



UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2020/2021

Nº de proyecto: 208

INNOVASONORA: desarrollo de recursos para la transmisión digital de los archivos sonoros y la aplicación de la realidad virtual como complemento de la enseñanza presencial

Responsable del proyecto: M  
arco Antonio Juan de Dios Cuartas

Facultad de Geografía e Historia

Departamento: Musicología

## Índice

1.	OBJETIVOS PROPUESTOS EN LA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	3
2.	OBJETIVOS ALCANZADOS .....	4
3.	METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROYECTO .....	5
4.	RECURSOS HUMANOS.....	7
5.	DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES .....	8
6.	ANEXOS.....	11
6.1.	CARTELES DE LA JORNADA SOBRE AUDIO IMERSIVO.....	11
6.2.	GRABACIÓN DE VÍDEO 360° Y SISTEMA AMBISÓNICO.....	13
6.3.	SISTEMA DE VISIONADO VR BASADO EN GAFAS CARDBOARD.....	13

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El proyecto de innovación docente desarrollado durante el curso 2020-2021 ha supuesto la continuación del proyecto presentado el curso anterior “El laboratorio sonoro como herramienta docente para el análisis de la creación e interpretación musical a través de las grabaciones” (nº de referencia 323). Este proyecto ya planteaba como objetivo conectar las actividades del Laboratorio Sonoro del Departamento de Musicología (Sonolab UCM) con la actividad docente relacionada con el Departamento.

Los diferentes proyectos de innovación docente desarrollados desde el curso 2016-2017, inicialmente coordinados por la Dra. Elena Torres Clemente, han conseguido introducir nuevas herramientas de análisis, hasta entonces inéditas en la Universidad Complutense de Madrid, considerando la grabación histórica como un recurso pedagógico indispensable en la enseñanza de la musicología. De este modo, el uso de programas especializados de análisis como Sonic Visualiser o de editores de audio de licencia libre como Audacity han dejado de ser una novedad tanto para los profesores e investigadores como para los alumnos y alumnas del grado. Como resultado podemos ver ya la integración de estas nuevas metodologías de análisis dentro de asignaturas como Tecnologías de la Información y la Comunicación o Informática Musical, que forman parte del plan de estudios del Grado en Musicología. La integración de estas herramientas de análisis en los trabajos de los alumnos y alumnas comienza también a ser visible en algunos Trabajos de Fin de Grado que se han presentado principalmente en los dos últimos cursos académicos. Como continuación de las posibilidades del Laboratorio Sonoro en la práctica docente del Departamento, se plantearon para este curso académico los siguientes objetivos:

- 1) Creación de recursos audiovisuales y fotográficos empleando tecnologías inmersivas 360º que permitieran desarrollar las posibilidades del laboratorio sonoro del Departamento de Musicología, y acercar las herramientas a los alumnos y alumnas dentro del contexto de pandemia en el que se debían impartir las clases en este curso académico.
- 2) Desarrollo de un banco de archivos sonoros creado a partir de diferentes soportes físicos: discos de vinilo, discos de pizarra, casete y compact disc.
- 3) Análisis de las limitaciones de las herramientas de videoconferencia de las que disponemos para la práctica docente no presencial en la enseñanza de materias relacionadas con la transmisión de audio.
- 4) Desarrollo de un diccionario online que defina los principales términos relacionados con la producción musical.

## 2. Objetivos alcanzados

Se ha conseguido en mayor o menor medida la consecución de los cuatro objetivos planteados al inicio del proyecto. Aunque la familiarización con las técnicas de grabación ambisónicas fue más compleja de lo que inicialmente se preveía, finalmente se consiguió configurar el sistema empleando el *plugin* Facebook 360 Spatial Workstation con el *software* DAW Reaper. Esto nos permitió comenzar a integrar vídeo 360º dentro del canal de Youtube del Laboratorio Sonoro del Departamento de Musicología, tanto para el visionado convencional a través de dispositivos móviles como mediante gafas *cardboard*. La dificultad en la configuración y familiarización con esta nueva tecnología provocó que ya no se dispusiera del tiempo suficiente para generar un volumen significativo de recursos audiovisuales 360º para la práctica docente. Por este motivo, uno de los objetivos de la continuación de este proyecto será la ampliación de los recursos disponibles, ahora que contamos con un equipo de grabación correctamente configurado. Otra de las dificultades ha sido la integración de estos recursos tanto dentro de la web del proyecto<sup>1</sup> como dentro del campus virtual. Aunque la integración de contenidos a través de html no plantea *a priori* ninguna dificultad, no hemos conseguido obtener las mismas dinámicas de interacción con los contenidos como sucede en el caso del teléfono móvil. Esta cuestión también será prioritaria en el desarrollo futuro del proyecto.

