preparación: definición de grupos y buses.
2. Normalización: equilibrado automático de los niveles de intensidad básicos de cada sonido.
3. Revisión de desperfectos: corrección del tempo o la afinación.
4. Ajuste de volumen: consecución de un equilibrio entre la intensidad de todas las pistas del proyecto.
5. Panorámica sonora y reverberación: situación en el espacio sonoro de los instrumentos y efectos.

6. Filtrado: aplicación de filtros de paso alto, paso bajo y paso de banda.
7. Ecualización: modificación de la intensidad de cada rango de frecuencias de un sonido.
8. Compresión: gestión del rango dinámico de cada sonido o instrumento.
9. Aplicación de efectos: inclusión de eco, flanger; coros, etc.
10. Automatización y mezcla dinámica: modificación del volumen y la panorámica sonora en función del tiempo.
11. Revisión y ajuste: reevaluación del volumen de cada pista, los efectos aplicados y el volumen final de salida.

La masterización, en cambio, utiliza herramientas similares a las que son propias de la mezcla, pero requiere de una visión de la pieza en su conjunto, en lugar de pista a pista. Los pasos habituales del proceso de masterización son:

1. Búsqueda de referencias sonoras: piezas musicales del mismo género y bien masterizadas que sirven como modelo.
2. Detección y solución de desperfectos y *clipping*.
3. Escucha preliminar para la detección de necesidades de la mezcla.
4. Análisis espectral para comprender la distribución de frecuencias del proyecto.
5. Ajuste de la compresión, limitación y aplicación o reducción de ganancia para lograr que la pieza suene a una intensidad adecuada.
6. Ecualización global.
7. Efectos de mejora: saturación, imagen estéreo, *enhancers*, *maximizers*, etc.

Durante la masterización, los cambios realizados deben ser mucho más sutiles que durante la mezcla, y se orientan casi exclusivamente a una mejora de la calidad de la escucha. Es importante escuchar el resultado final tanto en unos monitores de referencia que le sean familiares al productor como en otros dispositivos de consumo.

Si la música realizada se orienta a una consola con altavoces integrados, como la Nintendo Switch, es conveniente también escucharla en dicho dispositivo para descubrir carencias y realizar los ajustes pertinentes.

## **Técnicas básicas**

### **a) Filtrado**

Los filtros eliminadores más comunes en el ámbito de la mezcla y la masterización son los de paso alto (HPF), los de paso bajo (LPF) y los de paso de banda. Estos filtros se utilizan para eliminar rangos completos de frecuencias no deseadas en una pista, normalmente como paso previo a la ecualización de esta. Sus aplicaciones, sin embargo, van más allá del ámbito musical, y también tienen una fuerte presencia en el diseño de sonido, por ejemplo, a la hora de representar la atenuación acústica ejercida por materiales del mundo real.

### **b) Ecualización**

La ecualización es uno de los procesos de la producción musical con más poder para mejorar el resultado final de una obra. Consiste en la aplicación gradual de pequeñas modificaciones en la intensidad sonora de rangos de frecuencias específicos, de manera que se modifique el equilibrio sonoro de la secuencia en cuestión. Este proceso es fundamentalmente artesanal, y se basa en la capacidad del productor para detectar necesidades en la mezcla y aplicar las correcciones pertinentes.

Uno de los principales objetivos de la ecualización es evitar el enmascaramiento entre instrumentos, es decir, la superposición de sonidos con la misma frecuencia fundamental, pero con timbres diferentes. Si, por ejemplo, un trompetista y un guitarrista tocan una misma nota a la vez, será complicado, antes de aplicar una correcta ecualización, diferenciar correctamente el timbre de ambos instrumentos y separarlos en la escena sonora. Antes de este proceso, un oyente suele ser capaz de percibir los dos instrumentos que se solapan, pero no de manera plena y agradable: estarán diluidos y mezclados entre sí, y no presentarán un carácter claro.

A la hora de mezclar, lo más habitual es asignar un ecualizador a cada pista, mientras que durante la masterización es más frecuente ecualizar la pieza de manera global para destacar algunas áreas de mayor interés. Los parámetros de la mayoría de los ecualizadores digitales también pueden ser dinámicos, de forma que puedan presentar estados diferentes en distintas partes de la melodía.

