

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Artes

Carrera de Artes Musicales

### **Desarrollo y evaluación de la experiencia inmersiva en la creación de tres versiones de una canción experimental en formato binaural**


Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Licenciado en Artes Musicales

**Autor:**

Julián Machuca Ramírez

**Director:**

José Eduardo Urgilés Cárdenas

ORCID:  0000-0003-3786-5748

**Cuenca, Ecuador**

2024-03-04

## Resumen

En los últimos años, el audio inmersivo o tridimensional ha tenido un significativo crecimiento. Este trabajo se adentra en este fascinante panorama, centrándose en la creación de una canción original que explora el formato binaural a través de tres versiones, con el uso de la herramienta *DearVR*. El propósito fundamental es comprender las posibilidades que ofrece el audio inmersivo y más específicamente en formato binaural. La metodología utilizada abarca diversas etapas, desde el análisis de referentes hasta la experimentación y la composición que cumple también como reto dentro del proyecto. El resultado de este proceso son tres versiones de la canción, respaldadas por un análisis de los elementos tanto musicales como electromusicales, junto a la implementación de planes de espacialización para cada versión. El fin de este trabajo no es solo contribuir al conocimiento del audio inmersivo, sino también destacar las capacidades tanto creativas como técnicas que brindan formatos de audio inmersivo como el binaural junto a herramientas como *DearVR*. Al hacerlo, se pretende ampliar la perspectiva para músicos, productores y entusiastas del audio, alentándolos a explorar las diversas posibilidades que brinda el audio inmersivo.

*Palabras clave:* audio inmersivo, formato binaural, espacialización, *dearVR*, objeto sonoro



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

In recent years, immersive or three-dimensional audio has experienced significant growth. This work delves into this fascinating landscape, focusing on the creation of an original song that explores the binaural format through three versions, utilizing the DearVR tool. The primary purpose is to comprehend the possibilities offered by immersive audio, specifically in the binaural format. The methodology encompasses various stages, from analyzing references to experimentation and composition, serving as a challenge within the project. The outcome of this process is three versions of the song, supported by an analysis of both musical and electromusical elements, along with the implementation of spatialization plans for each version. The aim of this work is not only to contribute to the understanding of immersive audio but also to highlight the creative and technical capabilities provided by immersive audio formats such as binaural, in conjunction with tools like DearVR. In doing so, the intention is to broaden the perspective for musicians, producers, and audio enthusiasts, encouraging them to explore the diverse possibilities offered by immersive audio.

*Keywords:* immersive audio, binaural format, spatialization, dearVR, sound object



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1: Fundamentos de Audio Inmersivo y 3D.....</b>	<b>8</b>
1.1. Introducción a las Experiencias de Audio en 3D e Inmersivas.....	8
1.2. Conceptos Básicos y Terminología.....	9
1.2.1. Objeto Sonoro.....	9
1.2.2. Espacialización.....	9
1.2.3. Binaural.....	10
1.2.4. HRTF.....	12
1.3. Características Relevantes para una Experiencia Inmersiva.....	13
1.4. Investigaciones y Estudios Relacionados con el Proyecto.....	13
1.5. Herramientas y Tecnologías en la Producción Binaural.....	15
<b>Capítulo 2: Características de la Canción.....</b>	<b>17</b>
2.1. Introducción Sobre Metodología de Análisis.....	17
2.1.1. Letra de la Canción.....	18
2.1.2. Estructura y Forma.....	19
2.1.3. Instrumentación.....	20
2.1.4. Armonía y Melodía.....	22
2.1.5. Métodos de Grabación.....	25
<b>Capítulo 3: Criterios Generales para Versiones en Binaural.....</b>	<b>26</b>
3.1. Análisis Azul V. 1.....	26
3.1.1. Plan General de Espacialización.....	26
3.2. Análisis Azul V. 2.....	27
3.2.1. Plan General de Espacialización.....	28
3.2.2. Introducción.....	29
3.2.3. Estrofas.....	30
3.2.4. Coros.....	32
3.2.5. Coda.....	33

3.3. Análisis Azul V. 3.....	33
3.3.1. Plan General de Especialización.....	33
3.3.2. Introducción.....	34
3.3.3. Estrofas.....	35
3.3.4. Coros.....	38
3.3.5. Coda.....	38
<b>Conclusiones.....</b>	<b>39</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>40</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>41</b>

**Índice de figuras**

<b>Figura 1.</b> Representación del audio binaural.....	10
<b>Figura 2.</b> KU100 dummy head.....	11
<b>Figura 3.</b> Locación de puntos de data para HRTF.....	13
<b>Figura 4.</b> dearVR MICRO.....	16
<b>Figura 5.</b> Partitura.....	23
<b>Figura 6.</b> Espacialización Azul V. 1.....	27
<b>Figura 7.</b> Espacialización Azul V. 2: intro.....	29
<b>Figura 8.</b> Espacialización Azul V. 2: estrofa (A1).....	30
<b>Figura 9.</b> Espacialización Azul V. 2: estrofa (A2).....	31
<b>Figura 10.</b> Espacialización Azul V. 2: estrofa (A3).....	31
<b>Figura 11.</b> Espacialización Azul V. 2: coros (B y B2).....	32
<b>Figura 12.</b> Espacialización Azul V. 2: coda.....	33
<b>Figura 13.</b> Espacialización Azul V. 3: intro.....	34
<b>Figura 14.</b> Espacialización Azul V. 3: estrofa (A1).....	35
<b>Figura 15.</b> Espacialización Azul V. 3: estrofa (A2).....	36
<b>Figura 16.</b> Espacialización Azul V. 3: estrofa (A3).....	37
<b>Figura 17.</b> Espacialización Azul V. 3: coros (B1 y B2).....	38

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Estructura de la canción.....	19
<b>Tabla 2.</b> Roles de la instrumentación.....	21
<b>Tabla 3.</b> Progresiones armónicas.....	22

## Capítulo 1

### Fundamentos de Audio Inmersivo y 3D

#### 1.1. Introducción a las Experiencias de Audio en 3D e Inmersivas

Desde hace varias décadas se empezó a forjar el concepto de audio inmersivo, el cual fue evolucionando con el paso del tiempo gracias al desarrollo de nuevas tecnologías que fueron implementando esto en distintos formatos de escucha. Se podría definir a una experiencia de audio inmersivo como aquella en la que el oyente se encuentra envuelto por el sonido, es decir que este viene desde distintas partes del espacio lo que genera una percepción tridimensional y semejante a la percepción natural de los oídos humanos, su objetivo es que el oyente se vea sumergido en la experiencia de forma envolvente y realista.

Actualmente existen distintos formatos de audio inmersivo o 3D. Entre los más populares está el formato *Dolby Atmos* que es el que predomina tanto en la industria cinematográfica como en la musical. También el formato *Ambisonics* que busca recrear los sonidos mediante la captura de los mismos con varios micrófonos esto con el fin de recrear no solo la posición y la dirección de una fuente sonora, sino también sus características de propagación dentro de un espacio determinado (Rumsey, 2001). El formato Binaural que es el que se ha seleccionado para este trabajo tiene como fin llevar esta experiencia inmersiva a un formato más tradicional como lo es el estéreo para dar acceso a este tipo de experiencias mediante el uso de auriculares.