El banco de sonidos, el segundo de los objetivos fijados para este proyecto, se ha materializado en una estructura de carpetas dentro de la cuenta de Google Drive asociada al Laboratorio Sonoro «Sonolab». Hemos contando con el asesoramiento de María Jesús López Lorenzo, jefa del Servicio de Registros Sonoros de la Biblioteca Nacional de España, para realizar el correcto etiquetado de aproximadamente 300 archivos de audio procedentes de diferentes formatos, desde discos de pizarra hasta grabaciones en Compact Disc que contaban con diferentes problemas de deterioro. Parte de este repositorio se ha intentado poner en línea empleando la plataforma Soundcloud y Bandcamp, pero han surgido problemas de derechos con algunas de las grabaciones que nos han llevado a tomar la decisión de mantener un acceso limitado a determinados usuarios a través de la carpeta de Google Drive.

Para realizar el análisis de las limitaciones de los diferentes sistemas de videoconferencia, en cuanto a la calidad de la transmisión de audio se refiere, se empleó la plataforma Phonic<sup>2</sup> haciendo una comparativa entre Blackboard Collaborate, Google Meet, Zoom y Microsoft Teams. La escucha selectiva de dos grabaciones con

---

<sup>1</sup> <https://www.ucm.es/innovasonora/>

<sup>2</sup> <https://www.phonic.ai/>

características distintas (una grabación de música clásica con un amplio rango dinámico y una grabación de música pop mucho más comprimida que la anterior) dio como resultado una aceptación mayoritaria de la emisión de música a través de Zoom en base a tres criterios: la preservación del rango dinámico de la grabación original, la emisión de un contenido armónico similar al de la grabación original y la posibilidad de escuchar el archivo en estéreo. La peor valoración de las encuestas por parte de los miembros del equipo de trabajo estuvo relacionada con la escucha de música a través de Blackboard y, en menor medida, con Google Meet y con Microsoft Teams. Aunque la finalidad del desarrollo de este análisis tenía simplemente como objetivo extraer unos datos fiables sobre las capacidades reales de cada una de estas plataformas, el siguiente paso debería ser el planteamiento de propuestas que permitan mejorar la experiencia de escucha musical dentro de disciplinas como la musicología, donde este aspectos se convierten en decisivos para la calidad de la experiencia docente que se esté ofreciendo. El último de los objetivos, la realización de un diccionario en línea que facilitase la consulta de términos relacionados con la tecnología de la grabación y producción musical, se ha cumplido íntegramente. Se han conseguido integrar dentro de la web del proyecto 207 términos relacionados con este área, constituyendo el **primer diccionario en línea en castellano de estas características**. Este recurso será de gran utilidad para la comunidad educativa dentro y fuera de la Universidad Complutense de Madrid, ya que aborda términos interdisciplinares que son además habituales en las búsquedas en la red, algo que aportará con total seguridad una gran visibilidad al proyecto. El diccionario puede consultarse a través del siguiente enlace:

<https://www.ucm.es/innovasonora/diccionario>

### **3. Metodología empleada en el proyecto**

Para comenzar a desarrollar contenidos relacionados con la creación de vídeos inmersivos se adquirió una cámara Insta 360 con doble objetivo empleando para la captación de audio la grabadora ambisónica Zoom H3 VR. En una primera fase, se desarrollaron diferentes encuentros, siguiendo el calendario presentado en el proyecto, que tuvieron como objetivo familiarizar a los responsables de la parte técnica del proyecto con estos nuevos dispositivos: configuración de los diferentes modos de grabación, sincronización entre grabadora de audio y de vídeo, etc. Se aprovecharon los ensayos de la Orquesta Sinfónica de la Facultad de Geografía e Historia para realizar diferentes pruebas que dieron como resultado los primeros recursos que se sometieron a