Una de las formas más comunes de ecualizar consiste en comenzar prestando atención a la parte más grave del espectro sonoro y ascender gradualmente mientras se eliminan solapamientos y se destacan los aspectos más característicos de cada instrumento. Una correcta ecualización de una pieza musical no debería aplicar grandes ganancias o pérdidas, sino cambios sutiles que mejoren la percepción del oyente. Cuando sea necesario realizar grandes cambios en el volumen de un instrumento, por ejemplo, no se utilizará un ecualizador, sino la consola de mezcla.

Una vez todas las pistas encajan correctamente en el espectro, es posible continuar ecualizando para solucionar otros problemas que no tienen relación alguna con el solapamiento. Por ejemplo: una línea vocal que suena excesivamente sibilante puede ser ecualizada para reducir únicamente esta clase de sonidos, sin restarle carácter ni presencia.

Durante todo el proceso de ecualización es importante hacer un buen uso de los botones de mute y solo. Antes de dar esta tarea por finalizada, todas las pistas deberían haber sido escuchadas tanto en solitario, para analizar sus propiedades y timbre, como en el conjunto de la mezcla, para comprender de qué manera encajan con el resto de los instrumentos y sonidos presentes en ella.

Cuando la ecualización está cerca de finalizar, se debe escuchar la mezcla en distintos altavoces y auriculares de referencia, en especial aquellos cuyas propiedades sonoras el productor conozca a la perfección. Esto permite detectar carencias que pueden surgir cuando, por ejemplo, se pasa de unos monitores de estudio profesionales a unos altavoces de baja calidad. La ecualización propia de la masterización debería solucionar por completo este tipo de problemas, pero puede llegar a evidenciar la necesidad de volver a mezclar por completo una pieza.

### **c) Compresión**

La compresión y la limitación son otras de las tareas centrales en cualquier proceso de mezcla, ya que ayudan a controlar la dinámica y aportan a esta una dimensión expresiva.

En el ámbito de la producción musical, el rango dinámico, o simplemente la dinámica, es la diferencia, medida en decibelios (dB), entre los sonidos más intensos y más suaves

de una pieza. Esto es, cuanto mayor sea el rango dinámico de una pieza, mayores serán las diferencias o cambios de intensidad percibidos por el oyente en esta.

La dinámica empleada varía mucho en función del género y el estilo de cada productor, aunque existen tendencias claramente establecidas. Por ejemplo: una pieza orquestal suele tener mucho más rango dinámico que una obra de estilo "mea," en esta última todos los sonidos parecen reproducirse a una intensidad más similar, mientras que en la primera existen amplias diferencias entre sus distintas partes.

A continuación, se explican los conceptos más relevantes a la hora de gestionar la dinámica de una obra musical durante los procesos de mezcla y masterización.

La **compresión** consiste en reducir las diferencias que existen entre los sonidos más y menos intensos de una pieza. Un compresor debe encargarse de realizar cambios menores en la intensidad sonora, y debe ser utilizado siempre después de que se hayan realizado ajustes previos de normalización o de gestión de la ganancia. Si, por ejemplo, se desea reducir la dinámica de una pieza con grandes diferencias de intensidad, un compresor utilizado de manera directa no será la opción más adecuada, ya que reducirá el volumen de las secuencias más intensas de una manera muy agresiva, y posiblemente restará calidad a la obra. Para obtener un resultado con grandes reducciones sería más conveniente automatizar el volumen primero, y aplicar el compresor solo cuando los extremos se hayan acercado.

Los compresores pueden ser tanto físicos como digitales, aunque estos últimos son los más utilizados en la actualidad, debido a su menor precio y mayor versatilidad. La mayoría son compatibles con cualquier configuración de DAW a través de *plugins*. Para poder utilizar un compresor de manera efectiva, es importante comprender primero el significado de una serie de parámetros:

- Umbral (threshold): el umbral es el nivel de intensidad acústica a partir del cual el compresor comenzará a aplicar una reducción. Si una pieza tiene su pico de intensidad en -3 dB, pero el umbral se sitúa en -1 dB, el compresor no actuará en ningún momento; si se sitúa en -4 dB, en cambio, comprimirá las partes más intensas de la melodía y reducirá el volumen de estas según los parámetros indicados.