El audio inmersivo se aplica principalmente en el campo del cine, en el que se empezó a utilizar en la década de los 70 en películas como *Star Wars* con el entonces sistema *Dolby Stereo*, que a diferencia del estéreo tradicional, añade más canales de audio lo que permite una experiencia más envolvente. Actualmente en el cine predomina el formato *Dolby Atmos* en distintos sistemas de reproducción que pueden ser, 5.1.2, 7.1.4 entre otras configuraciones de parlantes (Dolby Laboratories, 2012). Otro campo importante de desarrollo del audio inmersivo es el de los videojuegos, ya que con la llegada de la realidad virtual se ha buscado llegar a una experiencia realista tanto en el aspecto visual como sonoro para generar entornos virtuales que simulen de la manera más fiel posible la realidad (Steinicke, y otros, 2009). En la producción musical existen compañías que han apostado por el audio inmersivo. Tal es el caso de la plataforma de *streaming* Apple Music, la cual ha implementado el "Audio Espacial", que en breves rasgos es música mezclada en formato *Dolby Atmos* colapsada a formato binaural para que esta se pueda reproducir en auriculares. A la par de *Apple* otros servicios de *streaming* se han sumado a brindar la



posibilidad de que sus usuarios consuman su catálogo en formato *Dolby Atmos* como es el caso de las plataformas Tidal y Amazon Music.

## 1.2. Conceptos Básicos y Terminología

### 1.2.1. Objeto Sonoro

El término de objeto sonoro fue acuñado por el músico y compositor Pierre Schaeffer en los años cincuenta, dentro del campo de la música concreta. Él mismo, desarrolló el término en trabajos como el libro *Tratado de los objetos musicales* que se publicó en 1966 bajo la editorial *SEUIL*. En éste el autor aborda la clasificación de los objetos sonoros en su morfología y tipología.

Para Pierre Schaeffer, el término objeto sonoro se refiere a la individualidad del sonido, es decir, considerar a un sonido como una entidad única y distinta de otra sin importar cómo éste se haya originado, tanto si se trata de un sonido natural o sintético. Esto permite estudiar al sonido como tal, más allá de si se trata de una nota musical o un evento aislado y cómo estos pueden utilizarse en la composición.

Dentro de este trabajo, el término objeto sonoro se aplica como el objeto cuya ubicación espacial puede manipularse. Ya que dentro de una mezcla de formato binaural el objeto sonoro puede ser ubicado en cualquier punto virtual dentro de una esfera imaginaria alrededor del oyente. Por lo tanto, un objeto sonoro puede referirse a un instrumento, a una sección de la canción como podría ser el solo de guitarra o una parte de la melodía de la voz. Esto permite la generación de sensaciones de direccionalidad dentro de la esfera imaginaria del oyente.

### 1.2.2 Espacialización

Espacialización es un término amplio que se refiere a la manipulación de la percepción espacial del sonido. Esto para generar en el oyente la percepción de que un objeto sonoro está ubicado dentro de un punto específico en un entorno tridimensional, esto se logra de distintas maneras ya sea con la colocación de altavoces en distintos puntos de una habitación o ubicando los objetos sonoros en distintos puntos dentro de un entorno virtual.

Dentro del audio inmersivo se llega a la espacialización mediante distintos formatos. Por mencionar algunos, en el caso del sistema *Dolby Atmos* se logra mediante la ubicación de altavoces en distintos puntos de una habitación. Esto genera en el oyente la sensación de estar dentro de un espacio en el que los sonidos llegan a él desde distintos puntos tal como si se tratara de una percepción sonora real. En otros formatos como el binaural, se ubican

los sonidos dentro de un entorno virtual, lo que permite que el oyente con auriculares tenga la percepción de estar en un lugar distinto y con distintas dimensiones, haciendo que el mismo se sumerja dentro de una experiencia de audio inmersivo y espacial.

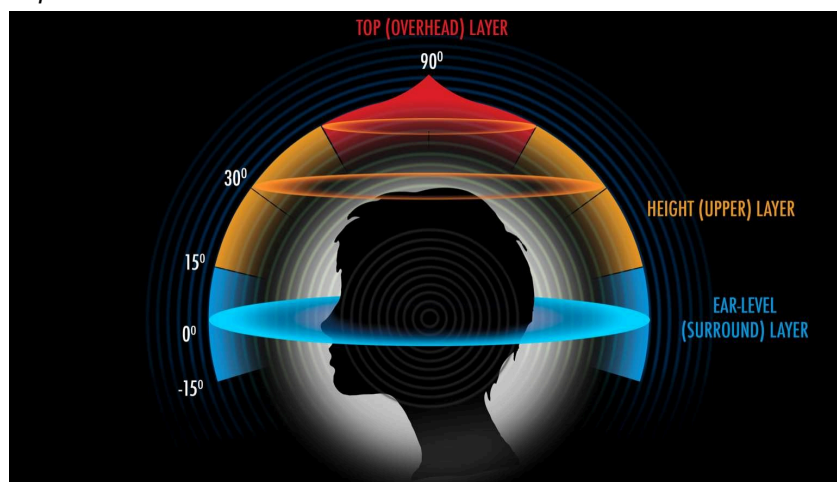
### 1.2.3 Binaural

Según la página web (EARS - ElectroAcoustic Resource Site, 2020) “Una grabación binaural es aquella en la que se colocan los micrófonos en la posición de los oídos, o en una simulación de tal situación. Las grabaciones binaurales deben ser preferiblemente escuchadas a través de auriculares”. Es decir, el término binaural hace referencia a simular con auriculares la presión sonora que ejerce una fuente sobre los tímpanos para generar una percepción realista de lo que se escucha, teniendo en cuenta que al simular esta presión sonora el cerebro reconstruye la información espacial y genera la sensación de espacialidad (Magro, 2016).

El principio básico de una grabación binaural es colocar micrófonos en la posición de los oídos esto con el fin de recoger la información auditiva de la misma forma que lo haría el oído humano para posteriormente reproducirlo y generar la misma percepción natural en el oyente.

**Figura 1**

*Representación del audio binaural*



Nota. El audio binaural representado en una esfera imaginaria alrededor del oyente. Tomado de Representación del audio binaural [Fotografía], por Abbey Road Institute Amsterdam, 2019, <https://abbeyroadinstitute.nl/blog/spatial-audio-continuing-evolution/>

Con el tiempo se han desarrollado distintas técnicas para la grabación de audio en formato binaural. Entre ellas existen micrófonos que buscan simular la cabeza humana como el *KU100 dummy head* (Fig. 2) de la marca Neumann. Otros como el *Simulador de cabeza y torso (HATS)* de la empresa B&K que añaden el torso ya que aseguran que esto afecta en las reflexiones del sonido y alteran la percepción auditiva (Rumsey, 2001). Además se pueden considerar otras técnicas como *Ambisonics*, que aunque puede colapsar a un formato binaural, está desarrollada con el fin de ser reproducida en un formato que lleva el mismo nombre *Ambisonics*.