la valoración del resto del equipo y de un grupo significativo de estudiantes relacionados con el Grado en Musicología y con el Máster en Música Española e Hispanoamericana. Simultáneamente se comenzaron con las labores de digitalización de archivos dentro del laboratorio sonoro y la construcción de un repositorio que pasase a formar parte de los recursos docentes del Departamento en Musicología. El repositorio, como ya ha sido indicado, se ha construido siguiendo una estructura de carpetas por formatos dentro de Google Drive, y es fácilmente accesible para todos los miembros del equipo. El objetivo final es que los docentes puedan acceder a los diferentes contenidos mediante un acceso exclusivo desde cualquier aula. Esto permitirá contar con la disponibilidad de cientos de archivos de audio destinados a la práctica docente sin tener que portar formatos físicos, en unas aulas en las que ya han desaparecido casi por completo los antiguos equipos de música basados en CD.

Para el análisis comparativo de la calidad de la transmisión de audio a través de plataformas de videoconferencia se buscó una plataforma de creación de cuestionarios que permitiese integrar ejemplos de audio en un formato de encuesta. Después de una búsqueda minuciosa se llegó a la conclusión de que la plataforma Phonic era ideal para este objetivo, dando como resultado una amplia participación de los componentes del proyecto y una información relevante para valorar la calidad de estos formatos.

Para la realización del diccionario se creó una hoja de cálculo en Google compartiendo permisos de edición con todos los miembros del proyecto. Se asignaron una media de 15 entradas por cada componente diferenciando entre “creadores de contenido” y “revisores”, cuya función sería hacer diferentes consultas en el diccionario y remitir sus valoraciones sobre su utilidad: identificación de definiciones confusas, errores gramaticales, conceptos que se echan en falta, etc. Una vez completados las diferentes entradas, se pensó en un primer momento en la utilización de la herramienta de Glosario de Moodle, pero planteaba algunos problemas de integración en la web del proyecto así que se decidió transmitir la consulta al Vicedecano de Nuevas Tecnologías de la Facultad de Geografía e Historia que, a su vez, remitió la consulta a los servicios informáticos. La solución pasó por la creación de una estructura jerárquica de “páginas hijas” conectadas entre ellas mediante hipervínculos, una solución muy laboriosa pero cuyos resultados se acercaban al concepto de diccionario en el que se había pensado inicialmente al proponer el proyecto.

#### 4. Recursos humanos

El proyecto ha contado con la participación activa de un equipo amplio de 25 miembros, entre los que se incluyen cinco profesores del Departamento de Musicología, un profesor del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, un profesor del Departamento de Filología Española II (especializado en el ámbito del teatro, y con amplios intereses musicales), el técnico responsable de los equipos informáticos y audiovisuales de la Facultad de Geografía e Historia y dos miembros del Instituto Complutense de Ciencias Musicales (ICCMU). El director del proyecto ha sido además coordinador del proyecto de innovación docente de los dos cursos anteriores, relacionado igualmente con el análisis de la grabación y los procesos de producción musical, es especialista en música y tecnología y cuenta con una formación tanto musicológica (Doctor en Musicología) como técnica (Bachelor in Recording Arts – Middlesex University London). En este proyecto ha sido de igual modo determinante la aportación del doctorando del Departamento de Musicología e investigador predoctoral en el Laboratorio Sonoro Pablo Espiga, afrontando un papel protagonista en la configuración de los diferentes equipos de grabación. La participación del Dr. Jaime Sánchez Hernández, PDI de la Facultad de Informática de la UCM, ha sido de igual modo determinante para analizar los resultados de las grabaciones con los sistemas de videoconferencia.

La incorporación en el equipo del ingeniero de sonido Alejandro Ruiz Suárez, experto en sonido inmersivo y VR, y María Jesús López Lorenzo, jefa del servicio de Registros sonoros de la BNE, ha sido igualmente de especial relevancia para acercarnos estas nuevas tecnologías y sus posibilidades dentro de la práctica docente tanto presencial como *online*.

Finalmente, la retroalimentación de los alumnos del grado, máster y doctorado, ha sido relevante para determinar la eficacia de estas nuevas plataformas en la práctica docente y para detectar las carencias de contenidos relacionados con la tecnología de la grabación y la producción musical.