- **Proporción (ratio):** este parámetro determina la relación proporcional que existe entre la señal original y la señal comprimida. Por ejemplo: una proporción de 2:1 comprimirá la señal en menor medida que una de 8:1; mientras la señal procesada en el primer caso se ve reducida a la mitad en términos de intensidad, en el segundo caso se reduciría hasta un octavo de su valor original. Cuanto más alta sea la proporción de un compresor, más antinatural será su sonido, en especial si el umbral tiene un valor muy bajo.
- **Ataque (attack):** el ataque determina el tiempo que tarda el compresor en reaccionar a una entrada de señal. Un valor de ataque rápido hará que el compresor atenúe la señal que se encuentre por encima del umbral tan pronto como la reciba, mientras que un valor de ataque lento hará que la señal sea comprimida más tarde, unos instantes después de ser recibida. Las velocidades de ataque lentas pueden ayudar, por ejemplo, a mantener el empuje inicial de cada nota de un instrumento de percusión, sin dejar de comprimirlo.
- **Caída, (release):** la caída determina de qué manera deja de afectar el compresor a la señal recibida por encima del umbral. Una caída rápida hará que el compresor deje de actuar tan pronto como desaparezca la señal, mientras que una caída lenta hará que la compresión vaya eliminándose de manera gradual cada vez que la señal deje de cumplir con las condiciones de aplicación. Ajustar correctamente este parámetro puede ayudar a reforzar la estructura rítmica de un pasaje, ya que es posible hacer que el compresor deje de actuar justo antes de que se vuelvan a producir las condiciones que permiten su reactivación. Esta práctica produce un efecto de balanceo que, combinado con un ataque relativamente lento, puede mejorar en gran medida la presencia en la mezcla de un patrón rítmico repetitivo.
- **Rótula (knee):** la rótula define la forma de la gráfica de aplicación de un compresor en su fase de ataque. Una rótula dura implica un descenso rápido de la intensidad una vez se alcanza el umbral, mientras que una rótula suave garantiza un descenso más gradual una vez se alcanza el punto de ataque. A menudo, los parámetros de ataque y de rótula son confundidos, pero la

diferencia existente entre ellos es muy sencilla: el ataque define el momento en el que un compresor comienza a actuar sobre una señal, mientras que la rótula define cómo de gradual es la aplicación de la reducción en ese momento. Un ataque rápido, si se lo acompaña de una rótula suave, parecerá menos brusco, y al contrario: si se utiliza una rótula dura con un ataque lento, el compresor entrar  tarde pero de manera brusca e inmediata.

- Ganancia posterior (*post-gain* o *make up gain*): la ganancia posterior tiene una gran importancia en el ámbito de la compresión, ya que ayuda a compensar las pérdidas de intensidad producidas por este proceso. Si una pista tenía picos de -3 dB que han sido reducidos a un valor de -6 dB por un compresor, la intensidad percibida en dicha pista será inferior. Para solucionar esto, se puede aplicar ganancia posterior, de manera que los nuevos picos vuelvan a quedar situados a -3 dB. Una vez hecho esto, la pista sonará más comprimida (con menos rango dinámico), pero a una intensidad similar a la que tenía antes, lo que generará normalmente una sensación de volumen percibido mayor, pese a encontrarse dentro del mismo límite absoluto de intensidad. Esto ocurre porque, en esta situación, son los valores mínimos los que han ascendido, mientras que los valores máximos han sido devueltos a su valor de intensidad sonora original.

A pesar de que en muchos de los compresores del mercado es posible ajustar casi todos los parámetros mencionados en este apartado, existen tipos específicos que definen de manera muy clara los parámetros de partida y el tipo de sonido que se consigue con ellos.

Algo que s  se ha de tener en cuenta al aplicar compresión a una mezcla, no obstante, es de qué manera va a ser escuchada la pieza final. Aunque mucha de la música actual opta por utilizar compresiones muy agresivas que aumentan la intensidad general percibida por los oyentes, una banda sonora de videojuego no tiene por qué responder a este tipo de criterio, por los motivos que se explican a continuación.

Una de las razones de que gran parte de la música actual se comprima de manera muy intensa es que esta práctica permite lograr una mayor intensidad media con un mismo nivel de amplitud máxima. En situaciones en las que distintas piezas musicales se reproducen a un mismo nivel de amplitud, como en una emisora de radio o en un

servicio de *streaming*, aquellas obras que presentan una intensidad media mayor pueden destacar más que otras que posean un mayor rango dinámico y, por tanto, una intensidad media menor. Esto genera una suerte de “competición” entre las distintas piezas, y ha causado que muchos productores opten por reducir la fidelidad y el rango dinámico de sus obras para situarlas a unos niveles de intensidad percibida similares a los de su competencia.