En cuanto a la reproducción del formato binaural lo que recomiendan autores como Magro, (2016) y Rumsey, (2001) es que si bien se puede reproducir este formato en un sistema de altavoces estéreo, esto puede comprometer la percepción de espacialidad por el entorno de los mismos. Por otro lado, resulta más adecuada la reproducción mediante auriculares ya que la percepción no se ve afectada por el entorno. La señal de audio se envía de una manera más directa al oído potenciando así la inmersión y la espacialidad del audio.

## Figura 2

*KU100 dummy head*



Nota. Micrófono de la marca Neumann utilizado para grabaciones binaurales. Tomado de KU100 dummy head [Fotografía] Neumann,2023, <https://www.neumann.com/es-es/products/microphones/ku-100/>

#### 1.2.4. HRTF

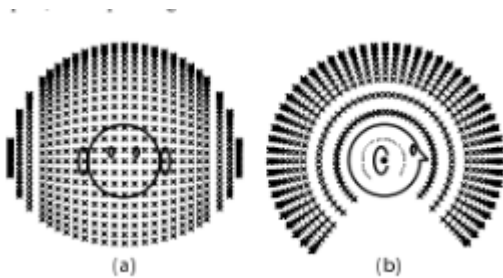
HRTF o en español *Función de Transferencia Relacionada con la Cabeza*, consiste en una función matemática que permite medir cómo el sonido de una fuente sonora se ve afectado al llegar a los oídos. Para esto se tiene en consideración las condiciones acústicas y las características anatómicas de la cabeza, el torso y las orejas de cada persona. Es por esta razón que el HRTF varía de persona a persona.

La medición del HRTF se realiza colocando un micrófono muy pequeño en cada canal auditivo, ya sea una persona o un maniquí, y colocar altavoces alrededor de la cabeza. Estos emitirán sonido desde diferentes direcciones y diferentes frecuencias para que de esta forma se pueda medir cómo se altera el sonido durante el viaje desde los altavoces hasta llegar al canal auditivo de la persona. Una vez se obtienen estos datos se pueden tomar más muestras de diferentes sujetos, con el fin de poder promediar los resultados y así obtener un HRTF que pueda adaptarse a un grupo mayoritario de oyentes, tal como se realizó en el trabajo de Algazi, Duda, Thompson y Avendano (2001) "THE CIPIC HRTF DATABASE"

En la actualidad, el término HRTF es de gran relevancia, especialmente dentro del campo del audio inmersivo y 3D. Esta función de transferencia es indispensable en el formato binaural, ya que al combinarla con las técnicas de grabación binaural permiten que se pueda simular con exactitud cómo un oyente escuchará un sonido emitido por una fuente sonora en la realidad. De este modo generando así en este una experiencia de audio tridimensional, envolvente e inmersiva. Esto ha permitido el desarrollo de las herramientas o *plug-ins* que permiten transformar tomas de audio en formato mono o estéreo, a uno binaural. En este contexto, se puede ubicar y percibir la direccionalidad del objeto sonoro en cualquier lugar alrededor del oyente, por consecuencia de la aplicación del HRTF.

Figura 3

Locación de puntos de data para HRTF



Nota. Puntos de data de la medición HRTF (a) frente y (b) lateral. Tomado de Localización de puntos de data para HRTF [Fotografía] Algazi, V. R., Duda, R.O., Thompson, D. M., & Avendano, C. (2001). The CIPIC HRTF database. Proceedings of the 2001 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, 99.

### 1.3. Características Relevantes para una Experiencia Inmersiva

Para lograr correctamente una experiencia inmersiva de audio se deben tomar en cuenta algunos aspectos partiendo desde el formato de audio a utilizar y el sistema que se empleará para la reproducción del material de audio. dentro de un formato binaural, los requerimientos para llegar a este objetivo serán menores, ya que se requerirá de un buen par de auriculares además del audio procesado para estar en este formato. En cambio, en un formato como *Dolby Atmos* 5.1 se requerirá principalmente de un buen sistema de reproducción 5.1, un espacio físico adecuado acústicamente para este fin y también contar con que el material de audio esté mezclado para este formato.

Otro aspecto a tomar en cuenta es el *software* con el que se realice el paneo en 360 grados ya que distintos *softwares* darán distintos resultados. En el caso del audio binaural existen varias formas de llegar a este formato, ya sea mediante una mezcla en *Ambisonics* o *Dolby Atmos* colapsada a binaural o como se llevará a cabo en este proyecto mediante el uso de un *plug-in* que permita realizar directamente un paneo de 360 grados y así obtener directamente el material de audio en este formato.

### 1.4. Investigaciones y Estudios Relacionados con el Proyecto

Para este trabajo sobre el desarrollo y evaluación de una experiencia inmersiva en la creación de tres versiones de una canción experimental en formato binaural, se han considerado principalmente trabajos sobre el audio 360, el sonido inmersivo o sonido espacial que se vinculan con el proyecto. A continuación, se presenta un estado actual del conocimiento:

En el trabajo de Garzón (1973) se describen principalmente los fundamentos de la “perifonía”, que hace referencia a un sistema de reproducción de audio en el que se utilizan altavoces adicionales que se colocan alrededor del oyente con el fin de conseguir una mayor sensación inmersiva. Además, se explican las limitaciones y los problemas técnicos que existen al implementar este sistema y con ello, Garzón también propone posibles soluciones a los mismos. Este trabajo sería el que luego daría paso a otros formatos de audio como: *Dolby Atmos* y *DTS:X*.

En el *white paper* de *Dolby Laboratories* (2012) se explica el funcionamiento del sistema de audio *Dolby Atmos* que representa un gran avance en lo que respecta al sonido en el cine y el audio inmersivo. Se implementan una serie de altavoces tanto en el techo como en las paredes lo que brinda una experiencia más realista. Además de esto el sistema *Dolby Atmos* trajo una nueva forma de mezclar audio permitiendo crear paisajes sonoros tridimensionales. También, se menciona que este sistema puede ser adaptado a salas de distintos tamaños, incluso se ha desarrollado para un formato de cines en casa y dispositivos móviles que permiten reproducir este *Dolby Atmos* en auriculares en un formato binaural.

El artículo “THE CIPIC HRTF DATABASE” de Algazi et al. (2001) trata sobre la creación y características de una base de datos de funciones de transferencia de cabeza (HRTF), con el fin de que esta sirva para desarrollar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo del audio espacial. Además de presentar la base de datos, el artículo también describe de forma detallada los métodos y técnicas utilizados para la medición de HRTF, herramientas y *software* necesarios para el procesamiento de estos datos.

El artículo “*Real walking in virtual environments by redirection techniques*. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting*” de Steinicke, Bruder, Jerald, Frenz y Lappe (2013) trata sobre métodos para mejorar la experiencia de caminar dentro de ambientes de realidad virtual con el fin de lograr una experiencia más natural y realista. Se menciona que el audio inmersivo puede ser de utilidad para este fin, ya que para ellos la información auditiva es tan importante como la visual, puesto que permite a los usuarios ubicar objetos en el plano virtual y crear así una sensación de profundidad y de ambiente dentro de este plano.