Además, se ha contado con la participación de uno de los mayores referentes en la investigación sobre audio inmersivo en nuestro país, el Dr. José Javier López Monfort, catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia, que sería el encargado de realizar la conferencia: Sonido inmersivo en la música: ¿Fidelidad o Creatividad?<sup>3</sup>. Dentro de esta misma jornada dedicada al audio inmersivo y a la presentación de algunos de los resultados del proyecto de innovación docente, pudimos contar con el ingeniero de

---

<sup>3</sup> Disponible en: <https://youtu.be/k8sc9IQNVn0>

sonido y productor Mikel F. Krutzaga para explicarnos el desarrollo del primer trabajo discográfico mezclado en sonido inmersivo Dolby Atmos<sup>4</sup>.

## 5. Desarrollo de las actividades

Durante el primer cuatrimestre, se desarrolló un primer seminario online relacionado con las actividades del proyecto y la evolución histórica de los sistemas de escucha, desde el mono al sonido inmersivo actual. Esta jornada fue dirigida por el coordinador del proyecto y contó con la participación activa de una amplia mayoría de los miembros del proyecto.



*Ilustración 1: Portada del seminario desarrollado en Google Meet sobre audio inmersivo el 15 de diciembre de 2020*

A partir de este seminario se formaron los diferentes grupos de trabajo relacionados con las partes del proyecto: grabación de recursos audiovisuales 360°, diccionario, análisis de los sistemas de videconferencia y repositorio de audios. El calendario desarrollado a partir de ese momento condicionó las reuniones por grupos de trabajo y el seguimiento autónomo de cada parte dentro del contexto de pandemia marcado por el teletrabajo.

---

<sup>4</sup> Disponible en: [https://youtu.be/JP7deL\\_JHlo](https://youtu.be/JP7deL_JHlo)

Diccionario términos producción musical ☆ ☰ ☰

Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Complement

100% € % .0 .00 123 Predetermi... 10

	A	B	C	D
1		Término	Original	Definición
2	120	M-S (Mid-Side)	M-S (Mid-Side)	Pertenece a las técnicas de captación estereofónicas, también conocidas como de par coincidente. Consiste en la captación por parte de 2 micrófonos, uno con patrón polar cardioide y otro con patrón polar bidireccional que, colocados en anillo de una vez comprimida una señal, su nivel general de ganancia se reduce al disminuir el rango dinámico. El make up gain o control de ganancia está diseñado para aumentar la señal comprimida entre 0 y 20dB con el fin de devolverla al nivel original.
3	121	Make Up Gain	Make Up Gain	Fase final del proceso de producción musical en la que se busca que todas las canciones que forman un álbum tengan una homogeneidad en el sonido y en la sonoridad, que todas las canciones estén igualadas en EQ, compresión y niveles.
4	122	Mastering	Mastering	En Fase dentro de la producción musical donde se mezclan todas las pistas grabadas independientemente en un todo. Durante la mezcla se suelen utilizar procesadores de audio para mejorar el sonido de las pistas.
5		Mezcla	Mix	Un micrófono es un transductor electromagnético que convierte la energía acústica sonora en energía eléctrica. Realiza la función opuesta al altavoz, el cual convierte la energía eléctrica en energía acústica.
6	123	Micrófono	Microphone	El MIDI es una interfaz de control remoto digital para sistemas musicales. Los equipos controlados por MIDI están basados, normalmente, en control por software.
7	124	MIDI	MIDI	La modulación en anillo es una señal de procesamiento relacionada con la modulación de amplitud y frecuencia. Para realizarla, se suman dos señales: una de audio y una de modulación.
8	125	Modulador de anillo	Ring Modulator	Es un altavoz diseñado con una respuesta en frecuencia lo más plana posible para evitar coloración en ciertas frecuencias. Hay tres tipos de monitores:
9	126	Monitor de estudio	Monitor	

Ilustración 2: Diccionario en Google Drive de términos de producción musical

Como ya se ha indicado, la actividad posterior del equipo de trabajo fue la adaptación del diccionario al formato de la web del proyecto, cuyos resultados se pueden ver en la siguiente ilustración.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID Innovasonora