Las bandas sonoras para videojuegos se han visto contagiadas, de manera irremediable, por esta tendencia. No obstante, no existen motivos de peso para comprimir en exceso este tipo de piezas, salvo en los casos en los que estén destinadas a dispositivos portátiles con salidas de audio de baja calidad y con escasas capacidades para producir sonido con un amplio rango dinámico. Si bien un elevado grado de compresión es útil cuando se escucha música en un entorno ruidoso, como por ejemplo durante un viaje en coche, la mayoría de los videojuegos para PC o consolas de sobremesa son jugados en entornos tranquilos y pueden permitirse hacer uso de un acercamiento diferente a la compresión. Videojuegos como *Uncharted 4* (Druckmann y Straley, 2016) ofrecen la posibilidad de seleccionar el rango dinámico deseado para la música y el sonido, con el fin de adaptarse al mayor número posible de dispositivos y configuraciones.

Un mayor rango dinámico, en el contexto del ocio interactivo, puede aportar una gran calidad a la experiencia y permitir una mejor gestión del estado emocional de quienes juegan. La música debe ser capaz de acompañar, con sus cambios de intensidad y matices, la evolución narrativa del videojuego en cuestión, en lugar de limitarse a actuar como telón de fondo, y en esto juega un papel muy importante su dinámica: una secuencia de acción debería situarse sustancialmente por encima, en términos de intensidad sonora, de otra secuencia pausada y tranquila. Es más fácil, en definitiva, sorprender y emocionar a los jugadores con variaciones muy acentuadas que con una pieza que suene plana, siempre a una intensidad similar.

#### **d) Limitación**

Un limitador no es más que un compresor con un umbral mucho más rígido. Los compresores convencionales permiten que los picos de intensidad de una pieza superen el umbral establecido, dado que empiezan a actuar a partir de este valor. Los limitadores, en cambio, no dejan que ningún sonido supere un límite máximo

establecido por el valor del umbral. Es decir: un limitador equivale a un compresor configurado con una proporción o ratio que tiende a un valor de 00:1.

Los limitadores, por tanto, actúan de manera mucho más agresiva que los compresores convencionales. A priori, no deben ser utilizados para controlar la dinámica general de una obra, sino como límites rígidos que evitan que el sonido supere una intensidad concreta.

Este tipo de compresores se utilizan de manera muy frecuente durante la masterización de un proyecto, en especial para evitar la distorsión que produce la superación del umbral de los 0 dB en el canal principal de salida (master). Sin embargo, esta limitación debe actuar de manera ocasional, tan solo para reducir algunos picos de intensidad. Cuando la limitación en el canal de salida actúa con demasiada frecuencia, el resultado será una pieza “hinchada”, con pocos matices y excesivamente ruidosa.

En algunos géneros musicales, la limitación puede ayudar también a definir una estética concreta, mientras que en otros casi no tiene utilidad. Una pieza electrónica muy agresiva puede utilizar limitadores para aumentar la fuerza de su percusión, por ejemplo. En una obra orquestal, sin embargo, los limitadores se utilizan de manera muy sutil, y en ocasiones no se usan en absoluto. Lo mismo ocurre con la compresión convencional: es imposible imaginar una pieza de música actual sin compresión, pero una obra sinfónica será más dinámica y utilizará este tipo de técnicas de una manera mucho más contenida.

En cualquier caso, no existe un criterio único a la hora de aplicar compresión o limitación a una mezcla, y todo lo mencionado anteriormente queda supeditado a la capacidad para percibir problemas y necesidades por parte de quien produce la obra. Como norma general para la mayoría de los géneros no orquestales, resulta práctico aplicar compresores a todos los instrumentos o secciones, y comenzar a realizar ajustes para descubrir cuál es el grado de reducción de la dinámica necesario. Una vez tomadas las decisiones más importantes con respecto a esta cuestión, se puede decidir aumentar la proporción o incluir limitadores en los instrumentos a los que se quiera dotar de una mayor agresividad. Por último, durante la fase de masterización, se deberá situar un limitador en el canal principal de salida, y se ajustará normalmente de manera que su

reducción máxima no supere los 2 dB. En el caso de obras que empleen una orquesta sinfónica, lo ideal será utilizar compresores o limitadores solo cuando sean completamente necesarios, según el criterio del productor.