En el libro *Spatial audio*, Rumsey, F. (2001) describe en detalle los fundamentos del audio espacial. Además explica distintas técnicas tanto de grabación como de reproducción con las que se puede conseguir una sensación auditiva más realista e inmersiva tales como pueden ser los sistemas binaurales, surround o 5.1 e incluso *Ambisonics*. También se

detallan ejemplos de la aplicación de estas técnicas en distintas ramas como la música, el cine, los videojuegos y la realidad virtual, demostrando así el potencial que puede llegar a tener el denominado audio espacial.

En el artículo "*Deep Clustering: Discriminative Embeddings for Segmentation and Separation*" Hershey, Chen, Le Roux y Watanabe (2016) presentan un nuevo enfoque para la segmentación de fuentes de audio, mediante el uso de una red neuronal profunda, llamada *Deep Clustering*. Además, se presentan resultados experimentales que muestran la efectividad del mismo. Esto puede representar un aporte significativo en el campo del audio espacial ya que el poder separar distintas fuentes de audio permitiría una mejora en la calidad de este formato y una representación más realista de lo que se escucha.

En resumen, el audio 360 ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos años, con avances significativos en tecnologías de grabación y reproducción, así como en aplicaciones en realidad virtual y aumentada, música, cine y videojuegos. Además, la inteligencia artificial y el aprendizaje profundo están impulsando aún más la innovación en este campo, permitiendo experiencias auditivas más personalizadas y realistas. A medida que la tecnología evoluciona, podemos esperar ver más desarrollos y aplicaciones en el mundo del audio 360.

### 1.5. Herramientas y Tecnologías en la Producción Binaural

La herramienta que se utilizará dentro de este proyecto se llama "*dearVR MICRO*" (Fig. 3). Este es un *plug-in* gratuito desarrollado por la empresa alemana Dear Reality especializada en el desarrollo de *software* para audio 3D. Además de este *plug-in* cuentan con otras herramientas de audio 3D de pago que ofrecen más parámetros para personalizar a mayor profundidad la experiencia de la mezcla de audio inmersivo o 3D.

El uso de este *plug-in* consiste en añadirlo como inserto en el Daw de preferencia a cada uno de los canales de audio existentes dentro de la mezcla, lo que permitirá que cada instrumento (objeto sonoro) pueda ser manipulado y colocado dentro de una esfera virtual alrededor del oyente. Los parámetros que se pueden calibrar en este *plug-in* son los siguientes:

- *Elevation*: que permite ubicar al objeto sonoro a una altura determinada en relación con el oyente.
- *Azimuth*: que es el ángulo en la esfera alrededor del oyente, es decir la posición que tendrá el objeto sonoro dentro de la esfera imaginaria.

- *Reflections*: este parámetro permite modificar las condiciones del espacio virtual, es decir las dimensiones del cuarto, el material de las paredes y el nivel de reflexiones que existen en el mismo.

- *Focus*: mediante el ajuste de este *knob* se calibra el nivel entre la percepción 3D y la preservación tonal de la mezcla.

Por último, este *plug-in* permite seleccionar entre dos renderizadores HRTF de audio binaural. *dearVR* que es el desarrollado por *Dear reality* y es el mismo que utilizan sus otros *plug-ins* o AMBEO Orbit desarrollado por Sennheiser basado en el micrófono *KU100 dummy head* de Neumann (Fig. 2) que se mencionó anteriormente.

**Figura 4**

*dearVR MICRO*



Nota. En esta imagen se puede apreciar la interfaz y los controles del *plug-in* dearVR MICRO. Tomado de dearVR MICRO [Fotografía] Dear Reality, 2023, <https://www.dear-reality.com/products/dearvr-micro>



## Capítulo 2

### Características de la Canción

#### 2.1. Introducción Sobre Metodología de Análisis

Para la elaboración del análisis musical, se tuvo como referencia un enfoque hermenéutico-semiológico propuesto por Philip Tagg (2012). En este sentido se ha considerado como lineamiento de análisis los elementos musicales siguientes:

- Aspectos del tiempo: duración de secciones, pulso, tempo, métrica, periodicidad, ritmo y motivos rítmicos.
- Aspectos melódicos: registro, rango de tono, tonalidad y contorno.
- Aspectos de voces e instrumentos: tipo y número de voces, características instrumentales.
- Aspectos de tonalidad y textura: centro tonal y tipo de tonalidad, secuencias de acordes.
- Aspectos dinámicos: niveles de intensidad del sonido, acentuación, audibilidad de las partes.
- Características acústicas del 'lugar': grado de reverberación, distancia entre la fuente de sonido y el oyente, aspectos de movimientos binaurales.
- Aspectos electromusicales y mecánicos: paneo, filtrado, compresión, distorsión, delay, mezcla, entre otros.

Es importante además destacar que el análisis de los elementos formales o estrictamente musicales no puede desvincularse de aspectos de contexto o significados extramusicales, por ello en el proceso se detalla adicionalmente la estética escogida para la canción.

## 2.1.1. Letra de la Canción

La letra trata sobre el anhelo de una persona enamorada, donde existe una necesidad de reencontrarse ya que esta persona significa todo su mundo y ya no encuentra nada que no genere recuerdos. Desde la perspectiva de quien canta la canción el mundo ha perdido sentido y se encuentra en un proceso de extinción, por eso su mayor deseo es poder pasar por esto junto a su pareja.

Es importante destacar el título de la canción el cual es “Azul”. Este se eligió porque el azul es un color frío, de la noche, el color de la melancolía, lo que acompaña al sentimiento del día a día del protagonista cuando no está con la otra persona. Además, en la letra se hace alusión a “todo mi mundo es azul igual que vos” lo que sugiere que esta otra persona también comparte el sentimiento de melancolía.

Adentro hay luz  
en un fondo azul  
ven, estaba extrañándote  
ven, y sácame del hoyo otra vez

Las estrellas con vos  
se ven aún mejor  
ven, toma mi mano  
ven, tengo que besarte otra vez

Todo mi mundo se ve azul  
igual que vos, igual que vos  
sácame de esta habitación  
quiero oír tu voz, quiero verte a vos

Debajo de los planetas  
 viviendo la extinción  
 ven, estaba esperándote  
 ven, que quiero ir contigo otra vez

Todo mi mundo es azul  
 igual que vos, igual que vos  
 sácame de esta habitación  
 quiero oír tu voz, quiero verte a vos

### 2.1.2. Estructura y Forma

La canción consta de cuatro secciones: introducción, estrofa, coro y coda, está estructurada de la siguiente manera:

**Tabla 1**

*Estructura de la canción*

Estructura Canción							
	introducción	estrofa 1 (A1)	estrofa 2 (A2)	coro 1 (B1)	estrofa 3 (A3)	coro 2 (B1)	coda
compases	1-17	18-41	42-65	66-85	86-109	110-124	125-153

Cada sección, ya sea la estrofa o estribillo, se instrumentan de modo diferente en cada repetición con el fin de crear una direccionalidad. Un ejemplo puede ser el "vaciado" de la última estrofa, que da fuerza a la reaparición del último estribillo.