Proyectos de Innovación

Objetivos    Actividades    Recursos    Diccionario    Proyectos anteriores

Portada / Diccionario / M

**M**

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

- M-S (MID-SIDE)
- MAKE UP GAIN
- MASTERING (MASTERIZACIÓN)
- MEZCLA (MIX)
- MICRÓFONO
- MIDI
- MODULADOR DE ANILLO
- MONITOR DE ESTUDIO
- MONITORIZACIÓN (FOLDBACK)
- MONO
- MUESTRA (SAMPLE)
- MULTITRACK (MULTIPISTA)

Ilustración 3: Entrada M del diccionario de términos de producción musical

Otra de las actividades principales del proyecto estuvo relacionada con el desarrollo del cuestionario de audición comparativa de plataformas de videoconferencia. Para ello se creó un grupo de trabajo específico en el que se realizó el diseño y la integración de los audios en las diferentes preguntas que se planteaban: equilibrio frecuencial entre graves y agudos, rango dinámico y matices, apertura del campo estéreo, clicks u otros ruidos digitales y, ¿Cumple los requisitos necesarios para utilizarlo en una clase online?

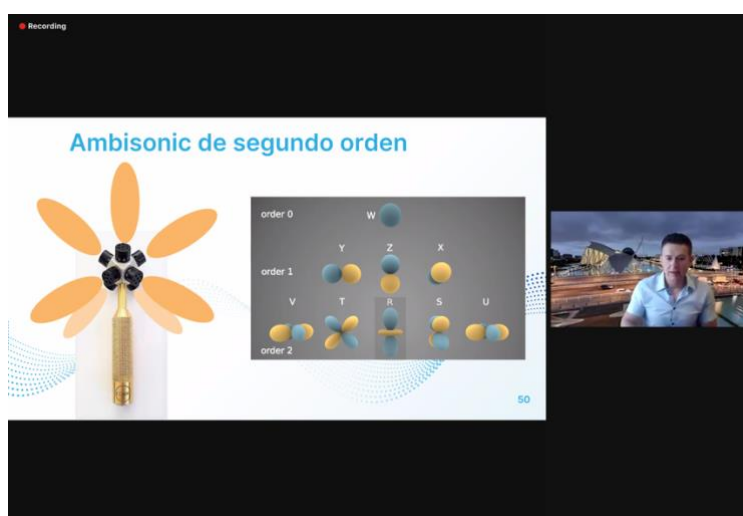
**Ejemplo 1.1**  
Rate the following items.

▶ 0:00 / 1:02

	1	2	3	4	5
Equilibrio frecuencial entre graves y agudos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rango dinámico y matices	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apertura del campo estéreo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clicks u otros ruidos digitales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Cumple los requisitos necesarios para utilizarlo en una clase online?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Ilustración 4: Pregunta modelo del cuestionario de audición comparativa de sistemas de videoconferencia.*

El 11 de junio se desarrolló una jornada dedicada al audio inmersivo en la que participaron especialistas, tanto de la academia como del mundo profesional, acercando esta nueva tecnología a los profesores y alumnos del Departamento de Musicología y de otros Departamentos y Facultades de la UCM.



*Ilustración 5: Conferencia del Dr. José Javier López Monfort*

## 6. Anexos

### 6.1. Carteles de la jornada sobre audio inmersivo.

# PONENCIAS, ENCUENTROS PROFESIONALES, PROYECTOS

## Sonido inmersivo en la música: ¿fidelidad o creatividad?

**José Javier López**

Universitat Politècnica de València

Repasaremos los mecanismos que tiene el ser humano para localizar los sonidos en tres dimensiones y sus aplicaciones en campos tan punteros como la realidad virtual y las artes musicales. Describiremos los diferentes métodos de reproducción de sonido inmersivo de acuerdo al nuevo estándar MPEG-H 3D Audio (multicanal, binaural, basado en la escena (Ambisonics), orientado a objetos). Finalmente introduciremos la forma de crear música inmersiva en los diferentes formatos y trataremos la disyuntiva entre fidelidad y creatividad y cómo podemos abordar la según la aplicación o el estilo.