## 2.7. Efectos especiales

La correcta utilización de efectos durante el proceso de mezcla puede cambiar por completo la percepción que un oyente tiene acerca de una pieza, ya que aporta detalles y matices con potencial para enriquecer una grabación y hacerla más creíble o aportarle un sonido distinguido y único. Los efectos se suelen aplicar fundamentalmente en dos fases del proceso de mezcla: la reverberación se incluye con frecuencia durante el diseño de la panorámica sonora, mientras que los efectos más cosméticos (*chorus*, *flanger*, etc.) se suelen incluir tras terminar de gestionar el rango dinámico. No obstante, modificar el orden típico de inclusión puede dar lugar a nuevas posibilidades desde un punto de vista creativo. Nada impide comprimir una pista tras aplicar un *flanger* con el fin de lograr un sonido más sucio y con más presencia, o incluir reverberación adicional tras aplicar un coro, para lograr un timbre aéreo y difuso.

Los efectos suelen consistir en *plugins* que, bien vienen preinstalados en la aplicación de edición, bien se puede instalar más tarde. La mayoría siguen el estándar VST, AU o RTAS, AAX y son compatibles con prácticamente todas las configuraciones de DAW posibles. Además, muchos de ellos también admiten automatización MIDI a través de cualquier controlador físico.

Un detalle importante que se debe tener siempre en cuenta a la hora de incluir efectos en la mezcla es el orden en el que estos son aplicados. Una cadena de efectos que contenga una distorsión de guitarra y una reverberación, en ese orden, creará la ilusión de estar escuchando el sonido de un amplificador en un tipo de sala determinado. Sin embargo, aplicar la reverberación primero y la distorsión después generará una sensación muy diferente: por ejemplo, la de estar muy cerca de un amplificador que emite un sonido complejo y reverberante. Aunque hay una variedad de diferentes tipos de efectos nos vamos a ceñir a dos en concreto.

## 1) Reverberación

La reverberación es el más común de los efectos, y rara es la mezcla que no la utiliza con asiduidad. Normalmente se usa para definir espacios sonoros, pero su versatilidad la hace muy frecuente también en escenarios más creativos que funcionales.

Este efecto tiene su origen en un fenómeno propio de cualquier entorno físico: la recepción de reflexiones sonoras procedentes de diversos tipos de superficie por parte de un oyente que se encuentra en un espacio determinado. Las propiedades físicas y la distancia a la que se encuentran los objetos y superficies que constituyen dicho espacio son capaces de modificar en gran medida cómo se escucha el sonido original emitido por una fuente: un entorno muy reflectivo generará un sonido rico y lleno de matices, mientras que un entorno poco reflectivo producirá un sonido más plano y seco. Por otro lado, cuanto más lejos esté el oyente de la fuente sonora, más reflexiones percibirá mezcladas con el sonido original.

Por lo tanto, un efecto de reverberación artificial puede ser utilizado para definir y dar forma a un espacio sonoro virtual, ya que producirá sensaciones similares a las que tiene un oyente cuando se encuentra dentro de un entorno real.

La principal utilidad de la reverberación en una mezcla musical típica es definir, junto con las técnicas de panorámica sonora, la posición en la que se encuentra un instrumento dado. Por ejemplo: un timbal deberá ser siempre más reverberante que un violín en una orquesta, dado que se encuentra más lejos del oyente. Esta reverberación puede haber sido producida de manera orgánica (por ejemplo: mediante una grabación con la técnica del *decca tree*), pero se deberá crear de manera artificial cuando se han utilizado micrófonos de campo cercano para capturar cada instrumento, o cuando la fuente es un sintetizador o generador de cualquier tipo.

Cuando un sonido es poco reverberante, se lo conoce como “seco” (*dry*), mientras que cuando contiene muchas reflexiones procedentes del entorno, ya sean reales o simuladas, se lo llama “húmedo” (*wet*).

La reverberación artificial se clasifica normalmente en 10 tipos, según la clase de entorno que sugiere o la técnica que se emplea para producir el efecto:

- 1) Reverberación de habitación (*room reverb*)
- 2) Reverberación de cámara o estudio (*Chamber/studio reverb*):
- c) Reverberación de salón (*hall reverb*):
- d) Reverberación de catedral (*Cathedral/Church reverb*)
- e) Reverberación de escenario (*stage reverb*)
- f) Reverberación de muelle (*spring reverb*)
- g) Reverberación de placa (*plate reverb*)
- h) Reverberación de convolución (*convolution reverb*)
- i) Reverberación de puerta (*gated reverb*)
- j) Reverberación revertida (*reverse reverb*)

La mayoría de los filtros de reverberación permiten ajustar, asimismo, una serie de parámetros clave que determinan el tipo de sonido logrado a través de la simulación de un espacio de escucha virtual:

**Tamaño de la habitación** (*room size*): este parámetro controla durante cuánto tiempo viaja el sonido en la simulación antes de que se produzcan los primeros rebotes. Si se asigna un mayor tamaño a la habitación, la reverberación lograda será más profunda y evidente.