En cuanto a la forma el tema musical va creciendo y desarrollándose hasta llegar a la estrofa 3 donde se produce una catábasis, un descanso en la textura y la actividad musical llevando al último coro hacia el momento climático que es la coda.

Con respecto de la relación entre cada parte se podría plantear el siguiente esquema:

**Introducción:** La introducción es una sección netamente instrumental. En esta, se prescinde de la batería lo que produce una sensación de anticipación y se asigna la melodía a una guitarra eléctrica y un sintetizador al unísono.

**Estrofas (A):** Cada estrofa presenta características que les son propias. Además de los obvios cambios en la letra y algunos detalles como los *riffs* de la guitarra que cierran las estrofas, en la sección A2 se cambia el sonido de la caja y platos, específicamente del *hi-hat* y del *crash*, para generar una escucha fresca en el oyente. En esta misma sección se añade un *pad* que crea una textura más densa y llena. Esto contrasta profundamente con la catábasis de la sección A3 donde de nuevo, se prescinde momentáneamente de la percusión para retomarla con más fuerza en la última repetición del estribillo y la coda exultante.

**Coros (B):** El coro es una sección contrastante con respecto a las estrofas. Está basado en una progresión armónica más larga y compleja y menos estática que las estrofas. La melodía se sitúa en una tesitura aguda y el ritmo que sugiere la letra es más rápido que el de las estrofas. Se añaden además segundas voces y una textura armónica más llena con el fin de producir un incremento del nivel de actividad.

**Coda:** Esta sección se diferencia del resto ya que a pesar de mantener la armonía de las secciones A, esta duplica la duración de cada acorde y pasa a ser una sección de cierre instrumental en la que la atención pasa a la guitarra y al sintetizador que llevan una melodía cubierta por los pads y las guitarras rítmicas.

### 2.1.3. Instrumentación

Aunque en un inicio se planteó un esquema de instrumentación sencillo (bajo, guitarras, batería y voz), a medida que el proyecto se fue desarrollando se consideró necesario la inclusión de dos pads armónicos para generar un ambiente espacial dando mayor soporte armónico y también aportando a la textura. Un sintetizador que se alterna o funciona con la guitarra líder en diversas secciones, lo que lleva la atención del oyente a estos instrumentos para refrescar la escucha, y algunas voces armónicas que enriquecen la textura y hacen avanzar el discurso musical.

**Tabla 2**

*Roles de la instrumentación*

Instrumento	Función
Batería	base rítmica de la canción.
Bajo	base armónica y rítmica.
Guitarra rítmica L	base armónica y rítmica.
Guitarra rítmica R	base armónica y rítmica.
Guitarra Lead	solos punteados en las secciones instrumentales como introducción, coda y transiciones.
Pad 1	enriquecer la textura musical haciéndola más densa y apoyar a la base armónica.
Pad 2	enriquecer la textura musical haciéndola más densa y apoyar a la base armónica.
Sintetizador	aportar solos a la canción especialmente en los cambios entre secciones donde la voz descansa.
Voz líder	lleva la melodía y la letra con el fin de transmitir un mensaje al oyente.
Voz Doblaje L	apoyar a la voz líder en los coros.
Voz doblaje R	apoyar a la voz líder en los coros.
Armonía vocal	aportar densidad textural y complementar la voz líder.
Coros	generar textura en los cierres de estrofas.
Coros 8va	reforzar y aportar al timbre de los coros.

De acuerdo a la tabla 2 se puede observar que los instrumentos que tienen un rol principal son: la voz líder, la guitarra líder, y el sintetizador. Por otro lado, los instrumentos que aportan a la sección armónica son: las guitarras L y R, los pads y el bajo, en la parte rítmica fundamentalmente la batería y el bajo y lo que corresponde a arreglos están asignados a la guitarra líder, el sintetizador, y los coros en los cierres de estrofas y los doblajes para apoyar a la melodía en los coros de la canción.

### 2.1.4. Armonía y Melodía

En cuanto a la armonía esta se basa principalmente en tres progresiones de acordes que son las siguientes y serán denominadas como: “P1”, “P2” y “P3” y serán escritas en cifrado inglés:

**Tabla 3**

*Progresiones armónicas*

Progresiones de acordes utilizadas	
<b>P1:</b>	Amaj7 - A6
<b>P2:</b>	Amaj7 - Dmaj7 9
<b>P3:</b>	A - A6 - C#m7 - Bm7 — A6 - C#m7 - Bm7 - Amaj7

La progresión P1 corresponde a la introducción y la coda, la P2 a estrofas(A) y la progresión P3 corresponde a los coros(B).

A continuación, en la partitura se puntualiza la armonía de toda la canción a modo de cifrado junto con la melodía de la voz.

**Figura 5***Partitura*

Score

## Azul

Julián Machuca

Chord symbols: A maj7, A 6, A maj7, A 6, A maj7, A 6, A maj7, A 6, A maj7, Dmaj7 9, A maj7, Dmaj7 9, A maj7, A 6, A maj7, Dmaj7 9, A maj7, Dmaj7 9, A maj7, Dmaj7 9, A maj7, Dmaj7 9, A maj7, Dmaj7 9, A maj7, Dmaj7 9, A, A 6, C#m7, B m7

©

2 Azul

73 A A6 C#m7 Bm7



81 A6 C#m7 Bm7 Amaj7



85 Amaj7 Dmaj7 9 Amaj7 Dmaj7 9



93 Amaj7 Dmaj7 9 Amaj7 Dmaj7 9



101 Amaj7 Dmaj7 9 Amaj7 Dmaj7 9



109 A A6 C#m7 Bm7



117 A A6 C#m7 Bm7



Guit Lead y Synth

125 Amaj7 A6



133 Amaj7 A6



Detailed description: This page contains musical notation for a piece titled 'Azul'. It features ten staves of music in the key of A major (three sharps). The notation includes various chords such as A, A6, C#m7, Bm7, Amaj7, and Dmaj7 9. The piece is marked with a '2' at the beginning, indicating a second ending. The notation includes rests and melodic lines. The final staff (133-140) is labeled 'Guit Lead y Synth' and features a more complex melodic line.



Azul 3

A maj7 A 6

141 A maj7

149 A maj7

Nota. Partitura con melodía y cifrado inglés..

### 2.1.5. Métodos de Grabación

La grabación se realizó mediante la técnica *multitrack*, es decir, se realizó la batería en midi y posteriormente, se grabaron sobre este track el bajo, las guitarras, pads y voces. La grabación y posterior postproducción se realizaron en Pro-Tools con el uso de instrumentos virtuales y bibliotecas de sonido. Se grabaron varias tomas de los instrumentos para posteriormente hacer una selección y compilación de las mejores tomas de cada instrumento. Una vez compiladas y editadas las tomas, se procedió con el proceso de mezcla en estéreo, en el que se balancearon volúmenes, se ubican los elementos en el plano estéreo y se agregaron efectos tales como, *reverb* y *delay*.

Teniendo lista la mezcla en estéreo se procedió a exportar las pistas individuales para poder realizar el trabajo de espacialización en formato binaural de una manera más organizada y limpia. El proceso de espacialización de cada propuesta se detalla a continuación.