## La experiencia inmersiva: un reto para la producción discográfica

**Mikel F. Krutzaga**

Ingeniero de sonido y productor musical

A través de un encuentro con uno de los ingenieros y productores referentes en la mezcla de audio inmersivo en nuestro país, se revisarán los principales conceptos de mezcla de música para sistemas que van más allá del estéreo. A través de un diálogo distendido con el ingeniero y productor Mikel F. Krutzaga se tratará de dar respuesta a cuestiones tales como: ¿Por qué escuchar la música en formatos multicanal en la actualidad? ¿Pros y contras del uso de esta tecnología? ¿Se ha encontrado la evolución del multicanal con las limitaciones de su integración en equipos domésticos? ¿Qué aplicaciones creativas tiene en la producción musical actual y cómo puede influir en la experiencia musical del oyente?

## Proyecto "Innovasonora"

**Marco A. Juan de Dios Cuartas**

**Pablo Espiga Méndez**

Universidad Complutense de Madrid

El proyecto plantea desde un enfoque metodológico innovador la aplicación de la experiencia audiovisual inmersiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Con ello pretendemos dar un paso más en la creación de los recursos docentes basados en la grabación audiovisual convencional y la escucha estereofónica. Se explicarán las características principales de este proyecto de innovación docente y los recursos que forman parte de la web <https://www.ucm.es/innovasonora/>

# BIOGRAFÍAS DE LOS PONENTES



## JOSÉ JAVIER LÓPEZ

Universitat Politècnica de València

José Javier López es Catedrático en la Escuela de Telecomunicaciones de la Universitat Politècnica de València. Su actividad investigadora se centra en el audio, la acústica y la multimedia en los campos del sonido espacial, la Wave-Field Synthesis (WFS), el modelado físico de acústica de salas, la AI para audio y el desarrollo de software multimedia en tiempo real. Ha publicado más de 200 artículos en revistas técnicas internacionales y conferencias en los campos del audio y la acústica y ha liderado más de 40 proyectos de investigación relacionados con el audio. Ha sido pionero en el desarrollo de la WFS en España y desarrolló uno de los prototipos de WFS más grandes de Europa. Ha trabajado en I+D+i para Telefónica en diferentes proyectos de investigación relacionados con videoconferencia de alto realismo, teleconferencias avanzadas para dispositivos móviles y seguimiento de sujetos por sonido. Dos de estos desarrollos se mostraron en el Mobile World Congress de Barcelona en 2011 y 2014. El Dr. López es miembro de la Audio Engineering Society (AES), miembro de pleno derecho de la Acoustical Society of America (ASA) y miembro de IEEE. Actualmente es el vicepresidente de la Sección Española de la Audio Engineering Society.



## MIKEL F. KRUTZAGA

Ingeniero de sonido y productor musical

La carrera de Mikel F. Krutzaga como ingeniero de grabación en los estudios comienza en 1997. Desde entonces ha trabajado con músicos de la talla de Ivan Ferreiro, Benito Lertxundi, Kepa Junkera, Piratas, Javier Colina, Joxan Goikoetxea, Andrzej Olejniczak, Alboka, Marta Sebestyen, Iñaki Salvador, Jorge Pardo, Luar na Lubre, Pirineos Big band & Randy Brecker, Dreka Tx, Glen Velez, Juan Martín Caminero, Joseba Tapia, Amaia Zubiria, Maddi Diñenart, Alasdair Fraser & Natalie Hass, Faltrikeira, Suso Saiz, Mikel Urdangarín e Itoiz, entre otros muchos. En el año 2004 recibe un premio Grammy por su trabajo como ingeniero de grabación y mezclas por el disco "1" de Kepa Junkera. Sus trabajos han cosechado numerosos premios como los Premios Goya, Premios de la música, etc. Entre sus trabajos están las películas "Loreak", preseleccionada a los Oscar de Hollywood, "Castlevania Lords of shadow (Konami)", "Handia", ganadora del Goya a la mejor banda sonora, la multi nominada "La trinchera infinita" o la taquillera "Si yo fuera rico" entre otros muchos títulos. Ha sido el responsable técnico del álbum "Microsinfonías" del guitarrista Sergio Vallín, primer disco en España grabado con el sistema Dolby Atmos, una tecnología que hasta ahora sólo se utilizaba en el cine y que está diseñada para crear una experiencia musical inmersiva.



**6.2. Grabación de vídeo 360° y sistema ambisónico.**



**6.3. Sistema de visionado VR basado en gafas *cardboard***