**Tiempo de caída** (*decay time*): el tiempo de caída determina cuánto tarda el sonido de reverberación generado por un impulso en desaparecer. Cuanto mayor sea este valor, más grande y reflectivo parecerá el entorno virtual. Para conseguir reverberaciones realistas, es importante que esta variable no entre en contradicción con el tamaño de la habitación: una habitación virtual grande requerirá un tiempo de caída más elevado que una más pequeña.

**Atenuación** (*damping*): la atenuación determina el índice de absorción sonora de los materiales de la habitación virtual. Cuanto más alto sea este valor, más cálido y menos definido será el sonido obtenido a través de las reflexiones. Algunos filtros de reverberación permiten seleccionar niveles de atenuación específicos para ciertos rangos de frecuencias; por ejemplo, es posible atenuar en mayor medida las frecuencias altas que las bajas para lograr un sonido menos metálico y más suave, o hacer lo contrario

para evitar que exista saturación de frecuencias graves y falta de definición en la mezcla.

**Retraso previo** (*pre-delay*): el retraso previo determina el tiempo que pasa entre el impulso generador y su reverberación asociada. Cuanto más grande sea este retraso, mayor tamaño parecerá tener la habitación virtual.

**Reflexiones iniciales** (*early reflections*): el volumen y la difusión de las primeras reflexiones de un impulso pueden definir en gran medida su estética. Por un lado, aumentar el volumen de estas generará un efecto de reverberación más evidente, puesto que la diferencia de amplitud entre el impulso y la caída se verá reducida. Por otro, aumentar la difusión producirá un sonido menos definido y más “grueso”, mientras que reducirla dará lugar a reflexiones y ecos más identificables.

## 2) Eco o delay

Un filtro de eco o *delay* repite una señal poco después de que esta haya sido reproducida por primera vez. Los primeros filtros de este tipo estaban basados en un sistema con cinta magnética que contaba con cabezales primarios y secundarios separados ligeramente, de modo que unos fueran capaces de reproducir el sonido original, y otros la misma grabación de este, pero unos milisegundos más tarde. Los filtros de eco actuales, sin embargo, cuentan con un *buffer* capaz de almacenar los sonidos recibidos más recientes y replicarlos cuando sea necesario.

Los usos de este tipo de efectos son muy variados, y dependen principalmente de qué nivel de retardo se aplique y cómo se procesen las señales secundarias. Por ejemplo: un *doubling* con un tiempo de retardo de 40 ms y un procesado similar de la señal original y la secundaria puede generar en el oyente la impresión de que está escuchando dos instrumentos idénticos tocando al unísono. Sin embargo, un *delay* con un retardo de 200 ms y un procesado muy poco reverberante de las señales secundarias producirá un efecto totalmente diferente, frecuente en géneros como el *dub* y el *post-rock*, que hará que parezca que el instrumento en cuestión está tocando más notas de las que realmente se tocan. En estos casos, es conveniente hacer que las reflexiones secundarias se ajusten a una estructura rítmica concreta, de manera que parezcan formar parte de la melodía compuesta.



## Bibliografía

López Ibáñez, M. , (2021) Producción musical y diseño de sonido para videojuegos, Síntesis.

Calvo-Manzano, A. *Acústica físico-musical*. Madrid: Real Musical, 2004.

Durá Doménech, A. *Temas de acústica: Ingeniería Técnica de Telecomunicación*. Alicante: Universidad de Alicante, 2005.

Rumsey, F. y McCormick, T. *Sonido y grabación*. Barcelona: Omega, 2008.

Mantione P. (2020, 20 de abril). The Basics of Sound Synthesis

<https://theproaudiofiles.com/sound-synthesis-basics/>

White P. (1994, febrero). Sound Synthesis: Part 1

<https://www.soundonsound.com/techniques/sound-synthesis-part-1>

Fernández Y. (2022, 17 de enero). Dolby Atmos

<https://www.xataka.com/basics/que-dolby-atmos-como-funciona-esta-tecnologia-sonido-envolvente>

Algunas de las figuras empleadas han sido tomadas de esta misma bibliografía.