## Capítulo 3

### Criterios Generales para Versiones en Binaural

#### 3.1. Análisis Azul V. 1

Para llevar a cabo el proceso de espacialización se exportaron los *steams* de la mezcla final en estéreo y se los trabajó en una nueva sesión de *Pro-Tools*. En rasgos generales lo que se planteó para esta primera versión fue darle un espacio a cada instrumento dentro de la esfera virtual que se mencionó anteriormente, para lograr esto se añade el *plug-in dearVR* a cada canal correspondiente a cada instrumento. Con esta herramienta se procedió a dar un lugar a cada objeto sonoro, tomando en cuenta los parámetros que el *plug-in* permite configurar, los cuales fueron explicados anteriormente.

##### 3.1.1. Plan General de Espacialización

Para decidir dónde ubicar cada instrumento se partió de la mezcla estéreo por lo que se designó que la batería permanezca al frente, el bajo en la parte posterior, las guitarras L y R respectivamente en izquierda y derecha y el mismo tratamiento para el resto de instrumentos, esto en base a la ubicación estándar de los instrumentos en una mezcla estéreo con la diferencia de que ahora al ampliar la imagen sonora a binaural, cada instrumento ocupa un mayor espacio y estos se mantienen fijos rodeando al oyente por lo que la percepción pasa a ser espacializada e inmersiva.

A continuación, un cuadro en el que se muestra los parámetros exactos utilizados en cada instrumento:

**Figura 6**

*Espacialización Azul V. 1*

Secciones	TODA LA CANCIÓN
Compases	1-153
Batería	Azimut 0°, Elevación 0°
Bajo	Azimut 180°, Elevación -40°
Guitarra L	Azimut -90°, Elevación 0°
Guitarra R	Azimut 90°, Elevación 0°
Guitarra Lead	Azimut -40°, Elevación 30°
Pad 1	Azimut 140°, Elevación -30°
Pad 2	Azimut -140°, Elevación -30°
Synth	Azimut 40°, Elevación 30°
Voz	Azimut 0°, Elevación 0°
Voz Dub L	Azimut -60°, Elevación 45°
Voz Dub R	Azimut 60°, Elevación 45°
Armonías	Azimut -160°, Elevación -50°
Coros	Azimut 40°, Elevación 40°
Coros 8va	Azimut -140°, Elevación 40°

Esta primera versión cumple con el fin de más allá de generar una mezcla binaural y darle un lugar a cada instrumento de la canción, funciona como base y es desde esta versión de donde parten las siguientes dos en las que ya se trabaja el movimiento de los objetos sonoros dentro de la esfera virtual.

### 3.2. Análisis Azul V. 2

En esta segunda propuesta se buscó generar mucho movimiento de los objetos sonoros, buscando experimentar con el *plug-in* y generando lo que sería una coreografía de los movimientos de los instrumentos a lo largo del tiempo que dura la canción.

### **3.2.1. Plan General de Espacialización**

Para lograr el objetivo se decidió mantener fijos elementos como la voz líder, la batería y el bajo para que no pierdan importancia y los arreglos tomen el protagonismo cuando aparecen.

Se decidió que la cantidad de elementos en movimiento tendría que ser coherente con el desarrollo musical de la canción, conforme se acerca el clímax de la misma.

A continuación, se explica en detalle el proceso de espacialización que se aplicó en cada sección del tema. Además, se añaden cuadros que detallan el movimiento exacto que realiza cada instrumento.

## 3.2.2. Introducción

Para la introducción se planteó jugar con la movilidad en el espacio de la guitarra lead y el sintetizador puesto que llevan la melodía. De esta forma toman aún más protagonismo en la audición al percibirse claramente como cambia la dirección desde la que vienen.

**Figura 7**

*Espacialización Azul V. 2: intro*

Secciones	Intro																
Compases	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Batería	Azimut 0°, Elevación 0°																
Bajo	Azimut 180°, Elevación -40°																
Guitarra L	Azimut -90°, Elevación 0°					Desde el centro hacia la izquierda en sentido antihorario											
Guitarra R	Azimut 90°, Elevación 0°																
Guitarra Lead	Azimut -40°, Elevación 30°												De izquierda a derecha por el frente				
Pad 1	Azimut 140°, Elevación -30°																
Pad 2	Azimut -140°, Elevación -30°																
Synth	Azimut 40°, Elevación 30°					De izquierda a derecha por el frente					De derecha a izquierda por el frente						
Voz	Azimut 0°, Elevación 0°																
Voz Dub L	Azimut -60°, Elevación 45°																
Voz Dub R	Azimut 60°, Elevación 45°																
Armonías	Azimut -160°, Elevación -50°																
Coros	Azimut 40°, Elevación 40°																
Coros 8va	Azimut -140°, Elevación 40°																

### 3.2.3. Estrofas

En las estrofas, las guitarras rítmicas pasan a tener movimiento de arriba a abajo y al finalizar las estrofas, los coros toman ese movimiento junto a la guitarra líder.

**Figura 8**

*Espacialización Azul V. 2: estrofa (A1)*

Secciones	Estrofa 1 (A1)																								
Compases	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
Batería																									
Bajo																									
Guitarra L	Elevación desde el centro hacia arriba luego hacia abajo y de regreso arriba y al centro																								
Guitarra R	Elevación desde el centro hacia arriba luego hacia abajo y de regreso arriba y al centro																								
Guitarra Lead																			De izquierda a derecha y de regreso						
Pad 1																							1 vuelta c en sentido		
Pad 2																									
Synth																									
Voz																									
Voz Dub L																									
Voz Dub R																									
Armonías																									
Coros																						Hacia abajo y luego completamente hacia arriba			
Coros 8va																						Hacia arriba y luego completamente hacia abajo			

En la sección A2 aparece el pad 1 el cual gira en 360 grados alrededor del oyente en sentido horario mientras los otros elementos mantienen sus movimientos.

**Figura 9**

*Espacialización Azul V. 2: estrofa (A2)*

Secciones	Estrofa 2 (A2)																								
Compases	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
Bateria																									
Bajo																									
Guitarra L	Elevacion desde el centro hacia arriba luego hacia abajo y de regreso arriba y al centre																								
Guitarra R	Elevacion desde el centro hacia abajo luego hacia arriba y de regreso abajo y al centre																								
Guitarra Lead																				De izquierda hacia el centro y izquierda para ir hacia la derecha y regresar					
Pad 1	Completa horario							2 vueltas completas en sentido horario y la elevacion sube hasta 45° y regresa a -30°																	
Pad 2																									
Synth																									
Voz																									
Voz Dub L																									
Voz Dub R																									
Armonias																									
Coros																					Hacia arriba y luego completamente hacia abajo				
Coros 8va																					Hacia abajo y luego completamente hacia arriba				

Finalmente, en la sección A3 en la que se retiran las guitarras rítmicas, los pads se mecen de atrás hacia el centro generando una sensación de acercamiento y la guitarra líder gira en torno al oyente con el riff que caracteriza esta sección.

**Figura 10**

*Espacialización Azul V. 2: estrofa (A3)*

Secciones	Estrofa 3 (A3)																								
Compases	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	
Bateria																									
Bajo																									
Guitarra L																									
Guitarra R																									
Guitarra Lead	Nueve vueltas en sentido anti-horario																								
Pad 1	Se mece de atra hacia el frente por la derecha																								
Pad 2	Se mece de atra hacia el frente por la izquierda																								
Synth																									
Voz																									
Voz Dub L																									
Voz Dub R																									
Armonias																									
Coros																					Hacia abajo y luego completamente hacia arriba				
Coros 8va																					Hacia arriba y luego completamente hacia abajo				

### 3.2.4. Coros

Para los coros las voces dobladas toman movimiento alrededor del oyente, lo que genera que el espacio se llene más de la voz, dándole más protagonismo. De igual forma las armonías se mecen de izquierda a derecha por la parte de atrás y los pads se mueven rodeando al oyente. Por esto el coro destaca también sobre el resto de la canción ya que es la sección con mayor cantidad de elementos en movimiento.

**Figura 11**

*Espacialización Azul V. 2: coros (B y B2)*

Secciones	Coros (B1 y B2)																			
Compases	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Bateria																				
Bajo																				
Guitarra L																				
Guitarra R																				
Guitarra Lead																				
Pad 1	Tres vueltas en sentido anti-horario																			
Pad 2	Tres vueltas en sentido horario																			
Synth	Da tres vueltas en sentido horario																			
Voz																				
Voz Dub L	Tres vueltas en sentido anti-horario																			
Voz Dub R	Tres vueltas en sentido anti-horario																			
Armonias	Se mece de izquierda a derecha y de derecha a izquierda por detras, la elevacion baja completamente, subeal tope, vuelve al punto mas bajo y regresa a una elevacion de 30°																			
Coros																				
Coros 8va																				



### 3.2.5. Coda

Para la Coda se reiteran los movimientos de la introducción por lo que el protagonismo pasa de nuevo a la guitarra líder y al sintetizador que son los que a manera de solo cierran la canción.

**Figura 12**

*Espacialización Azul V. 2: coda*

Secciones	Coda																													
Compases	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	
Bateria																														
Bajo																														
Guitarra L																														
Guitarra R																														
Guitarra Lead																														
Pad 1																														
Pad 2																														
Synth																														
Voz																														
Voz Dub L																														
Voz Dub R																														
Armonias																														
Coros																														
Coros 8va																														

### 3.3. Análisis Azul V. 3

La tercera propuesta tiene como fin encontrar el punto medio entre las dos anteriores, por lo que se planteó que en esta se mantendrá el movimiento que tienen ciertos objetos sonoros como la guitarra líder y el sintetizador y se quitará el movimiento de otros como las guitarras L y R, además se decidió variar ligeramente el movimiento en algunos casos como el de la guitarra líder en la tercera estrofa (A3).

#### 3.3.1. Plan General de Espacialización

Para el plan de esta última propuesta se respetaron los elementos que no tenían movimiento en la propuesta anterior como la voz líder, la batería y el bajo. Se decidió que las armonías también se mantendrían fijas para mantener coherencia en la línea melódica que no tiene movimiento y así ayuden a soportar la melodía en los coros (B).

### 3.3.2. Introducción

En la Intro se eliminó el movimiento de la guitarra L y R para mantener el protagonismo en el sintetizador y la guitarra líder mediante el movimiento.

**Figura 13**

*Especialización Azul V. 3: intro*

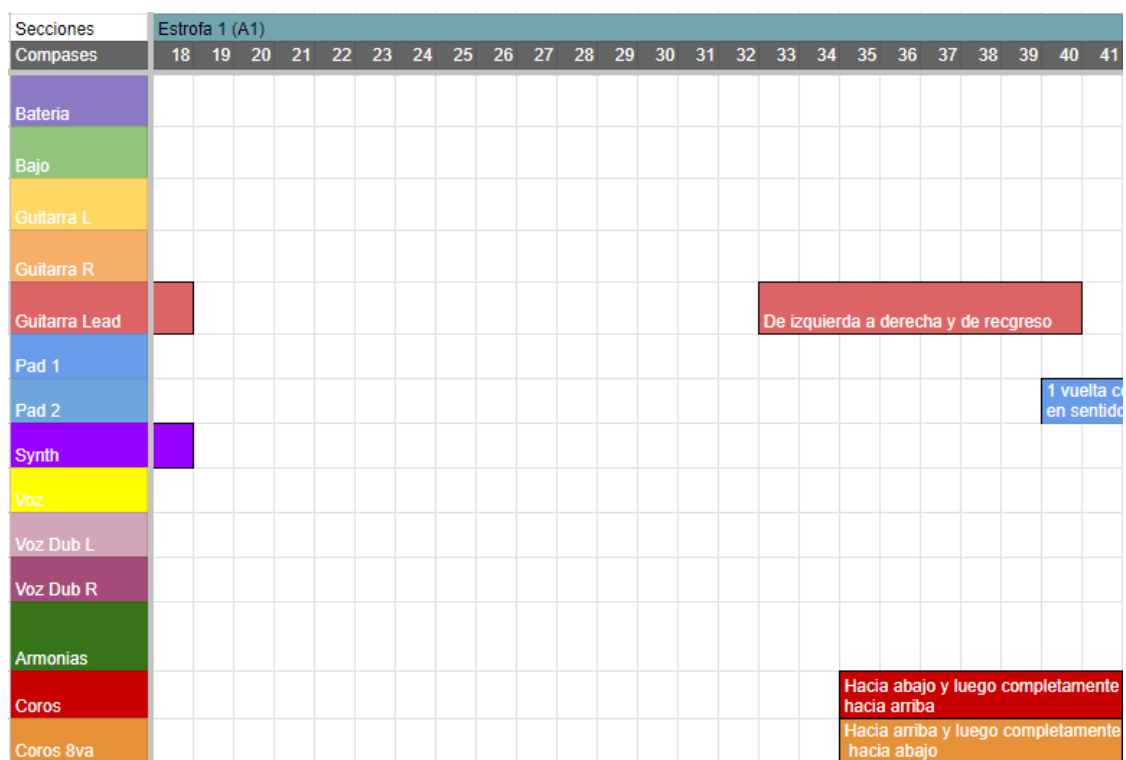
Secciones	Intro																
Compases	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Bateria	Azimut 0°, Elevación 0°																
Bajo	Azimut 180°, Elevación -40°																
Guitarra L	Azimut -90°, Elevación 0°																
Guitarra R	Azimut 90°, Elevación 0°																
Guitarra Lead	Azimut -40°, Elevación 30°																
Pad 1	Azimut 140°, Elevación -30°																
Pad 2	Azimut -140°, Elevación -30°																
Synth	Azimut 40°, Elevación 30°																
Voz	Azimut 0°, Elevación 0°																
Voz Dub L	Azimut -60°, Elevación 45°																
Voz Dub R	Azimut 60°, Elevación 45°																
Armonias	Azimut -160°, Elevación -50°																
Coros	Azimut 40°, Elevación 40°																
Coros 8va	Azimut -140°, Elevación 40°																

### 3.3.3. Estrofas

Para las estrofas se mantuvo el movimiento de la guitarra líder, del sintetizador y de los coros y se decidió que las guitarras L y R se mantengan fijas para que no generen una distracción de la melodía principal y los *riffs*.

**Figura 14**

*Espacialización Azul V. 3: estrofa (A1)*



En la Sección A2 se mantienen los mismos parámetros que para la sección anterior.

**Figura 15**

*Espacialización Azul V. 3: estrofa (A2)*

Secciones	Estrofa 2 (A2)																								
Compases	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
Batería																									
Bajo																									
Guitarra L																									
Guitarra R																									
Guitarra Lead																									
Pad 1																									
Pad 2	completa																								
Synth																									
Voz																									
Voz Dub L																									
Voz Dub R																									
Armonias																									
Coros																									
Coros 8va																									

Para la sección A3 se eliminó el movimiento de los pads y se modificó el de la guitarra líder que ahora gira dos veces en sentido antihorario y posteriormente se mueve por el frente de izquierda a derecha y de regreso.

**Figura 16**

*Espacialización Azul V. 3: estrofa (A3)*

Secciones	Estrofa 3 (A3)																								
Compases	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	
Batería																									
Bajo																									
Guitarra L																									
Guitarra R																									
Guitarra Lead	Dos vueltas en sentido anti-horario																De izquierda a derecha por el frente y de regreso a la izquierda								
Pad 1																									
Pad 2																									
Synth																									
Voz																									
Voz Dub L																									
Voz Dub R																									
Armonías																									
Coros																									
Coros 8va																									

### 3.3.4. Coros

Para esta sección se eliminó el movimiento de las voces dobladas para que generen mayor estabilidad con la voz líder y se mantiene de la misma forma para los dos coros, es decir, las secciones B1 y B2.

**Figura 17**

*Espacialización Azul V. 3: coros (B1 y B2)*

Secciones	Coro 1 (B1 yB2)																			
Compases	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Bateria																				
Bajo																				
Guitarra L																				
Guitarra R																				
Guitarra Lead																				
Pad 1																				
Pad 2																				
Synth	Da tres vueltas en sentido horario																			
Voz																				
Voz Dub L																				
Voz Dub R																				
Armonias	Se mece de izquierda a derecha y de derecha a izquierda por detras, la elevacion baja completamente, subeal tope, vuelve al punto mas bajo y regresa a una elevacion de 30°																			
Coros																				
Coros 8va																				

### 3.3.5. Coda

La coda en esta propuesta se mantiene con el mismo plan de espacialización que en la propuesta anterior, ya que se consideró que funciona correctamente en ambas propuestas como cierre del tema.

## Conclusiones

El trabajo implicó un esfuerzo considerable con dos fases clave: la composición inicial y la espacialización utilizando técnicas binaurales. El desafío fue lograr una estructura musical sólida que pudiera aprovechar eficazmente las herramientas de espacialización. A continuación, se presentan algunas conclusiones específicas:

En la fase inicial, se recopiló información esencial para el proyecto, evaluando diversos formatos de audio inmersivo y seleccionando el binaural como el más adecuado para la canción. Además, se adquirió un conocimiento profundo de la tecnología y estudios previos, facilitando la aplicación práctica de la teoría. Se exploró detalladamente el plug-in DearVR, permitiendo su correcta implementación y calibración en las tres propuestas de la canción. Estas tecnologías contribuyen a hacer la experiencia inmersiva y espacial más accesible para el oyente.

Se implementó un método de análisis basado en Philip Tagg, abordando aspectos musicales, producción y espacialización para cada propuesta. Este enfoque fue esencial para evaluar la composición, la estructura y la aplicación de la espacialización binaural en cada propuesta.

Un desafío crucial fue la composición, ya que se buscaba una estructura significativa que se desarrollara hacia un clímax, implicando decisiones importantes en instrumentación, letra, arreglos y estructura musical.

En cuanto a la espacialización, la primera versión logró un espacio virtual tridimensional fijando puntos para cada instrumento. Las siguientes versiones exploraron aún más al agregar movimiento a la mayoría de los objetos sonoros, demostrando las posibilidades del formato binaural para productores y músicos interesados en el audio inmersivo.

La tercera versión equilibró objetos estáticos y en movimiento dentro de la esfera virtual, esto logró que el oyente prestara más atención a los objetos en movimiento, generando una experiencia donde los instrumentos seguían una coreografía a lo largo del tema musical.

En este trabajo, se alcanzaron los objetivos establecidos para el desarrollo de una experiencia inmersiva a través de tres versiones de una canción original. Además, se detalló el proceso de planificación, el uso de herramientas y los resultados de cada versión, cumpliendo cada una con sus objetivos individuales. Esto proporciona una comprensión de las diversas posibilidades dentro del campo del audio inmersivo y, más específicamente, del formato de audio binaural.

### Referencias

- Algazi, V. R., Duda, R. O., Thompson, D. P., & Avendano, C. (2001). The CIPIC HRTF database. *2001 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics*, (págs. 99-102). New Paltz, NY, USA.
- Dolby Laboratories. (2012). *Dolby Atmos: A new era in cinema sound [Whitepaper]*. Dolby.
- EARS - ElectroAcoustic Resource Site. (2020). *EARS*. Consultado el 2 de mayo de 2023 <http://ears.huma-num.fr/3495f1f3-718b-42df-a1dd-8549e754f974.html>
- Engdegard, J., Resch, B., Falch, C., Hellmuth, O., Hilpert, J., Hoelzer, A., . . . Oomen, W. (2008). Spatial Audio Object Coding (SAOC) –The Upcoming MPEG Standard on Parametric Object Based Audio Coding. *Audio Engineering Society, Convención No.124*.
- Gerzon, M. A. (1973). Periphony: With-Height Sound Reproduction. *Audio Engineering Society*, 2-10.
- Hershey, J., Chen, Z., Le Roux, J., & Watanabe, S. (2016). Deep clustering: Discriminative embeddings for segmentation and separation. *2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 31-35.
- Magro, J. (2016). Desarrollo de Herramientas de Procesado y Visualización para Audio 3D con Auriculares [Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma de Madrid.
- Rumsey, F. (2001). *Spatial Audio*. Oxford: Focal Press.
- Steinicke, F., Bruder, G., Hinrichs, K., Jerald, J., Frenz, H., & Lappe, M. (2009). Real Walking through Virtual Environments by Redirection Techniques. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting*, VI(2).
- Tagg, P. (1982). Analyzing popular Music: Method and practice. En P. Tagg, *Popular music, Theory and Method* (Vol. 2, págs. 37-67). Cambridge: Cambridge University Press.



## Anexos

**Anexo A:** Cuadros de espacialización versiones 1, 2 y 3:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1RHFshicys2ZvD241vKbE9H079rVQRouqXz4G5S9stt4/edit?usp=sharing>

**Anexo B:** Carpeta con las 3 versiones de la canción:

*Nota: para la experiencia de audio Binaural se debe escuchar las versiones con audífonos.*

<https://drive.google.com/drive/folders/1784bey-RPbqofGhqvDh6nHOglbwtqzP0?usp=sharing>